

РОЗДІЛ 6. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ СУЧАСНОЇ  
ДИЗАЙН-ОСВІТИVIRTUAL REALITY AS AN INNOVATIVE TOOL OF MODERN DESIGN  
EDUCATION

У даній статті аналізуються іноземні наукові праці, які розглядають останні досягнення у вивченні феномену віртуальної реальності. Особлива увага приділяється програмі віртуальної реальності в дизайн-освіті. Висвітлено значні можливості та перспективи використання цієї технології, але водночас показано певні труднощі при впровадженні нових методів та технологій навчання. Проведено аналіз інноваційних технологій, систематизовано та описано найбільш поширені технології, що застосовуються при виготовленні дизайн-продукції. Досліджено літературні джерела, зосереджено увагу на технологіях AR (доповнена реальність), VR (віртуальна реальність), MR (змішана реальність), визначено переваги та недоліки використання розширеної реальності в дизайні. Виявлено, що, незважаючи на технічні обмеження, імерсивні технології є перспективним інструментом дизайну, сприяючи творчому втіленню ідей дизайнерів. Стаття розглядає, як імерсивні технології можуть допомогти дизайнерам у втіленні творчих концепцій та надає сприятливі умови для втілення ідей в реальність. Досліджуються сучасні тенденції та перспективи використання цих технологій у дизайні, розкриваючи їхній потенціал для підвищення продуктивності та якості дизайнерських рішень.

Новизна дослідження виявилася в розгляді можливостей використання імерсивних технологій у різноманітних сферах дизайну та розкритті особливостей їхнього застосування на практиці. Також визначені переваги та недоліки впровадження AR, VR, MR технологій у процес проектування дизайнерських продуктів. Імерсивні технології можуть стати ефективним інструментом для покращення процесу навчання у дизайні. Розглядаються можливості використання фото 360, відео 360, 3D-моделей та інших медіа для створення інтерактивних занять віртуальної реальності. У статті наголошується, що завдяки технологіям віртуальної та доповненої реальності студенти можуть отримати доступ до реалістичного віртуального середовища, що значно полегшує їх сприйняття матеріалу та розвиває творчі навички.

**Ключові слова:** імерсивні технології, доповнена реальність (AR), віртуальна

реальність (VR), змішана реальність (MR), дизайн-освіта, інтерактивне навчання.

This article analyzes foreign scientific works that consider the latest achievements in the study of the phenomenon of virtual reality. Special attention is paid to the virtual reality program in design education. Significant opportunities and prospects of using this technology are highlighted, but at the same time, certain difficulties in implementing new methods and technologies of learning are shown. An analysis of innovative technologies was carried out, the most common technologies used in the manufacture of design products were systematized and described. Literary sources are studied, attention is focused on AR (augmented reality), VR (virtual reality), MR (mixed reality) technologies, advantages and disadvantages of using augmented reality in design are determined. It was found that, despite technical limitations, immersive technologies are a promising design tool, contributing to the creative implementation of designers' ideas. The article considers how immersive technologies can help designers in the implementation of creative concepts and provides favorable conditions for the realization of an idea into reality. Modern trends and prospects for the use of these technologies in design are studied, revealing their potential for increasing the productivity and quality of design solutions.

The novelty of the research was revealed in the examination of the possibilities of using immersive technologies in various areas of design and the disclosure of the features of their application in practice. The advantages and disadvantages of introducing AR, VR, MR technologies into the design process of designer products are also determined. Immersive technologies can become an effective tool for improving the learning process in design. The possibilities of using photo 360, video 360, 3D models and other media to create interactive virtual reality classes are considered. The article emphasizes that thanks to virtual and augmented reality technologies, students can gain access to a realistic virtual environment, which greatly facilitates their perception of the material and develops creative skills.

**Key words:** immersive technologies, augmented reality (AR), virtual reality (VR), mixed reality (MR), design education, interactive learning.

