

УДК 004.9

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2025.2\(500\).39](https://doi.org/10.15589/znп2025.2(500).39)**VIRTUAL REALITY AND METAVERSE TECHNOLOGIES FOR CREATING
SIMULATORS AND LABORATORIES IN ELECTRONICS****ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА МЕТАВСЕСВІТІВ
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТРЕНАЖЕРІВ І ЛАБОРАТОРІЙ В ЕЛЕКТРОНІЦІ**

Irina M. Khudiakova
irinakhud@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2677-7841

І. М. Худякова,
канд. пед. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. Purpose. To consider the possibilities of using virtual reality in teaching and developing virtual simulators and laboratories for students of the specialty of electronics and telecommunications. The main impetus for starting research in this area was the need for a wider use of the full potential of virtual reality in the education sector. Virtual reality (VR) has become a promising tool for teaching and training in various specialties. It provides an exciting and interactive learning environment, allowing users to interact with simulations, scenarios and modeling in real time. Virtual, augmented and mixed reality can contribute to the acquisition of practical skills, help to better remember information and promote the development of both professional and communication skills. **Method.** The article highlights the following aspects. Introduction to the problem and a review of existing research in this area. The next part is about the methods and software that provide the possibility of their use for creating virtual scenes and 3D models used in virtual reality. **Results.** In the process of training, the first samples of virtual simulators and laboratories were developed. The learning process thus allows not only to immerse oneself in the virtual world environment, but also to create useful applications for use in teaching and assessing knowledge.

Having considered the conducted research, it was concluded that the use of these technologies has a positive impact on student learning and the development of their skills. **Scientific novelty.** This approach brings great benefits and, compared to the traditional educational approach, is much more effective. In student training, VR can simulate real-world scenarios, providing practical experience in a safe, controlled environment. **Practical importance.** Acquire skills in creating virtual simulators and laboratories. This technology can also help reduce the cost of expensive equipment. However, despite its numerous advantages, VR in education and training can be economically significant and requires specialized hardware and software, which may limit its widespread implementation.

Key words: virtual reality; metaverse; virtual simulators; virtual laboratories; artificial intelligence.

Анотація. Мета. Розглянути можливості використання віртуальної реальності в навчанні та розробці віртуальних тренажерів і лабораторій для студентів спеціальності електроніка і телекомунікації. Основним поштовхом для початку досліджень у цій галузі стала потреба в більш широкому використанні повного потенціалу віртуальної реальності в секторі освіти. Віртуальна реальність (VR) стала перспективним інструментом для навчання та підготовки по різних спеціальностям. Вона забезпечує захопливе та інтерактивне навчальне середовище, дозволяючи користувачам взаємодіяти з симуляціями, сценаріями та моделюваннями в режимі реального часу. Віртуальна, доповнена і змішана реальність може сприяти набуттю практичних навичок, допомагати краще запам'ятовувати інформацію та сприяти розвитку як професійних так і комунікаційних навичок.

Методика. В статті висвітлені наступні аспекти. Вступ до проблеми та огляд існуючих досліджень в цьому напрямку. Наступна частина про методи та програмне забезпечення, які надають можливості їх використання для створення віртуальних сцен та 3D-моделей, що використовуються у віртуальній реальності.

Результати. В процесі навчання були розроблені перші зразки віртуальних тренажерів і лабораторій. Процес навчання таким чином дозволяє не тільки занурюватись в середовище віртуального світу, але і створювати корисні додатки для використання в навчанні та оцінюванні знань.

Розглянувши проведене дослідження, було зроблено висновок про позитивний вплив використання означених технологій на навчання студентів та розвитку їхніх навичок.

Наукова новизна. Такий підхід приносить чудові переваги та, порівняно з традиційним освітнім підходом, є набагато ефективнішим. У навчанні студентів VR може імітувати реальні сценарії, надаючи практичний досвід у безпечному, контрольованому середовищі.

