



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

УДК 378:004.946:62

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14259102>

**Використання віртуальної реальності в професійній підготовці
майбутніх інженерів**

Козяр Микола Миколайович,

доктор педагогічних наук, професор кафедри теоретичної механіки,
інженерної графіки та машинознавства Національного університету водного
господарства та природокористування, 33028, м. Рівне, вул. Соборна 11,
Україна, nikolaynuvgrp@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1074-886X>

Рудь Анатолій Володимирович,

доктор філософії в галузі технічних наук, професор, завідувач кафедри
агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша Закладу вищої
освіти «Подільський державний університет», 32301, м. Кам'янець-
Подільський, вул. Шевченка 12, Україна,
anatoliyrudj@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7206-7103>

Товт Богдан Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики, фізики та
загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-
економічного університету, 49009, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова 25,
Україна, btovtua@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0000-7670-8898>

Прийнято: 16.11.2024 | Опубліковано: 02.12.2024



Анотація: *Мета:* дослідити проблеми та можливості використання віртуальної реальності в професійній підготовці майбутніх інженерів. Сучасні технології, зокрема віртуальна реальність, мають потенціал суттєво трансформувати освітній процес, сприяючи розвитку інтерактивного навчання, формуванню когнітивних і практичних навичок, а також підвищенню конкурентоспроможності випускників. У статті використано кілька **методів** дослідження, які забезпечили комплексний підхід до вивчення впровадження віртуальної реальності в професійну підготовку майбутніх інженерів: аналітичний метод, методи систематизації та порівняльного аналізу. **Результати:** здійснений аналіз продемонстрував, що використання технології віртуальної реальності сприяє моделюванню складних технічних процесів, безпечному відпрацюванню професійних навичок та розвитку міждисциплінарного підходу. Визначено також, що впровадження віртуальної реальності в освітній процес ускладнюється через фінансові обмеження, відсутність стандартизованих методик і недостатню підготовку викладачів. Запропоновані рекомендації включають уніфікацію технічних вимог, розробку освітніх сценаріїв та створення модульних рішень віртуальної реальності. Крім того, увагу зосереджено на важливості формування партнерства між закладами освіти та технологічними компаніями, що дозволить зменшити витрати на впровадження технології віртуальної реальності. **Висновки:** використання віртуальної реальності відкриває нові можливості для підготовки інженерів, зокрема розвитку їхнього критичного мислення, технічної компетентності та інженерної творчості. Для повноцінної інтеграції технології необхідно подолати фінансові та організаційні бар'єри, забезпечити стандартизацію інструментів віртуальної реальності, адаптувати освітні програми та забезпечити належну підготовку викладачів. Реалізація цих кроків сприятиме



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ

підвищенню якості інженерної освіти відповідно до викликів сучасного технологічного світу.

Ключові слова: *інженерні моделі, цифрові технології навчання, інтерактивне проєктування, підготовка спеціалістів.*

Using Virtual Reality in the Professional Training of Future Engineers

Mykola Koziar,

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Mechanics, Engineering Graphics and Mechanical Engineering of the National University of Water and Environmental, 33028, Rivne, st. Soborna 11, Ukraine,
nikolaynuvgp@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1074-886X>

Anatolii Rud,

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Engineering and System Engineering named after Mykhailo Samokish of the Higher Educational Institution “Podillia State University”,
32301, Kamianets-Podilskyi, st. Shevchenko 12, Ukraine,
anatoliyrudj@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7206-7103>

Bohdan Tovt,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering of the Dnipro State Agrarian and Economic University,
49009, Dnipro, st. Serhii Efremov 25, Ukraine,
btovtua@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0000-7670-8898>



Abstract: Purpose: to explore the problems and opportunities of using virtual reality (VR) in the professional training of future engineers. Modern technologies, in particular VR, have the potential to significantly transform the educational process, contributing to the development of interactive learning, the formation of cognitive and practical skills, as well as increasing the competitiveness of graduates. The paper uses an analytical method to review scientific publications, systematize data and develop practical recommendations. **Methods:** the article uses several research methods that provide a comprehensive approach to studying the implementation of virtual reality in the professional training of future engineers: the analytical method, methods of systematization and comparative analysis. The use of these methods provided a comprehensive approach to studying the problems and opportunities for implementing VR in the educational process. **Results:** the analysis showed that VR contributes to the modeling of complex technical processes, the safe development of professional skills and the development of an interdisciplinary approach. It was determined that the implementation of VR in the educational process is complicated by financial constraints, the lack of standardized methods and insufficient training of teachers. The proposed recommendations include the unification of technical requirements, the development of educational scenarios and the creation of modular VR solutions. In addition, attention is focused on the importance of forming partnerships between educational institutions and technology companies, which will reduce the costs of implementing VR. **Conclusions:** the use of VR opens up new opportunities for training engineers, in particular in the development of critical thinking, technical competence and engineering creativity. For the full integration of VR, it is necessary to overcome financial and organizational barriers, ensure the standardization of VR tools, adapt educational programs and ensure proper training of teachers. The implementation of these steps will contribute to improving the



quality of engineering education in accordance with the challenges of the modern technological world.

