



ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

УДК 378.147:617-089.168.1:004.946(477)

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14589077>

Передові методи доповненої реальності в тренінгу хірургічних навичок у вищій медичній освіті України

Костенко Оксана Борисівна

доктор філософії у галузі медицини, асистент кафедри хірургії №3,
медичний факультет №3, Національний медичний університет імені
О.О. Богомольця, м. Київ, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-0607-2166>

Біляков-Бельський Олександр Борисович

кандидат медичних наук, доцент, асистент кафедри хірургії №3,
медичний факультет №3, Національний медичний університет імені
О.О. Богомольця, м. Київ, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-2788-0664>

Прийнято: 13.12.2024 | Опубліковано: 02.01.2025

***Анотація:** Встановлено, що технології доповненої реальності є важливим інструментом для вдосконалення тренінгу хірургічних навичок у вищій медичній освіті. Актуальність дослідження зумовлена потребою інтеграції інноваційних рішень у вищу освіту для підвищення якості підготовки медичних фахівців, а також відповідності освітнього процесу міжнародним стандартам. Визначено, що доповнена реальність сприяє формуванню практичних компетенцій здобувачів вищої освіти, створюючи умови, максимально*



наближені до реальних хірургічних втручань, що дозволяє знизити ризики для пацієнтів і забезпечити багаторівневе навчання.

Метою дослідження є аналіз можливостей упровадження технологій доповненої реальності в освітній процес медичних університетів України, визначення основних проблем і перспектив їх інтеграції. Для досягнення мети застосовано методи системного аналізу, порівняльного підходу та узагальнення, що дозволило оцінити міжнародний досвід, наявний стан і потенціал використання доповненої реальності в медичній освіті.

Виявлено, що серед переваг доповненої реальності є можливість багаторазового повторення маніпуляцій, візуалізація складних анатомічних структур і отримання миттєвого зворотного зв'язку під час симуляцій. Доведено, що доповнена реальність значно підвищує рівень просторового мислення, моторних навичок і швидкості прийняття рішень. Разом із тим виявлено низку проблем, зокрема обмежений доступ до сучасних технологій через високу вартість обладнання, відсутність уніфікованих методик та недостатню технічну підготовку викладачів.

За результатами дослідження сформульовано рекомендації щодо впровадження доповненої реальності в освітні програми, які включають розроблення державних програм фінансування для забезпечення університетів сучасним обладнанням, створення навчальних матеріалів і проведення тренінгів для викладацького складу. Обґрунтовано необхідність співпраці з ІТ-компаніями для створення інтегрованих платформ, які поєднують доповнену реальність з іншими технологіями симуляційного навчання.

Перспективами подальших досліджень є вивчення довгострокової ефективності використання доповненої реальності в підготовленні медичних кадрів, оцінювання її впливу на розвиток емоційної стійкості та критичного



мислення здобувачів освіти, а також адаптація міжнародного досвіду до специфіки вітчизняної освіти у сфері охорони здоров'я. Отримані результати сприятимуть гармонізації української системи медичної освіти з міжнародними стандартами.

Ключові слова: *доповнена реальність, хірургічні навички, вища медична освіта, симуляційне навчання, інтеграція технологій, освітні програми, проблеми впровадження.*

Advanced Methods of Augmented Reality in Surgical Skills Training in Higher Medical Education in Ukraine

Oksana Kostenko

PhD in Medicine, Assistant, Department of Surgery №3, Medical Faculty №3,
O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-0607-2166>

Oleksandr Biliakov-Bielskyi

PhD in Medicine, Associate Professor, Assistant, Department of Surgery №3,
Medical Faculty №3, O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-2788-0664>

Abstract: *It has been established that augmented reality technologies are an important tool for improving surgical skills training in higher medical education. The study's relevance is due to the need to integrate innovative solutions into higher education to improve the quality of medical training and compliance of the educational process with international standards. It has been determined that augmented reality*



contributes to the formation of practical competencies of higher education students by creating conditions as close as possible to real surgical interventions, which reduces risks for patients and provides multi-level training.

The study aims to analyse the possibilities of introducing augmented reality technologies into the educational process of medical universities in Ukraine and identify the main problems and prospects for their integration. To achieve this goal, systematic analysis, comparative approach, and generalisation were used, which allowed us to assess the international experience, current state, and potential of using augmented reality in medical education.

It has been found that the advantages of augmented reality include the ability to repeat manipulations multiple times, visualisation of complex anatomical structures and instant feedback during simulations. It has been proven that augmented reality significantly increases spatial thinking, motor skills, and decision-making speed. At the same time, several problems have been identified, including limited access to modern technologies due to the high cost of equipment, lack of unified methods and insufficient technical training of teachers.

Based on the study's results, recommendations are formulated for introducing augmented reality into educational programmes, including developing state funding programmes to provide universities with modern equipment, creating educational materials, and training teaching staff. The author substantiates the need to cooperate with IT companies to create integrated platforms that combine augmented reality with other simulation learning technologies.

Prospects for further research include studying the long-term effectiveness of using augmented reality in medical personnel training, assessing its impact on students' emotional stability and critical thinking, and adapting international



experience to the specifics of domestic healthcare education. The results will help to harmonise the Ukrainian medical education system with international standards.