УДК 37.016:7.012]004.031.42:004.946  
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/65.2.43>

**Бондаренко Н.А.,**  
аспірантка

Київської державної академії  
декоративно-прикладного мистецтва  
і дизайну імені Михайла Бойчука

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** Впровадження в освітній процес віртуальної реальності являє собою

сучасний підхід до надання та засвоєння навчального матеріалу. В інших галузях технології віртуальна реальність вже не є новинною, а от у сфері освіти її почали використовувати нещодавно.

Існують проблеми, що ускладнюють впровадження технологій віртуальної (Virtual Reality, VR) та доповненої реальності (Augmented Reality, AR) в освітніх установах. Наприклад, незважаючи на те, що в Google Play та App Store доступний широкий вибір мобільних додатків з доповненою реальністю, головними викликами залишаються обмежені ресурси в навчальних закладах та нестача україномовного контенту. Необхідно також оновити методики навчання та підвищити кваліфікацію викладачів старшого покоління, оскільки кількість молодих спеціалістів, які орієнтовані на технології AR і VR, у ВНЗ є недостатньою і це є актуальною проблемою. Це створює труднощі для проведення повноцінних інтерактивних занять. Однак існує ймовірність, що в найближчі роки ситуація покращиться, адже в цій галузі працюють такі корпорації, як Apple, Facebook, Vuzix, Microsoft, Google та інші.

Крім існуючих труднощів, освітня галузь України активно та свідомо продовжує процес впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності. У повсякденному житті віртуальна реальність часто асоціюється з розважальною індустрією, а саме з комп'ютерними іграми та супутніми товарами, наприклад, «VR goggles» VR-окуляри, які імітують тривимірне середовище та дозволяють користувачам контролювати внутрішні рухи, орієнтири та переміщатися в цьому середовищі. Між тим, як зазначають дослідники І. Мельник, Н. Задерей, Г. Нефьодова [2] «сучасні цифрові технології на основі VR/AR реальності формують основні критерії підготовки фахівців, такі, як орієнтація на практичну складову освіти, продуктивність освітнього процесу, посилення концентрації та уваги, пошук інформації, провідна роль практики та самостійної роботи в навчальному процесі, підвищення мотивації, інтерактивність освіти, неперервна та комплексна оцінка навчальних досягнень, покращення розвитку просторових, творчих здібностей та пам'яті».

Отже, вплив новітніх інформаційних технологій, зокрема VR-технологій, на трансформацію освіти потребує визначення відповідних основ і тенденцій для розробки стратегії її подальшого розвитку. Це аналіз та виокремлення перспектив, які створюють основу для майбутньої парадигми освіти.

Сучасні технології AR/VR реальності володіють значним потенціалом і для підвищення продуктивності дизайнера та зменшення витрат на розробку дизайн-проектів. Інноваційні технології дозволяють «оживляти» дизайн-продукти, а їх візуалізація виступає ключовою в процесі проектування. Ці технології сприяють вдосконаленню дизайну, підвищують якість продукції, полегшують взаємодію з клієнтами та інші аспекти.

Пандемія COVID-19 та війна посилила необхідність у використанні віртуальних робочих

просторів, зменшила кількість особистих контактів та потребує швидкого виконання проектів. Важливо відзначити, що дизайнери стикаються з викликом, що пов'язаний з роботою з клієнтами, зокрема у комунікації та презентації кінцевого варіанту дизайну. Технології віртуальної та доповненої реальності допомагають боротися з проблемами, які впливають на сферу проектування в реальному часі, і тому вони залишаються корисним інструментом у дизайні. Застосування таких технологій є виробництвом компаній, що спеціалізуються на проектуванні дизайн-продуктів.

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Огляд попередніх досліджень показує, що технології віртуальної та доповненої реальності стали перспективною темою, що розвивається в області програмного забезпечення. Але з точки зору дизайну це питання тільки поверхнево розглядається в літературних джерелах.

