

## АНОТАЦІЯ

**Железняк Владислав Леонідович. Цифрова трансформація організації будівництва: моделі та інструменти ERP-підтримки управлінських рішень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань 19 «Архітектура та будівництво». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується суттєвим ускладненням організаційно-технологічних процесів реалізації будівельних проєктів, зростанням вимог до ефективності використання ресурсів, підвищенням рівня відповідальності учасників інвестиційно-будівельного процесу та необхідністю забезпечення стабільного досягнення цільових показників щодо строків, вартості та якості будівництва. Водночас функціонування будівельного виробництва відбувається в умовах високого рівня невизначеності, що обумовлено впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, серед яких особливе значення мають коливання вартості матеріально-технічних ресурсів, зміни фінансування, порушення логістичних ланцюгів, необхідність коригування проєктних рішень та зростання складності взаємодії між учасниками будівельних проєктів.

Традиційні організаційно-технологічні підходи до управління будівництвом формувалися в умовах відносної стабільності та переважно орієнтувалися на використання детермінованих моделей планування. Такі моделі базуються на припущенні про незмінність основних параметрів реалізації проєкту протягом усього життєвого циклу будівництва. Однак сучасна практика свідчить, що фактичні умови реалізації будівельних проєктів суттєво відрізняються від початково запланованих, що призводить до необхідності постійного коригування організаційно-технологічних рішень.

Однією з ключових проблем сучасного будівництва є недостатній рівень інтеграції інформаційних потоків між замовниками, проєктувальниками,

підрядниками та іншими учасниками будівельного процесу. У більшості випадків інформація формується та обробляється у різних програмних середовищах, що ускладнює оперативний обмін даними, призводить до втрати актуальності інформації та знижує якість управлінських рішень. Як наслідок, навіть незначні зміни умов реалізації проєкту можуть спричиняти суттєві відхилення календарних графіків, збільшення витрат та зниження загальної ефективності організації будівельного виробництва.

У зв'язку з цим одним із найважливіших напрямів розвитку будівельної галузі є цифрова трансформація процесів управління. Впровадження сучасних цифрових технологій дозволяє забезпечити інтеграцію інформаційних потоків, підвищити прозорість процесів управління та створити умови для переходу від реактивного до проактивного управління будівельними проєктами. Особливе значення у цьому процесі мають технології Building Information Modeling (BIM), Enterprise Resource Planning (ERP) та Common Data Environment (CDE), які забезпечують створення єдиного цифрового середовища реалізації будівельного проєкту.

Використання BIM-технологій дозволяє формувати інформаційну модель об'єкта будівництва та забезпечувати взаємозв'язок між проєктними рішеннями і процесами реалізації проєкту. ERP-системи створюють можливості для інтеграції даних щодо ресурсів, фінансів, виконання робіт та календарного планування, тоді як CDE-платформи забезпечують організацію єдиного середовища обміну інформацією між усіма учасниками будівництва. Водночас аналіз наукових досліджень і практичного досвіду свідчить, що питання комплексної інтеграції зазначених технологій у межах єдиної моделі управління будівельним виробництвом залишається недостатньо дослідженим.

Наявні підходи здебільшого орієнтовані на автоматизацію окремих функцій управління та не забезпечують необхідного рівня адаптивності організаційно-технологічних систем до змін умов реалізації проєктів. У більшості випадків цифрові технології використовуються як інструменти обробки інформації, але не як елементи цілісної системи підтримки прийняття управлінських рішень. Це обумовлює необхідність розроблення нових наукових підходів до організації

будівельного виробництва, які поєднують можливості цифрових технологій із принципами адаптивного управління.

У роботі висунуто наукову гіпотезу, відповідно до якої підвищення ефективності організації будівельного виробництва в умовах динамічних змін може бути досягнуто шляхом формування адаптивної цифрової моделі управління, що базується на інтеграції BIM-, ERP- та CDE-технологій і забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень на основі актуальних даних про стан будівельного проєкту.

**Метою дисертаційної роботи** є розроблення організаційно-технологічних засад забезпечення адаптивності будівельного виробництва в умовах динамічних змін реалізації проєктів на основі використання цифрових моделей та ERP-підтримки управлінських рішень.

Для досягнення поставленої мети виконано комплекс теоретичних, методологічних та прикладних досліджень, спрямованих на виявлення закономірностей функціонування будівельного виробництва в умовах невизначеності, формування адаптивної цифрової моделі управління та перевірку її ефективності в умовах реальних будівельних проєктів.

**Об'єктом дослідження** є процес організації будівельного виробництва в умовах динамічних змін.

**Предметом дослідження** є організаційно-технологічні засади забезпечення адаптивності будівельного виробництва на основі цифрових моделей та ERP-підтримки управлінських рішень.

Методологічну основу дослідження становлять системний, процесний та функціональний підходи, методи аналізу та синтезу, системного моделювання, порівняльного аналізу, а також сучасні інформаційно-аналітичні інструменти цифрового управління будівельними проєктами.

Основний зміст та результати дослідження

У першому розділі дисертаційної роботи досліджено теоретико-методологічні засади цифрової трансформації організації будівництва як сучасної концепції розвитку галузі в умовах зростання складності інвестиційно-будівельних

проектів та підвищення вимог до ефективності управління. Проведено комплексний аналіз еволюції організаційно-технологічних підходів до організації будівельного виробництва, починаючи від традиційних лінійних і потокових методів, мережевого планування та класичних систем управління проектами і завершуючи сучасними цифровими концепціями інтегрованого управління, що базуються на використанні інформаційних технологій.

Встановлено, що традиційні організаційно-технологічні моделі були сформовані в умовах відносної стабільності виробничого середовища та орієнтувалися на використання детермінованих моделей планування, у яких основні параметри проекту визначаються на початковому етапі та практично не змінюються протягом реалізації будівництва. Проведений аналіз сучасної практики реалізації будівельних проектів довів, що такі підходи вже не забезпечують необхідної ефективності в умовах високої динамічності зовнішнього середовища, змінності ресурсного забезпечення, нестабільності фінансування, логістичних обмежень, необхідності оперативного коригування проектних рішень та постійного виникнення нових ризиків.

У роботі систематизовано сучасні підходи до цифровізації будівельного виробництва та визначено, що ключовими напрямками розвитку цифрового управління є інтеграція інформаційного моделювання будівель (BIM), систем планування ресурсів підприємства (ERP) та спільного інформаційного середовища (CDE). На відміну від існуючих досліджень, де зазначені технології здебільшого розглядаються окремо, у дисертації вони проаналізовані як взаємопов'язана система підтримки прийняття управлінських рішень, що забезпечує безперервність інформаційних потоків протягом усього життєвого циклу будівельного проекту.

Особливу увагу приділено аналізу особливостей функціонування будівельного виробництва в умовах динамічних змін. Визначено основні фактори, що впливають на ефективність організації будівництва, серед яких економічні, організаційні, технологічні, ресурсні, інформаційні та зовнішні фактори. Обґрунтовано, що саме інформаційна неузгодженість між учасниками будівельного процесу є одним із ключових джерел втрати ефективності управління, що



проявляється у порушенні календарних графіків, збільшенні вартості виконання робіт, виникненні дублювання інформації та прийнятті управлінських рішень на основі застарілих даних.