Keywords: *engineering models, digital learning technologies, interactive design, specialist training.*

Постановка проблеми. Професійна підготовка інженерів у закладах вищої освіти набуває стратегічного значення в контексті стрімкого розвитку технологій четвертої промислової революції. Сучасний ринок праці потребує фахівців, здатних працювати з передовими цифровими технологіями, зокрема віртуальною реальністю (далі – VR), яка є важливим інструментом для навчання й професійного вдосконалення. Однак упровадження VR в освітній процес постає перед численними викликами.

Основною проблемою є низький рівень інтеграції технології віртуальної реальності в освітні програми, що зумовлено високою вартістю обладнання, відсутністю стандартизованих методик та адаптованих освітніх підходів. Використання VR потенційно може розв'язати низку практичних завдань, включаючи симуляцію виробничих процесів, підготовку до роботи з небезпечним обладнанням та візуалізацію складних технічних систем [1]. Наприклад, технологія віртуальної реальності дозволяє створювати повністю імітовані середовища, у яких здобувачі вищої освіти можуть безпечно відпрацьовувати навички роботи з обладнанням, моделювати виробничі процеси та вчитися приймати рішення в умовах, наближених до реальних [2, р. 795].

Важливість теми обумовлена також потребою в інженерах, готових до використання нових технологій у виробництві та інженерному проєктуванні. У цьому контексті VR може відігравати вирішальну роль, виступаючи



платформою для інтерактивного навчання, що розвиває когнітивні навички, критичне мислення та інженерну творчість.

Таким чином, проблема використання технології віртуальної реальності в професійній підготовці є багатовимірною та вимагає детального аналізу. Її розв'язання має значний вплив на підвищення якості інженерної освіти, поліпшення конкурентоспроможності випускників на ринку праці та адаптацію освітніх закладів до вимог сучасного світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання віртуальної реальності в професійній підготовці майбутніх інженерів активно досліджується науковцями, які звертають увагу на її переваги, виклики та потенціал. Аналіз публікацій останніх років дозволяє виокремити основні результати досліджень, водночас виявляючи нерозв'язані питання.

Так, О. Zadorina, V. Hurskaya, S. Sobolyeva, L. Grekova та S. Vasylyuk-Zaitseva дослідили взаємодію VR та штучного інтелекту для створення сучасних освітніх середовищ [3, р. 165]. У своїй роботі автори зазначають, що VR сприяє підвищенню персоналізації та інтерактивності навчання, але акцентують на проблемі адаптації традиційних освітніх систем до цієї технології. В. Ткачук, Ю. Єчкало, С. Хоцкіна, О. Маркова та В. Хоцкіна визначають VR як ефективний засіб моделювання виробничих процесів у підготовці інженерів [4, с. 170]. Автори стверджують, що технологія забезпечує розвиток практичних навичок у безпечному середовищі, але вказують на потребу вдосконалення методів оцінювання навчальних результатів.

В. Круглик, М. Марчук, І. Тригуб та А. Чорна звертають увагу на значення цифрових технологій, включаючи VR, у навчанні інженерів-програмістів [5, с. 172; 6, с. 116]. Науковці підкреслюють, що віртуальна



реальність розвиває технічне мислення здобувачів вищої освіти, але фінансові обмеження є значним бар'єром для її широкого впровадження.

Ю. Єчкало, В. Ткачук, О. Маркова, Н. Хараджян і М. Кислова проаналізували педагогічні умови використання VR у вищій освіті [7, с. 34]. Учені підкреслюють, що віртуальна реальність підвищує інтерактивність навчання, але звертають увагу на обмеженість досліджень щодо довгострокового збереження знань і навичок здобувачів вищої освіти. Також Г. Пасов, А. Кологойда, С. Корнієнко та В. Мурашківська наголошують на необхідності використання VR в підготовці інженерів-механіків та вказують на потребу стандартизації VR-інструментів для їх ефективного впровадження в освітні програми [8, с. 22]. Л. Нікітіна, Н. Дженюк та Л. Борисова з'ясували роль віртуальної реальності в підготовці телекомунікаційних інженерів [9, с. 191]. Дослідники зазначають, що ця технологія сприяє формуванню технічних навичок, але вказують на складнощі в налаштуванні та адаптації програмного забезпечення під освітні завдання.

