

УДК 378.091.2:004.946

doi: 10.32620/reks.2021.1.10

**О. В. КАРАТАНОВ, А. М. БИКОВ, М. В. СЕРГІЄНКО, Д. М. МІРОШНИЧЕНКО***Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"***ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ  
У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

У цій роботі розглядається доповнена реальність, яка накладає на оточуючий нас світ віртуальні об'єкти, персонажі, фільтри або інші ефекти через спеціальну камеру. В даний час доповнена реальність вважається необхідною для педагогічних програм і вона тільки починає набирати обертів та активно застосовуватися. Використання технології доповненої реальності відкриває нові можливості, які дозволяють збільшити продуктивність та ефективність в різноманітних галузях, поліпшити комунікацію та передачу знань, а також зробити більш комфортним та реалістичним дистанційне навчання. Проте фактор здешевлення виробництва або освітнього процесу за рахунок впровадження доповненої реальності ще не до кінця розкритий та потребує детального аналізу, частина якого проведена в цій роботі. Було проаналізовано існуючі види технології доповненої, віртуальної та змішаної реальностей, проведено їх порівняння між собою, визначено поточне місце на ринку, а також їх вплив на сучасну освіту. В роботі наведено приклади використання доповненої реальності в різних сферах у тому числі на виробництві, які демонструють значне зростання ефективності процесів у яких здійснено впровадження технології та підтверджують її актуальність. Зроблено огляд приміщень та лабораторій, в яких авторами впроваджено технології віртуальної та доповненої реальності для навчального процесу. Також, в статті зроблено огляд обмежень сучасної методики освітнього процесу, виправити які можна за рахунок впровадження технології доповненої реальності. Було розраховано економічну вигоду використання доповненої реальності в освітньому процесі на реальному прикладі, за рахунок якого доведено доцільність цього впровадження. Розглянуто елементи освітнього процесу, заміна яких на доповнену реальність, зробить освіту більш дешевою, а це означає її більш доступною. Наведено приклад маркерів, які використовуються для додатка з доповненою реальністю в літакобудівельній сфері. Проаналізовано тенденцію застосування доповненої реальності та використання в освітньому процесі на найближчі роки, розглянуто галузі в яких її можна застосовувати цю технологію та підтверджено доцільність її використання.

**Ключові слова:** віртуальна реальність; доповнена реальність; змішана реальність; освітній процес.

**Вступ**

Освітній процес має бути сучасним та приносити максимум користі. Для цього, особливо в аерокосмічній галузі, необхідно залучати фінансові ресурси на постійне оновлення та підтримку вже існуючого обладнання в працездатному вигляді. Оскільки однією з важливих складових є обладнання, на якому здійснюється навчання, то здешевлення процесів його використання матиме позитивний ефект в розвитку освіти і науки в Україні, а також зробить її більш доступною. Оптимальним рішенням цієї проблеми є використання технологій віртуальної реальності (VR – Virtual Reality). Більшість країн ЄС використовують технології доповненої і VR у процесах навчання, виробництва, медичних операцій, тощо [1]. Наприклад: в США використовується створення 3D моделей для демонстрації учням історичних подій [2]; в Німеччині на фірмі Фольксваген

використовується доповнена реальність (AR – Augmented Reality) для контролю і навчання інженерів під час складального процесу на конвеєрі [3]; в Німеччині широко розвинене використання цифрових двійників з використанням VR [4]. Також прикладом використання AR є компанія Lockheed Martin, яка використовує AR технології при складанні літака F-35. Окуляри Epson Moverio BT-200 використовуються в якості основної платформи, що обладнано датчиками руху і глибини. Під час того, як технік монтує деталь гальма, він бачить всю послідовність приєднання кабелів. За даними компанії NGRAIN, впровадження технології AR дозволяє інженерам працювати швидше на 30% і підвищити точність до 96% [5]. За допомогою окулярів AR робітники General Electric підтримують зв'язок з експертами під час збирання повітряних турбін. Працівники показують експертам збиране обладнання і отримують відповіді на різноманітні запитання. Викорис-

нання такої технології сприяло зростанню продуктивності на 34% [6].

Прикладом використання AR та VR-технологій у навчальному процесі є рішення, розроблені EON Reality [7], які дозволяють учням вчитися на практиці, безпосередньо займаючись своїм предметом за допомогою імерсійного інтерактивного досвіду. Перехід навчання: від традиційного запам'ятовування до навчання в використанні віртуального середовища – дає учням можливість застосовувати, аналізувати, оцінювати свої знання, покращуючи творчі здібності, критичне мислення і спілкування.