У першому розділі також виконано критичний аналіз існуючих організаційно-технологічних моделей управління будівництвом та визначено їх переваги й обмеження. Показано, що більшість сучасних моделей не забезпечує достатнього рівня адаптивності до змін зовнішнього середовища, оскільки орієнтована переважно на автоматизацію окремих управлінських функцій, а не на створення інтегрованої системи підтримки прийняття рішень. Доведено необхідність переходу від статичних моделей організації будівельного виробництва до адаптивних цифрових моделей, здатних функціонувати в умовах постійної зміни параметрів реалізації проєктів.

На основі проведеного аналізу сформовано теоретичні передумови створення адаптивної цифрової моделі організації будівництва, яка поєднує принципи системного підходу, інформаційної інтеграції, адаптивного управління та цифрової підтримки прийняття управлінських рішень. Обґрунтовано, що інтеграція BIM-, ERP- та CDE-технологій забезпечує формування єдиного цифрового середовища, у межах якого управління будівельним проєктом здійснюється на основі актуальних даних, що створює передумови для підвищення ефективності використання ресурсів, скорочення строків реалізації проєктів та зниження рівня організаційних ризиків.

У другому розділі дисертаційної роботи здійснено комплексне дослідження факторів, що визначають ефективність прийняття організаційно-технологічних рішень у процесі реалізації будівельних проєктів, та сформовано методологічні засади побудови адаптивної цифрової моделі управління будівельним виробництвом. Дослідження базується на положенні, що сучасне будівництво функціонує як багаторівнева відкрита система, у якій прийняття управлінських рішень залежить від великої кількості взаємопов'язаних технічних, економічних, організаційних, інформаційних та зовнішніх факторів, які постійно змінюються протягом життєвого циклу проєкту.

На основі системного аналізу визначено структуру організаційно-технологічних рішень у будівництві та встановлено їх місце у загальній системі управління реалізацією інвестиційно-будівельних проєктів. Обґрунтовано, що кожне управлінське рішення формується під впливом комплексу взаємозалежних факторів, серед яких особливу роль відіграють забезпеченість ресурсами, календарні обмеження, фінансовий стан проєкту, технологічні особливості виконання робіт, інформаційна взаємодія між учасниками будівництва та рівень цифрової зрілості організації. Запропоновано структурну модель взаємозв'язку зазначених факторів, яка дозволяє комплексно оцінювати їх вплив на кінцеві результати реалізації будівельного проєкту.

У роботі здійснено класифікацію факторів динамічних змін, що виникають у процесі реалізації будівельних проєктів. На відміну від існуючих підходів, які здебільшого розглядають окремі види ризиків або виробничих відхилень, запропоновано комплексну систему класифікації, яка об'єднує зовнішні, внутрішні, ресурсні, технологічні, економічні, організаційні та інформаційні фактори. Для кожної групи визначено характер впливу на процес організації будівництва, можливі наслідки виникнення відхилень та механізми їх компенсації шляхом використання сучасних цифрових технологій.

Особливу увагу приділено дослідженню впливу динамічних змін на ефективність організації будівельного виробництва. Встановлено, що найбільш критичними наслідками несвоєчасного реагування на зміни є порушення календарних графіків, зростання вартості виконання робіт, зниження продуктивності використання матеріально-технічних ресурсів, погіршення координації між учасниками будівельного процесу та зменшення загальної керованості проєктом. Доведено, що традиційні методи управління не забезпечують своєчасної адаптації до таких змін, оскільки орієнтовані переважно на реактивне усунення вже виниклих відхилень.

У дисертації виконано критичний аналіз обмежень традиційних підходів до організації будівництва в умовах цифрової трансформації галузі. Визначено, що використання ізольованих інформаційних систем, дублювання даних, відсутність

єдиних механізмів інформаційного обміну та недостатній рівень автоматизації процесів прийняття рішень істотно знижують ефективність управління будівельними проєктами. Обґрунтовано, що головною причиною виникнення більшості організаційно-технологічних проблем є фрагментарність інформаційного забезпечення та відсутність інтегрованого цифрового середовища, у якому всі учасники проєкту працюють з актуальними та узгодженими даними.

Значне місце у другому розділі відведено дослідженню інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень на основі ERP-систем. Проаналізовано функціональні можливості сучасних ERP-платформ щодо інтеграції даних про ресурси, строки, фінансові показники, виконання робіт та управління змінами. Встановлено, що використання ERP-систем забезпечує централізацію інформації, підвищує оперативність аналізу стану будівельного проєкту та створює передумови для переходу від реактивного до проактивного управління, орієнтованого на прогнозування можливих відхилень і своєчасне прийняття коригувальних управлінських рішень.

У результаті проведених досліджень сформовано методологічні засади побудови адаптивної цифрової моделі організації будівництва. Запропонована методологія базується на принципах системності, інформаційної інтеграції, безперервності обміну даними, адаптивності, багатоваріантності управлінських рішень та використанні цифрових технологій як інструменту підтримки процесів управління. На відміну від традиційних організаційно-технологічних моделей, запропонований підхід передбачає безперервне оновлення інформації про стан будівельного проєкту, автоматизований аналіз впливу змін на основні параметри реалізації будівництва та формування альтернативних сценаріїв подальшого розвитку подій.

Обґрунтовано концептуальну модель адаптивного цифрового управління, у якій ERP-система виконує функцію центральної інформаційно-аналітичної платформи, BIM-модель забезпечує інформаційну основу щодо характеристик об'єкта будівництва, а CDE формує єдине цифрове середовище взаємодії всіх учасників будівельного процесу. Така інтеграція забезпечує оперативне виявлення

відхилень, автоматизовану оцінку їх впливу на реалізацію проєкту, формування можливих варіантів реагування та підтримку прийняття найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень.

Результати другого розділу створили науково-методичне підґрунтя для розроблення власної адаптивної цифрової моделі підтримки управлінських рішень, яка представлена у наступному розділі дисертації. Саме проведений аналіз факторів динамічних змін, визначення закономірностей їх впливу на організацію будівельного виробництва та обґрунтування принципів інформаційної інтеграції стали основою формування авторської концепції цифрової трансформації управління будівельними проєктами, що забезпечує підвищення ефективності, адаптивності та стійкості будівельного виробництва в умовах сучасних викликів.

У третьому розділі дисертаційної роботи розроблено науково-методичні засади формування адаптивної моделі цифрової підтримки управлінських рішень, яка забезпечує інтеграцію інформаційних, організаційно-технологічних та управлінських процесів у межах єдиного цифрового середовища реалізації будівельних проєктів. Основною ідеєю запропонованого підходу є перехід від фрагментарного використання окремих цифрових інструментів до комплексної системи управління, у якій інформація про об'єкт будівництва, ресурси, календарні параметри, фінансові показники та виробничі процеси функціонує як єдина взаємопов'язана система підтримки прийняття управлінських рішень.

Розроблення авторської моделі ґрунтується на результатах попередніх теоретичних досліджень та аналізі закономірностей функціонування будівельного виробництва в умовах невизначеності. Обґрунтовано, що сучасна система організації будівництва повинна забезпечувати не лише інформаційне супроводження виробничих процесів, а й можливість безперервного аналізу стану реалізації проєкту, прогнозування розвитку ситуації, оцінювання альтернативних сценаріїв та автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень. Саме ця концепція стала основою побудови запропонованої цифрової моделі.