Наукові роботи L. Berg, J. Vance [4] та R. Singh at al. [12] зосереджуються на використанні віртуальної реальності в технічних аспектах проектування. З іншого боку, в роботах B. Ysimaz, M. Goken [15], A. Namurcu at al. [6] показується інше визначення, яке пов'язане з дизайнерською діяльністю: «технологія, що дозволяє дизайнерам вийти на вищий рівень вироблення продуктів – створення візуалізації нового покоління».

Роботи зарубіжних авторів T. Mikropoulos, A. Natsis, C. Dede [8] приділяють увагу дослідженню віртуальних середовищ та їх впливу на навчальний процес. Використання імерсивних технологій у навчанні розглядається в роботах J. Cummings & J. Bailenson [5], V. Potkonjak, M. Gardner [9]. Питання наявних проблем віртуальної освіти з технологічної перспективи розглядає Ю.В. Трач у своїй роботі «VR-технології як метод і засіб навчання» [3]. Вплив віртуальної реальності на методологію вищої освіти у дослідженні В. Климнюк «Віртуальна реальність в освітньому процесі» [1].

Приклади успішного використання імерсивних технологій як ефективного інструменту або високоякісного дизайн-продукту представлені в роботах D. Harley [7], I. Wohlgenannt [14]. Стаття J. Radianti at al. [10] розглядає різноманітні засоби віртуальної реальності. Робота S. Riches at al. [11] глибоко освітлює сутність технології віртуальної реальності, розмежовуючи її від доповненої реальності, дає попередження та поради щодо її використання в дизайні, але інформація в цій роботі представлена поверхнево і потребує подальшого дослідження.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на наявність вищезазначених досліджень та інших робіт, впровадження технологій віртуальної реальності в дизайн-освіту є процесом, який залишається

недостатньо дослідженим в цілому. Тому важливі зміни можливості їх використання в системі освіти та розширення рівня ефективності для педагогічних працівників та учасників навчання.

**Метою даної статті** є висвітлення використання технологій віртуальної реальності для модернізації освітніх систем, аналіз та оцінка актуальності наявних додатків доповненої та віртуальної реальності, а також визначення перспективи та можливості їх практичного використання в дизайні.

**Виклад основного матеріалу.** Іммерсивні технології – це технології розширеної реальності, які повністю або частково дозволяють інтегрувати віртуальні проєкти в реальний світ. Ці технології створюють ефект повної чи часткової присутності в альтернативному просторі, що суттєво модифікує користувацький досвід у різних сферах [13].

Іммерсивні технології включають у себе віртуальну реальність (Virtual Reality, VR), доповнену реальність (Augmented Reality, AR) та технологію змішаної реальності (Mixed reality, MR).

Віртуальна реальність, або VR, представляє собою комп'ютерні системи, які створюють видимі та звукові ефекти, що поглиблюють глядача в уявний світ через екран. Користувач оточується образами та звуками, породженими комп'ютером, які викликають відчуття реальності. Взаємодія зі штучним світом створюється за допомогою різноманітних сенсорів, таких як шолом і рукавички, які взаємодіють з рухами користувача, створюючи враження аудіовізуальних ефектів. Майбутні дослідження в області віртуальної реальності спрямовані на покращення враження реальності для спостерігача [14].

Віртуальна реальність представляє нову технологію безконтактної інформаційної взаємодії, яка досягається через комплексні мультимедійні операційні середовища, створюючи ілюзію поточного входу та присутності в реальному часі в стереоскопічно представленому «екранному світі». З більш абстрактної точки зору це виглядає як зірковий світ, створений уявою користувача.

Віртуальна реальність є високорозвиненою формою комп'ютерного моделювання, яка дозволяє користувачам поглибитися в штучний світ і взаємодіяти з ним за допомогою спеціальних сенсорних пристроїв, які пов'язують рухи користувача з аудіовізуальними ефектами. Під час цього процесу зорові, слухові, дотикові та моторні відчуття користувача замінюються їх імітацією, створеною комп'ютером. Характерні риси віртуальної реальності включають моделювання в реальному часі, відтворення оточення з високим ступенем реалізму та можливість взаємодії з оточенням зі створеним зворотним зв'язком.