К. Осадча, О. Савлук і М. Soliman, А. Pesyridis, D. Dalaymani-Zad, M. Gronfula, Kourmpetis M. розглядають застосування VR у технічній освіті, вказуючи на ефективність технології для формування практичних навичок [10, с. 117; 11, р. 5]. Автори дійшли висновку, що питання впливу VR на мотивацію здобувачів вищої освіти залишається недостатньо вивченим. Варто зазначити, що J. Wolfartsberger акцентує на потенціалі VR для інженерного проєктування та покращенні візуалізації складних технічних завдань, але підкреслює недостатність методичної підтримки для інтеграції технології віртуальної реальності в освітній процес [12, р. 29].

G. Makransky, S. Borre-Gude та R. Mayer детально розглядають когнітивні й мотиваційні переваги VR у навчанні [13, р. 694]. Науковці підтверджують, що ця технологія підвищує залученість здобувачів вищої



освіти та сприяє збереженню знань, але вказують на відсутність універсальних підходів для її впровадження. С. Papakostas, С. Troussas, А. Krouska, С. Sgouropoulou та Y. Zhang, Н. Liu, S. Kang, М. Al-Hussein проаналізували прийнятність VR-симуляторів в освітніх програмах. У своїх дослідженнях учені наголошують на ключовій ролі підготовки викладачів для ефективного впровадження VR-технологій, а також підкреслюють необхідність адаптації цих інструментів до специфіки викладання інженерних дисциплін [2, р. 795; 14].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз останніх досліджень демонструє, що використання віртуальної реальності в професійній підготовці майбутніх інженерів є перспективним напрямом розвитку освіти. Однак у цій галузі залишається низка нерозв'язаних проблем, що потребують детального вивчення та аналізу. Зокрема, питання адаптації педагогічних методик до специфіки VR-середовищ не отримали достатнього висвітлення, що ускладнює створення ефективних освітніх програм. Іншим важливим викликом є відсутність стандартизованих підходів до інтеграції віртуальної реальності в освітній процес, що призводить до фрагментарності та нерівномірності впровадження цих технологій у закладах освіти. Це знижує ефективність їхнього використання та ускладнює створення універсальних методичних рішень.

Фінансові бар'єри, такі як висока вартість обладнання, програмного забезпечення та обмежені бюджети освітніх установ, також залишаються однією з ключових перешкод для масштабного впровадження VR в освітні програми. Крім того, недостатньо дослідженим залишається довгостроковий вплив зазначеної технології на результати навчання, зокрема на стійкість здобутих знань і навичок. Важливим аспектом, що потребує уваги, є також підготовка викладачів. Відсутність належної підготовки та методичної



підтримки обмежує можливості ефективного використання віртуальної реальності в навчанні, знижуючи потенціал технології як засобу підвищення якості освіти.

Ця стаття покликана допомогти розв'язати наявні проблеми та надати практичні рекомендації для подальшого впровадження VR у закладах вищої освіти.

Формулювання цілей статті. Мета статті – дослідити проблеми та можливості використання віртуальної реальності в професійній підготовці майбутніх інженерів. Основними завданнями є:

1. Дослідити педагогічні підходи та методики для ефективної інтеграції технології віртуальної реальності в освітні програми інженерів.
2. Проаналізувати наявні технологічні та організаційні бар'єри для впровадження VR в освітній процес.
3. Сформулювати рекомендації для стандартизації VR-рішень в освітніх програмах для підготовки майбутніх інженерів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективна інтеграція віртуальної реальності в професійну підготовку інженерів вимагає комплексного педагогічного підходу, адже вона сприяє персоналізації та інтерактивності навчання, створюючи унікальні можливості для освітнього процесу, що є основою для ефективного розвитку когнітивних і практичних навичок здобувачів вищої освіти. Одним з аспектів є розробка педагогічних методик, які враховують специфіку роботи у VR-середовищах.

Розвиток технології віртуальної реальності в навчанні інженерів потребує поєднання сучасних педагогічних підходів з урахуванням специфіки технічних дисциплін. Інтеграція VR сприяє моделюванню складних виробничих процесів, які важко відтворити в реальному житті. Наприклад, вона дозволяє здобувачам вищої освіти працювати з імітованими моделями



обладнання в умовах, максимально наближених до реальних, без ризику для безпеки [2, р. 795]. Однак ефективне впровадження вимагає створення сценаріїв навчання, адаптованих до VR-середовищ. Зокрема, в енергетичних спеціальностях можуть використовуватись VR-модулі для аналізу динаміки електричних систем, а в машинобудуванні – для вивчення робочих процесів складних механізмів.