У роботі сформульовано принципи формування цифрової моделі організації будівництва, до яких віднесено принципи системної інтеграції, адаптивності,

безперервності інформаційного обміну, актуальності даних, багатоваріантності управлінських рішень, прогнозування можливих відхилень та забезпечення оперативного реагування на зміни умов реалізації проєкту. На відміну від існуючих моделей, запропонований підхід розглядає інформаційні ресурси як один із ключових елементів організаційно-технологічної системи, що безпосередньо впливає на ефективність управління будівельним виробництвом.

Центральним результатом третього розділу стало розроблення концепції інтегрованого цифрового середовища **BIM–ERP–CDE**, яка забезпечує об'єднання всіх основних інформаційних потоків будівельного проєкту в єдиній цифровій платформі. Встановлено, що інформаційна модель будівлі (BIM) повинна виступати базовим джерелом технічної інформації щодо характеристик об'єкта будівництва, ERP-система — забезпечувати управління ресурсами, фінансами, календарним плануванням та виробничими процесами, тоді як CDE створює організаційні умови для ефективної взаємодії всіх учасників інвестиційно-будівельного процесу. Такий підхід дозволяє усунути дублювання інформації, забезпечити синхронізацію даних і сформуванню єдиної інформаційної основи прийняття управлінських рішень.

У дисертації запропоновано модель взаємодії основних параметрів будівельного проєкту, яка враховує взаємозалежність робіт, ресурсів, календарних строків, фінансових показників та зовнішніх умов реалізації будівництва. На відміну від існуючих моделей, вона дозволяє оцінювати наслідки будь-яких змін не ізольовано, а з урахуванням їх комплексного впливу на функціонування всієї організаційно-технологічної системи. Завдяки цьому створюється можливість своєчасного виявлення потенційних ризиків, прогнозування розвитку ситуації та вибору найбільш ефективних варіантів реагування.

Особливе місце у роботі займає розроблений механізм підтримки прийняття управлінських рішень у середовищі ERP. Запропоновано алгоритм інформаційно-аналітичної обробки даних, який забезпечує автоматизоване формування альтернативних організаційно-технологічних рішень, їх багатокритеріальне оцінювання та вибір оптимального варіанта залежно від поточного стану реалізації будівельного проєкту. На відміну від традиційних підходів, у яких ERP



використовується переважно як система обліку ресурсів, у запропонованій моделі вона виконує функцію інтелектуальної платформи підтримки управління, що забезпечує інтеграцію даних, їх аналіз, прогнозування та інформаційний супровід процесу прийняття рішень.

Одним із найбільш вагомих результатів дисертації стало розроблення моделі адаптивного перебудування організаційно-технологічних процесів. Встановлено, що ефективність функціонування будівельного виробництва визначається не лише оптимальністю початкових планових параметрів, а насамперед здатністю системи оперативно реагувати на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища. Запропонована модель передбачає постійний моніторинг фактичного стану реалізації проєкту, автоматичне виявлення відхилень від планових показників, аналіз причин їх виникнення, прогнозування можливих наслідків та формування комплексу коригувальних організаційно-технологічних заходів.

У межах дослідження вперше сформовано систему показників оцінювання ефективності та адаптивності будівельного виробництва, яка дозволяє комплексно оцінювати результативність функціонування цифрової системи управління. На відміну від традиційних підходів, що орієнтуються переважно на оцінювання календарних строків або вартості виконання робіт, запропонована система показників враховує рівень інформаційної узгодженості, ступінь адаптивності організаційно-технологічної системи, ефективність використання ресурсів, оперативність прийняття управлінських рішень, стабільність функціонування виробничих процесів та інтегральну результативність цифрового управління.

Науковою новизною запропонованої моделі є введення кількісної оцінки інформаційної узгодженості як одного з визначальних параметрів ефективності організації будівництва. Доведено, що саме рівень синхронізації інформаційних потоків між учасниками проєкту істотно впливає на швидкість прийняття управлінських рішень, ефективність використання ресурсів та здатність будівельної системи адаптуватися до динамічних змін. Запропонований коефіцієнт інформаційної узгодженості дозволяє кількісно оцінювати якість функціонування

інтегрованого цифрового середовища та використовувати отримані результати для подальшої оптимізації процесів управління.

Завершальним етапом третього розділу стало розроблення алгоритму практичної реалізації моделі цифрової підтримки управління. Алгоритм охоплює повний цикл функціонування цифрової системи — від отримання інформації про поточний стан будівельного проєкту, її інтеграції та аналітичної обробки до формування альтернативних управлінських рішень, оцінювання їх ефективності, вибору оптимального варіанта та контролю результатів його реалізації. Такий підхід забезпечує безперервність процесу управління, своєчасне реагування на зміни та створює передумови для формування принципово нового рівня цифрової організації будівельного виробництва.

У цілому результати третього розділу становлять основний науковий внесок дисертаційного дослідження, оскільки саме в ньому сформовано авторську адаптивну модель цифрової підтримки управлінських рішень, що інтегрує технології BIM, ERP та CDE у єдину інформаційно-аналітичну систему. Запропоновані науково-методичні положення створюють основу для переходу від традиційних моделей управління до сучасної цифрової концепції організації будівництва, орієнтованої на адаптивність, інформаційну інтеграцію та прийняття управлінських рішень на основі актуальних даних.

У четвертому розділі дисертаційної роботи здійснено практичну апробацію розробленої адаптивної моделі цифрової підтримки управлінських рішень та виконано комплексне оцінювання ефективності її застосування у процесі реалізації будівельних проєктів. Основною метою даного етапу дослідження стало підтвердження практичної придатності запропонованих теоретичних положень, перевірка ефективності інтегрованого цифрового середовища BIM–ERP–CDE в умовах реального будівельного виробництва, а також визначення економічної доцільності впровадження цифрових технологій у систему організації будівництва.

Для забезпечення можливості практичного використання запропонованих наукових положень автором розроблено методику впровадження адаптивної цифрової моделі управління будівельними проєктами. Методика визначає

послідовність переходу від традиційних підходів до цифрового управління та включає етапи формування цифрової інформаційної моделі проєкту, інтеграції BIM-, ERP- та CDE-платформ, організації єдиного інформаційного середовища, налаштування механізмів автоматизованого обміну даними, формування системи моніторингу виконання робіт та організації підтримки процесу прийняття управлінських рішень на основі актуальної інформації.

Практичну перевірку розробленої моделі проведено на прикладі реалізації будівельних проєктів різного рівня складності, що дозволило оцінити універсальність запропонованих підходів та їх ефективність за різних організаційно-технологічних умов. У процесі апробації виконано адаптацію цифрової моделі до особливостей конкретних будівельних об'єктів, здійснено інтеграцію інформаційних потоків між учасниками будівництва та організовано використання ERP-платформи як центрального елемента підтримки управління проєктами.