В даний час існує декілька варіантів систем VR [8]: звичайна (класична) VR, де користувач взаємодіє з віртуальним світом, який існує тільки всередині комп'ютера; AR, де інформація, що генерується комп'ютером, накладається поверх зображень реального світу; змішана реальність (MR – Mixed Reality), де віртуальний світ пов'язаний з реальним і включає його в себе.

Віддалена підтримка через пристрій AR допоможе технічним фахівцям отримати доступ до інженерних даних та цифрових анотацій, щоб виконати процедуру. Технічний фахівець з AR може отримати доступ до великих цифрових бібліотек процедур в режимі реального часу. Це також може допомогти зупинити втрату важливих технічних знань, використовуючи накопичений досвід попередніх працівників під час навчання нових.

Крім того, засвоєння інформації за допомогою AR здійснюється в рази швидше. Розуміння учнями прискорюється за рахунок використання наочних навчальних посібників. Насправді, наш мозок обробляє візуальні ефекти в 60 000 разів швидше, ніж тексти. Крім того, 90% інформації, переданої в мозок нашими органами чуття, носить візуальний характер [9]. В процесі навчання, ступінь засвоєння матеріалу залежить від ступеня залученості учня. Також встановлено, що людина запам'ятовує багаторазово повторювану інформацію або таку, що впливає на кілька органів чуття. Це твердження дослідили Р. Карніка і Ф. Макелрой [6], які створили модель «Піраміди навчання» (рис. 1).

Експерти прогнозують, що до 2025 року індустрія AR / VR виросте до більш ніж 25 мільярдів доларів, і зростання буде стабільним [10]. Майбутнє AR буде визначатися інвестиціями з тих областей і сфер бізнесу, практичний потенціал яких є привабливим. На діаграмі від компанії Lumus Vision (рис. 2), прогнозовано, яким буде дохід для AR технологій в різноманітних галузях на 2025 рік.

Хоча ігри як і раніше будуть домінувати з точки зору доходів, очікується, що більш практичні галузі, такі як охорона здоров'я та інженерія, будуть набирати обертів.



Рис. 1. Піраміда навчання

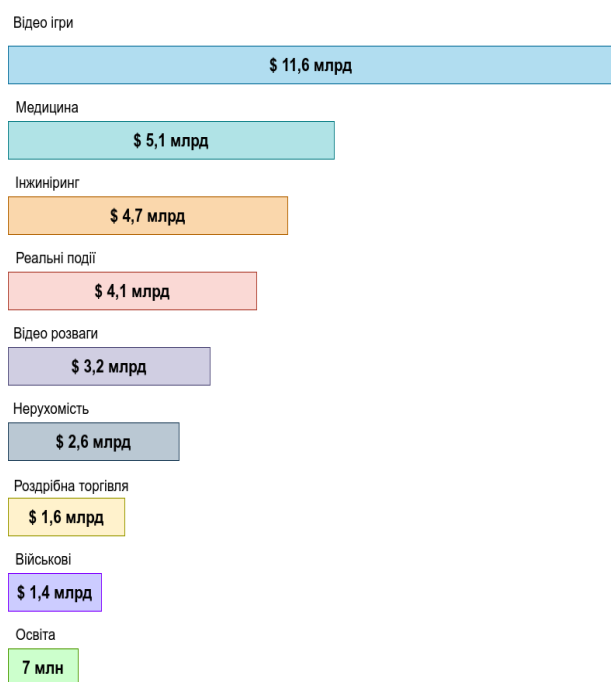


Рис. 2. Дохід для AR технологій в різноманітних галузях на 2025 рік

Водночас, на ринку праці України існує проблема з неефективною підготовкою фахівців технічного профілю. З одного боку, за даними служби зайнятості (2019): 44% зареєстрованих безробітних мають ступінь магістра або бакалавра, 21% безробітних – працівники з технічного обслуговування, обладнання та машинобудування (однією з причин є невідповідність навичок випускників вимогам роботодавців – знання застарілих технологій) [11]. З іншого боку, згідно з інформацією Федерації роботодавців (2019), інжинірингові компанії прагнуть відновити людські ресурси: до 18 мільйонів працівників у 2030 році, шляхом створення 2 мільйонів робочих місць для технічних спеціалістів [12]. Тобто, необхідно створити інфраструктуру, що забезпечує доступ навчальних закладів технічного профілю

до лабораторій, що відповідають вимогам роботодавців.

Проводиться реформування підготовки технічних спеціалістів у вищих навчальних закладах (ВНЗ) та закладах підвищення кваліфікації. Прийнято: концепцію підготовки спеціалістів з формування дуальної освіти [13], Закон України про професійну вищу освіту [14]. Планують доопрацювати та прийняти Закон України "Про освіту дорослих". Для реалізації концепцій, що розглядаються у вказаних вище нормативних актах, необхідна розробка інструментів у вигляді інноваційної інфраструктури з можливістю впровадження online-програм навчання.