Особливістю VR є можливість використання гейміфікованих підходів для залучення здобувачів. Успішні кейси інтеграції технології віртуальної реальності в Україні включають розробку навчальних симуляторів у Київському політехнічному інституті, які використовуються для відпрацювання навичок роботи з енергетичними системами. Ці рішення підвищують мотивацію здобувачів вищої освіти й дозволяють застосовувати здобуті знання на практиці [5, с. 172]. Іншим викликом є забезпечення підготовки викладачів до роботи з VR-технологіями. У багатьох закладах вищої освіти України відсутні програми навчання педагогів із використання віртуальної реальності, що обмежує ефективність упровадження цієї технології в освітній процес. Потрібно створити методичні посібники та програми підвищення кваліфікації викладачів, адаптовані до технічних умов вітчизняних закладів освіти.

Одним із важливих аспектів є інтеграція VR в освітній процес через створення адаптованих до специфіки дисциплін педагогічних підходів. Наприклад, дослідження показують, що зазначена технологія сприяє симуляції реальних виробничих процесів, розвитку навичок командної роботи та інженерного проєктування в безпечному середовищі [11, р. 8]. Ефективне застосування VR передбачає впровадження комбінованих методів навчання, які включають традиційні лекції, інтерактивні практичні заняття та роботу в VR-середовищах. Для енергетичних спеціальностей це можуть бути



віртуальні лабораторії, а для машинобудування – моделювання динаміки складних механізмів.

Крім того, технологія віртуальної реальності дозволяє здобувачам виконувати практичні завдання в імерсивному середовищі, наближеному до реальних умов роботи. Використання елементів гейміфікації у VR-курсах підвищує мотивацію здобувачів і сприяє формуванню інженерного мислення [12, р. 29]. Важливо зазначити, що інтерактивність цієї технології забезпечує глибше занурення в освітній процес, але потребує попередньої підготовки викладачів до її використання. Дослідники підкреслюють, що VR дозволяє моделювати реальні виробничі процеси, створюючи умови для розвитку практичних компетенцій у безпечному середовищі [4, с. 170].

Розробка педагогічних підходів для інтеграції віртуальної реальності передбачає аналіз специфіки дисциплін, адаптацію навчальних цілей до можливостей цієї технології й використання комбінованих методів викладання. Наприклад, в енергетичних дисциплінах можна створювати віртуальні лабораторії для вивчення динаміки електромереж, а в машинобудуванні – моделювати процеси роботи складних механізмів у реальному часі. Також важливо враховувати психологічні особливості здобувачів вищої освіти, адже VR значно збільшує когнітивне навантаження через імерсивність. Для подолання цього виклику рекомендується чергувати навчання у віртуальній реальності з традиційними методами, створюючи збалансовані освітні сценарії.

Інтеграція VR в освітні програми потребує розробки сучасних педагогічних підходів, які враховують специфіку взаємодії з віртуальними середовищами. Зокрема, це передбачає використання проєктного навчання, що дозволяє здобувачам розв'язувати реальні технічні завдання в симуляторах віртуальної реальності.



Одним із перспективних підходів є гейміфікація, яка підвищує залученість та мотивацію здобувачів через інтерактивні завдання, що імітують реальні виробничі сценарії. Наприклад, у дисциплінах, пов'язаних із робототехнікою, VR може слугувати платформою для симуляції налаштування роботів та їхнього тестування в безпечному середовищі. Такі методики сприяють не лише формуванню технічних компетенцій, але й розвитку креативності та навичок розв'язання проблем.

Варто зазначити, що інтерактивність віртуальної реальності сприяє глибшому зануренню здобувачів в освітній процес, проте для ефективної реалізації необхідно враховувати особливості різних технічних дисциплін. Дослідники зазначають, що інтеграція VR із проєктним навчанням дозволяє здобувачам вищої освіти самостійно розробляти технічні рішення, що імітують реальні виробничі завдання [11, р. 8].

Також важливим залишається завдання поєднання технології віртуальної реальності з традиційними методами навчання для створення змішаних освітніх моделей, які враховують потреби здобувачів вищої освіти та вимоги ринку праці. На рис. 1 відображено основні етапи інтеграції VR в освітній процес.



