

DOI <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2026-1-13>
УДК 377.3:37.091.313:[502.171:620.9]:69

Купрієвич В. О.

кандидат педагогічних наук, доцент,
науковий співробітник відділу професійно-практичної підготовки
Інститут професійної освіти НАПН України
Київ, Україна
E-mail: vik_torik@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8196-8309

ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФЕСІЙНО-ПРАКТИЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація

У статті висвітлено актуальні аспекти застосування освітніх технологій у професійно-практичній підготовці майбутніх фахівців з енергоефективного будівництва в умовах трансформації системи професійної освіти та повоєнного відновлення України. Обґрунтовано необхідність оновлення змісту, форм і методів професійної підготовки з урахуванням сучасних вимог будівельної галузі, орієнтованої на принципи енергозбереження, сталого розвитку та екологічної безпеки. У дослідженні використано методи аналізу й узагальнення наукових джерел, порівняльний аналіз освітніх практик та прогнозування.

Проаналізовано ключові виклики підготовки фахівців з енергоефективного будівництва, зумовлені цифровізацією виробничих процесів, впровадженням європейських стандартів енергоефективності та потребами відновлення зруйнованої інфраструктури. Особливу увагу приділено потенціалу інноваційних освітніх технологій як засобу формування професійних компетентностей, здатності до проєктної діяльності, критичного мислення та практичного застосування знань у реальних виробничих умовах.

Охарактеризовано ефективні освітні технології, зокрема проєктне та проблемно-орієнтоване навчання, кейс-метод, використання цифрових симуляторів, елементів дуальної освіти та міждисциплінарної інтеграції. Обґрунтовано доцільність їх системного впровадження у професійно-практичну підготовку майбутніх фахівців з енергоефективного будівництва як умови підвищення якості освіти та відповідності підготовки запитам сучасного ринку праці. Практична значущість дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів у діяльності закладів професійної освіти.

Окреслено перспективи вдосконалення професійної освіти в контексті формування конкурентоспроможних фахівців, які будуть здатні забезпечувати стратегічно виважені та результативні рішення у процесі повоєнного відновлення та сталого розвитку будівельної галузі України.

Ключові слова: освітні технології, професійна освіта, енергоефективне будівництво, професійно-практична підготовка, повоєнне відновлення України, сталий розвиток.

Вступ. Підготовка висококваліфікованих фахівців з енергоефективного будівництва в сучасних умовах трансформації професійної освіти та повоєнного відновлення України стає стратегічним завданням національної політики освіти і галузі будівництва. Це зумовлено не лише загальносвітовими тенденціями сталого розвитку, кліматичної політики та енергозбереження, а й конкретними викликами, пов'язаними з руйнуванням інфраструктури та необхідністю відновлення міст і сіл на принципах енергоефективності та екологічної безпеки.

За таких умов система професійної освіти має оперативно реагувати на запити ринку праці та потреби повоєнної економіки, забезпечуючи підготовку фахівців, здатних працювати із сучасними енергоефективними технологіями, матеріалами та будівельними рішеннями. Це, своєю чергою, потребує оновлення змісту, форм і методів професійно-практичної підготовки, орієнтованих на практикоорієнтоване навчання, інтеграцію цифрових інструментів та розвиток прикладних компетентностей. Водночас сучасні професійні стандарти забудови вимагають від фахівців не лише знань традиційного інженерного профілю, а й компетентностей у сфері аналізу енергоефективних рішень, цифрових технологій та міждисциплінарної взаємодії з іншими спеціальностями.

Метою статті є обґрунтування та аналіз інноваційних освітніх технологій, що забезпечують ефективність професійно-практичної підготовки майбутніх фахівців з енергоефективного будівництва в умовах модернізації та повоєнного відновлення будівельної галузі України.

