

Таким чином, розроблена тренінгова програма сприяє розвитку соціальної відповідальності педагогічних працівників ЗПО, які, у свою чергу, сприяють розвитку соціальної відповідальності здобувачів професійної освіти.

Список використаних джерел

1. Баранова С. В. Особистісна зрілість та відповідальність: соціально-психологічний аспект: монографія. Київ: Інтерконтиненталь-Україна, 2020. 364 с.
2. Кравченко О. О. Психологія відповідальності особистості: монографія. Харків: Діса плюс, 2021. 400 с.
3. Лукашов О. О. Психологія соціальної відповідальності особистості в період суспільних трансформацій: монографія. Київ: ПВТП «LAT&K», 2024. 349 с.
4. Максименко С. Д., Осьодло В. В. Психологія відповідальної поведінки особистості: монографія. Київ: Міленіум, 2020. 284 с.
5. Савчин М. М. Психологія відповідальної поведінки: монографія. Івано-Франківськ: Місто НВ, 2015. 400 с.
6. Садова М. А. Психологічні складові професійної відповідальності особистості: монографія. Одеса: Букаєв В.В. 2018. 434 с.
7. Сухенко Я. С. Психологічні механізми розвитку відповідальності особистості: монографія. Полтава: ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2019. 350 с.

УДК 377.35:004.946:620.9

Пащенко Тетяна Миколаївна,

кандидат педагогічних наук,

старший науковий співробітник відділу

змісту і технологій професійної освіти

Інституту професійної освіти НАПН України

<http://orcid.org/0000-0002-7629-7870>

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ STEM-ПРОЄКТУВАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ БУДІВЕЛЬНИКІВ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Сучасна будівельна галузь стрімко розвивається, і одним із ключових напрямів є впровадження енергоефективних технологій. Динамічні процеси економічного розвитку України зумовлюють необхідність удосконалення системи підготовки майбутніх фахівців у галузі будівництва, «які мають не лише володіти традиційними навичками проєктування та зведення споруд, а й розуміти принципи енергоефективного будівництва, циркулярної економіки, використання екологічно чистих матеріалів та сучасних цифрових технологій» [1]. Важливо, щоб освітні установи активно реагували на виклики часу, забезпечуючи студентів знаннями та навичками, необхідними для успішної роботи в умовах світу, що швидко змінюється, вбудовуючи тренди розвитку сучасного суспільства.

Підготовка кваліфікованих робітників має відповідати вимогам часу, тому освітній процес потребує інноваційних підходів. Одним із таких є STEM(S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics)-проєктування з використанням доповненої реальності (AR), що дозволяє інтегрувати знання з різних дисциплін та формувати практичні навички майбутніх фахівців.

STEM-проєктування з елементами доповненої реальності у підготовці майбутніх фахівців будівельної галузі до енергоефективної діяльності розглядається як інноваційний підхід до формування професійних компетентностей. Використання технологій доповненої реальності у процесі STEM-навчання забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичних умінь, сприяє розвитку просторового мислення, інженерної креативності та здатності приймати оптимальні технічні рішення щодо енергоощадних технологій. Такий підхід дозволяє моделювати реальні виробничі ситуації, аналізувати енергоефективні рішення у віртуальному середовищі, а також формувати в студентів системне бачення сучасних тенденцій сталого будівництва. STEM-проєктування з елементами доповненої реальності виступає ефективним засобом професійної підготовки майбутніх будівельників до реалізації принципів енергоефективності в їхній подальшій фаховій діяльності.

Метою технології є формування практичних навичок застосування енергоефективних рішень у будівництві через інтеграцію міждисциплінарних знань та цифрових інструментів. Така технологія дозволяє здобувачам освіти:

- візуалізувати складні технічні концепції за допомогою AR, що сприяє кращому розумінню матеріалу;
- інтегрувати знання з фізики, математики, екології, інженерії та ІТ (інформаційних технологій) у реальні проєкти;
- розвивати критичне мислення та навички командної роботи через проєктну діяльність;
- оцінювати енергоефективність будівельних рішень у віртуальному середовищі до їх реального впровадження.

Дослідження, проведені у сфері професійно-технічної та інженерної освіти, переконливо свідчать про ефективність впровадження STEM-підходу з використанням технологій доповненої реальності (AR) для розвитку технічних компетентностей і цифрової грамотності здобувачів освіти.

Систематичні огляди [2] доводять, що AR забезпечує глибше розуміння складних технічних процесів, сприяє формуванню просторового мислення та підвищує мотивацію до навчання. Емпіричні дослідження в системі професійної освіти [3; 4] демонструють покращення результатів засвоєння процедурних умінь і зниження кількості помилок під час виконання практичних операцій завдяки інтерактивному візуальному середовищу.

Використання AR-моделей у навчальному процесі дозволяє студентам безпечно відпрацьовувати технологічні дії, аналізувати енергоефективні рішення та самостійно моделювати інженерні об'єкти [5; 7]. Крім того, сучасні дослідження підтверджують, що поєднання STEM-орієнтованих завдань із AR-технологіями сприяє розвитку цифрової грамотності, що є ключовою складовою професійної компетентності фахівців нової генерації [4; 6].