Штучний простір, створений комп'ютерами, має всі характеристики реальності, що піддається

впливу та трансформації ззовні. У віртуальній реальності можлива комунікація не тільки з реальними людьми, але й з віртуальними, створеними штучними персонажами.

Таким чином, віртуальна реальність – це створений технічними засобами світ, який відчувається органами чуття. Технологія VR імітує як вплив, так і дію на нього. Важливо відзначити, що комп'ютерний синтез властивостей і реакцій відбувається в реальному часі, що підвищує відчуття реальності. Так, наприклад, для дизайнера інтер'єрів це представляє сучасну та ефективну форму «спілкування» із замовником через прогулянки стилізованими приміщеннями.

Для забезпечення інтерактивного навчання в навчальних закладах у всьому світі застосовуються різноманітні технології, хоча й на різних рівнях. До цих інтерактивних інструментів відносяться і технології VR/AR та MR-реальності. Між цими технологіями існує значна відмінність. Технології доповненої реальності можуть відображати цифрову інформацію (зображення, відео, текст, графіку) поза екранами пристроїв і об'єднувати віртуальні об'єкти з реальним відображенням, використовуючи лише смартфон. У віртуальній реальності за допомогою спеціального шолому або VR-окулярів людина переноситься в повністю змодельований штучний світ на 360°. Основу навчання з використанням віртуальної реальності становлять іммерсивні (занурюючі) технології, які можуть краще сприймати і розуміти навколишню дійсність, занурюючи людину в створене штучне середовище [6].

Технології VR/AR вступають до суттєвих змін у сфері розумних покупок. Наприклад, роздрібні магазини IKEA використовують цю технологію для відображення інтер'єрів з проданими меблями, що значно полегшує вибір для покупців. Компанія Autodesk, яка лідирує в галузі програмного забезпечення для автоматизованого проєктування, також активно використовує доповнену реальність для розширення функціональності своїх продуктів. Програмні засоби Autodesk застосовуються в різних галузях проєктування, включаючи відокремлені деталі та повноцінні конструкції. Завдяки доповненій реальності інженери можуть працювати над об'єктами навіть у найскладніших умовах. Управління всіма функціями програми працює за допомогою інтуїтивних рухів, і кілька фахівців можуть одночасно працювати над одним проєктом.

Доповнена реальність дозволяє споживачам сприймати цифрову інформацію, вбудовану в реальний світ. Це означає, що користувачі можуть переглядати дані про продукти та їх ціни. Компанії з виробництва взуття, такі як Adidas та Nike, вже кілька років активно випробовують можливість доповненої реальності. За допомогою

відсканованого QR-коду ви можете приміряти взуття або одяг, використовуючи технологію доповненої реальності.

Дизайнери також можуть використовувати доповнену реальність для створення віртуальних виставкових залів або подіумів, використовуючи програмне забезпечення для тривимірного дизайну одягу. Це дасть можливість покупцям ознайомитися з новими стилями та тенденціями. Оскільки AR можна використовувати на мобільних пристроях, виставкові зали залишаються доступними для всіх, хто має смартфон або планшет.

Імерсивні технології також трансформують спосіб роботи дизайнерів. З використанням віртуальної реальності дизайнери можуть створювати віртуальні прототипи проєктів і оцінювати їх вигляд на моделі до початку фізичної реалізації. Це допомагає прискоренню процесу проєктування дизайну та робить його більш ефективним. Віртуальна реальність на сьогоднішній день також виявилася дуже популярною в галузі відеогор, описуючи створене комп'ютером середовище, з яким можна взаємодіяти [11]. Рухи користувача в реальному житті точно створені в цифровому відео, що дозволяє йому випробувати гру або відео в режимі реального часу. Наприклад, Марк Цукерберг використовував інструменти віртуальної реальності для створення VR-турів у Пуерто-Ріко.