Виклад основного матеріалу. У наукових дослідженнях останніх років посилюється увага до ролі освіти у формуванні компетентностей, що забезпечують професійну готовність фахівців до реалізації енергоефективних проєктів. Так, М. А. Санджар та Х. А. Ель-Діріні [9] у систематичному огляді підкреслюють потенціал віртуальної реальності та симуляційних технологій у навчанні спеціалістів будівельної галузі, що сприяє глибшому розумінню складних процесів і практичних ситуацій у будівництві та реконструкції об'єктів – від планування до впровадження технологічних рішень у реальному середовищі. Це особливо важливо для підготовки фахівців, які будуть здатні працювати із цифровими інструментами, що інтегрують BIM-моделювання, аналіз життєвого циклу будівель та оптимізацію енергоспоживання.

В Україні однією з перших спроб розкрити зміст професійної підготовки з урахуванням енергоефективності була праця О. Радкевича, який акцентував увагу на оновленні змісту й засобів підготовки майбутніх кваліфікованих робітників будівельного профілю з огляду на вимоги сучасного високотехнологічного виробництва та енергоощадних матеріалів [6]. Схожі підходи можемо зустріти й у сучасних працях, зокрема Т. Пятничук [5] досліджує роль проблематики енергоефективності будівель у змісті професійної освіти в контексті глобальних енергетичних викликів та необхідності формування практичних навичок у здобувачів професійної освіти.

Також є тематичні наукові доробки, у яких увагу приділено розвідкам, спрямованим на аналіз енергоефективної компетентності майбутніх будівельників. Розглядаючи її як цілісну систему знань про енергозбереження, практичних умінь із впровадження енергоефективних заходів та сталих ціннісних орієнтацій, автори підтверджують об'єктивну необхідність упровадження інтегрованого підходу в освітній процес. Це зумовлено трансформацією будівельної галузі, яка сьогодні потребує не просто виконавців, а фахівців із високим рівнем професійної свідомості та готовністю до вирішення складних міждисциплінарних завдань у сфері енергоаудиту та енергоменеджменту [1].

Дана стаття є логічним продовженням серії наших попередніх публікацій, у яких було закладено теоретико-методологічне підґрунтя підготовки сучасних кадрів. Зокрема, у попередніх розвідках нами розглядалися загальні аспекти управління підготовкою фахівців у закладах професійної освіти [3], а також специфіка розвитку їхніх м'яких навичок (soft skills) через інструменти проєктної діяльності в контексті міжнародного досвіду [7]. Окрему увагу було приділено практичному складнику навчання, зокрема механізмам удосконалення підготовки здобувачів на базі навчально-практичних центрів [4], що є критично важливим для формування прикладних професійних компетенцій. Ураховуючи сучасні реалії, нами також було проаналізовано виклики та стратегічні перспективи розвитку будівельної галузі в умовах воєнного стану [2].

Сьогоднішнє дослідження інтегрує ці напрацювання, фокусуючи увагу на впровадженні інноваційних освітніх технологій, що дають змогу трансформувати професійно-практичну підготовку фахівців саме з енергоефективного будівництва. Це зумовлено необхідністю поєднання управлінських підходів, soft skills та високотехнологічної практичної бази для вирішення завдань повоєнного відновлення України на засадах сталого розвитку.

Сучасний етап розвитку будівельної галузі України характеризується поєднанням глобальних викликів сталого розвитку та специфічних національних завдань, зумовлених повоєнним відновленням зруйнованої інфраструктури. У цьому контексті професійна підготовка фахівців з енергоефективного будівництва набуває особливого значення, адже саме від рівня сформованості їхніх професійних компетентностей залежать якість, економічність та енергетична ефективність відбудови житлових і промислових об'єктів. Серед ключових викликів професійної освіти варто виокремити швидку зміну будівельних технологій, упровадження європейських стандартів енергоефективності, цифровізацію проєктно-виробничих процесів, а також дефіцит фахівців, здатних працювати із сучасними програмними та інженерними рішеннями.