Також, є низка проблем із соціальною адаптацією осіб з обмеженими можливостями в Україні: за даними Державної служби статистики (01.01.2019) в Україні проживає 2 659 700 осіб, та за даними Інформаційно-обчислювального центру Міністерства соціальної політики, працює з них лише 670 180 осіб [15]. Тобто необхідно реалізувати модель співпраці між роботодавцями, навчальними закладами та державними установами з метою створення ефективного механізму online навчання осіб (у тому числі осіб з обмеженими можливостями) з використанням технологій віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності.

Проаналізовано можливі варіанти розв'язання проблеми впровадження платформи для проведення дистанційної взаємодії освітян, використовуючи технології VR. Було розглянуто досвід країн ЄС, які широко впроваджують новітні інформаційні технології у навчальний процес, як школярів так і здобувачів вищої та післядипломної освіти. У школах Великої Британії використовують VR, щоб показати взаємозв'язок між фінансуванням і навколишнім середовищем [16]. Для цього реалізовано програмне забезпечення, яке дозволяє сумісний ігровий процес школярів з візуалізацією дій та їх наслідків. Дослідження такого підходу демонструє, що учні показують кращі результати, коли комунікують лише під час виконання завдань у VR без додаткових дискусій у класі. В Іспанії вчителі та учні в межах проекту Historia Do Dia можуть створювати мультимедійні історії з використанням технології VR [17]. У Греції в межах проекту «Чи можна побачити звук?» за допомогою VR діти вивчають музику, фізику та математику [17]. Через Covid-19, у 2020 році не вистачає фахівців для допомоги в боротьбі з вірусом, тому медичні установи залучають до роботи лікарів, які пішли на пенсію. Тож, Oxford Medical Simulation пропонує свою навчальну VR платформу для лікарень на безкоштовній основі [18].

Науково-прикладною проблемою є дослідження технологій віртуальної та доповненої реальності для обґрунтування можливості їх впровадження у

навчальний процес напряму підготовки спеціалістів з конструювання авіаційної техніки.

## Постановка задачі

Метою дослідження є здешевлення освітнього процесу за рахунок впровадження технології VR, AR. Для цього необхідно: проаналізувати існуючі види VR, AR та MR технологій; розробити методику використання AR технології в початковому процесі; розробити необхідні 3D моделі, для демонстрації обладнання, що необхідно у навчальному процесі.

## 1. Порівняння технологій VR, AR, MR

Технології VR, AR і MR вийшли на освітній ринок зовсім недавно і швидко розвиваються. Розробки ведуть багато великих комп'ютерних організацій, але ця галузь ще відноситься до новаторської.

Порівняння VR, AR і MR технологій між собою показано в таблиці 1.

AR дозволяє нам додавати віртуальну інформацію до реального середовища, яке переглядається за допомогою технологій. Це означає, що ми не тільки можемо бачити наше природне оточення та торкатися його, але можемо додавати віртуальні функції, такі як зображення, відео та звук. У AR-програмах студенти можуть взаємодіяти з реальними фізичними об'єктами навколо них, поки віртуальні моделі додаються у цей світ [19].

AR можна використовувати у наступних напрямках інженерної освіти [19]: технічне креслення; віртуальні лабораторії; механіка, виробництво, динаміка, динаміка рідини, термодинаміка; мехатроніка та управління; технічне обслуговування.

Рисунок 3 [19] показує використання технології AR в базовій техніці ортогонального проектування.

За допомогою AR, тривимірне інтерактивне цифрове зображення забезпечує захоплююче навчання за допомогою взаємодії з контентом новими способами, які раніше були неможливі. 3D-моделі можуть передавати важливу інформацію про вміст, переглядаючи цифрові об'єкти під будь-яким кутом, іноді знімаючи шари, все в реальному часі.

Застосування AR в освіті, використовується як інноваційний підхід у літакобудівельній освіті. Висока вартість плати за лабораторні установки в галузі машинобудування вимагає виділення університетами значних бюджетів. З іншого боку, такі інноваційні технології можна розглядати як відповідні рішення для забезпечення менш витратних та більш реалістичних освітніх технологій для інженерної освіти [20].

