



УДК 377:69:620.9

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРАКТИЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ СПЕЦІАЛІСТІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Віталій Свирідюк,

*доктор філософії, науковий співробітник
відділу змісту та технологій професійної
освіти Інституту професійної освіти*

НАПН України,

<http://orcid.org/0000-0001-8909-5680>

email: vetal-79@i.ua

Анотація. У статті досліджено особливості використання енергоефективних технологій майбутніми кваліфікованими робітниками будівельної галузі в умовах переходу до парадигми Construction 4.0 і повоєнного відновлення економіки. Проаналізовано ключові кваліфікаційні розриви, зокрема фрагментарність засвоєння компетентностей із енергоефективності. Обґрунтовано необхідність впровадження енергоефективних педагогічних технологій (ЕЕПТ), методу кейсів, BIM-технологій та імерсивних засобів навчання (VR/AR/XR). Розглянуто управлінські моделі інтеграції дуальної освіти, створення Центрів професійної досконалості (CoVEs), використання мікрокредитів для смарт-будівель, а також екологічні аспекти застосування сталих матеріалів для підвищення конкурентоспроможності робітничих кадрів.

Ключові слова: енергоефективні технології, професійна освіта, зелене будівництво, будівельна галузь, Construction 4.0, BIM-технології, дуальне навчання.

FEATURES OF THE USE OF ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE PRACTICAL TRAINING OF CONSTRUCTION INDUSTRY SPECIALISTS

Vitaly Svyrydyuk,

*Doctor of Philosophy, Research Fellow of the
Department of Content and Technologies of
Vocational Education of the Institute of
Vocational Education of the NAES of Ukraine*



Abstract. The article explores the features of the use of energy-efficient technologies by future skilled workers in the construction industry amid the transition to the Construction 4.0 paradigm and post-war economic recovery. Key qualification gaps are analyzed, including the fragmentation of energy-efficiency competencies. The necessity of implementing energy-efficiency pedagogical technologies (EEPT), case-based learning, BIM technologies, and immersive learning tools (VR/AR/XR) is substantiated. The article examines managerial models for integrating dual education, the creation of Centres of Vocational Excellence (CoVEs), the use of micro-credentials for smart buildings, and the ecological aspects of using sustainable materials to enhance workforce competitiveness.

Keywords: energy-efficient technologies, vocational education, green building, construction industry, Construction 4.0, BIM technologies, dual learning.

Глобальна економіка та сучасний ринок праці проходять етап серйозних змін. Головними рушіями таких процесів є стрімке впровадження цифрових технологій Індустрії 4.0, нові екологічні вимоги сталого розвитку та макроекономічна нестабільність (Clemente de Souza & Debs, 2023). У цьому складному контексті система професійної (професійно-технічної) освіти (П(ПТ)О) опинилася перед екзистенційним викликом: необхідністю докорінного оновлення парадигми підготовки фахівців (Noguera et al., 2024). Нагальною вимогою часу стає здатність майбутніх фахівців застосовувати енергоефективні технології – комплекс заходів, головною метою якого є мінімізація втрат енергії на етапах будівництва та експлуатації об'єктів.

Будівельна галузь сьогодні виступає одним із головних драйверів технологічного та екологічного оновлення (Munianday et al., 2024; Marinelli, 2023). Впровадження методологій інформаційного моделювання будівель (BIM), технологій віртуальної реальності (VR/AR/XR), принципів модульного будівництва та використання екологічно чистих матеріалів вимагає від працівників абсолютно нового набору компетенцій. Водночас будівельний сектор глобально стикається з гострим дефіцитом кваліфікованої робочої сили.

Мета статті – проаналізувати особливості використання енергоефективних технологій майбутніми кваліфікованими робітниками та інноваційні підходи до їхньої професійної підготовки на основі огляду міжнародних і вітчизняних досліджень.



Перехід до економіки знань і концепції Construction 4.0 радикально змінює вимоги до профілю випускника. Сучасні роботодавці висувають жорсткі вимоги не лише до фундаментальних технічних навичок, але й до екологічної свідомості. Попри теоретичне усвідомлення необхідності оновлення компетентностей, емпіричні дослідження виявляють глибоку невідповідність між очікуваннями роботодавців і реальною підготовкою. Роботодавці фіксують низький рівень володіння інженерним програмним забезпеченням для прикладу (AutoCAD) та прогалини в розумінні будівельної фізики (Bhattarai et al., 2025).