Компонентами інноваційної технології STEM-проектування з елементами доповненої реальності є:

- STEM-підхід: міждисциплінарне навчання, що поєднує фізику, математику, екологію, інженерію та ІТ;
- доповнена реальність (AR): використання мобільних додатків для візуалізації енергоефективних рішень;
- проектна діяльність: створення моделей енергоефективних будівель;
- цифрове моделювання: робота з програмами SketchUp, Revit тощо;
- експертне оцінювання: залучення фахівців галузі до оцінки учнівських проєктів.

Технології доповненої реальності створюють можливості для візуалізації складних інженерних процесів, моделювання енергоефективних об'єктів та проведення експериментів у безпечному віртуальному середовищі. Завдяки цьому студенти можуть не лише засвоювати теоретичний матеріал, а й застосовувати його під час вирішення реальних професійних завдань.

За допомогою мобільних застосунків (AR SketchWalk, ARki, Morpholio AR Sketch) студенти створюють тривимірні моделі будівель, накладаючи їх на реальне середовище. Це дозволяє аналізувати вплив орієнтації будівлі на сонячне освітлення, випробовувати матеріали з різними теплофізичними характеристиками, оптимізувати розташування вікон і покрівлі з урахуванням енергозбереження. Такий підхід формує практичні навички прийняття інженерних рішень щодо енергоефективного проектування.

У процесі лабораторних робіт із використанням платформ Merge Cube, CoSpaces Edu або EON-XR майбутні будівельники досліджують структуру теплоізоляційних матеріалів, аналізують теплові потоки та визначають коефіцієнти теплопередачі. Візуалізація фізичних процесів у 3D-форматі підвищує мотивацію до навчання та забезпечує глибше розуміння принципів енергозбереження.

У межах STEM-проектів студенти моделюють системи сонячних панелей, вентиляції з рекуперацією тепла, а також інтелектуальні системи освітлення. AR-технології дозволяють змінювати параметри обладнання, спостерігати за результатами у реальному часі й визначати найефективніші варіанти енергоспоживання. Це сприяє формуванню професійної компетентності у сфері використання відновлюваних джерел енергії.

Інтеграція BIM-моделювання з AR-технологіями (Autodesk Revit, Unity Reflect Review, Fologram) забезпечує можливість проведення віртуального енергоаудиту. Студенти аналізують тепловтрати через огорожувальні конструкції, моделюють варіанти утеплення та оцінюють ефективність енергомодернізації будівель. Такі симуляції розвивають аналітичне мислення та навички енергетичного моніторингу.

У колективних проєктах студенти поєднують знання з фізики, архітектури, ІТ та інженерії для створення інтегрованих моделей енергоефективних споруд. За допомогою AR-технологій вони презентують результати роботи – наприклад, моделі навчальних корпусів або житлових будинків із системами пасивного опалення, «зеленими» дахами та фасадами. Такий формат сприяє розвитку міждисциплінарних компетентностей, командної взаємодії й креативного мислення.

Отже, використання STEM-проєктування з елементами доповненої реальності у підготовці майбутніх будівельників забезпечує не лише інтеграцію теоретичних і практичних знань, а й сприяє формуванню енергетичної культури, інженерної креативності, розвитку критичного мислення, творчості, професійної мобільності та готовності до впровадження сучасних енергоефективних технологій у професійній діяльності.

Список використаних джерел

1. Пашенко Т. М. Енергоефективна відбудова України: екоорієнтована підготовка фахівців будівельної галузі. *Професійна педагогіка*, 2024. № 1(30), С. 61-69. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2025.30.61-69>.
2. Chiang F.-K., Shang X., Qiao L. Augmented reality in vocational training: A systematic review of research and applications. *Computers in Human Behavior*. 2022. Vol. 129. P. 107125. DOI: 10.1016/j.chb.2021.107125.
3. Candido V., Raemy P., Amenduni F., Cattaneo A. Could vocational education benefit from augmented reality and hypervideo technologies? An exploratory interview study. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*. 2023. Vol. 10, No. 2. P. 138–167. DOI: 10.13152/IJRVET.10.2.1.
4. Liu Y., Zhan Q., Zhao W. A systematic review of VR/AR applications in vocational education: models, affects, and performances, *Interactive Learning Environments*. 2023. DOI: 10.1080/10494820.2023.2263043 2023.
5. Fehrmann Raphael. Implementing Augmented Reality Models in the Classroom Environment Using Merge Cubes: A Quantitative Study of the Effects on Students' Cognitive Load and Motivation. *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 4. P. 414-432. DOI: 10.3390/educsci15040414.
6. Govender I. Digital Literacy and STEM Skills– What is the Connection? *A Systematic Review. Technology, Knowledge and Learning*. 2025. P. 1-22. DOI: 10.1007/s10758-025-09879-x
7. Vokasi, Jurnal & Supriyanto, Supriyanto & Abdullah, Q & Tettehfiio, A & Ramdani, E. Application of Augmented Reality (AR) in vocational education: *A systematic literature review*. 2023. No.13. P. 205-213. DOI:10.21831/jpv.v13i2.54280