Практична значимість. Набути навички створення віртуальних тренажерів і лабораторій. Ця технологія також може допомогти зменшувати витрати на дороге обладнання. Однак, незважаючи на численні переваги, VR в освіті та навчанні може бути економічно значним та вимагає спеціалізованого апаратного та програмного забезпечення, що може обмежувати його широке впровадження.

Ключові слова: віртуальна реальність; метавсесвіт; віртуальні тренажери; віртуальні лабораторії; штучний інтелект.

В епоху стрімкого розвитку технологій, коли складність електронних пристроїв зростає експоненціально, традиційні методи навчання та підготовки фахівців стикаються з новими викликами. Особливо це стосується галузі електроніки, де практичні навички роботи з сучасним обладнанням є критично важливими. А сьогодні не завжди дозволяє проводити навчання безпосередньо в лабораторіях.

Віртуальні тренажери в електроніці відкривають безліч можливостей: від симуляції складних електричних схем до віртуальних лабораторій, де можна експериментувати з різноманітними компонентами без ризику пошкодження реального обладнання та в режимі віддаленого навчання.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Розробка і впровадження віртуальних лабораторій і тренажерів стають потужним інструментом, що дозволяє не лише ефективно засвоювати теоретичні знання, але й безпечно та економічно вигідно відпрацьовувати практичні навички. Вони дозволяють студентам та інженерам занурюватися в реалістичне навчальне середовище, де вони можуть вчитися на помилках, експериментувати та розвивати свої навички у власному темпі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження щодо створення захопливої системи навчання з безпеки з використанням технологію віртуальної реальності для підготовки спеціалістів з електроніки. Дослідження виявило різні позитивні ефекти та наслідки [1].

Сучасні підходи до створення VR-тренажерів для технічних професій і промисловості базуються на кількох ключових тенденціях і технологічних інноваціях. Інтеграція реального досвіду та симуляцій. Використання 3D-моделювання для точної реплікації об'єктів і обладнання. Відтворення складних процесів (монтаж, обслуговування, ремонт) у віртуальній реальності для практичного навчання. Поєднання VR з AR (Augmented Reality) і MR (Mixed Reality) для створення гібридних тренажерів, що дозволяють перевірити навички й у реальному робочому середовищі. Використання штучного інтелекту для персоналізації процесу навчання, аналізу помилок та надання індивідуальних рекомендацій. Автоматичне

оцінювання і зворотній зв'язок. Створення віртуальних лабораторій, де можливо виконання кількох робочих сценаріїв [2].

Віртуальна реальність (VR) набула популярності в освітніх середовищах останніми роками. Її присутність та характеристики занурення відкривають нові можливості для навчання. Через це зростання було проведено багато досліджень для оцінки впливу VR на результати навчання [3].

В багатьох роботах досліджується, як VR-тренажери впливають на засвоєння знань і навичок у студентів та працівників. Результати показують, що в середньому віртуальна реальність (VR) сприяє кращому навчанню порівняно з контрольними умовами ($ES = 0,64$). Більше того, цей ефект ще більший, коли використовується імерсивна VR ($ES = 1,11$) порівняно з напівімерсивними ($ES = 0,19$) та неімерсивними системами ($ES = 0,32$) [4, 5].

«Симуляційне навчання підвищує мотивацію та переносить навчання в особистий досвід, активує мозок та викликає інтерес до навчання, підтримує позитивне ставлення до нього. Дослідник наголошує на зв'язку емоцій, які виникають у студентів у процесі симуляційного навчання, на процесі засвоєння знань, що тісно пов'язані. Емоції впливають на поведінку, мислення, впевненість у своїх уміннях набуття нових знань; тривожність та розчарування знижують самооцінку та впевненість. Правильно сплановані симуляційні вправи розвивають критичне мислення, здатність приймати рішення, впевненість у своїх силах та розвивають навички взаємодії» [6].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Дослідження можливостей створення та застосування віртуальних тренажерів і лабораторій в електроніці дозволяє створити конкретні віртуальні лабораторії, тренажери і системи опитування, які в сучасних умовах змішаного навчання є вкрай необхідними. Лабораторії в метавсесвіті досі не були створені для навчальних закладів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Виявити ключові аспекти програмного забезпечення для розробки таких систем, їх переваги та недоліки, а також перспективи їх використання в освітньому секторі.