У контексті енергоефективності проблема підготовки кадрів набуває системного характеру. Як зазначають дослідники, заклади П(ПТ)О часто лише фрагментарно охоплюють компетентності з енергоефективності, що ускладнює цілісну інтеграцію сучасних зелених технологій у свідомість студентів. Випускники схильні суттєво переоцінювати свої комунікативні та професійні якості, водночас недооцінюючи свої вузькотехнічні здібності.

Для подолання цього розриву необхідне впровадження цільових енергоефективних педагогічних технологій (ЕЕПТ). Європейський досвід доводить, що інтеграція ЕЕПТ у систему П(ПТ)О є нагальною потребою, особливо для підтримки повоєнної відбудови України та її узгодження з кліматичними цілями ЄС. Дієвим інструментом є метод кейсів (case-based learning), який дозволяє здобувачам освіти працювати з практичними сценаріями використання відновлюваних джерел енергії, теплоізоляції та енергоефективного виробництва, сформувавши в них глибоке екологічно відповідальне мислення. Паралельно інноваційні освітні підходи вимагають руйнування бар'єрів між П(ПТ)О і вищою освітою через інтеграційні моделі (наприклад, «Talent Plan 2+3») для поєднання операційних навичок робітника з аналітичними здібностями інженера (Farran & Nunez, 2025).

Не менш важливим є й той аспект, що цифровізація будівельної галузі неможлива без впровадження технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), які стали «золотим стандартом» (DPC, 2018). Еволюція BIM-педагогіки вказує на перехід від вивчення інструментів до формування «проектного інтелекту» (Shin & Kang, 2026; Meterelliyöz & Önder, 2022). У сфері енергоефективності BIM дозволяє ще на етапі проектування розраховувати втрати тепла та оптимізувати ресурси. Для швидкого підвищення кваліфікації додатково розроблено програми мікрокредитів із цифровізації, зокрема



щодо використання Інтернету речей (IoT) у смарт-будівлях і технологій енергетичної модернізації. Проте залишається проблема дефіциту компетенцій викладацького складу, який вимагає корпоративних стратегій «спільного зростання» (Shojaei et al., 2023; Adi Sucipto et al., 2024).

Окремим вектором підготовки є імерсивні технології (VR/XR), які здійснюють революцію у вивченні техніки безпеки (Patka et al., 2025; Zia Ud Din et al., 2024). Метааналіз (Man et al., 2024) підтверджує ефективність змін поведінки у VR на 59 відсотків порівняно з традиційними методами. Швидкість засвоєння інформації у віртуальному середовищі зростає в 4 рази (Almeida et al., 2023). Разом із тим, працівники старшого віку можуть відчувати надмірне когнітивне навантаження, через що процес їхньої цифрової адаптації триватиме довше (Al-Khiami & Jaeger, 2023; Chellappa, 2025).

Індустрія стрімко переходить до модульного будівництва (Off-Site Construction – OSC), що концептуально перетворює будівельний майданчик на місце фінального монтажу 3D-модулів (McKinsey & Company, 2019; Yun et al., 2026; Institute of Applied Technology, n.d.). OSC мінімізує обсяги будівельного сміття та дозволяє ще на заводі інтегрувати теплові насоси і сонячні панелі (European Commission, 2025). Водночас необхідна інтеграція технологій зеленого будівництва (Green Building Technology – GBT) у навчальні програми П(ПТ)О, що мають охоплювати питання енергоефективності, екологічних матеріалів та якості внутрішнього середовища.

У цьому контексті перехід до ресурсоефективної економіки зумовлює потребу в глибоких знаннях про сталі будівельні матеріали, як-от: золу, коноплі чи перероблений пластик (Abera, 2024; Bhattarai et al., 2025). Критичною навичкою стає володіння інструментами оцінки. Найкращим способом опанування цих компетенцій є практико-орієнтований підхід – залучення студентів до самостійного створення матеріалів (self-construction) із відходів у межах майстерень (Botella et al., 2022; Kalamas Hedden et al., 2017).

У парадигмі повоєнного відновлення дуальна форма здобуття освіти стає ключовим інструментом синхронізації П(ПТ)О із реальними потребами індустрії (Braun & Melnyk, 2023). Практичне впровадження такого підходу ґрунтується на управлінській моделі Є. Білана (Білан, 2025) з інтеграцією дуального навчання безпосередньо в систему управління людським капіталом підприємств. Важливу роль тут відіграють Центри професійної досконалості (CoVEs) – інноваційні



хаби з пріоритетними напрямками енергоефективного будівництва та управління відходами. Якість підготовки у таких центрах підтверджується через спеціалізовані VOC-Test Centres, що гарантують відповідність компетенцій робітників стандартам «зеленого» будівництва. Для забезпечення мобільності та швидкого насичення ринку праці ця система доповнюється дистанційними інструментами: хмарними «Модульними уроками» і VR-симуляторами для відпрацювання моторики, а також виїзними мобільними навчальними підрозділами (Мариниченко & Кучер, 2025; Кручек & Субіна, 2025).

