

ВІДГУК
офіційного опонента
доктора технічних наук, професора
Кравчуновської Тетяни Сергіївни
на дисертацію Ваховича Дмитра Юрійовича
на тему «Удосконалення організації проектування об'єктів в умовах
цифровізації», подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія
з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво

Актуальність теми дослідження. Розвиток будівельної галузі України сьогодні відбувається в умовах воєнного стану та необхідності швидкого й масштабного відновлення великої кількості пошкоджених об'єктів житлової, цивільної та критичної інфраструктури. Масовий характер пошкоджень та обмеженість часових і фінансових ресурсів зумовлюють високі вимоги до швидкості і точності організаційно-технологічної підготовки будівництва, технічного обстеження та розроблення проєктної документації при дотриманні вимог щодо безпеки і надійності будівель та споруд.

Вирішення цих завдань відбувається на тлі цифровізації будівельної галузі з переходом від класичних інструментів 2D CAD та будівельного інформаційного моделювання (BIM) до впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень та цифрових двійників. Саме синергія інноваційних цифрових технологій та сучасних методів організації будівельного виробництва створює підґрунтя для подолання ключових системних викликів для будівельної галузі.

Традиційні підходи до організації проєктних робіт асоціюються з виникненням проєктних колізій, технічними помилками та суттєвим здорожчанням робіт на стадії будівництва об'єктів. Запобігання цим явищам вимагає переходу від реактивного контролю до предиктивного управління якістю проєктних рішень, що стає можливим завдяки формалізації,

накопиченню та відтворенню когнітивного досвіду провідних фахівців у єдиному цифровому середовищі даних.

З огляду на це дисертаційна робота Д. Ю. Ваховича, присвячена вдосконаленню науково-методичних засад організації проєктування на основі концепції цифрового двійника проєктного досвіду, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямом наукової роботи кафедри організації та управління в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА), відповідно до науково-дослідної роботи «Розробка інжинірингового інструментарію для інвестиційно-будівельних проєктів» (державний реєстраційний № 0124U005197).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації Ваховича Дмитра Юрійовича, базується на докладному аналізі наукових публікацій за темою дослідження, чітко сформульованій науковій гіпотезі, логічному окресленні мети і завдань роботи, застосуванні сучасного методологічного інструментарію. Тому представлені наукові положення і результати є обґрунтованими та не викликають заперечень.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, доведено задовільною збіжністю наукових результатів, отриманих здобувачем, із результатами, одержаними на практиці; результатами впровадження в діяльність проєктно-будівельних організацій, які підтверджені документами, представленими в додатку Б. Основні висновки та рекомендації дисертаційної роботи пройшли всебічну перевірку шляхом апробації на науково-практичних конференціях, а також опубліковані в наукових фахових виданнях. Це дає підстави стверджувати, що сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні та вдосконаленні організаційно-технологічного інструментарію проєктування об'єктів будівництва на основі цифровізації, а саме:

вперше обґрунтовано концептуальні засади організації проєктування об'єктів будівництва на основі розроблення та імплементації «Цифрового двійника проєктного досвіду» (ЦДПД). ЦДПД визначається як персоніфікований цифровий актив проєктувальника, що забезпечує акумуляцію досвіду прийняття проєктних рішень. Практичне відтворення цього досвіду реалізується через спеціалізований інструмент підтримки проєктування – «Плагін проєктного рішення» (ППР), що створює підґрунтя для автоматизованого супроводу розроблення документації, предиктивного аудиту її якості та запобігання проєктним колізіям на початкових етапах проєктування об'єктів;

удосконалено систематизацію організаційних чинників впливу діджиталізації на якісні та часові показники проєктного процесу, яка, на відміну від існуючих фрагментарних підходів, враховує комплексний вплив технологічних, нормативно-правових, інституційних, економічних, кадрових, освітніх, організаційно-управлінських, соціально-комунікативних, культурних, безпекових та інфраструктурних факторів;