Змішана реальність являє собою об'єднання реального з елементами доповненої та віртуальної реальності. Ця технологія дозволяє дизайнерам і клієнтам взаємодіяти з 3-D моделями.

Переваги технологій VR включають:

- Інформативність: при дизайні середовища та інтер'єру можна чітко спостерігати за найменшими деталями, що робить концептуальні докази особливо переконливими, особливо при переміщенні внутрішніми просторами.

- Емоційність: вплив зовнішніх та внутрішніх просторів на спостерігача відбувається швидше та активніше, завдяки зовнішнім зображенням, а також виникають більш інтенсивні емоції.

- Інтерактивність: дизайнер може створити захопливий атмосферний сценарій з участю спостерігача, моделювати ланцюжок можливих подій, що розкривають ідею та потенціал проєкту.

В освітній галузі активно впроваджується використання віртуальної та доповненої реальності, що змінює спілкування між студентами та викладачами. Завдяки цій технології, імерсивний та інтерактивний зміст стає доступним для широкого масштабу з будь-якої точки світу. Наприклад, ще в 2017 році Google запустив програму «Експедиції Google» для студентів і викладачів. Основна ідея полягала в тому, щоб дати освітнім установам можливість вивчати області різних країн світу, наче вони фактично знаходились там.

Уся інформація надходить через персональний комп'ютер або окуляри віртуальної реальності, і користувач сам визначає тривалість та зручність навчання. Обираючи цей спосіб саморозвитку чи навчання, людина може вирішувати питання самостійно, без зовнішньої допомоги, що завжди залишається цікавим і захоплюючим. Варіанти використання VR-навчання включають повне занурення у віртуальний світ, де користувач може максимально перебувати в недоступному фізичному місці, і всі події виглядають як реальні; або без занурення у віртуальну реальність, що використовується для виконання проєктної роботи, де можна переглядати проєкт, виявляти недоліки та виправляти їх.

Імерсивні технології також змінюють ключову роль у навчанні студентів з фізичними, соціальними чи когнітивними порушеннями. Це забезпечує можливість створення інклюзивного навчального середовища, де визначаються і враховуються можливості та потреби кожного здобувача. Такий підхід може виявитися одним кроком у реалізації демократизації знань.

Розглядаючи технічний аспект доступу до віртуальної реальності, важливо відзначити, що доступний бюджетний варіант окулярів віртуальної реальності Esperanza Glasses 3D VR коштує приблизно 120 гривень. Ці окуляри можуть зануритися у віртуальний світ, використовуючи лише смартфон. Для цього необхідно завантажити та встановити один із додатків із Google Play або Apple Store з ключовими словами «3D VR 360», розмістити смартфон у спеціальний слот, запустити додаток, встановити картридж із телефоном у шолом і поринути у віртуальний світ. Проте лише володіння VR-шоломом та смартфоном недостатнє для належної організації якісного освітнього процесу. Ключовим елементом є наявність навчального контенту, який слід використовувати з цими пристроями.

Освітній вміст можна класифікувати за трьома типами: відео 360°, платформи та майданчики, інтерактивні програми. Використання відеофайлів у форматі Video 360° є найбільш простим для викладача. Цей контент знімається за допомогою спеціальних камер, які дозволяють переглядати простір з усіх боків. Під час перегляду таких файлів у шоломах віртуальної реальності відчувається відчуття безпосередньої присутності там.

На віртуальних платформах навчальне середовище створюється в режимі реального часу, де учасники одночасно занурені у віртуальну реальність. Це можуть бути віртуальні лекції та практикуми на таких платформах, як Rumii, EngageVR, Anyland, NeosVR, High Fidelity або Bigscreen. Платформи Altspace та Vtime надають широкі можливості, зокрема для вивчення іноземних мов. Переваги таких платформ полягають

у можливостях інтерактивності та спільного навчання.