Сучасна система професійної освіти потребує докорінного оновлення, щоб відповідати запитам енергоефективного будівництва. Традиційні інерційні моделі навчання більше не здатні забезпечити галузь фахівцями, готовими до викликів Індустрії 4.0 та екологічної сталості (Радкевич & Пригодій, 2024). Архітектура компетенцій має позбутися фрагментарності шляхом інтеграції енергоефективних педагогічних технологій (ЕЕПТ) і методу практичних кейсів. Цифрова трансформація передбачає поєднання навичок BIM-моделювання із програмами мікрокредитів для обслуговування «розумних» споруд. Водночас використання імерсивних VR-тренажерів має стати галузевим стандартом безпекової підготовки. Розвиток модульного (OSC) і «зеленого» будівництва (GBT) вимагає від фахівців глибокого розуміння життєвого циклу сталих матеріалів. Ключовим інструментом адаптації кадрів є розширення дуальної освіти на базі Центрів професійної досконалості (CoVEs). Такий підхід гарантує швидко сертифікацію спеціалістів, чия кваліфікація є критично важливою для енергоефективної післявоєнної відбудови національної економіки.

Список посилань

Abera, Y. (2024). Sustainable building materials: A comprehensive study on eco-friendly alternatives for construction. *Composites and Advanced Materials*, 33. <https://doi.org/10.1177/26349833241255957>

Adi Sucipto, T., Sajidan, S., Akhyar, M., & Roemintoyo, R. (2024). Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Vocational High School Learning. *Proceedings of the International Conference*, 155. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-198-2_155

Al-Khiami, M. I., & Jaeger, M. (2023). Safer Working at Heights: Exploring the Usability of Virtual Reality for Construction Safety Training



among Blue-Collar Workers in Kuwait. *Safety*, 9(3), 63.
<https://doi.org/10.3390/safety9030063>

Almeida, L. G. G., Vasconcelos, N. V. d., Winkler, I., & Catapan, M. F. (2023). Innovating Industrial Training with Immersive Metaverses: A Method for Developing Cross-Platform Virtual Reality Environments. *Applied Sciences*, 13(15), 8915. <https://doi.org/10.3390/app13158915>

Bhattacharai, P. C., Parajuli, M. N., Gautam, S., Paudel, P. K., Bhurtel, A., & Sharma, A. (2025). Education–work transition: skill gaps in the construction industry. *Frontiers in Built Environment*, 11, 1623609. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1623609>

Botella, P., Baena-Morales, S., García-Taibo, O., & Ferriz-Valero, A. (2022). Effects of Self-Construction of Materials on the Ecological Awareness of Physical Education Primary School Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14176. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114176>

Braun, V., & Melnyk, O. (2023). Promoting VET by implementing a “dual system” in Ukraine. In V. Tütlys, L. Vaitkutė, & C. Nägele (Eds.), *Vocational Education and Training Transformations for Digital, Sustainable and Socially Fair Future* (pp. 70–77). European Research Network on Vocational Education and Training. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7808278>

Chellappa, V. (2025). Determining the Key Drivers and Barriers to Adopting Virtual Reality Technology for Safety Training Programs in the Construction Industry. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 18. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1424>

Clemente de Souza, A. S., & Debs, L. (2023). A Review of Synergies Between Industry 4.0, Construction 4.0, and Education 4.0 in the Engineering Education Context. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343054>

DPC, J. of C. E. and A. (2018). A Review of Approaches and Challenges of BIM Education in Construction Management. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2018.06.001>

European Commission. (2025). *Build Up: Modular Construction*. (https://build-up.ec.europa.eu/system/files/2025-01/RB385Rpj2z_29_01_2025_083227.pdf)

Farran, I., & Nunez, I. (2025). Converging pathways: new approaches to integrate vocational education training and higher education. *Journal of*



Vocational Education & Training, 77(4), 1147–1165.
<https://doi.org/10.1080/13636820.2024.2428769>