Традиційна система професійно-практичної підготовки не завжди встигає адекватно реагувати на ці виклики, оскільки часто орієнтується на відтворення усталених технологій та фрагментарне засвоєння знань. А сьогодні в умовах глобального переходу до сталого розвитку просте володіння технологічними навичками є недостатнім. У зв'язку із цим актуалізується потреба впровадження інноваційних освітніх технологій, що забезпечують інтеграцію теоретичної та практичної підготовки, розвиток критичного мислення та формування здатності застосовувати знання в реальних виробничих умовах. Оновлення змісту професійної освіти має відбуватися з урахуванням сучасних вимог енергоефективного будівництва та використання високотехнологічних матеріалів і процесів. Саме тому використання інтегрованого підходу у навчанні, який дає змогу поєднати фундаментальну теоретичну підготовку з формуванням етичного ставлення до енергоресурсів, є сьогодні актуальним. Такий підхід забезпечує підготовку конкурентоспроможних фахівців, здатних упроваджувати інноваційні енергоощадні рішення на всіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів.

Сутність інноваційних освітніх технологій у професійно-практичній підготовці фахівців з енергоефективного будівництва полягає у зміщенні акценту з репродуктивного навчання на діяльнісний та компетентнісний підходи. Вони передбачають активну участь здобувачів освіти у проєктуванні, аналізі та розв'язанні практичних виробничих завдань, наближених до реальних умов професійної діяльності. Зокрема, Т. В. Пятничук наголошує, що включення проблематики енергоефективності будівель у зміст професійної освіти сприяє формуванню практичних навичок і професійної відповідальності майбутніх фахівців [5].

Важливо також зазначити, що сучасні підходи до підготовки майбутніх фахівців з енергоефективного будівництва все частіше включають цифрові симулятори, ВІМ-технології, кейс-методи, проблемно-орієнтоване навчання та дуальну освіту, завдяки яким здобувачі отримують не лише теоретичні знання, а й практичний досвід, який відповідає вимогам ринку праці та реаліям будівельної галузі.

Проєктне навчання дає змогу інтегрувати знання з будівельних дисциплін, енергоменеджменту та екологічної безпеки у процесі розроблення комплексних проєктів енергоефективних об'єктів. Воно сприяє розвитку soft skills, зокрема командної роботи, комунікації та відповідальності за прийняті рішення, що підтверджується результатами досліджень Л. М. Сергеевої та співавторів [7].

Ці технології навчання сприяють розвитку критичного мислення, проєктної діяльності та здатності адаптуватися до динамічних змін у професійній сфері.

Кейс-метод забезпечує аналіз реальних або змодельованих виробничих ситуацій, пов'язаних із проектуванням, утепленням, реконструкцією та експлуатацією будівель. Завдяки цьому здобувачі освіти навчаються оцінювати енергоефективність рішень, порівнювати альтернативні технології та прогнозувати наслідки їх запровадження. Важливу роль у професійно-практичній підготовці відіграють також цифрові симуляції та віртуальні моделі, які дають змогу безпечно й економічно відпрацювати складні технологічні процеси. Зарубіжні дослідження доводять, що використання цифрових двійників, BIM – і VR-технологій суттєво підвищує рівень професійної підготовленості майбутніх будівельників та інженерів [9].

Аналіз європейського досвіду свідчить, що підготовка фахівців для реалізації енергоефективних проєктів базується на багаторічних традиціях інтеграції науки та практики. Особливої ваги у цьому контексті набувають результати міжнародної ініціативи IDES-EDU (Intelligent Design for Energy Efficiency Buildings – Education), що фінансувалася програмою «Intelligent Energy Europe». Досвід проєкту переконливо доводить, що ключовим викликом сучасної галузевої освіти є подолання «професійної ізоляції» (professional silos), коли архітектори, інженери та будівельники працюють відірвано один від одного.