Особливу увагу приділено дослідженню практичного функціонування інтегрованого цифрового середовища, у якому BIM-модель забезпечувала інформаційну основу щодо характеристик об'єкта будівництва, ERP-система здійснювала управління ресурсами, календарними графіками, фінансовими потоками та виробничими процесами, а CDE-платформа забезпечувала єдиний інформаційний простір взаємодії всіх учасників будівництва. Такий підхід дозволив суттєво скоротити час оброблення інформації, мінімізувати дублювання даних, забезпечити прозорість виконання робіт та підвищити якість інформаційної взаємодії між усіма учасниками реалізації проєкту.

У процесі практичного застосування моделі проведено порівняльний аналіз традиційних організаційно-технологічних підходів та запропонованої цифрової системи управління. За результатами дослідження встановлено, що використання інтегрованого цифрового середовища забезпечує суттєве підвищення оперативності прийняття управлінських рішень, скорочення часу оброблення інформації, покращення координації виробничих процесів та підвищення ефективності використання матеріально-технічних, трудових і фінансових

ресурсів. Доведено, що цифрова інтеграція інформаційних потоків сприяє значному зменшенню кількості організаційних помилок, своєчасному виявленню відхилень від планових показників та підвищенню достовірності управлінської інформації.

Виконане оцінювання ефективності впровадження ERP-підтримки підтвердило високу результативність запропонованої моделі. Встановлено, що використання цифрової системи управління дозволяє істотно скоротити тривалість підготовки та погодження управлінських рішень, забезпечити більш раціональне використання виробничих ресурсів, підвищити рівень інформаційної узгодженості між усіма учасниками будівельного процесу та мінімізувати негативний вплив динамічних змін на результати реалізації будівельних проєктів. Особливого значення набуває можливість оперативного аналізу альтернативних сценаріїв розвитку подій, що забезпечує прийняття найбільш ефективних управлінських рішень у режимі реального часу.

У роботі проведено комплексне економічне оцінювання результатів цифрової трансформації організації будівництва. На основі аналізу показників ефективності встановлено, що витрати, пов'язані із впровадженням цифрових технологій та створенням інтегрованого інформаційного середовища, компенсуються за рахунок скорочення непродуктивних витрат, підвищення продуктивності використання ресурсів, зменшення кількості організаційних помилок, оптимізації календарних графіків та підвищення загальної керованості будівельними проєктами. Результати дослідження підтвердили економічну доцільність використання запропонованої моделі та засвідчили можливість отримання стійкого економічного ефекту вже на початкових етапах її практичного застосування.

За результатами апробації встановлено, що використання адаптивної цифрової моделі дозволяє суттєво знизити рівень відхилень від планових строків виконання будівельних робіт, скоротити перевитрати матеріально-технічних ресурсів, підвищити оперативність прийняття управлінських рішень та забезпечити більш ефективне управління змінами, що виникають у процесі реалізації проєктів. Практична перевірка також підтвердила можливість масштабування

запропонованої моделі для використання на будівельних об'єктах різного функціонального призначення, складності та вартості.

На підставі узагальнення результатів практичного впровадження сформовано методичні рекомендації щодо поетапного переходу будівельних підприємств до використання інтегрованих цифрових технологій управління. Запропоновано комплекс організаційних, інформаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення ефективної інтеграції BIM-, ERP- та CDE-платформ у діяльність будівельних організацій, визначено умови успішного впровадження цифрових систем управління, окреслено вимоги до інформаційної взаємодії між учасниками будівельного процесу та сформовано рекомендації щодо подальшого розвитку цифрової трансформації будівельної галузі.

Практична реалізація результатів дослідження підтвердила достовірність сформульованих у дисертації наукових положень та ефективність запропонованої адаптивної моделі цифрової підтримки управлінських рішень. Доведено, що інтеграція інформаційного моделювання, систем управління ресурсами підприємства та спільного інформаційного середовища забезпечує якісно новий рівень організації будівельного виробництва, підвищує ефективність використання ресурсного потенціалу, сприяє скороченню строків реалізації будівельних проєктів, підвищує рівень керованості виробничими процесами та створює науково обґрунтовані передумови для подальшої цифрової трансформації будівельної галузі України.

Отримані результати дослідження у сукупності формують завершену науково-методологічну основу цифрової трансформації організації будівельного виробництва, орієнтовану на підвищення ефективності управління будівельними проєктами в умовах динамічних змін зовнішнього та внутрішнього середовища. Запропоновані у дисертації наукові положення, моделі, методичні підходи та алгоритми забезпечують комплексне поєднання організаційно-технологічних процесів із сучасними цифровими технологіями управління та створюють передумови для переходу від традиційних методів організації будівництва до



інтегрованого інформаційно-керованого середовища прийняття управлінських рішень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні адаптивної цифрової моделі організації будівельного виробництва, що інтегрує технології BIM, ERP та CDE у єдине інформаційно-аналітичне середовище підтримки прийняття управлінських рішень. У роботі вперше запропоновано підхід до оцінювання інформаційної узгодженості як одного з визначальних чинників ефективності організації будівництва, удосконалено методичні підходи до формування організаційно-технологічних рішень в умовах невизначеності та набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо адаптивного управління будівельним виробництвом у цифровому середовищі.

Практичне значення результатів дослідження полягає у можливості використання розроблених моделей, алгоритмів та методичних рекомендацій під час реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, впровадження ERP-систем у діяльність будівельних підприємств, формування інтегрованих цифрових середовищ управління та розвитку сучасних підходів до цифрової трансформації будівельної галузі. Практична апробація підтвердила ефективність запропонованих рішень щодо підвищення оперативності прийняття управлінських рішень, покращення використання ресурсів, скорочення строків реалізації будівельних проєктів, зниження організаційних ризиків та забезпечення більш високого рівня координації між усіма учасниками будівництва.

Основні положення дисертаційного дослідження апробовано під час виконання науково-дослідних робіт, реалізації будівельних проєктів, а також представлені на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях. Результати дослідження опубліковано у наукових виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних, фахових виданнях України, колективній монографії та матеріалах наукових конференцій, що підтверджує їх наукову достовірність, практичну значущість та відповідність сучасному рівню розвитку будівельної науки.

Дисертаційна робота є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо розроблення організаційно-технологічних засад забезпечення адаптивності будівельного виробництва на основі використання цифрових моделей та ERP-підтримки управлінських рішень. Отримані результати характеризуються науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та практичною цінністю, а їх упровадження сприятиме підвищенню ефективності реалізації будівельних проєктів, розвитку цифрового управління у будівництві та подальшому впровадженню сучасних інформаційних технологій у практику організації будівельного виробництва.

**Ключові слова:** цифрова трансформація, організація будівництва, будівельне виробництво, ERP, BIM, CDE, цифрове управління, адаптивне управління, інформаційне моделювання, організаційно-технологічні рішення, підтримка прийняття управлінських рішень, цифровізація будівництва, інформаційна інтеграція, управління будівельними проєктами, ефективність будівельного виробництва.

## ABSTRACT

**Zhelezniak Vladyslav Leonidovych. Digital Transformation of Construction Management: Models and ERP-Based Decision Support Tools. – Qualifying scientific work submitted as a manuscript.**

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Specialty 192 “Construction and Civil Engineering”, Field of Knowledge 19 “Architecture and Construction”. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2026.