Рисунок 1

Схема інтеграції VR в освітні програми інженерів



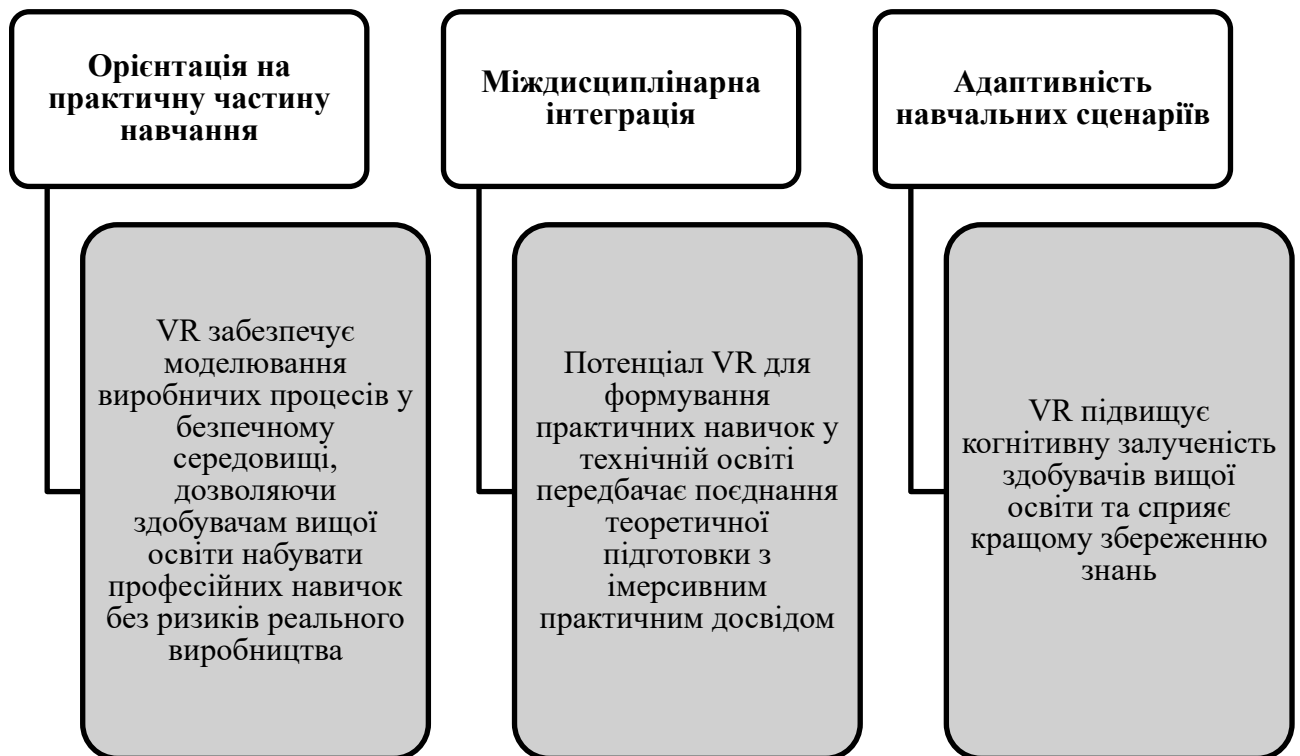
Джерело: створено авторами на основі даних [12, р. 29; 15]

Інтеграція VR також створює умови для розвитку навичок командної роботи, оскільки здобувачі вищої освіти можуть спільно працювати у віртуальних лабораторіях. Це особливо важливо в галузях, де колаборація є ключовою частиною професійної діяльності, наприклад у проектуванні інженерних систем чи робототехніці. Основні методичні принципи інтеграції технології віртуальної реальності в освітні програми інженерів відображено на рис. 2.



Рисунок 2

Ключові методичні принципи інтеграції VR в освітні програми інженерів



Джерело: авторська розробка на основі даних [4, с. 170; 11, р. 5; 16, с. 434]

Технологічні й організаційні виклики, зокрема висока вартість обладнання, є основними перепонами для широкого впровадження віртуальної реальності в освітній процес (табл. 1). Серед основних технологічних бар'єрів можна виокремити складність налаштування VR-обладнання, необхідність оновлення програмного забезпечення та недостатність сумісності між різними VR-платформами. Організаційні бар'єри охоплюють відсутність стратегій довгострокового фінансування проєктів, пов'язаних із використанням інновації, а також недостатню взаємодію між закладами освіти та технологічними компаніями. Розв'язання