МЕТОДИ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В процесі навчання дисципліни «Розробка додатків віртуальної реальності» було отримано ліцензію МОН на програмне забезпечення **SimLab Soft**. SimLab soft – це компанія, що спеціалізується на розробці програмного забезпечення для 3D-візуалізації, віртуальної реальності (VR) та автоматизації. Їхні продукти дозволяють створювати інтерактивні 3D-сцени та VR-додатки, що робить їх ідеальними для створення навчальних тренажерів. Це програмне забезпечення, розроблене для автоматизації лабораторних досліджень, збору, обробки та аналізу експериментальних даних. Використовується у лабораторіях для управління обладнанням, автоматизації дослідів і моніторингу процесів. Може виконувати моделювання лабораторних процесів і аналіз результатів. Забезпечує інтеграцію з лабораторним обладнанням для полегшення автоматичного збору даних. Має зручний інтерфейс для налаштування експериментів та роботи з великими обсягами даних [7].

Також розробки в цієї сфері вимагають основ знань з 3D-моделювання. Blender – програмний пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає засоби моделювання, анімації, застосування текстур, налаштування матеріалів для реалістичності, рендерингу, після-обробки відео. Пакет є вільним програмним забезпеченням та розповсюджується під ліцензією GNU GPL [8].

При роботі з програмами **SimLab Soft** та **Blender** використовуються різні методи, оскільки це різні типи програмного забезпечення. Також були використано можливості штучного інтелекту (Leonardo [9], Tripo [10]) для створення 3D об'єктів.

МЕТАВСЕСВІТ

«Метавсесвіт, також метасвіт – це мережа віртуальних світів, зосереджена на соціальній взаємодії; віртуальний простір, в якому люди, їх аватари, можуть взаємодіяти між собою та іншими цифровими об'єктами за допомогою технологій віртуальної, доповненої або змішаної реальності» [11].

Нова реальність метавсесвіту піднімається на хвилі Web3 та втілює в життя концепції, які раніше існували виключно на папері. Однією з них є навчання в метавсесвіті, явище, яке ось-ось змінить підхід людства до освіти та навчання. Сьогодні засоби масової інформації рясніють спектром можливостей, що пропонують метавсесвіт для навчання [12].

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

В сучасному світі віртуальна реальність (VR) використовувалася для надання навчальних рішень у різних галузях та секторах бізнесу [13].

Ця стаття присвячена дослідженню можливостей створення та застосування віртуальних тренажерів в електроніці. Ми розглянемо ключові

аспекти розробки таких систем, їх переваги та недоліки, а також їх використання в освітньому та промисловому секторах.

Віртуальні тренажери в електроніці мають як значні переваги, так і певні недоліки, які важливо враховувати при їх використанні.

Переваги:

Безпека:

Віртуальні тренажери дозволяють безпечно експериментувати з електричними схемами та компонентами, усуваючи ризик ураження електричним струмом або пошкодження обладнання. Це особливо важливо при роботі з високовольтними або небезпечними системами.

Економічна ефективність:

Віртуальні тренажери зменшують витрати на закупівлю та обслуговування дорогого обладнання. Вони також знижують витрати на матеріали, які можуть бути пошкоджені під час навчання.

Доступність та гнучкість:

Віртуальні тренажери можуть бути доступні в будь-який час і в будь-якому місці, що забезпечує гнучкість у навчанні. Вони дозволяють студентам та інженерам навчатися у власному темпі.

Реалістична симуляція:

Сучасні віртуальні тренажери можуть створювати дуже реалістичні симуляції електричних схем та компонентів. Вони дозволяють користувачам відчувати себе в реальному робочому середовищі.