The contemporary development of the construction industry is characterized by a substantial increase in the complexity of organizational and technological processes associated with the implementation of construction projects, growing requirements for the efficient utilization of resources, increasing responsibility of all participants involved in investment and construction activities, and the necessity to ensure the stable achievement of target indicators related to project duration, cost, and quality. At the same time, construction production currently operates under conditions of considerable uncertainty caused by the simultaneous influence of numerous external and internal factors, including fluctuations in the prices of construction materials and technical resources, changes in financing mechanisms, disruptions in logistics chains, the need for continuous adjustment of design solutions, and the growing complexity of interaction among all stakeholders participating in the construction process.

Traditional organizational and technological approaches to construction management were developed under conditions of relative stability and were primarily based on deterministic planning models. These approaches assumed that the principal parameters of a construction project remained unchanged throughout its entire life cycle. However, modern construction practice demonstrates that the actual conditions of project implementation differ significantly from those anticipated during the planning stage. Consequently, organizational and technological decisions require continuous revision and adaptation in response to changing project conditions.

One of the fundamental challenges of contemporary construction lies in the insufficient integration of information flows among clients, designers, contractors, consultants, suppliers, and other project participants. In most practical cases, information is generated, processed, and stored within separate software environments, which considerably complicates the timely exchange of data, reduces information consistency, and negatively affects the quality of managerial decision-making. As a result, even relatively minor deviations in project conditions may lead to significant schedule delays, cost overruns, inefficient resource utilization, and a general decrease in the effectiveness of construction project management.

In this context, digital transformation has become one of the key strategic directions for the development of the construction industry. The implementation of advanced digital technologies enables the integration of information flows, improves the transparency of management processes, and facilitates the transition from reactive to proactive construction project management. Particular importance in this process belongs to the technologies of **Building Information Modeling (BIM)**, **Enterprise Resource Planning (ERP)**, and **Common Data Environment (CDE)**, which together provide the foundation for creating an integrated digital environment throughout the entire life cycle of a construction project.

The implementation of BIM technologies makes it possible to develop a comprehensive digital representation of a construction facility and to establish direct links between design solutions and construction processes. ERP systems provide opportunities for integrating information concerning resources, finances, scheduling, procurement, and project execution, whereas CDE platforms establish a unified environment for information exchange among all stakeholders involved in project delivery. Nevertheless, an analysis of existing scientific publications and practical experience indicates that the issue of comprehensive integration of these technologies within a single adaptive construction management model has not yet been sufficiently investigated.

Existing approaches are mainly focused on the automation of individual management functions and therefore fail to provide the level of adaptability required under rapidly changing construction conditions. In most cases, digital technologies are

employed merely as information-processing tools rather than as components of an integrated decision-support system. Consequently, there is a need to develop fundamentally new scientific approaches to construction management that combine the capabilities of digital technologies with the principles of adaptive organizational and technological management.

The dissertation is based on the scientific hypothesis that improving the efficiency of construction management under conditions of dynamic change can be achieved through the development of an adaptive digital management model integrating BIM, ERP, and CDE technologies into a unified decision-support environment operating on the basis of continuously updated project information.

The purpose of the dissertation is to develop organizational and technological principles for ensuring the adaptability of construction production under dynamically changing project implementation conditions through the application of digital models and ERP-based decision support systems.

To achieve this objective, a comprehensive set of theoretical, methodological, and applied studies was carried out to identify the regularities governing construction production under conditions of uncertainty, to develop an adaptive digital management model, and to verify its effectiveness through practical implementation in real construction projects.

The **object of the research** is the process of organizing construction production under conditions of dynamic change.

The **subject of the research** is the organizational and technological principles for ensuring the adaptability of construction production based on digital models and ERP-supported managerial decision-making.

The methodological framework of the research is based on the principles of systems analysis, process-oriented and functional approaches, methods of analysis and synthesis, system modelling, comparative analysis, and contemporary information and analytical tools used in digital construction project management.

## **Main Content and Research Results**



**Chapter 1** examines the theoretical and methodological foundations of the digital transformation of construction management as a contemporary concept for the development of the construction industry under conditions of increasing complexity of investment and construction projects and growing requirements for management efficiency. A comprehensive analysis of the evolution of organizational and technological approaches to construction management is presented, beginning with traditional linear and flow-based construction methods, network planning techniques, and classical project management systems, and extending to contemporary digital concepts of integrated management based on advanced information technologies.

It has been established that traditional organizational and technological models were developed under conditions of a relatively stable production environment and were based on deterministic planning approaches, in which the principal parameters of a construction project are defined at the initial stage and remain virtually unchanged throughout the project implementation process. The conducted analysis of contemporary construction practice has demonstrated that such approaches are no longer capable of ensuring the required level of management efficiency under conditions of rapidly changing external environments, fluctuations in resource availability, instability of financial support, disruptions in logistics chains, the necessity for continuous adjustment of design solutions, and the constant emergence of new organizational and technological risks.

The dissertation systematizes contemporary approaches to the digitalization of construction production and establishes that the key direction of modern construction management lies in the integration of **Building Information Modeling (BIM)**, **Enterprise Resource Planning (ERP)** systems, and the **Common Data Environment (CDE)**. Unlike previous studies, where these technologies have generally been considered separately, the present research examines them as interconnected components of a comprehensive decision-support system capable of ensuring the continuity of information flows throughout the entire life cycle of a construction project.

Particular attention is devoted to investigating the specific characteristics of construction production under conditions of dynamic change. The principal factors

affecting the efficiency of construction management have been identified and classified into economic, organizational, technological, resource-related, informational, and external groups. It has been substantiated that information inconsistency among project participants represents one of the major causes of management inefficiency, resulting in schedule delays, increased construction costs, duplication of information, inconsistencies in project documentation, and managerial decisions based on incomplete or outdated information.

The first chapter also provides a critical analysis of existing organizational and technological construction management models, identifying their principal advantages and limitations. It is demonstrated that most contemporary approaches fail to ensure an adequate level of adaptability to changing project environments because they are primarily focused on automating individual management functions rather than establishing an integrated decision-support system capable of responding dynamically to changing project conditions. Consequently, the necessity of transitioning from static construction management models to adaptive digital systems capable of continuous adjustment throughout project implementation has been scientifically substantiated.

Based on the conducted theoretical analysis, the dissertation establishes the scientific prerequisites for developing an adaptive digital construction management model integrating the principles of systems engineering, information integration, adaptive management, and digital decision support. It has been demonstrated that the integration of BIM, ERP, and CDE technologies provides the basis for creating a unified digital environment in which construction project management is performed using continuously updated information. Such integration creates favourable conditions for improving resource utilization efficiency, reducing project implementation time, minimizing organizational risks, and increasing the overall effectiveness of construction production management.

**Chapter 2** presents a comprehensive investigation of the factors determining the efficiency of organizational and technological decision-making during construction project implementation and develops the methodological foundations for an adaptive digital construction management model. The research is based on the concept that modern

construction represents a complex open system in which managerial decisions are influenced by numerous interrelated technical, economic, organizational, informational, and environmental factors continuously changing throughout the project life cycle.