удосконалено процес організації проєктування об'єктів будівництва на основі використання цифрових активів накопичення знань та інструментів інтелектуальної підтримки прийняття рішень, що базується на трансформуванні імпліцитного інженерного досвіду, алгоритмів прийняття рішень і граничних умов у динамічну програмну надбудову над BIM-середовищем – ППР. Організаційна схема функціонування створеного ЦДПД у структурі ППР спирається на дворівневу алгоритмічну модель взаємодії індивідуальних локальних агентів штучного інтелекту та загального інтелектуального адміністратора системи, що гарантує безперервну когнітивну валідацію інженерних даних на початкових етапах розроблення концепції та предиктивний зворотний зв'язок;

удосконалено модель оцінювання якості проєктної документації шляхом переходу від статичного аналізу показників до динамічного аудиту проєктних рішень безпосередньо у цифровому середовищі, що реалізовано через:

- оцінювання за чотирма профільними блоками критеріїв (нормативно-регламентної валідності, техніко-операційної досконалості, споживчо-ціннісної придатності та інформаційно-цифрової зрілості);
- впровадження розрахункового показника «дельти якості» (ΔI), який забезпечує безперервний моніторинг ефективності рішень та фіксує їх стабілізацію при застосуванні алгоритмізованих процедур;
- застосування диференційованих вагових коефіцієнтів, розрахованих із урахуванням специфіки та функціонального призначення конкретних типів об'єктів будівництва, що підвищує достовірність підсумкової інтегральної оцінки;

дістали подальшого розвитку концептуальні засади проєктування об'єктів будівництва шляхом здійснення концептуального переходу від традиційних процедур до моделей наскрізної цифрової верифікації передпроектної стадії.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості прискорення розроблення проєктної документації, оптимізації ресурсоемності проєктних робіт, підвищенні обґрунтованості рішень на передпроектній стадії та суттєвому скороченні кількості проєктних колізій.

Як свідчать матеріали дисертації (додаток Б, стор. 195–197), отримані здобувачем наукові результати доведені до рівня практичного впровадження:

- в діяльності компанії ПП «ВД-Будінжинірінг» застосовано архітектуру ЦДПД та методику інтелектуальної валідації вимог замовника, що дозволило трансформувати індивідуальні знання у цифрові активи, підвищити точність планування ресурсів та мінімізувати ітераційні ризики;

- в діяльності Всеукраїнської громадської організації «Гільдія проєктувальників у будівництві» використані результати щодо створення ЦДПД та алгоритми формалізації когнітивних стратегій інженерів у внутрішні рекомендації для запобігання системним колізіям; модель моніторингу якості проєктної документації та підхід до інтелектуальної валідації вимог замовника було включено до програм підвищення кваліфікації сертифікованих інженерів-

проектувальників, а запропонований інструментарій предиктивного управління даними визнано перспективним галузевим стандартом для наскрізного моделювання проєктних процесів;

– у діяльності ТОВ «Науково-дослідна виробничо-технічна агенція «Стратегія регіонального розвитку» впроваджено концепцію динамічного моніторингу якості проєктної документації на основі інтегральної моделі, що дозволило впровадити гібридний підхід до управління якістю, поєднуючи автоматизовану аналітику з професійним експертним досвідом; застосовано прикладний інструментарій предиктивного управління даними для завчасної ідентифікації системних колізій та оптимізації розподілу робочого часу інженерів, наслідком чого стало зниження кількості колізій на етапі ескізного проєктування та скорочення термінів розроблення документації.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Кількість та зміст опублікованих праць здобувача повністю відповідають вимогам пп. 8–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

Основні положення і результати дослідження в достатньо повному обсязі викладені у 10 наукових працях, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України (з них 3 – одноосібні), віднесених до категорії «Б», 5 тез доповідей на конференціях.