Таблиця 1  
Порівняння VR, AR і MR технологій

Параметр	AR	VR	MR
Взаємодія користувача з природною реальністю	<b>Висока</b> Взаємодія з реальним світом, заснована на цифровій інформації, доданої до того ж світу	<b>Низька</b> Користувачі ізольовані від реальності і занурені за допомогою пристрою в повністю цифровий всесвіт	<b>Середня</b> Реальний світ служить сценарієм для проектування віртуальної реальності, в якому користувачі занурюються за допомогою пристрою
Рівень занурення в цифровий досвід	<b>Середній</b> Залежить від цифрової щільності, доданої до реальності	<b>Високий</b> Повне занурення в повністю відцифровану паралельну реальність	<b>Високий</b> Реальний світ замінюється чуттєвим досвідом, зануреним у віртуальний світ
Показові пристрої	Додатки на смартфонах, обладнаннях AR (наприклад, Pokémon Go)	Сенсорні гарнітури (наприклад, Oculus Rift)	Окуляри, які проєктують цифрову інформацію в реальному середовищі (наприклад, HoloLens)
Представницька компанія в розробці технології	Google	Facebook	Microsoft
Етап розробки	У розширеному вивченні	Перенастроювання, після початкового переорієнтування	В експериментальній революції

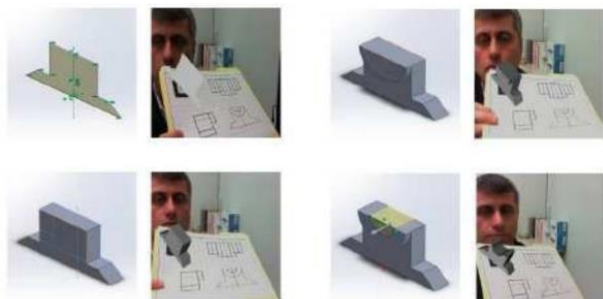


Рис. 3. Використання технології AR в базовій техніці ортогонального проектування

Основним призначенням сучасної освіти є виправлення недоліків класичної системи освіти за допомогою реалізації наступних можливостей [21]:

організація мобільності навчання; лояльність проведення контролю знань; доступність повноцінної освіти для людей з обмеженими можливостями; оптимізація режиму роботи викладачів і учнів.

## 2. Впровадження AR в навчальний процес

Пропонуємо впровадження в навчальний процес Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського “Харківський авіаційний інститут” додатку з AR для дисциплін з основ конструювання авіаційної техніки. Під час навчання, викладачі матимуть можливість демонстрації реальних частин літальних апаратів, а відсутні моделі будуть замінені макетами на які можливо навести пристрій та за допомогою AR побачити опис та весь необхідний навчальний матеріал.

Для інформаційного матеріалу були використані моделі літальних апаратів з фанери (Флайер 1, Хейнкель HE-51) (рис. 4). Такий підхід дозволяє економити площі для розташування натурних макетів, оптимізувати навчальний процес.



Рис. 4. Моделі які використовуються в якості маркерів

На рисунку 5 показано фото з макетами, які використовувалися в якості маркерів, для того щоб виводити інформацію про літальні апарати.



Рис. 5. Характеристичні крапки на фото

Також, для забезпечення більш якісної освіти, було розроблено 3D моделі класів, що мають спеціальне обладнання для демонстрації навчальних матеріалів з використанням VR (рис. 6). Розроблено 3D моделі класів, у яких відбувається демонстрація роботи програмного забезпечення з використанням VR, AR (рис. 7).

Ще одна економічна вигода пов'язана з простою вимог до обладнання для AR в освіті. На відмі-

ну від VR, для AR іноді не потрібно нічого, крім смартфона або планшета, які можуть бути недорогими для освітніх організацій і установ. Не кажучи вже про те, що у багатьох студентів є власні пристрої. Наприклад, недавнє опитування Pew Research Center показало, що 95% підлітків стверджують, що вони володіють або мають доступ до смартфона.



Рис. 6. Виконання завдань у віртуальному середовищі



Рис. 7. Виконання завдань з одночасною демонстрацією отриманого результату

Сьогоднішнє, майже повсюдне, володіння смартфонами сприяє гнучкості у виборі моделей розгортання програмного забезпечення AR. Установи або освітні установи можуть вибрати придбання обладнання для використання студентами або дозволяти студентам завантажувати освітнє програмне забезпечення на свої власні пристрої.

Розглянемо приклад здешевлення вивчення конструкції літаків за допомогою додатку з AR. Підрахунки наведені для однієї групи з кількістю 15 учнів на 10 років експлуатації. Наразі для вивчення внутрішньої та зовнішньої структур літака потрібно мати зменшені моделі літаків, реальний літак з деталями та підручники. Розрахунки представлено у таблиці 2.

В таблиці 3 наведено розрахунки якщо заміни обладнання на додаток з VR. Підрахунки є приблизними та можуть бути кореговані залежно від галузі та потреб викладача.