Using a systems analysis approach, the organizational and technological decision-making structure in construction has been identified, and its role within the overall management system of investment and construction projects has been determined. It has been substantiated that every managerial decision is formed under the influence of a complex combination of interconnected factors, among which resource availability, scheduling constraints, project financing, technological characteristics of construction processes, information interaction among project stakeholders, and the level of organizational digital maturity play a decisive role. A structural model describing the interaction of these factors has been developed, making it possible to evaluate their integrated influence on the final performance indicators of construction projects.

The dissertation proposes a comprehensive classification of dynamic changes occurring during construction project implementation. Unlike existing approaches, which generally consider only individual categories of risks or production deviations, the proposed classification integrates external, internal, technological, organizational, resource-related, economic, and informational factors into a unified analytical framework. For each category, the nature of its influence on construction management, its potential consequences, and appropriate mechanisms for compensation through digital technologies have been identified and substantiated.

Special attention is devoted to analysing the influence of dynamic changes on the efficiency of construction production. The study demonstrates that the most critical consequences of untimely responses to project changes include violations of construction schedules, increased project costs, reduced efficiency in resource utilization, deterioration of coordination among project participants, and an overall decline in project controllability. It has also been proven that traditional management approaches are incapable of providing timely adaptation because they mainly rely on reactive responses after deviations have already occurred rather than preventing them proactively.

The dissertation further presents a critical assessment of the limitations of traditional construction management approaches within the context of digital transformation. It has been established that isolated information systems, duplicated datasets, the absence of unified mechanisms for information exchange, and insufficient automation of managerial processes significantly reduce project management efficiency. It is argued that the principal cause of most organizational and technological problems lies in fragmented information management and the absence of an integrated digital environment in which all project participants operate using synchronized and continuously updated information.

A significant part of Chapter 2 is devoted to investigating information support for managerial decision-making based on Enterprise Resource Planning (ERP) systems. The functional capabilities of contemporary ERP platforms regarding the integration of data on resources, project schedules, financial indicators, construction progress, procurement, and change management have been comprehensively analysed. The study demonstrates that ERP systems provide centralized information management, improve the operational efficiency of project monitoring, and create the necessary conditions for the transition from reactive management to proactive management based on forecasting potential deviations and implementing timely corrective organizational and technological measures.

As a result of the conducted research, the methodological foundations for developing an adaptive digital construction management model have been established. The proposed methodology is based on the principles of systems integration, continuous information exchange, adaptability, multi-criteria decision-making, and the application of digital technologies as comprehensive instruments for supporting managerial processes. Unlike traditional organizational and technological models, the proposed approach provides continuous updating of project information, automated assessment of the influence of dynamic changes on the principal project parameters, and the generation of alternative development scenarios that enable managers to respond promptly to changing construction conditions.

A conceptual model of adaptive digital construction management has been developed, in which the ERP system performs the role of the central information and analytical platform, the BIM model serves as the primary source of technical information concerning the construction facility, and the Common Data Environment (CDE) establishes a unified digital space for communication and collaboration among all project stakeholders. The integration of these components ensures the timely identification of deviations, automated assessment of their influence on project implementation, generation of alternative response scenarios, and support for selecting the most effective organizational and technological decisions.

The results obtained in Chapter 2 constitute the scientific and methodological basis for developing the author's adaptive digital decision-support model presented in the subsequent chapter of the dissertation. The comprehensive analysis of dynamic change factors, identification of the regularities governing their influence on construction production, and substantiation of the principles of information integration have become the foundation for the author's concept of digital transformation in construction management, aimed at increasing the efficiency, adaptability, and resilience of construction production under rapidly changing project conditions.

**Chapter 3** presents the development of the scientific and methodological principles underlying an adaptive digital decision-support model that integrates informational, organizational, technological, and managerial processes into a unified digital environment for construction project implementation. The principal concept of the proposed approach consists in replacing the fragmented application of individual digital tools with an integrated management system in which information concerning the construction facility, project resources, schedules, financial indicators, and production processes functions as a unified interconnected decision-support system.

The development of the proposed model is based on the theoretical findings obtained in the previous chapters together with an analysis of the regularities governing construction production under conditions of uncertainty and continuous change. It has been substantiated that a contemporary construction management system should not merely provide information support for production processes but should also ensure



continuous monitoring of project implementation, forecasting of possible developments, evaluation of alternative management scenarios, and automated support for managerial decision-making. These principles constitute the conceptual basis for the proposed adaptive digital model.

The dissertation formulates the fundamental principles governing the development of the digital construction management model, including systems integration, adaptability, continuity of information exchange, data reliability and consistency, multi-criteria decision-making, forecasting of potential deviations, and rapid response to changing project conditions. Unlike existing approaches, the proposed model considers information resources not simply as supporting data but as one of the key components of the organizational and technological system directly influencing the efficiency of construction management.

The central scientific achievement of Chapter 3 is the development of the concept of an integrated **BIM–ERP–CDE digital environment**, which combines all principal information flows of a construction project into a unified digital platform. It has been established that the Building Information Model (BIM) should function as the primary source of technical information describing the construction facility; the Enterprise Resource Planning (ERP) system should provide integrated management of resources, finances, scheduling, procurement, and production processes; while the Common Data Environment (CDE) should ensure effective collaboration and information exchange among all participants involved in investment and construction activities. Such integration eliminates information duplication, synchronizes data, and creates a unified information basis for managerial decision-making throughout the entire project life cycle.

The dissertation further proposes a model describing the interaction of the principal construction project parameters, taking into account the interdependence of construction activities, resource allocation, project schedules, financial performance, and external environmental conditions. Unlike existing approaches, the proposed model makes it possible to evaluate the consequences of any project change not in isolation but in terms of its integrated influence on the functioning of the entire organizational and technological system. This creates opportunities for the early identification of potential

risks, forecasting project development scenarios, and selecting the most efficient organizational and technological responses.

A special place in the proposed concept is occupied by the mechanism for supporting managerial decision-making within the ERP environment. The dissertation develops an information and analytical algorithm that provides automated generation of alternative organizational and technological solutions, their multi-criteria evaluation, and the selection of the optimal alternative depending on the current status of project implementation. Unlike conventional approaches, in which ERP systems are primarily employed as instruments for resource accounting and financial management, the proposed model transforms ERP into an intelligent decision-support platform capable of integrating heterogeneous data, performing analytical processing, forecasting project development, and providing continuous information support throughout the managerial decision-making process.

One of the most significant scientific achievements of the dissertation is the development of a model for the adaptive restructuring of organizational and technological processes in construction. The research demonstrates that the efficiency of construction production depends not only on the optimality of the initial planning solutions but primarily on the capability of the management system to respond promptly to changes occurring in both the external and internal project environment. The proposed model incorporates continuous monitoring of the actual project status, automated identification of deviations from planned indicators, analysis of the causes of these deviations, forecasting of their potential consequences, and generation of appropriate corrective organizational and technological measures.

Within the framework of the research, a comprehensive system of indicators for assessing the efficiency and adaptability of construction production has been developed. Unlike traditional evaluation approaches, which focus mainly on project duration or construction cost, the proposed assessment system considers the level of information consistency, adaptability of the organizational and technological system, efficiency of resource utilization, responsiveness of managerial decision-making, stability of production processes, and the overall effectiveness of digital construction management.

This integrated system of indicators provides an objective basis for evaluating the performance of digital management systems and supports continuous improvement of organizational processes.