Kalamas Hedden, M., Worthy, R., Akins, E., Slinger-Friedman, V., & Paul, R. C. (2017). Teaching Sustainability Using an Active Learning Constructivist Approach: Discipline-Specific Case Studies in Higher Education. *Sustainability*, 9(8), 1320. <https://doi.org/10.3390/su9081320>

Latif, A. A., Muda, M. F., Zainudin, M. R., & Latib, F. W. M. (2024). Integrating Green Building Technologies in Vocational Education: A Pathway Towards Sustainable Construction in Malaysia. *Journal of Construction*, 4(2). <https://doi.org/10.15282/construction.v4i2.11003>

Man, S. S., Wen, H., & So, B. C. L. (2024). Are virtual reality applications effective for construction safety training and education? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Safety Research*, 88, 230-243. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.11.011>

Marinelli, M. (2023). From Industry 4.0 to Construction 5.0: Exploring the Path towards Human–Robot Collaboration in Construction. *Systems*, 11(3), 152. <https://doi.org/10.3390/systems11030152>

McKinsey & Company. (2019). *Modular construction: From projects to products*. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/modular%20construction%20from%20projects%20to%20products%20new/modular-construction-from-projects-to-products-full-report-new.pdf>

Meterelliyöz, M. Ü., & Önder, O. (2022). BIM-enabled learning for building systems and technology. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 27, 1-19. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.001>

Munianday, P., Sarawak, M., Rahman, R. A., Abdullah, A.-S., & Esa, M. (2024). A comprehensive analysis of the importance of investigating the impact of Construction 4.0 skills on project performance. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 29, 686-721. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.031>

Noguera, I., Barrientos, D., Torres-Sánchez, M., & Pineda-Herrero, P. (2024). Exploring Pedagogical and Digital Practices in Vocational Education and Training: Comparing Teacher and Student Perspectives. *Education Sciences*, 14(7), 734. <https://doi.org/10.3390/educsci14070734>

Patka, M., Bugalia, N., & Mahalingam, A. (2025). Effectiveness of Virtual Reality in Construction Quality Training: Comparative Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151. (<https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15493>)



Shin, Y.-j., & Kang, E. (2026). From Tool-Based Training to Integrated Studios: A Review of BIM Education in Architecture. *Buildings*, 16(1), 166. <https://doi.org/10.3390/buildings16010166>

Shojaei, R. S., Oti-Sarpong, K., & Burgess, G. (2023). Leading UK Construction Companies' Strategies to Tackle BIM Training and Skills Challenges. *International Journal of Construction Education and Research*, 19(4), 383–404. <https://doi.org/10.1080/15578771.2022.2123071>

Yun, W. G., Kang, T. K., Bae, B. Y., & Kim, K. H. (2026). Analysis of directions for improving education and training system to foster offsite construction architectural professionals in South Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 25(2), 1344–1362. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2472713>

Zia Ud Din, Mohammadi, P., Sherman, R., et al. (2024). A systematic review and analysis of the viability of virtual reality (VR) in construction work and education. *Research Square* (Preprint). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4791225/v1>

Білан, Є. В. (2025). Дуальна освіта в будівельному секторі України: управлінська модель та перспективи впровадження в умовах повоєнного відновлення. *ЕКОНОМІЧНИЙ ВІСНИК ДОНБАСУ*, (4(82), 173–181. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2025-4\(82\)-173-181](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2025-4(82)-173-181)

Герлянд, Т.М. (2025). The use of energy-efficient technologies in the professional activities of future skilled workers in the construction industry: content and competitive advantages. *SCIENTIA*, 162-165.

Дрозіч, І. (2025). Using energy-efficiency pedagogical technologies in professional training of future construction workers: EU experience. *Професійна педагогіка*, 2 (31), 135-142.

Кручек, В., & Субіна, О. (2025). Професійно-практична підготовка майбутніх фахівців будівельної галузі для Індустрії 5.0. The University of Technology in Katowice Press, 8–21.

Маринченко, Є., & Кучер, О. (2025). Педагогічні умови підготовки майбутніх бакалаврів із професійної освіти (будівництво і зварювання) до організації дуального навчання у закладах освіти. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: педагогіка та психологія, (10). <https://doi.org/10.54929/2786-9199-2025-10-09-04>

Радкевич, В. О., & Пригодій, М. А. (Ред.). (2024). *Інноваційна професійна освіта, 6(19): Професійна освіта в умовах сталого розвитку суспільства: монографія*. Київ: ІПО НАПН України.

Свиридюк, В. (2025). Modern problems of training future specialists of the construction industry of Ukraine in energy-efficient technologies. *Professional Pedagogics*, 2(31), 143-150.