Усі ідеї та результати, що виносяться на захист, розроблені та отримані автором особисто.

Особистий внесок здобувача у наукові праці, виконані у співавторстві, чітко окреслено та належним чином відображено в тексті дисертаційної роботи (стор. 20–22, 198–199).

Оцінка змісту та структури дисертаційної роботи, її завершеності, а також мови та стилю викладення результатів. Дисертація Ваховича Дмитра Юрійовича викладена на 199 сторінках. Робота складається з анотацій, вступу,

чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Обсяг основного тексту – 140 сторінок (5,83 авт. арк.). Робота ілюстрована 17 таблицями та 22 рисунками. Список використаних джерел містить 160 найменувань на 11 сторінках. Додатки викладені на 10 сторінках.

Анотації українською та англійською мовами повною мірою відображають основний зміст, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. До кожної анотації додано перелік ключових слів.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми роботи, представлено відомості про зв'язок дослідження з науковими програмами, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, наведено опис застосованих методів дослідження, обґрунтовано наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, представлено відомості про публікації (з зазначенням особистого внеску здобувача) та апробацію.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану, проблем і перспектив організації проєктування у будівництві в умовах парадигми «Індустрія 4.0» та інтенсивного впровадження BIM-технологій. Виконано аналіз цифровізації у сфері проєктування будівель, декомпозицію організаційних чинників впливу на параметри якості й тривалості процесів. Виявлено наявні системні протиріччя, що слугує підґрунтям для подальших досліджень, викладених у наступних розділах.

У *другому розділі* автор формує теоретико-методичне підґрунтя для вирішення прикладних завдань організації проєктування в умовах цифровізації будівельної галузі. Важливим результатом є чітке формулювання наукової гіпотези дослідження та побудова його структурно-логічної схеми.

Третій розділ присвячено обґрунтуванню потреби в переході від традиційного моніторингу геометричних параметрів будівельних об'єктів до концепції цифрового двійника проєктного досвіду. Розроблено багаторівневу архітектуру інтелектуального інструментарію, де плагіни проєктного рішення діють як стратегічні програмні модулі. Вони забезпечують динамічну конвергенцію суміжних стадій проєктування та здійснюють безперервну

верифікацію прийнятих рішень, інтегруючи індивідуальні стратегії проєктувальників у єдине інтелектуальне середовище. Запроваджено показник зрілості конструктиву проєктного рішення. Приділено увагу моделям штучного інтелекту, адаптованим до специфіки будівельного проєктування.

Четвертий розділ має прикладну та нормативно-методичну спрямованість. У ньому автор об'єднує наукові результати, викладені у попередніх розділах, в інтегральну модель якості проєктної документації в умовах цифровізації та рекомендації щодо вдосконалення нормативної бази з питань організації проєктування в будівництві. Цей розділ виступає логічним підсумком дисертаційного дослідження, оскільки формує прикладний інструментарій, необхідний для практичної імплементації отриманих результатів у сфері проєктування об'єктів будівництва.

Загальні висновки базуються на наукових результатах здобувача, відзначаються обґрунтованістю, окреслюють новизну та прикладну цінність результатів дослідження.

В *додатках* наведено анкету експертного опитування; документи, що підтверджують впровадження результатів дослідження; перелік опублікованих здобувачем праць за темою дисертації.

Представлена дисертація Д. Ю. Ваховича є завершеною, цілісною та самостійно виконаною науковою роботою.

Дисертаційну роботу викладено з дотриманням норм наукового стилю, українською мовою.

Матеріали дослідження викладено в логічній послідовності, чітко і доступно.

Усі поставлені завдання дослідження вирішено в повному обсязі.

Отримані результати та сформульовані висновки відповідають меті роботи, а наявність актів впровадження підтверджує практичну цінність дослідження.

Структура, обсяг та оформлення дисертаційної роботи повністю відповідають вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. (зі змінами).