Таблиця 2

Розрахунки вартості освітнього процесу без AR

Обладнання	Кількість (од)	Вартість за одиницю (грн)	Вартість загальна (грн)
Звичайний повнорозмірний літак	1	5 000 000	5 000 000
Зменшені моделі літаків	20	2 000	40 000
Підручники	15	100	1 500
Загальна сума	-	-	5 041 500

Таблиця 3

Розрахунки вартості освітнього процесу з AR

Обладнання	Кількість (од)	Вартість за одиницю (грн)	Вартість загальна (грн)
Додаток з доповненою реальністю (30 моделей літаків)	1	50 000	50 000
Ліцензія для Unity	1	11 200/рік	11 200
Ліцензія для Vuforia	1	14 000/рік	14 000
Підручники	15	50	750
Загальна сума	-	-	75 950

Вартість додатку була розрахована на розробку простого додатку з маркерами та моделями літаків, які взяті з відкритих безкоштовних ресурсів. Вартість роботи програмістів оцінена в 10\$/годину.

За такими підрахунками використання AR додатку вигідніше в 65 разів.

Методика впровадження VR та AR у навчальний процес: вибрати 3D модель, що необхідно дослідити; завантажити методичні матеріали у додаток Model\_recognition; позначити на моделі маркерами ті частини 3D моделі до яких буде відноситися інформаційні матеріали.

Одержувачі освіти використовуючи додаток Model\_recognition, шолом VR та маніпулятори для взаємодії з маркерами, які знаходяться на моделі, отримують інформацію, що пов'язана з об'єктом.

## Висновок

Технологія VR – це молода та яскрава технологія, що має можливості для інноваційних додатків [22]. Такі технологічні досягнення, як: покращення обладнання, фотореалістичність візуалізації та можливість використання фотографічних зображень як маркери – роблять мобільні пристрої



(смарт-телефони та планшети) економічно вигідними платформами перегляду AR.

Аналіз показує, що технологію AR ефективно використовувати в інженерній освіті. Також, технологія AR є ключовою при створенні комплексів в межах Industry 4.0.

Розроблено методику впровадження VR, AR, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо здешевлення освітнього процесу при вивченні матеріалів курсів, які вимагають наявності високотехнологічного обладнання. Інформаційну підтримку процесів впровадження VR, AR реалізовано у вигляді: 3D моделей як самого об'єкту навчання так і аудиторій, а також існуючого програмного забезпечення (Model\_recognition), що дає можливість наочної демонстрації. Користувачами методики можуть бути завідувачі кафедр та викладачі, що планують впровадження VR, AR у освітній процес. Дістало подальший розвиток технології VR, AR в частині застосування при розробці вітчизняних навчальних послуг, що дає можливість скоротити витрати на забезпечення освітнього процесу.

У подальших дослідженнях планується: розробити систему створення занять у VR, задля пришвидшення процесу створення нових занять; створення програмного забезпечення з використанням AR для навчання технічного персоналу з обслуговування літальних апаратів.