Можливість відпрацювання складних ситуацій:

Віртуальні тренажери дозволяють відпрацьовувати дії в надзвичайних ситуаціях, таких як: аварії, пожежі, поломки. Це дозволяє підвищити рівень готовності фахівців до дій в реальних умовах.

Зручність в навчанні:

Віртуальні тренажери надають можливість візуалізації складних процесів. Вони дозволяють студентам бачити та розуміти, як працюють електричні схеми, що полегшує процес навчання.

Недоліки:

Відсутність фізичного досвіду:

Віртуальні тренажери не можуть повністю замінити фізичний досвід роботи з реальними компонентами. Вони не дозволяють розвинути тактильні навички, необхідні для роботи з електронікою.

Обмеження симуляції:

Віртуальні тренажери можуть не повністю відтворювати всі аспекти реального світу. Вони можуть не враховувати деякі фізичні явища, які можуть вплинути на роботу електричних схем.

Вартість розробки:

Розробка якісних віртуальних тренажерів може бути дорогою та трудомісткою. Це може обмежувати їх доступність для деяких навчальних закладів та організацій.

Необхідність технічного забезпечення:

Для використання віртуальних тренажерів необхідне відповідне технічне забезпечення, таке як: комп'ютери, програмне забезпечення, VR-гарнітури. Це може створювати додаткові витрати.

Можливість виникнення проблем з програмним забезпеченням:

Як і будь-яке програмне забезпечення, віртуальні тренажери можуть мати помилки або збої. Це може призвести до неточностей у симуляції або до втрати даних.

Відсутність соціальної взаємодії:

Використання віртуальних тренажерів може обмежувати соціальну взаємодію між студентами або інженерами. Це може вплинути на розвиток комунікативних навичок.

Враховуючи ці переваги та недоліки, важливо використовувати віртуальні тренажери як доповнення до традиційних методів навчання, а не як їх повну заміну.

Враховуючи сучасні умови навчання студентів в змішаному режимі, не завжди доступні традиційні методи навчання не дозволяють ефективно засвоїти складні концепції та набути необхідного досвіду. Але сучасна електроніка вимагає від фахівців високого рівня знань та практичних навичок. У цьому контексті використання програмного забезпечення SimLab soft для створення тренажерів відкриває нові можливості для навчання та розвитку професійних навичок.

SimLab soft – це компанія, що спеціалізується на розробці програмного забезпечення для 3D-візуалізації, віртуальної реальності та автоматизації. Їхні продукти дозволяють створювати інтерактивні 3D-сцени та VR-додатки, що робить їх ідеальними для створення навчальних тренажерів.

Переваги використання SimLab soft для створення тренажерів в електроніці:

Візуалізація складних концепцій: SimLab soft дозволяє створювати детальні 3D-моделі електронних компонентів та схем, що допомагає студентам краще зрозуміти їхню структуру та функціонування.

Тренажери, створені за допомогою SimLab soft, можуть бути інтерактивними, дозволяючи студентам взаємодіяти з віртуальними об'єктами, проводити вимірювання та експерименти.

Використання VR дозволяє створити ефект присутності та занурення, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку практичних навичок.

Віртуальні тренажери дозволяють проводити експерименти без ризику пошкодження обладнання або травмування. Тренажери можуть бути доступні в будь-який час та в будь-якому місці, що робить навчання більш гнучким та зручним.

Прикладами використання SimLab soft для створення тренажерів в електроніці може бути **Тренажер для вивчення основ електроніки**, що дозволяє

студентам збирати та тестувати прості електричні схеми (Рис. 1), Тренажер для вивчення мікроконтролерів, що дозволяє студентам програмувати та моделювати роботу мікроконтролерів (Рис. 2), Тренажер для вивчення ремонтних робіт (Рис. 3).



Рис. 1. Так може виглядати тренажер для вивчення основ електроніки в SimLab soft

Тренажер для вивчення мікроконтролерів, дозволяє студентам програмувати та моделювати роботу мікроконтролерів.