Автори дослідження [8] наголошують на критичній важливості міждисциплінарного підходу, що передбачає формування у майбутніх фахівців здатності функціонувати у складі мультидисциплінарних команд. Такий формат підготовки дає змогу реалізувати цілісний підхід до проектування та зведення об'єктів (Integrated Design Process), що є наріжним каменем Директиви ЄС про енергетичну ефективність будівель (EPBD). Упровадження навчальних програм, орієнтованих на спільну роботу фахівців різних профілів, дає змогу значно мінімізувати втрати енергії ще на стадії концептуального планування та забезпечити досягнення стандартів будівель із майже нульовим споживанням енергії. Таким чином, європейський досвід підтверджує, що ефективна професійно-практична підготовка в секторі енергоефективного будівництва неможлива без застосування інтегрованих освітніх моделей, які поєднують глибокі технічні знання з навичками командної взаємодії.

Цей досвід є цінним орієнтиром для адаптації професійних стандартів та освітніх програм в Україні, де інтеграція європейських вимог та практик навчання вже реалізується в рамках міжнародних проєктів і партнерств, зокрема через Erasmus+ UKRENERGY, що сприяє обміну методиками, створенню магістерських програм і стажуванню викладачів у провідних європейських університетах.

Доцільність запровадження зазначених інноваційних технологій у закладах професійної освіти обґрунтовується їхньою здатністю забезпечити відповідність підготовки фахівців актуальним потребам ринку праці та завданням повоєнного відновлення України. Практика функціонування навчально-практичних центрів засвідчує, що поєднання сучасної матеріально-технічної бази з інноваційними методами навчання суттєво підвищує якість професійно-практичної підготовки [4]. Водночас ефективність таких змін значною мірою залежить від управлінських рішень і готовності педагогічних кадрів до інноваційної діяльності [3].

Перспективи вдосконалення професійно-практичної підготовки фахівців з енергоефективного будівництва пов'язані з подальшою цифровізацією освітнього процесу, розвитком дуальної освіти, розширенням співпраці зі стейкхолдерами та інтеграцією міжнародного досвіду. Умови війни та післявоєнної відбудови актуалізують необхідність підготовки фахівців нового типу, вони мають бути мобільні, інноваційні і здатні приймати стратегічно виважені рішення у сфері енергоефективного будівництва [2]. Саме системне впровадження інноваційних освітніх технологій може стати ключовим чинником забезпечення якості професійної освіти та сталого розвитку будівельної галузі України.

Розвиток професійної підготовки у сфері енергоефективного будівництва передбачає не лише модернізацію змісту навчальних програм, а й інтеграцію передових освітніх технологій та міжнародного досвіду, що забезпечує формування конкурентоспроможних фахівців у контексті сучасних вимог сталого розвитку та повоєнного відновлення України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження встановлено, що професійно-практична підготовка майбутніх фахівців з енергоефективного будівництва в умовах модернізації системи професійної освіти та повоєнного відновлення України потребує системного оновлення на засадах компетентнісного, діяльнісного та інтегрованого підходів. Доведено, що традиційні форми навчання не забезпечують належного рівня готовності здобувачів освіти до впровадження сучасних енергоефективних рішень, що актуалізує необхідність використання інноваційних освітніх технологій.

Аналіз наукових джерел і освітніх практик засвідчив, що проєктне та проблемно-орієнтоване навчання, кейс-метод, цифрові симуляції, BIM-технології, елементи дуальної освіти та міждисциплінарна інтеграція є ефективними інструментами формування професійних і надпрофесійних компетентностей майбутніх фахівців. Їх системне впровадження сприяє розвитку критичного мислення, професійної відповідальності, здатності до командної роботи та прийняття обґрунтованих рішень у сфері енергоефективного будівництва. Інноваційні освітні технології виступають важливим чинником підвищення якості професійної освіти та забезпечення відповідності підготовки фахівців актуальним запитам ринку праці й завданням сталого розвитку будівельної галузі України. Особливого значення набуває поєднання сучасної матеріально-технічної бази навчально-практичних центрів з інноваційними методами навчання та управлінською підтримкою освітніх змін.