Інтерактивні програми є повністю автономними та готовими до використання розробками, які можуть використовуватися на заняттях. Прикладами є Apollo 11 VR, віртуальний музей The VR Museum of Fine Art, гра InMind-2, Minecraft Education, або застосування з анатомії 3D Organon Anatomy, офіційним дистриб'ютором якого є ERC. Цікавим продуктом є онлайн-курс із ділової англійської мови Virtual Speech, який представляє собою гібрид традиційного онлайн-курсу та практики у віртуальній реальності. Також різні типи контенту можна комбінувати в межах однієї навчальної платформи. Освітній контент для віртуальної реальності легко доступний у різних джерелах, таких як YouTube, де присутні відео у форматах 360° та спеціально адаптовані VR-роліки, які здобувають популярність щодня. Крім того, існує безліч додатків, які можуть конвертувати фотографії та відео у формат 3D. Також на платформах, таких як App Store, Google Play або Steam, доступно кілька десятків різноманітних VR-додатків.

Зазначимо, що розвиток технологій віртуальної реальності в Україні пов'язаний з рядом проблем, які ускладнюють їх впровадження. Використання VR/AR реальності у сфері дизайну вимагає забезпечення комплексної підготовки, включаючи навчання персоналу з використанням спеціального програмного забезпечення, придбання необхідного обладнання та потужних комп'ютерів для оперативної обробки інформації в режимі реального часу, а також створення більш інтуїтивного та спрощеного інтерфейсу для взаємодії користувача з технологіями. Важливо, щоб інтерфейс та технічне оснащення ставали більш доступними та простими для користувачів. Існують також певні технічні труднощі при передачі інформації, оскільки мозок не сприймає зображення як реальне, якщо воно змінюється лише через секунду після повороту голови. Непорушний тривимірний світ виявляється при підтримці менше 20 мс, а деякі дослідники навіть рекомендують досягти менше 4 мс затримки від початку руху для відображення необхідного зображення на екрані.

Проблеми також виникають через недостатню комп'ютерну грамотність, яка виявляється не лише серед звичайних користувачів та замовників, але і самих дизайнерів. Підвищення рівня комп'ютерної освіти у населення є необхідним для комфортного використання не тільки комп'ютерів, але й програм та VR-шоломів. Зі появою нового обладнання приходить нове покоління 3D-софту, яке працює в режимі реального часу.

**Висновки.** Галузь VR-технологій відкриває широкі перспективи, зокрема для дизайнерів інтер'єру, архітекторів, девелоперських компаній, виробників виставкових стендів, виробників

меблів та творців малих архітектурних форм. Сучасний підхід до розвитку і використання VR-технологій відкриває нові горизонти для формування предметно-просторового середовища. У сфері дизайну оточення технологія VR не тільки асоціюється з візуалізацією тривимірної моделі, але й стає додатковою формою абстракції, доповнюючи традиційний підхід до комп'ютерного проектування.

Імерсивні технології володіють значним потенціалом для підвищення ефективності дизайнерів. Технології розширеної реальності живо відтворюють дизайн-продукти, причому візуалізація стає ключовою у проектуванні. Подання проекту у віртуальній реальності забезпечує реалістичне візуальне сприйняття дизайну, що виходить за межі масштабів і перспектив, які можуть бути досягнуті в 2D дизайні. Ефективне використання дизайну та технологій розширеної реальності дає брендам можливість використовувати різноманітні компоненти дизайну, такі як прокладена креативна стратегія, впровадження передових практик, ергономічне подання інформації, естетичний видимий дизайн тощо.

Віртуальна реальність широко використовується в освітній галузі, вносячи суттєві зміни в навчальний процес для обох сторінок – як для студентів, так і для викладачів. Завдяки VR іммерсивний та інтерактивний контент став більш доступним.