## Література

1. Norlund, A. *The research field of reality environments in education [Text]* / A. Norlund // *International Journal of Mobile and Blended Learning*. – 2019. – Vol. 11, No. 2. – P. 68-77. DOI:10.4018/IJMBL.2019040105.
2. *3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights [Text]* / R. Maloy, T. Trust, S. Kommers, A. Malinowski, I. LaRoche // *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*. – 2017. – Vol. 17, No. 2. – P. 229-249.
3. Venkatesh, C. V. *A Knowledge Based Educational (KBEd) framework for enhancing practical skills in engineering distance learners through an augmented reality environment. A thesis PhD [Text]* / C. V. Venkatesh. – Faculty of Computing, Engineering and Built Environment (CEBE), Birmingham City University, 2017. – 363 p.
4. *Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany [Text]* / F. Dembski, U. Wössner, M. Letzgus, M. Ruddat, C. Yamu // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12, Iss. 6. – Article Id: 2307. DOI: 10.3390/su12062307.
5. George, A. *Lockheed Is Using These Augmented Reality Glasses to Build Fighter Jets [Electronic resource]* / A. George. – Access mode: <https://www.popularmechanics.com/flight/a13967/lockheed-martin-augmented-reality-f-35/>. – 21.12.2020.
6. Биленко, П. *Жизнь в форме J: риски и возможности ускорения диффузии технологий [Электронный ресурс]* / П. Биленко. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/344377-zhizn-v-forme-j-riski-i-vozmozhnosti-uskoreniya-diffuzii-tehnologii>. – 21.12.2020.
7. Numfu, M. *Virtual Reality Based Digital Chain for Maintenance Training [Text]* / M. Numfu, A. Riel, F. Noel // *Procedia CIRP*. – 2019. – No. 84. – P. 1069-1074. DOI:10.1016/j.procir.2019.04.268.
8. Иванова, А. В. *Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения [Текст]* / А. В. Иванова // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. – 2018. – № 3. – С. 77-108. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107.
9. Sher Ali, H. A. *The Pedagogical Use of Animated Themes in Teaching English Fiction at University Level [Text]* / H. A. Sher Ali, A. A. Saeed // *ZANGO Journal of Humanity Sciences*. – 2020. – Vol. 24, No. 4. – P. 247-257. DOI: 10.21271/zjhs.24.4.15.
10. Shanhong, L. *Augmented reality (AR) market size worldwide in 2017, 2018 and 2025 [Electronic resource]* / L. Shanhong. – Access mode: <https://www.statista.com/statistics/897587/world-augmented-reality-market-value/>. – 21.12.2020.
11. *Державна служба зайнятості. Аналітична та статистична інформація [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <https://www.dcz.gov.ua/analitics/68.htm>. – 22.12.2020.
12. *Федерація роботодавців України. Аналітична та статистична інформація [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <https://fru.ua/images/zvit/FRU-Zvit-2020-8.pdf>. – 22.12.2020.
13. *Кабінет Міністрів України. Розпорядження № 660-р від 19.09.2018. Про схвалення Концепції підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2018-%D1%80#Text.htm>. – 22.12.2020.
14. *Закон України про професійну (професійно-технічну) освіту [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80#Text.htm>. – 22.12.2020.
15. Якушенко, Л. М. *Актуальні проблеми соціального захисту людей з інвалідністю [Електронний ресурс]* Л. М. Якушенко // *Аналітична записка. Серія «Соціальна політика»*. – 2019. – № 9. – 11 с. – Режим доступу: <https://miss.gov.ua/sites/default/files/2019-12/analit-yakushenko-social-policy-9-2019.pdf>. – 22.12.2020.
16. *VR for education [Electronic resource]* / Immersion VR. – Access mode: <https://immersionvr.co.uk/about-360vr/vr-for-education/>. – 22.12.2020.
17. Мініч, Р. *Європейські шкільні експерименти [Електронний ресурс]* / Руслан Мініч. – Режим доступу: <https://medium.com/@euukrainecoop/european-school-experiments-bbbfc1ab1d11>. – 22.12.2020 p.

18. *Oxford Medical Simulation - Virtual Reality Healthcare Training [Electronic resource]. – Access mode: <https://oxfordmedicalsimulation.com>. – 22.12.2020.*

19. Çolak, O. *A review on augmented reality and virtual reality in engineering education. [Text] / O. A. Çolak, L. Yunlu // Journal of educational and instructional studies in the world. – 2018. – Vol. 8, Iss. 1. – 8 p.*

20. *Higher education teaching and learning with augmented reality [Text] / J. L. Holland, S. Lee, M. Daouk, D. A. Agbaji // Handbook of Research on Fostering Student Engagement With Instructional Technology in Higher Education. – 2019. – P. 229-248. DOI: 10.4018/978-1-7998-0119-1.ch013.*

21. Mukamal, R. *Are virtual reality headsets safe for eyes? [Electronic resource] / R. Mukamal. – Access mode: <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/are-virtual-reality-headsets-safe-eyes>. – 22.12.2020.*

22. Федорович, О. Є. *Метод формування логічних транспортних взаємодій для нового портфелю замовлень розподіленого віртуального виробництва [Текст] / О. Є. Федорович, Ю. Л. Прончаков // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2020. – № 2 (94). – С. 102-108. DOI: 10.32620/reks.2020.2.09.*

## References

1. Norlund, A. The research field of reality environments in education. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 2019, vol. 11, no. 2, pp. 68-77. DOI:10.4018/IJMBL.2019040105.

2. Maloy, R., Trust, T., Kommers, S., Malinowski, A., LaRoche, I. 3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 229-249.

3. Venkatesh, C. V. *A Knowledge Based Educational (KBEd) framework for enhancing practical skills in engineering distance learners through an augmented reality environment. A thesis PhD.* Faculty of Computing, Engineering and Built Environment (CEBE), Birmingham City University, 2017. 363 p.

4. Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., Yamu, C. Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. *Sustainability*, 2020, vol. 12, iss. 6, Article Id: 2307. DOI: 10.3390/su12062307.

5. George, A. *Lockheed Is Using These Augmented Reality Glasses to Build Fighter Jets.* Available at: <https://www.popularmechanics.com/flight/a13967/lockheed-martin-augmented-reality-f-35/>. (accessed 21.12.2020).

6. Bylenko, P. *Zhyzn' v forme J: rysky y vozmozhnosti uskorenyya dyffuzy tekhnolohyy.* Available at: <https://www.forbes.ru/tehnologii/344377-zhizn-v-forme-j-riski-i-vozmozhnosti-uskoreniya-diffuzii-tehnologiy>. (accessed 21.12.2020).