A significant element of the proposed methodology is the introduction of quantitative assessment of information consistency as one of the principal indicators determining the efficiency of construction management. The research proves that the degree of synchronization of information flows among project participants directly influences the speed and quality of managerial decision-making, the efficiency of resource utilization, the reduction of organizational conflicts, and the capability of the construction management system to adapt to dynamic project conditions. The proposed Information Consistency Index enables quantitative evaluation of the effectiveness of an integrated digital environment and provides analytical support for further optimization of construction management processes.

Another important scientific contribution consists in the development of an algorithm for the practical implementation of the adaptive digital decision-support model. The proposed algorithm encompasses the complete operational cycle of the digital management system, beginning with the acquisition of information concerning the current project status, followed by data integration, analytical processing, identification of deviations, generation of alternative managerial decisions, multi-criteria evaluation of these alternatives, selection of the optimal solution, implementation of the selected decision, and continuous monitoring of its effectiveness. Such an approach ensures uninterrupted management processes, timely adaptation to changing project conditions, and establishes the foundation for a fundamentally new level of digital construction management.

The dissertation also substantiates the functional architecture of the integrated digital management environment, defining the interaction between its principal subsystems and the information flows connecting them. Particular attention is devoted to establishing the relationships among technical information contained in BIM models, organizational and economic information processed by ERP systems, and collaborative information managed within the Common Data Environment. The proposed architecture

provides consistency and integrity of information throughout the project life cycle and significantly reduces the probability of information losses, inconsistencies, and duplication.

It has been demonstrated that the implementation of the proposed adaptive model enables the transition from fragmented management of individual construction processes to integrated management of the entire organizational and technological system. Such integration substantially increases management flexibility, improves the transparency of managerial procedures, enhances the reliability of forecasting, and enables timely adaptation of construction production to continuously changing implementation conditions.

The results presented in Chapter 3 constitute the principal scientific contribution of the dissertation, since this chapter introduces the author's adaptive digital decision-support model integrating BIM, ERP, and CDE technologies into a unified information and analytical environment for construction management. The proposed scientific and methodological framework establishes the theoretical and practical basis for transforming traditional construction management into an adaptive digital management system capable of supporting informed managerial decision-making based on continuously updated, integrated, and reliable project information.

**Chapter 4** is devoted to the practical implementation and experimental verification of the proposed adaptive digital decision-support model, as well as to a comprehensive assessment of its effectiveness in the management of construction projects. The primary objective of this stage of the research is to confirm the practical applicability of the developed theoretical principles, to evaluate the performance of the integrated BIM–ERP–CDE environment under real construction conditions, and to determine the organizational and economic feasibility of implementing digital technologies in construction management.

To ensure the practical applicability of the proposed scientific developments, a comprehensive methodology for implementing the adaptive digital construction management model has been developed. The methodology defines the sequence of organizational and technological measures required for transitioning from traditional

construction management approaches to integrated digital management. It includes the creation of digital information models, integration of BIM, ERP, and CDE platforms, establishment of a unified information environment, configuration of automated data exchange mechanisms, implementation of continuous project monitoring procedures, and organization of managerial decision support based on real-time project information.

The proposed adaptive digital model was validated through its application to construction projects of varying complexity, which made it possible to assess its universality, scalability, and effectiveness under different organizational and technological conditions. During the implementation process, the model was adapted to the specific characteristics of individual construction projects, while information flows among all project participants were integrated within a unified digital environment. In this framework, the ERP platform functioned as the central management component responsible for coordinating resources, monitoring project performance, and supporting managerial decision-making.

Particular attention was paid to evaluating the practical operation of the integrated digital environment, in which the Building Information Model served as the primary source of technical information describing the construction facility, the Enterprise Resource Planning system performed the functions of resource, financial, scheduling, and production management, and the Common Data Environment ensured a unified digital space for communication, coordination, and information exchange among all project stakeholders. The implementation of this integrated approach significantly reduced information processing time, eliminated data duplication, increased the transparency of construction processes, and substantially improved the quality and reliability of information exchange throughout project implementation.

A comparative analysis between traditional organizational and technological approaches and the proposed adaptive digital management system was carried out during the practical implementation stage. The obtained results demonstrated that the application of the integrated digital environment considerably improves the efficiency of managerial decision-making, reduces the time required for information processing, enhances coordination among construction participants, and increases the efficiency of utilizing



material, technical, financial, and human resources. Furthermore, the integration of information flows significantly decreases the number of organizational errors, enables timely identification of deviations from planned project indicators, and substantially improves the reliability of managerial information.

The evaluation of ERP-based decision support confirmed the high effectiveness of the proposed model. The research demonstrated that the implementation of the digital management system substantially reduces the time required for preparing, coordinating, and approving managerial decisions, improves resource allocation, increases the level of information consistency among all construction participants, and minimizes the negative impact of dynamic changes on project implementation. An especially important advantage of the proposed approach is its capability to analyse alternative development scenarios in real time, thereby enabling managers to select the most efficient organizational and technological solutions under changing project conditions.

A comprehensive economic assessment of the digital transformation of construction management was also conducted. Based on the analysis of performance indicators, it was established that the investments associated with implementing digital technologies and developing an integrated information environment are compensated through reductions in unproductive costs, improvements in resource utilization efficiency, decreases in organizational errors, optimization of construction schedules, and enhancement of overall project controllability. The obtained results confirm the economic feasibility of implementing the proposed adaptive model and demonstrate the possibility of achieving sustainable economic benefits even during the initial stages of practical implementation.

The practical verification further demonstrated that the adaptive digital management model significantly reduces deviations from planned construction schedules, minimizes excessive consumption of material and technical resources, improves the responsiveness of managerial decision-making, and provides more effective management of organizational and technological changes arising during project implementation. The conducted investigations also confirmed the scalability of the

proposed model, proving that it can be successfully applied to construction projects of various functional purposes, sizes, complexity levels, and investment values.

Based on the practical implementation results, methodological recommendations for the phased transition of construction enterprises toward integrated digital management technologies have been developed. These recommendations include a comprehensive set of organizational, informational, technological, and managerial measures aimed at ensuring the effective integration of BIM, ERP, and CDE platforms into construction companies. The dissertation identifies the principal organizational conditions necessary for successful digital transformation, formulates requirements for effective information interaction among project participants, and proposes practical recommendations for the further development of digital construction management within the construction industry.

The practical implementation of the proposed scientific developments has confirmed the validity of the theoretical assumptions formulated in the dissertation and demonstrated the effectiveness of the adaptive digital decision-support model. It has been proven that the integration of Building Information Modeling, Enterprise Resource Planning systems, and the Common Data Environment creates a fundamentally new level of construction management, improves the efficiency of resource utilization, contributes to reducing project implementation time, increases the controllability of production processes, and establishes scientifically substantiated prerequisites for the further digital transformation of the construction industry.

The results obtained in the dissertation constitute a comprehensive scientific and methodological foundation for the digital transformation of construction management aimed at improving the efficiency of construction production under conditions of dynamic changes in both the external and internal project environment. The proposed scientific principles, models, methodological approaches, algorithms, and practical recommendations ensure the integration of organizational and technological processes with advanced digital technologies and create the prerequisites for transitioning from traditional construction management methods to an integrated information-driven decision-support environment.