цих завдань потребує створення централізованих платформ підтримки, які допомагатимуть освітнім закладам адаптувати VR-рішення під їхні потреби. Крім того, необхідно розробляти універсальні стандарти для інтеграції технології віртуальної реальності в освітні програми, що сприятиме їхньому масштабному впровадженню. Фінансові бар'єри обмежують доступність VR для закладів освіти, особливо в країнах із недостатнім рівнем фінансування. Використання віртуальної реальності в технічній освіті потребує значних ресурсів, включаючи спеціалізоване обладнання, програмне забезпечення та інфраструктуру. Крім того, важливим є питання підготовки викладачів для роботи з цією технологією (для навчання роботи з VR необхідно проводити відповідні тренінги та створювати методичні посібники для педагогів). Також варто розробляти довгострокові програми професійного розвитку для викладачів. Вони мають включати практичні тренінги з використання VR та ознайомлення з інноваційними педагогічними підходами. Це дозволить викладачам ефективніше застосовувати цю технологію в навчанні, враховуючи індивідуальні потреби здобувачів вищої освіти.

Таблиця 1

Технологічні та організаційні бар'єри впровадження VR

Назва	Опис
Фінансові обмеження	Висока вартість обладнання як значний бар'єр для широкого впровадження VR, а також складності налаштування та адаптації програмного забезпечення
Методологічні виклики	Необхідність розробки педагогічних умов використання технології віртуальної реальності у вищій освіті. Особливо важливим є питання оцінки довгострокового впливу VR на результати навчання
Технічна підготовка викладачів	Підготовка викладачів для успішної інтеграції VR-технологій у систему навчання є критичним фактором



Джерело: авторська розробка на основі даних [2, р. 795; 5, с. 172; 9, с. 191]

Для подолання зазначених бар'єрів пропонуються шляхи оптимізації витрат через використання модульних VR-інструментів та партнерство з технологічними компаніями [12, р. 29; 17, р. 2201]. Це дозволить знизити фінансове навантаження на заклади освіти та забезпечити доступ до новітніх технологій. Крім того, для подолання фінансових обмежень доцільно залучати грантові програми та партнерство з промисловими підприємствами, які можуть надати фінансування чи доступ до VR-технологій. Цей підхід не лише зменшить витрати освітніх установ, а й сприятиме підвищенню якості практичної підготовки здобувачів вищої освіти.

Важливо також зазначити, що використання технології віртуальної реальності в освітньому процесі стимулює розвиток критичного мислення та здатність працювати в команді, що є важливими професійними якостями для сучасних інженерів. Це сприяє формуванню комплексного підходу до розв'язання технічних завдань, створюючи умови для міждисциплінарного навчання та розвитку інноваційного мислення. Крім того, інтеграція VR із системами штучного інтелекту дозволяє створювати індивідуалізовані освітні траєкторії для здобувачів вищої освіти, враховуючи їхні потреби та здібності [15]

Україна постає перед низкою викликів, що ускладнюють упровадження віртуальної реальності в освітні програми. Серед технологічних бар'єрів можна виокремити високу вартість обладнання, низький рівень сумісності VR-платформ з уже наявною інфраструктурою закладів освіти та складність адаптації програмного забезпечення під потреби різних дисциплін. Наприклад, у багатьох українських університетах відсутня достатня кількість сучасних комп'ютерів із необхідними характеристиками для роботи з VR, а



підключення до високошвидкісного інтернету залишається проблемою, особливо у віддалених регіонах.

Організаційні бар'єри включають обмежене фінансування освітніх установ, недостатню взаємодію між закладами вищої освіти та технологічними компаніями, а також відсутність кваліфікованих кадрів для роботи з VR. У багатьох університетах не передбачено програм підготовки викладачів для використання віртуальної реальності, що знижує ефективність упровадження цієї технології. Крім того, відсутність державних стандартів і методичних рекомендацій ускладнює інтеграцію VR в освітній процес на системному рівні.

Для подолання цих бар'єрів доцільно впроваджувати партнерські програми між закладами вищої освіти та ІТ-компаніями для спільної розробки VR-рішень. Наприклад, створення грантових програм для фінансування проєктів може стати ефективним кроком для залучення додаткових ресурсів. Крім того, необхідно розробити уніфіковані стандарти для адаптації технології віртуальної реальності до викладання різних дисциплін, а також забезпечити підготовку викладачів через тренінги й сертифікаційні програми. Важливо також підтримувати розвиток відкритих платформ для створення та використання VR-контенту, які будуть доступні для всіх закладів освіти України.