7. Numfu, M., Riel, A., Noel, F. Virtual Reality Based Digital Chain for Maintenance Training. *Procedia CIRP*, 2019, no. 84, pp. 1069–1074. DOI: 10.1016/j.procir.2019.04.268.

8. Ivanova, A. V. *Tekhnologii virtual'noi i dopolnennoi real'nosti: vozmozhnosti i prepyatstviya primeneniya [Virtual and Augmented Reality Technologies: Opportunities and Barriers to Application]. Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment – Strategic decisions and risk management*, 2018, no. 3, pp. 77-108. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107.

9. Sher Ali, H. A., Saeed, A. A. The Pedagogical Use of Animated Themes in Teaching English Fiction at University Level. *ZANGO Journal of Humanity Sciences*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 247-257. DOI: 10.21271/zjhs.24.4.15.

10. Shanhong, L. *Augmented reality (AR) market size worldwide in 2017, 2018 and 2025.* Available at: <https://www.statista.com/statistics/897587/world-augmented-reality-market-value/>. (accessed 21.12.2020).

11. *Derzhavna sluzhba zajnjatosti. Analychna ta staty-stychna informacija [Analytical and statistical information].* Available at: <https://www.dcz.gov.ua/analytics/68.htm>. (accessed 22.12.2020).

12. *Federacija robotodavciv Ukrai'ny. Analychna ta statystychna informacija [Analytical and statistical information].* Available at: <https://fru.ua/images/zvit/FRU-Zvit-2020-8.pdf>. (accessed 22.12.2020)

13. *Kabinet Ministriv Ukrayiny. Rozporyadzhennya No. 660-p vid 19.09.2018.* [About approval of the Concept of preparation of experts on a dual form of receiving education]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2018-%D1%80#Text.htm>. (accessed 22.12.2020).

14. *Zakon Ukrayiny pro profesiynu (profesiynotekhnichnu) osvitu [Law of Ukraine on vocational (vocational) education]* Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80#Text.htm> (accessed 22.12.2020)

15. Yakushenko, L. M. *Aktual'ni problemy sotsial'noho zakhystu lyudey z invalidnistyu [Current issues of social protection of people with disabilities]. Analychna zapyska. Seriya «Sotsial'na polityka» – Analytical note. Social Policy Series*, 2019, no. 9. 11 p. Available at: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-12/analit-yakushenko-social-policy-9-2019.pdf>. (accessed 22.12.2020).

16. VR for education. *Immersion VR.* Available at: <https://immersionvr.co.uk/about-360vr/vr-for-education/>. (accessed 22.12.2020).

17. Minich, R. *Jevropejs'ki shkil'ni eksperymenty [European school experiments].* Available at: <https://medium.com/@euukrainecoop/european-school-experiments-bbbfc1ab1d11>. (accessed 22.12.2020).

18. *Oxford Medical Simulation - Virtual Reality Healthcare Training.* Available at: <https://oxfordmedicalsimulation.com/.htm> (accessed 22.12.2020)

19. Çolak, O., Yunlu, L. A review on augmented reality and virtual reality in engineering education. *Journal of educational and instructional studies in the world*, 2018, vol. 8, iss. 1. 8 p.

20. Holland, J. L., Lee, S., Daouk, M. Agbaji, D. A. Higher education teaching and learning with augmented reality. *Handbook of Research on Fostering Student Engagement With Instructional Technology in Higher Education*, 2019, pp. 229-248. DOI: 10.4018/978-1-7998-0119-1.ch013.

21. Mukamal, R. *Are virtual reality headsets safe for eyes?* Available at: <https://www.aao.org/eye->

[health/tips-prevention/are-virtual-reality-headsets-safe-eyes](https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/are-virtual-reality-headsets-safe-eyes). (accessed 22.12.2020).

22. Fedorovich, O. Ye., Pronchakov, Yu. L. Metod formuvannya lohistychnykh transportnykh vzayemodiy dlya novoho portfelyu zamovlen' rozpodilenooho virtual'noho vyrobnytstva [Method to organize logistic transport interactions for the new order portfolio of distributed virtual manufacture]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2020, no. 2(94), pp. 102-108. DOI: 10.32620/reks.2020.2.09.