Тренажер для вивчення мікроконтролерів у SimLab soft може бути потужним інструментом для навчання та розвитку навичок у галузі вбудованих систем.

Такий тренажер може виконувати багато функцій. Для його реалізації необхідно 3D візуалізацію багатьох елементів.

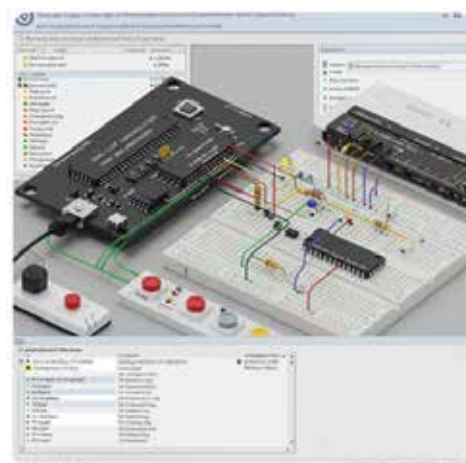


Рис. 2. Тренажер для вивчення мікроконтролерів

Детальні 3D-моделі мікроконтролерів: Тренажер повинен мати реалістичні 3D-моделі різних мікроконтролерів (наприклад, Arduino, STM32), включаючи їхні внутрішні компоненти та зовнішні інтерфейси.

Віртуальна плата розробки: Студенти можуть працювати з віртуальною платою розробки, на якій

можна розміщувати мікроконтролер та інші електронні компоненти.

Інтерактивні елементи: Можливість візуально спостерігати за сигналами на виводах мікроконтролера, змінами стану регістрів та іншими внутрішніми процесами.

Програмування та моделювання:

Інтегроване середовище розробки (IDE): Тренажер може включати вбудоване IDE для написання та компіляції коду для мікроконтролера.

Моделювання роботи мікроконтролера: Можливість моделювати виконання програми на мікроконтролері, спостерігаючи за змінами стану його внутрішніх компонентів та зовнішніх інтерфейсів.

Відлагодження коду: Інструменти для відлагодження коду, такі як покрокове виконання, встановлення точок зупинки та перегляд значень змінних.

Імітація периферійних пристроїв: Моделювання роботи периферійних пристроїв, таких як світлодіоди, кнопки, датчики, двигуни, що дозволяє студентам тестувати свої програми в реалістичних умовах.

Занурення в середовище розробки: Використання VR дозволяє створити ефект присутності та занурення, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку практичних навичок.

Інтерактивні 3D-моделі: Можливість взаємодіяти з 3D-моделями мікроконтролерів та периферійних пристроїв у віртуальній реальності.

Віртуальна лабораторія. Створення віртуальної лабораторії, де студенти можуть проводити експерименти та тестувати свої проекти.

Додаткові функції:

Навчальні матеріали: Інтегровані навчальні матеріали, такі як посібники, відеоуроки та приклади проектів.

Симуляція реальних сценаріїв: Можливість моделювати реальні сценарії використання мікроконтролерів, такі як керування роботами, системи автоматизації та інтернет речей (IoT).

Оцінювання та зворотний зв'язок: Інструменти для оцінювання знань та навичок студентів, а також надання зворотного зв'язку.

Використовуючи SimLab soft, можна створити потужний та інтерактивний тренажер для вивчення мікроконтролерів, який допоможе студентам ефективно засвоїти складні концепції та набути необхідних практичних навичок.

Тренажер для вивчення ремонтних робіт, що дозволяє студентам відпрацьовувати навички діагностики та ремонту електронних пристроїв.

Тренажер для вивчення ремонтних робіт в SimLab soft може виконувати широкий спектр функцій, що дозволяють студентам ефективно відпрацьовувати навички діагностики та ремонту електронних пристроїв. Ось деякі з них:



Рис. 3. Тренажер для вивчення ремонтних робіт

3D-моделювання пристроїв:

Детальні 3D-моделі різних електронних пристроїв (смартфони, ноутбуки, планшети, побутова техніка). Можливість розбирання та збирання пристроїв у віртуальному середовищі. Візуалізація внутрішніх компонентів та їх взаємодії.