Перспектива подальших досліджень убачається у розробленні моделей інтеграції цифрових і дуальних форм навчання у професійну освіту, визначенні критеріїв оцінювання рівня сформованості енергоефективної компе-

тентності здобувачів освіти, а також у вивченні механізмів адаптації європейського досвіду підготовки фахівців до умов повоєнного відновлення України. Подальші наукові розвідки у цьому напрямі сприятимуть формуванню конкурентоспроможних фахівців, здатних забезпечувати енергоефективну та стійку відбудову країни.

Список використаних джерел

1. Інноваційна професійна освіта. *Розвиток професійної освіти в умовах війни, повоєнного відновлення та євроінтеграції України* : матеріали XIX Всеукраїнської наук.-практ. (звітної) конф. Інституту професійної освіти НАПН України, м. Київ, 27–28 березня 2025 р. Київ : ІПО НАПН України, 2025. Вип. 1 (22). 825 с. URL: <https://conference.ivet.edu.ua/index.php/1/issue/view/24>
2. Купрієвич В. О. Виклики та перспективи професійної підготовки фахівців будівельної галузі в умовах війни. *Професійно-прикладні дидактики*. 2025. № 2. С. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2025-2-4>
3. Купрієвич В. О. Управління підготовкою фахівців у закладах професійно-технічної освіти. *Вісник науки та освіти*. 2023. № 8(14). С. 586–597. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-8\(14\)-586-597](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-8(14)-586-597)
4. Олійник В. В., Купрієвич В. О., Рожнова Т. Є. Удосконалення практичної підготовки здобувачів освіти у навчально-практичних центрах закладів професійної (професійно-технічної) освіти. Педагогічна академія: наукові записки. 2024. № 9. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13383904>
5. Пятничук Т. В. Забезпечення досліджень енергетичної ефективності будівель у закладах освіти. *Інноваційна професійна освіта*. Розвиток професійної освіти в умовах війни, повоєнного відновлення та євроінтеграції України : матеріали XIX Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 2025 р. Київ : ІПО НАПН України, 2025. С. 276–279. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745225/>
6. Радкевич В. О. Енергоефективність у професійній підготовці майбутніх фахівців будівельного профілю. Новітні комп'ютерні технології : матеріали наук.-практ. конф., м. Сімферополь, 2010 р. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. С. 58–61. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/4382/>
7. Сергєєва Л. М., Муранова Н. П., Купрієвич В. О. Розвиток м'яких навичок майбутніх фахівців у проєктній діяльності: міжнародний досвід. *Професійна педагогіка*. 2023. Т. 1. № 26. С. 103–109. DOI: <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.26.103-109>
8. Brunsgaard C. Integrated energy design – Education and training in cross-disciplinary teams implementing Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) Building and Environment. 2014. Vol. 72. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.011>
9. Sanjar M. A., El-Dirini H. A systematic review on digital twin applications for construction, operation, and maintenance of infrastructure. arXiv. 2024. arXiv: 2408.01450 [cs.NI]. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.01450>

Kuprievych V. O.

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Researcher at the Department of Professional and Practical Training
Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: vik_torik@ukr.net

ORCID:0000-0002-8196-8309

EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN THE PROFESSIONAL AND PRACTICAL TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS IN ENERGY-EFFICIENT CONSTRUCTION

Abstract

The article focuses on current aspects of using educational technologies in the professional and practical training of future specialists in energy-efficient construction under the conditions of the transformation of the vocational education system and Ukraine's post-war recovery. The necessity of updating the content, forms, and methods of professional training has been substantiated, given the modern requirements of the construction industry, which align with the principles of energy efficiency, sustainable development, and environmental safety. The research employs methods of scientific analysis and synthesis, comparative analysis of educational practices, and prediction.

Key challenges in training specialists in energy-efficient construction, arising from the digitalization of production processes, the implementation of European energy efficiency standards, and the need to restore destroyed infrastructure, have been analyzed. The potential of innovative educational technologies is emphasized as a means of developing professional competencies, project-based skills, and critical thinking to put knowledge into real-world practice.