*Надійшла до редакції 12.01.2021, розглянута на редколегії 16.02.2021*

## **ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

*А. В. Каратанов, А. М. Быков, М. В. Сергиенко, Д. М. Мирошниченко*

В этой работе рассматривается дополненная реальность, которая накладывает на окружающий нас мир виртуальные объекты, персонажи, фильтры или другие эффекты через специальную камеру. В настоящее время дополненная реальность считается потенциально необходимой для педагогических программ и она только начинает набирать обороты и активно применяться. Использование технологии дополненной реальности открывает новые возможности, которые позволяют увеличить производительность и эффективность в различных областях, улучшить коммуникацию и передачу знаний, а также сделать более комфортным и реалистичным дистанционное обучение. Однако фактор удешевления производства или образовательного процесса за счет внедрения дополненной реальности еще не до конца раскрыт и требует детального анализа, часть которого проведена в этой работе. Были проанализированы существующие виды технологий дополненной, виртуальной и смешанной реальностей, проведено их сравнение между собой, определены текущее место на рынке, а также их влияние и роль в современном образовании. В работе приведены примеры использования технологии дополненной реальности в различных сферах в том числе на производстве, демонстрируют значительный рост эффективности и подтверждают актуальность. Сделано осмотр помещений и лабораторий в которых авторами внедрены технологии виртуальной и дополненной реальности для учебного процесса. Также в статье описаны ограничения современной методики образовательного процесса, исправить которые можно за счет внедрения технологии дополненной реальности. Было рассчитано экономическую выгоду использования дополненной реальности в образовательном процессе на реальном примере, за счет которого доказана целесообразность этого внедрения. Рассмотрены элементы образовательного процесса, замена которых на дополненную реальность, сделает образование более дешевой, а значит и более доступной. Приведен пример маркеров, которые используются для приложения с дополненной реальностью в самолетостроительной сфере. Проанализированы тенденции применения дополненной реальности и использования в образовательном процессе на ближайшие годы, рассмотрены области в которых ее можно применять и подтверждена целесообразность ее использования.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность; дополненная реальность; смешанная реальность; образовательный процесс.

## **IMPLEMENTATION OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES IN THE TRAINING PROCESS WITH THE DESIGN OF AIRCRAFT EQUIPMENT**

*O. Karatanov, A. Bykov, M. Serginko, D. Miroshnichenko*

This study examines augmented reality, which imposes on the world around us virtual objects, characters, filters, or other effects through a special camera. Currently, augmented reality is considered potential for pedagogical programs and it is beginning to gain momentum and be actively used. The use of augmented reality technology opens up new opportunities that increase productivity and efficiency in various industries, improve communication and knowledge transfer and make distance learning more comfortable and realistic. However, the factor of reducing the cost of production or the educational process due to the introduction of augmented reality is not yet fully disclosed and requires a detailed analysis, part of which is conducted in this paper. The existing types of augmented, virtual and mixed reality technologies were analyzed, their comparison was made, the current place in the market was determined, as well as their influence and role in modern education. The paper presents examples of the use of augmented reality technology in various fields, including in production, which demonstrates a significant increase in



efficiency and confirms the relevance. An overview of the premises and laboratories, which now use virtual and augmented reality technologies for the educational process. The article also describes the shortcomings of the educational process, which can be corrected by introducing augmented reality technology. The economic benefit of using augmented reality in the educational process on a real example was calculated, due to which the expediency of this implementation was proved. Elements of the educational process are considered, the replacement of which with augmented reality will make education cheaper, and this means more accessible. An example of markers used for an augmented reality application in the field of aircraft construction is given. The tendency of the application of augmented reality and use in the educational process for the next years is analyzed, the branches in which it can be applied are considered and the expediency of its use is confirmed.

**Keywords:** virtual reality; augmented reality; mixed reality; educational process.

**Каратанов Олександр Володимирович** – канд. техн. наук, доц. каф. інформаційних технологій проектування, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

**Биков Андрій Миколайович** – асист. каф. інформаційних технологій проектування, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

**Сергієнко Марія Вадимівна** – студ. каф. інформаційних технологій проектування, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

**Мірошниченко Дмитро Михайлович** – студ. каф. інформаційних технологій проектування, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

**Oleksandr Karatanov** – Associate Professor of Department of Information technology design, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine,  
e-mail: o.karatanov@khai.edu, ORCID: 0000-0002-6451-7901, Scopus Author ID: 57212535062,  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=sb8ZXt4AAAAJ&hl=uk>

**Andrii Bykov** – Assistant of Department of Information technology design, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine,  
e-mail: bykovandrey95@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7184-4994, Scopus Author ID: 57210127675,  
<https://scholar.google.ru/citations?user=YQCW7e4AAAAJ&hl=uk>

**Maria Sergienko** – Student of Department of Information technology design, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine,  
e-mail: m.v.serhienko@student.khai.edu.

**Dmitry Miroshnichenko** – Student of Department of Information technology design, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine,  
e-mail: d.m.miroshnichenko@student.khai.edu.