Моделювання несправностей:

Імітація різних типів несправностей (коротке замикання, обрив ланцюга, пошкодження компонентів). Можливість налаштування складності несправностей. Візуалізація наслідків несправностей (наприклад, перегрів компонентів).

Віртуальні інструменти:

Імітація роботи реальних діагностичних інструментів (мультиметр, осцилограф, тепловізор). Можливість проведення вимірювань та аналізу сигналів. Візуалізація результатів діагностики.

Системи діагностики:

Інтегровані системи діагностики, що надають підказки та рекомендації. Можливість створення та використання діагностичних алгоритмів. Аналіз результатів діагностики та виявлення причин несправностей.

Віртуальні інструменти для ремонту:

Імітація роботи реальних інструментів для ремонту (паяльник, викрутка, пінцет). Можливість заміни пошкоджених компонентів. Візуалізація процесу ремонту.

Симуляція ремонтних процедур:

Моделювання різних ремонтних процедур (паяння, заміна компонентів, відновлення ланцюгів). Можливість відпрацювання навичок ремонту в безпечному середовищі. Оцінювання якості ремонту.

Навчальні матеріали:

Інтегровані навчальні матеріали (посібники, відеоуроки, схеми). Можливість створення та використання навчальних сценаріїв.

Система оцінювання:

Оцінювання навичок діагностики та ремонту. Зворотний зв'язок та рекомендації щодо покращення навичок. Статистика та аналіз результатів навчання.

Ці функції дозволяють створити повноцінний тренажер, який допоможе студентам ефективно відпрацювати навички діагностики та ремонту електронних пристроїв.

Метавесвіт для створення віртуальних лабораторій – це інтерактивна цифрова платформа, яка дозволяє студентам і дослідникам працювати у 3D-середовищах, виконуючи експерименти, дослідження та навчальні завдання у віртуальній реальності або доповненої реальності. Це ідеальний інструмент для дистанційного навчання та практичних досліджень без фізичних обмежень.

Такі платформи зазвичай мають можливість створювати персоналізовані лабораторії, симулювати реальні процеси і забезпечувати безпечне середовище для експериментів. Вони допомагають покращити розуміння складних концепцій і знижують витрати на матеріали та обладнання. Практичні навички створення прикладів лабораторії студенти набували в метавесвіті Spatial (Рис. 4) [14].



Рис. 4. Приклад віртуальної лабораторії в метавесвіті

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

На практичних заняттях студентами другого курсу при засвоєнні означеного програмного забезпечення було розроблено декілька навчальних проєктів в цьому напрямку. Приклад розробка симулятора для вивчення проєктів в цьому напрямку. Приклад розробка симулятора для вивчення архітектури комп'ютера (Рис. 5) [15].



Рис. 5. Симулятор для вивчення архітектури комп'ютера

На рисунку 6 досвід перших етапів створення віртуальної лабораторії «Комп'ютерної схемотехніки та систем автоматизованого проєктування

радіоелектронних пристроїв», де розміщені віртуальні стенди з інформацією.

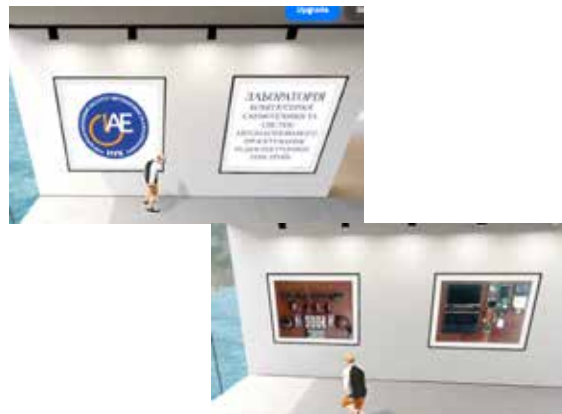


Рис. 6. Етапи створення віртуальної лабораторії в метавесвіті Spatial

ВИСНОВОК

В статті були проаналізовані переваги та недоліки віртуальних тренажерів. Розглянуті технології, що лежать в основі віртуальних тренажерів (VR, AR, симуляції). Дан огляд досвіду використання означених технологій в навчальному процесі.