Аналіз отриманих результатів дослідження свідчить, що VR є потужним інструментом для професійної підготовки інженерів. Використання технології сприяє інтерактивності, мотивації, а також забезпечує практичне відпрацювання складних технічних навичок. Для її повноцінної інтеграції сформульовано рекомендації для стандартизації VR-рішень в освітніх програмах для підготовки майбутніх інженерів, що включають основні елементи, відображені в табл. 2.



Таблиця 2

Рекомендації для стандартизації VR-рішень в освітніх програмах для підготовки майбутніх інженерів

Ключові елементи	Опис рекомендацій
Методологічні стандарти	Уніфікація критеріїв оцінювання ефективності VR-навчання, розробка типових освітніх сценаріїв для різних інженерних спеціальностей, створення уніфікованих методичних рекомендацій з упровадження технологій віртуальної реальності
Технічні вимоги	Установлення мінімальних технічних характеристик VR-обладнання, розробка протоколів сумісності VR-застосунків з освітніми програмами, стандартизація інтерфейсів VR-середовищ
Професійна підготовка викладачів	Уніфікована програма підвищення кваліфікації з використання, сертифікація викладачів щодо впровадження VR-технологій, створення методичних центрів підтримки VR-навчання
Змістовні стандарти	Розробка типових модулів VR-контенту для інженерних дисциплін, визначення критеріїв якості VR-симуляторів, забезпечення відповідності VR-навчання професійним стандартам
Економічні рекомендації	Механізми державного та приватного фінансування VR-проектів, створення механізмів оптимізації витрат на фінансування технології, розробка грантових програм підтримки інновацій

Джерело: власна розробка авторів

Упровадження цих рекомендацій дозволить системно підійти до стандартизації VR-рішень у професійній підготовці інженерів. Таким чином, упровадження віртуальної реальності в професійну підготовку інженерів є перспективним напрямом, який вимагає системного, науково обґрунтованого



підходу, подолання технологічних та організаційних бар'єрів і неперервного вдосконалення методик навчання.

Висновки. Вивчення педагогічних підходів і методик інтеграції VR в освітні програми продемонструвало, що віртуальна реальність є потужним інструментом для підвищення ефективності навчання інженерів. Використання цієї технології сприяє інтерактивності, розвиває когнітивні й технічні навички здобувачів вищої освіти, а також дозволяє моделювати складні виробничі процеси в безпечному середовищі. Однак для досягнення максимальної ефективності необхідно адаптувати наявні педагогічні методики до специфіки VR-середовищ, розробляючи освітні сценарії та впроваджуючи змішані моделі навчання.

Аналіз технологічних та організаційних бар'єрів продемонстрував, що головними викликами для впровадження технології віртуальної реальності є висока вартість обладнання, обмежений доступ до ресурсів і недостатня підготовка викладачів. Фінансові обмеження ускладнюють інтеграцію VR в освітній процес, особливо в країнах із недостатнім рівнем фінансування освіти. Також важливим є створення методичних рекомендацій і проведення тренінгів для викладачів, що дозволить забезпечити ефективне використання технології віртуальної реальності в закладах вищої освіти.

Формулювання рекомендацій для стандартизації VR-рішень дозволило окреслити ключові напрями для їхньої інтеграції в освітні програми інженерів. Рекомендації включають розробку методологічних стандартів, установлення технічних вимог до обладнання та створення типових модулів VR-контенту. Уніфікація підходів до використання віртуальної реальності в навчанні сприятиме її масштабному впровадженню, забезпечуючи розвиток навичок, необхідних для сучасного інженера, і підвищуючи конкурентоспроможність випускників на ринку праці.



Для стандартизації VR-рішень у навчанні майбутніх інженерів важливо розробити типові сценарії використання технології при вивченні різних дисциплін. Наприклад, у галузі енергетики VR може використовуватись для моделювання складних систем енергопостачання. Рекомендації включають також уніфікацію технічних вимог до обладнання, розробку протоколів сумісності та забезпечення інтеграції технології віртуальної реальності з системами управління освітнім процесом. Окрім того, створення відкритих бібліотек VR-контенту сприятиме ширшому впровадженню цієї технології в навчання. Важливим аспектом є формування спеціалізованих центрів сертифікації, які оцінюватимуть відповідність VR-інструментів освітнім стандартам.

Отже, технологія віртуальної реальності має значний потенціал для трансформації професійної підготовки інженерів, але її ефективне впровадження вимагає системного підходу, усунення бар'єрів і стандартизації рішень для інтеграції в освітній процес.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні ефективності VR-технологій для розвитку в майбутніх інженерів практичних навичок, які складно або небезпечно відпрацьовувати в реальних умовах. Це стосується, зокрема, таких аспектів, як моделювання аварійних ситуацій, експлуатація складного обладнання чи виконання технічних операцій у важкодоступних місцях.