В представленій дисертації здобувач виявив високий рівень оволодіння методологією наукової діяльності.

Академічна доброчесність.

Ознайомлення з рукописом дисертації та публікаціями здобувача дає підстави стверджувати, що роботу виконано із дотриманням норм наукової етики та вимог академічної доброчесності. Праця є самостійним дослідженням, а використання ідей інших науковців супроводжується належним посиланням на першоджерела. Фактів плагіату, фабрикації або фальсифікації результатів у тексті роботи не виявлено.

Зауваження щодо змісту дисертації:

1. У вступі зазначено науково-дослідну роботу, в рамках якої виконувалось дисертаційне дослідження, проте не вказано рівень участі здобувача (керівник, відповідальний виконавець або виконавець).

2. Виконаний у підрозділах 1.2–1.3 аналіз цифрової трансформації та чинників її впливу на якість і тривалість проєктного процесу заслуговує на позитивну оцінку. Водночас, зважаючи на нагальні потреби вітчизняних організацій, роботу доцільно було б доповнити глибшим розкриттям особливостей передпроектної підготовки та проєктування об'єктів відновлення та реконструкції пошкодженої інфраструктури, де оптимізація часових показників є критично важливою вимогою.

3. У розділі 1 при аналітичному огляді літературних джерел за темою дисертації, доцільно було б розробити узагальнювальну таблицю, в якій систематизувати за тематикою та хронологією праці інших дослідників, що дозволило б чіткіше зрозуміти, які наразі існують невирішені питання у сфері організації проєктування об'єктів будівництва.

4. У розділі 2 (стор. 82) зазначено, що «... формується репрезентативна експертна група з фахівців будівельної галузі». В розділі 4 деталізовано

інформацію про кількість експертів, проте не наведено обґрунтування достатності такої кількості експертів, не представлено відомості про компетентність залучених експертів; доцільно було б представити такі відомості принаймні в додатку.

5. В розділі 3 обґрунтовано архітектуру та функціональне призначення «Плагіна проєктного рішення» як інструменту організаційної підтримки прийняття рішень та оптимізації ітераційних процесів у цифровому середовищі. Проте бракує деталізованого організаційно-технологічного регламенту взаємодії фахівців (головного архітектора проєкту, головного інженера проєкту, провідних інженерів) із цим інструментом. Зокрема, недостатньо розкрито послідовність операційних процедур, порядок внесення змін до цифрових баз знань, алгоритми дій персоналу при виникненні відхилень, а також регламентні часові параметри перевірки проєктних рішень у межах загального середовища даних.

6. У висновках до розділів 1–4 доцільно було зробити посилання на наукові праці здобувача, в яких відображені основні наукові результати, висвітлені в певному розділі.

7. Поряд із безсумнівними перевагами роботи, автору варто звернути увагу на деякі неточності, наприклад, використання в тексті роботи слова «проектування» замість нормативного «проєктування».

Слід відзначити, що зроблені зауваження не знижують наукової та практичної цінності отриманих результатів, мають переважно дискусійний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

Висновок. Дисертація Д. Ю. Ваховича «Удосконалення організації проєктування об'єктів в умовах цифровізації», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною науковою кваліфікаційною роботою.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Дисертація Ваховича Дмитра Юрійовича за актуальністю, обсягом, змістом, завершеністю, науковою новизною і практичним значенням отриманих результатів, їх повнотою опублікування у наукових виданнях відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022 р., № 502 від 19.05.2023 р., № 507 від 03.05.2024 р.), а також наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України № 759 від 31.05.2019 р.) та заслуговує позитивної оцінки, а її автор Вахович Дмитро Юрійович – присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри організації

і управління будівництвом

Навчально-наукового інституту

«Придніпровська державна академія

будівництва та архітектури»

Українського державного університету

науки і технологій



Тетяна КРАВЧУНОВСЬКА



Юрій ТРОТИЧАК