З розвитком технологій, таких як віртуальна та доповнена реальність, очікується подальше вдосконалення віртуальних тренажерів та віртуальних лабораторій, що зробить їх ще більш ефективними та реалістичними. Важливо використовувати віртуальні тренажери як частину комплексного підходу до навчання, поєднуючи їх з традиційними методами та практичним досвідом. Це дозволить максимально ефективно використовувати їх потенціал для підготовки висококваліфікованих фахівців в галузі електроніки.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що віртуальні тренажери є потужним інструментом для навчання та професійної підготовки. Вони забезпечують безпечне та економічно ефективне середовище для розвитку практичних навичок, дозволяючи користувачам експериментувати та навчатися на власних помилках без ризику пошкодження обладнання чи травмування.

Незважаючи на певні обмеження, такі як відсутність фізичного досвіду та необхідність технічного забезпечення, переваги віртуальних тренажерів роблять їх незамінними в сучасній навчанні, зокрема електроніці. Вони дозволяють:

- підвищити рівень безпеки при роботі з електронікою;
- зменшити витрати на навчання та підготовку фахівців;
- зробити навчання більш доступним та гнучким;
- відпрацювати дії в складних та надзвичайних ситуаціях.

SimLab soft – це потужний інструмент для створення ефективних та інтерактивних тренажерів

в електроніці. Використання цього програмного забезпечення дозволяє покращити якість навчання, зробити його більш цікавим та доступним.

На завершення, навчання Metaverse швидко набирає популярності в ІТ-індустрії, і важливо бути в курсі найновіших технологій та тенденцій, щоб повною

мірою скористатися цим трансформаційним інструментом. Маючи потенціал значно покращити досвід навчання, навчання Metaverse є обов'язковим інструментом для будь-якої організації, яка прагне залишатися конкурентоспроможною в сучасну цифрову епоху.

REFERENCES

- [1] Seo, H. J., Park, G. M., Son, M., & Hong, A.-J. (2021). Establishment of virtual-reality-based safety education and training system for safety engagement. *Education Sciences*, 11(786). Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/educsci11060786>
- [2] Jiang, L. (2021). Development of virtual reality training system. In *Proceedings of the 2021 Conference on Virtual Reality*, 346–350. Retrieved from: <https://doi.org/10.1145/3494885.3494948>
- [3] Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar, R., González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K–6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>
- [4] Paolanti, M., Puggioni, M. (2023). Evaluating learning outcomes of virtual reality applications in education: A proposal for digital cultural heritage. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 16(2), 36. Retrieved from: <https://doi.org/10.1145/3593432>
- [5] (2022). Evaluating the impact of virtual reality training on learning outcomes. *Journal of Educational Technology & Society*.
- [6] Tovstokory O.M., Popova G.V. (2021) Vykorystannya symulyatsiyni trenuazhoriv virtualnoi realnosti dlia formuvannia profesiynih kompetentnostei maibutnikh sudnovodiiv [The use of virtual reality simulation simulators for the formation of professional competencies of future shipmasters]. ISSN: 2076-8184. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 2021, Vol. 82, № 2. Retrieved from: <https://doi.org/10.15407/itlp2021.02.080> [in Ukrainian]
- [7] SimLab Help. (n.d.). Introduction. Retrieved from: <https://help.simlab-soft.com/books/simlab-vr-studio-help/page/introduction-c1#bkmrk-page-title>
- [8] Blender Foundation. (n.d.). Ippo Blender – About Blender – Blender 4.4 Manual. Retrieved from: https://docs.blender.org/manual/uk/latest/getting_started/about/index.html
- [9] Leonardo.ai. (n.d.). Retrieved from: <https://leonardo.ai/>
- [10] Tripo3D. (n.d.). Retrieved from: <https://www.tripo3d.ai/>
- [11] Wikipedia. (2025). Metaverse. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/metaverse>
- [12] Program ACE. (2023). Metaverse training: How innovations improve e-learning. Retrieved from: <https://program-ace.com/blog/metaverse-training/>
- [13] Dom, B. (2024). Examples of VR used for training – Industry case studies. Retrieved from: <https://virtualspeech.com/blog/vr-training-case-studies>
- [14] Spatial. (n.d.). Retrieved from: <https://spatial.io>
- [15] Gozun, Y.S., Khudyakova, I.M. (2025). Vykorystannya VR-tekhnologiy u tekhnichnyi osviti: Rozrobka symulyatora dlya vyvchennia arkhitektury komp'yutera. [Using VR technologies in technical education: developing a simulator for studying computer architecture]. *Materialy VIII mizhnarodnoyi students'koyi konferentsiyi "Nauka s'ogodennya: Vid doslidzhennia do stratehichnykh risheh"*. Chernihiv. *Proceedings of the VIII International Student Conference "Today's Science: From Research to Strategic Decisions"*. Chernihiv. Retrieved from: <https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/issue/view/inter-11.04.2025> [in Ukrainian]