Технології, які сприяють створенню інтерактивних занять у віртуальній реальності, з використанням різноманітних медіа, таких як фото360, відео360, та 3D-моделі, очікують на широке поширення в найближчому майбутньому. Це станеться, зокрема, через те, що використання віртуальної реальності в навчанні можливе для людей різних вікових груп, які мають намір освоїти нову професію чи вдосконалити свої навички. Варто зауважити, що в сучасний час віртуальна система освіти не може вважатися повноцінною, але її слід розглядати як додатковий інструмент навчального процесу, який є ефективним засобом підтримки освіти. Акцентуючи увагу на тому, що відведення 5–10 хвилин для знайомства із VR/AR-контентом є більш ніж достатнім, слідом за тим, що не всі люди однаково взаємодіють з VR, а деякі можуть зіткнутися з труднощами адаптації до віртуальної реальності, такими як запаморочення, нудота та дезорієнтація, які, втім, є індивідуальними особливостями кожної людини. Важливо відзначити, що сучасні технології електронного навчання, зокрема VR-технології, мають численні переваги, але вони поступово призводять до зменшення взаємодії між викладачем і студентом. Викладач стає заміненим інтерактивним контентом, а сам студент взаємодіє не з живою особистістю, а з її віртуальним відображенням.

Таким чином, впровадження технологій електронного навчання має бути виправдане тільки при досягненні нового рівня якості навчання та наданні нових можливостей для студентів.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Климнюк В. Є. Віртуальна реальність в освітньому процесі. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2018. № 2. С. 207–212.
2. Мельник І., Задерей Н., Нефьодова Г. Доповнена та віртуальна реальність як ресурс навчальної діяльності студентів. URL: <http://itcm.comp-sc.if.ua/2018/melnuk.pdf> (дата звернення: 28.11.2023).
3. Трач Ю. VR-технології як метод і засіб навчання. Освітологічний дискурс. 2017. № 3–4. С. 309–322. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2017.3-4.3932>.
4. Berg L., Vance J. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual Reality*. 2018. № 21. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0293-9>.
5. Cummings J. J., & Bailenson J. N. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*. 2016. No 19 (2). P. 272–309. DOI: <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>.
6. Hamurcu A., Timur Ş., Rızvanoğlu K. An overview of virtual reality within industrial design education. *Journal of Engineering, Design and Technology Education*. 2020. № 6. P. 1889–1905. DOI: <https://doi.org/10.1108/jedt-02-2020-0048>.
7. Harley D. Palmer Luckey and the rise of contemporary virtual reality. *Convergence*. 2019. № 26. P. 1144–1158. DOI: <https://doi.org/10.1177/1354856519860237>.
8. Mikropoulos T. A., & Natsis A. Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers and Education*. 2011. № 56 (3). P. 769–780. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>.
9. Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95, 309–327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>.
10. Radianti J., Majchrzak T.A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. 2020. № 147:103778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
11. Riches S., Elghany S., Garety P., Rus-Calafell M., Valmaggia L. Factors Affecting Sense of Presence in a Virtual Reality Social Environment: A Qualitative Study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2019. № 22. P. 288–292. DOI: <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0128>.
12. Singh R. P., Javaid M., Kataria R., Tyagi M., Haleem A., Suman R. Significant applications of virtual reality for COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2020. № 14. P. 661–664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.05.011>.
13. Stanney K., Lawson B.D., Rokers B., Dennison M., Fidopiastis C., Stoffregen T., Weech S., Fulvio J. M. Identifying Causes of and Solutions for Cybersickness in Immersive Technology: Reformulation of a Research and Development Agenda. *International Journal of Human–Computer Interaction*. 2020. № 36. P. 1783–1803. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1828535>.
14. Wohlgenannt I., Simons A., Stieglitz S. Virtual Reality. *Business & Information Systems Engineering*. 2020. № 62. P. 55–61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>.
15. Ysimaz B., Goken M. Virtual reality (VR) technologies in education of industrial design, *Global Journal on Humanities and Social Science*. 2016. Iss. 3, P. 498–503. URL: [https://www.academia.edu/35119752/Virtual\\_reality\\_VR\\_technologies\\_in\\_education\\_of\\_industrial\\_design](https://www.academia.edu/35119752/Virtual_reality_VR_technologies_in_education_of_industrial_design) (дата звертання: 29.11.2023).