The article outlines effective educational technologies, including project-based and problem-oriented learning, the case method, digital simulators, elements of dual education, and interdisciplinary integration. The expediency of systematically implementing these methods in the training of future energy-efficient construction specialists is substantiated as a key factor for improving educational quality and meeting modern labour market demands. The practical significance of the study lies in the potential to implement these results within vocational education institutions.

This study outlines prospects for improving vocational education, with a focus on training specialists capable of implementing strategic solutions for Ukraine's post-war recovery and sustainable construction development.

Key words: *educational technologies, vocational education, energy-efficient construction, professional and practical training, Ukraine's post-war recovery, sustainable development.*

References

1. Radkevych, V. O., & Pryhodii, M. A. (Eds.). (2025). *Innovatsiina profesiina osvita. Rozvytok profesiinoi osvity v umovakh viiny, povoiennoho vidnovlennia ta yevrointehratsii Ukrainy* [Innovative vocational education. Development of vocational education in the context of war, post-war recovery and European integration of Ukraine]. Kyiv: Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine. Retrieved from <https://conference.ivet.edu.ua/index.php/1/issue/view/24> [in Ukrainian].
2. Kuprievych, V. O. (2025). Vyklyky ta perspektyvy profesiinoi pidhotovky fakhivtsiv budivelnoi haluzi v umovakh viiny [Challenges and prospects of professional training of construction specialists in wartime conditions]. *Profesiino-prykladni dydaktyky*, 2, 28–32. <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2025-2-4> [in Ukrainian].
3. Kuprievych, V. O. (2023). Upravlinnia pidhotovkoiu fakhivtsiv u zakladakh profesiino-tekhnichnoi osvity [Management of specialists' training in vocational education institutions]. *Visnyk nauky ta osvity*, 8(14), 568–597. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-8\(14\)-586-597](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-8(14)-586-597) [in Ukrainian].
4. Oliinyk, V. V., Kuprievych, V. O., & Rozhnova, T. Ye. (2024). Vdoskonalennia praktychnoi pidhotovky zdoभवachiv osvity u navchalno-praktychnykh tsestrakh zakladiv profesiinoi (profesiino-tekhnichnoi) osvity [Improvement of practical training of learners in training and practical centers of vocational education institutions]. *Pedahohichna akademiia: naukovi zapysky*, 9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13383904> [in Ukrainian].
5. Piatnychuk, T. V. (2025). Zabezpechennia doslidzhen enerhetychnoi efektyvnosti budivel u zakladakh osvity [Ensuring research on energy efficiency of buildings in educational institutions]. *Innovatsiina profesiina osvita. Rozvytok profesiinoi osvity v umovakh viiny, povoiennoho vidnovlennia ta yevrointehratsii Ukrainy: Proceedings of the 19th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference* (pp. 276–279). Kyiv: Institute of Vocational Education of the NAES of Ukraine. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745225/> [in Ukrainian].
6. Radkevych, V. O. (2010). Enerhoefektyvnist u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv budivelnogo profilu [Energy efficiency in professional training of future construction specialists]. *Novitni kompiuterni tekhnologii: Proceedings of the Scientific and Practical Conference* (pp. 58–61). Simferopol: Minrehionbud Ukrainy. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/4382/> [in Ukrainian].
7. Serheieva, L. M., Muranova, N. P., & Kuprievych, V. O. (2023). Rozvytok miakyykh navychok maibutnikh fakhivtsiv u proiektnii diialnosti: mizhnarodnyi dosvid [Development of soft skills of future specialists in project activities: international experience]. *Profesiina pedahohika*, 1(26), 103–109. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.26.103-109> [in Ukrainian].
8. Brunsgaard, C., Jensen, R. L., & Heiselberg, P. (2014). Integrated energy design – Education and training in cross-disciplinary teams implementing Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). *Building and Environment*, 72, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.011> [in English].
9. Sanjar, M. A., & El-Dirini, H. A. (2024). A systematic review on digital twin applications for construction, operation, and maintenance of infrastructure. arXiv. arXiv:2408.01450. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.01450> [in English].



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
(CC BY 4.0)

Дата першого надходження статті до видання: 05.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 17.04.2026