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Seo, H. J., Park, G. M., Son, M., & Hong, A.-J. (2021). Establishment of virtual-reality-based safety education and training system for safety engagement. *Education Sciences*, 11(786). <https://doi.org/10.3390/educsci11060786>
- [2] Jiang, L. (2021). Development of virtual reality training system. In *Proceedings of the 2021 Conference on Virtual Reality*, 346–350. <https://doi.org/10.1145/3494885.3494948>
- [3] Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar, R., & González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K–6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>
- [4] Paolanti, M., & Puggioni, M. (2023). Evaluating learning outcomes of virtual reality applications in education: A proposal for digital cultural heritage. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 16(2), 36. <https://doi.org/10.1145/3593432>
- [5] (2022). Evaluating the impact of virtual reality training on learning outcomes. *Journal of Educational Technology & Society*.
- [6] Товстокорий, О. М., & Попова, Г. В. (2021). Використання симуляційних тренажерів віртуальної реальності для формування професійних компетентностей майбутніх судноводіїв. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 82(2). <https://doi.org/10.15407/itlp2021.02.080>
- [7] SimLab Help. (n.d.). Introduction. URL: <https://help.simlab-soft.com/books/simlab-vr-studio-help/page/introduction-c1#bkmrk-page-title>

- [8] Blender Foundation. (n.d.). Про Blender – About Blender - Blender 4.4 Manual. URL: https://docs.blender.org/manual/uk/latest/getting_started/about/index.html
- [9] Leonardo.ai. (n.d.). URL: <https://leonardo.ai/>
- [10] Tripo3D. (n.d.). URL: <https://www.tripo3d.ai/>
- [11] Wikipedia. (2025). Metaverse. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/metaverse>
- [12] Program ACE. (2023). Metaverse training: How innovations improve e-learning. URL: <https://program-ace.com/blog/metaverse-training/>
- [13] Dom, B. (2024). Examples of VR used for training – Industry case studies. URL: <https://virtualspeech.com/blog/vr-training-case-studies>
- [14] Spatial. (n.d.). URL: <https://spatial.io>
- [15] Гозун, С., & Худякова, І. (2025). Використання VR-технологій у технічній освіті: Розробка симулятора для вивчення архітектури комп'ютера. *Матеріали VIII міжнародної студентської конференції «Наука сьогодні: від досліджень до стратегічних рішень»*. Чернівці. URL: <https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/issue/view/inter-11.04.2025>

© Худякова І. М.

Дата надходження статті до редакції: 13.05.2025

Дата затвердження статті до друку: 01.06.2025