The scientific novelty of the research lies in the development of an adaptive digital construction management model integrating **Building Information Modeling (BIM), Enterprise Resource Planning (ERP), and the Common Data Environment (CDE)** into a unified information and analytical environment supporting managerial decision-making. For the first time, an approach to assessing information consistency as one of the principal determinants of construction management efficiency has been proposed. Furthermore, methodological approaches to organizational and technological decision-making under conditions of uncertainty have been improved, while the theoretical principles of adaptive construction management within a digital environment have been further developed.

The practical significance of the dissertation consists in developing scientifically substantiated models, algorithms, methodologies, and recommendations that can be applied during the implementation of investment and construction projects, the deployment of ERP systems within construction enterprises, the establishment of integrated digital management environments, and the further development of digital transformation strategies for the construction industry. Practical implementation has confirmed that the proposed solutions improve managerial decision-making, optimize resource utilization, reduce project implementation time, minimize organizational risks, and significantly enhance coordination among all participants in construction projects.

The principal scientific findings have been validated through research activities, practical implementation within construction projects, and presentations at international and national scientific conferences. The research results have been published in peer-reviewed scientific journals indexed in international scientometric databases, professional Ukrainian journals, a collective monograph, and conference proceedings, thereby confirming their scientific validity, practical relevance, and compliance with the current state of research in construction science.

The dissertation represents a completed and independent scientific study that successfully solves an important scientific and applied problem concerning the development of organizational and technological principles for ensuring the adaptability of construction production through the application of digital models and ERP-based

decision-support systems. The obtained scientific results are characterized by originality, methodological validity, and practical applicability. Their implementation will contribute to improving the efficiency of construction project delivery, advancing digital construction management, facilitating the implementation of modern information technologies within construction practice, and supporting the further digital transformation of the construction industry.

**Keywords:** digital transformation; construction management; construction production; Building Information Modeling (BIM); Enterprise Resource Planning (ERP); Common Data Environment (CDE); digital construction; adaptive management; organizational and technological decisions; digital decision support; information modelling; construction project management; information integration; digital environment; management efficiency.

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

### Публікації у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Bozhynskyi M., Zhelezniak V. Scientific foundations for the coordination of organizational-technological and information-management decisions in the system of implementation and recovery of construction projects. *The Scientific Heritage*. 2026. No. 179 (179). P. 72–78. [DOI: 10.5281/zenodo.18762606](https://doi.org/10.5281/zenodo.18762606). *(Особистий внесок здобувача: сформовано концептуальні положення щодо координації організаційно-технологічних та інформаційно-управлінських рішень у процесі реалізації будівельних проєктів, обґрунтовано підходи до інтеграції цифрових інструментів підтримки управлінських рішень, підготовлено основний текст публікації.)*

### **Колективна монографія:**

2. Железняк В., Олійник М. Малихін, А. Козак, М. Дружинін та ін.; Організаційно-технологічний девелопмент та інтегрована реалізація проєктів у будівництві: монографія / Київ: КНУБА, 2025. 201 с. URI: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/15677> *(Особистий внесок здобувача: здобувачем розроблено положення щодо цифрової трансформації організації будівництва та обґрунтовано використання ERP-орієнтованих підходів у системі інтегрованого управління будівельними проєктами. Узагальнено сучасні концепції цифровізації будівельного виробництва та адаптовано їх до умов організаційно-технологічного проєктування).*

### **Статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії “Б”:**

3. Железняк В., Конончук Р. Цифрова методологія управління організаційно-технологічними процесами будівництва об'єктів для оптимізації



проектних параметрів . *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024. № 54 Т.2. С325–333. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(2\).325-333](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).325-333) (Особистий внесок здобувача: здобувачем розроблено цифрову методологію управління організаційно-технологічними процесами будівництва та обґрунтовано підходи до оптимізації проектних параметрів на основі інтеграції інформаційних потоків. Запропоновано механізми цифрової координації учасників будівництва для підвищення ефективності управлінських рішень).

4. Железняк В., Олійник В. Підхід до формування цифрового та організаційно-технологічного інструментарію для управління циклом будівельних проєктів відбудови в складних умовах. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56 (1). С. 11–20. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).11-20](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).11-20) (Особистий внесок здобувача: здобувачем розроблено та обґрунтовано цифровий і організаційно-технологічний інструментарій управління життєвим циклом будівельних проєктів відбудови. Запропоновано алгоритми ERP-підтримки управлінських рішень та механізми адаптації будівельного виробництва до умов нестабільного зовнішнього середовища).

5. Железняк В., Кобельчук О. Вплив цифровізації на удосконалення проектних показників об'єктів: завдання і можливості організації будівництва. *Будівельне виробництво*. 2025. № 81. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.81.118-123> (Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджено вплив цифровізації на результативність організації будівництва та обґрунтовано систему показників оцінювання ефективності цифрового підтримуваного управління. Розроблено підходи до підвищення узгодженості організаційно-технологічних рішень і використання ERP-систем для покращення проектних характеристик будівельних об'єктів).

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

***тези доповідей на конференціях:***

6. Железняк В.Л., Дубинка О. В., Пилипчук О. Д., Орищенко В. В., Тугай А. О. Науково прикладний інструментарій проекту організації будівництва на

цифровій основі ERP. *Програма та тези доповідей Міжнародного науково-технічного форуму «Архітектура, дизайн та будівництво: інноваційні технології»* (15–16 листопада 2023 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. С. 168. URL: <https://drive.google.com/file/d/1MtRBPiOTuPp1zPEUphMqLQ-VLflydXwU/view>

7. Железняк В. Л., Тугай О. А., Молодько О. В., Пилипчук В. В. Методи дослідження будівельних девелоперських проектів на основі інвестиційних механізмів. *Програма та тези доповідей Міжнародного науково-технічного форуму «Архітектура, будівництво, дизайн : технологія, енергетика, менеджмент»* (16–17 жовтня 2024 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. С. 175–176. URL: <https://drive.google.com/file/d/1b5T8Z1-5yCd-xlgAgU2PUCKB3E64vuqB/view>

8. Железняк В.Л., Дворнічен І.Ф., Зіньков О.В., Кобельчук О.Ю., Конончук Р.В., Олійник В.М. Інтеграція цифрового інструментарію та новітніх методологій для удосконалення проектних показників у будівництві. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн : Виробництво, Інформатизація, Менеджмент: Міжнародний науково-технічний форум* (24-25 листопада 2025 р., м. Київ). – Київ : Видавництво Ліра- К, 2025.– С. 180. URL: <https://drive.google.com/file/d/1h5Zrq3IXNGrt06JuGw2-5oeijf26i8SX/view>

9. Железняк В.Л., Дворнічен І.Ф., Зіньков О.В., Кобельчук О.Ю., Конончук Р.В., Олійник В.М. Оптимізація організаційно-технологічних рішень будівництва інфраструктурних об'єктів для балансу наявних та змінних рекурсів проекту. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн : Виробництво, Інформатизація, Менеджмент: Міжнародний науково-технічний форум* (24-25 листопада 2025 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра- К, 2025.– С. 181. URL: <https://drive.google.com/file/d/1h5Zrq3IXNGrt06JuGw2-5oeijf26i8SX/view>