Список використаних джерел

1. Salah B., Abidi M. H., Mian S. H., Krid M., Alkhalefah H., Abdo A. Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. № 5. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/5/1477> (date of access: 20.09.2024).



2. Papakostas C., Troussas C., Krouska A., Sgouropoulou C. User acceptance of augmented reality welding simulator in engineering training. *Education and Information Technologies*. 2022. Vol. 27. № 1. P. 791–817. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-020-10418-7> (date of access: 20.09.2024).

3. Zadorina O., Hurskaya V., Sobolyeva S., Grekova L., Vasylyuk-Zaitseva S. The Role of Artificial Intelligence in Creation of Future Education: Possibilities and Challenges. *Futurity Education*. 2024. Vol. 4. № 2. P. 163–185. URL: <https://doi.org/10.57125/FED.2024.06.25.09> (date of access: 20.09.2024).

4. Ткачук В., Єчкало Ю., Хоцкіна С., Маркова О., Хоцкіна В. Використання імерсивних технологій у підготовці майбутніх інженерів. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*. 2023. № 68. С. 168–181. URL: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-168-181> (дата звернення: 20.09.2024).

5. Круглик В. С., Марчук М. С., Тригуб І. Є. Цифрові технології у професійній підготовці майбутніх інженерів-програмістів. *Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice: materials International Scientific and Practical Conference Proceeding* (Lomza, January 26, 2023). Lomza, Poland, 2023. С. 171–176. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/jspui/handle/123456789/29170> (дата звернення: 20.09.2024).

6. Чорна А. В. Реалізація управлінської складової професійної підготовки майбутніх інженерів-програмістів за кордоном. *Інноваційна педагогіка*. 2022. Т. 2. № 52. С. 115–119. URL: <http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/133517> (дата звернення: 21.09.2024).



7. Єчкало Ю. В., Ткачук В. В., Маркова О. М., Хараджян Н. А., Кислова М. А. Використання віртуальної реальності у процесі професійної підготовки у закладах вищої освіти: педагогічні умови. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*. 2024. № 73. С. 30–39. URL: <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/5660> (дата звернення: 21.09.2024).
8. Пасов Г., Кологойда А., Корнієнко С., Мурашківська В. Теоретичні засади професійно орієнтованого навчання математичних дисциплін для майбутніх інженерів-механіків. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 18–31. URL: <http://tst.stu.cn.ua/article/view/299233> (дата звернення: 21.09.2024).
9. Нікітіна Л., Дженюк Н., Борисова Л. ІТ та технології штучного інтелекту у підготовці інженерів з телекомунікацій. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2023. № 3 (73). С. 189–195. URL: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.189> (дата звернення: 21.09.2024).
10. Осадча К. П., Савлук О. О. Сучасні напрями розвитку тривимірної графіки у викладанні цифрових технологій. *Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції*. Вип. 12. Мелітополь, 2021. С. 116–120.
11. Soliman M., Pesyridis A., Dalaymani-Zad D., Gronfula M., Kourmpetis M. The application of virtual reality in engineering education. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. №. 6. URL: <https://doi.org/10.3390/app11062879> (date of access: 21.09.2024).
12. Wolfartsberger J. Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. *Automation in Construction*. 2019. Vol. 104. P. 27–37. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580518312093> (date of access: 21.09.2024).



13. Makransky G., Borre-Gude S., Mayer R. Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2019. Vol. 35. №. 6. P. 691–707. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcal.12375> (date of access: 21.09.2024).

14. Zhang Y., Liu H., Kang S., Al-Hussein M. Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. *Automation in Construction*. 2020. Vol. 118. Art. 103311. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580520301394> (date of access звернення: 21.09.2024).

15. Vergara D., Extremera J., Rubio M., Dávila L. Meaningful learning through virtual reality learning environments: A case study in materials engineering. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9. №. 21. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/21/4625> (date of access: 21.09.2024).

16. Базиль Л., Орлов В., Несторенко Т., Остенда А., Пеліова Я. Підготовка майбутніх фахівців до молодіжного підприємництва в закладах вищої освіти. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки*. 2023. № 3. С. 432–447. URL: <https://journals.bdpu.in.ua/index.php/ped/article/view/40> (дата звернення: 21.09.2024).

17. Kim K., Oertel C., Dobricki M., Olsen J., Coppi A., Cattaneo A., Dillenbourg P. Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education. *British Journal of Educational Technology*. 2020. Vol. 51. №. 6. P. 2199–2213. URL: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bjet.13026> (date of access: 21.09.2024).