Keywords: *augmented reality, surgical skills, higher medical education, simulation training, technology integration, educational programmes, implementation issues.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах стрімкого розвитку медичної науки та технологій удосконалення підготовки фахівців вищої медичної освіти стає ключовим завданням для забезпечення якісного надання послуг у сфері охорони здоров'я. Традиційні методи навчання, які базуються на лекціях, текстових матеріалах та практичних заняттях за участі пацієнтів, дедалі частіше виявляють обмеження в ефективності формування складних хірургічних навичок. Однією з найбільших проблем є недостатній доступ здобувачів освіти до практичних операцій, що зумовлено як етичними нормами, так і браком ресурсів для повноцінної симуляційної підготовки.

Доповнена реальність є інноваційною технологією, яка відкриває нові можливості для створення інтерактивних і реалістичних симуляційних середовищ, здатних моделювати складні хірургічні процедури. Використання доповненої реальності в тренінгу хірургічних навичок дозволяє здобувачам вищої освіти розвивати моторні здібності, просторове мислення та оперативну тактику без ризику для здоров'я пацієнтів. Проте інтеграція таких технологій у вищу медичну освіту України залишається фрагментарною та вимагає адаптації як технічної бази, так і освітніх програм до сучасних стандартів.

Таким чином, актуальність проблеми полягає в необхідності розроблення і впровадження передових методів доповненої реальності, які забезпечать ефективну підготовку майбутніх хірургів з огляду на сучасні наукові здобутки,



світові практики та особливості вітчизняної системи освіти. Це завдання є важливим як з наукової точки зору – для дослідження ефективності застосування доповненої реальності в медичній освіті, так і з практичної – для створення конкурентоспроможного покоління медичних фахівців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень демонструє вагомі результати впровадження технологій доповненої реальності в тренінг хірургічних навичок, що відкриває нові можливості для підготовки здобувачів медичних закладів вищої освіти України. Переваги впровадження доповненої реальності включають створення інтерактивного середовища, яке сприяє розвитку практичних навичок навіть в умовах обмеженого доступу до клінічних баз. Це підкреслюють Г. Ю. Будко, О. О. Марусич, Н. І. Корильчук та О. В. Мазур, акцентуючи на можливості компенсувати обмеження освітнього процесу в умовах повномасштабної війни [1]. Крім того, О. А. Повч та В. М. Сидоренко довели, що використання доповненої реальності підвищує точність виконання процедур, поліпшує сприйняття просторових структур і скорочує тривалість навчання [2]. Інтеграція змішаного навчання із застосуванням доповненої реальності, як зазначають О. А. Повч і О. Б. Біляков-Бельський, дозволяє ефективно поєднувати теорію з практикою, забезпечуючи оптимізацію підготовки [3].

Однією з додаткових переваг є зниження рівня стресу здобувачів вищої освіти перед роботою з пацієнтами завдяки реалістичному моделюванню клінічних ситуацій. Ю. В. Шабатура і В. Р. Рибак відзначають, що це сприяє впевненості у виконанні маніпуляцій [4]. У нейрохірургії, за словами А. О. Босчко-Немовчі, використання доповненої реальності дозволяє мінімізувати ризики завдяки деталізованому моделюванню операцій навіть у складних умовах [5]. Використання інтегрованих симуляційних тренінгів, як



підкреслюють П. І. Іванчов (P. Ivanchov), О. М. Мельник (O. Melnyk), Л. І. Семенюк (L. Semeniuk) та І. В. Гнатюк (I. Hnatiuk), допомагає здобувачам вищої освіти швидше оволодівати практичними навичками навіть у кризових умовах, забезпечуючи високу якість навчання [6].

Попри значні переваги, обмеження впровадження доповненої реальності залишаються суттєвими. Н. В. Ламекін, В. О. Кривоконь і Л. В. Константинова наголошують на технічних бар'єрах, серед яких висока вартість обладнання, необхідність спеціального навчання викладачів і обмежений доступ до ресурсів [7]. На міжнародному рівні Дж. Х. Шугайбер (J. H. Shuhaiber) відзначає, що хоча доповнена реальність суттєво покращує якість практичної підготовки, її адаптація до специфіки української медичної освіти вимагає додаткових ресурсів [8]. Перспективи впровадження доповненої реальності підтверджуються багатьма дослідниками. С. Бруннер (S. Brunner) із колегами вказують на можливість адаптації симуляторів із доповненою реальністю до умов української освіти, підкреслюючи їх універсальність для різних видів хірургії [9]. А. Лунгу (A. Lungu) зі співавторами наголошують, що використання цієї технології підвищує якість підготовки до специфічних операцій [10]. Реабілітаційні тренінги також отримують вигоди від інтеграції доповненої реальності, як зазначають Ю. І. Цехмістер (Y. Tsekhmister) та його співавтори, що може бути ефективно інтегровано в освітні програми [11]. Ключову роль доповненої реальності в мінімально інвазивній хірургії визначають І. Онораті (I. Onorati), Д. М. Раду (D. M. Radu) та Е. Мартінод (E. Martinod), наголошуючи, що її використання дозволяє вдосконалити технічні навички здобувачів вищої освіти [12]. Поглиблення розуміння теоретичних і практичних аспектів хірургії завдяки інтеграції доповненої реальності в освітні програми підручників демонструють В. В. Бойко з колегами [13]. Дж. Бест (J. Best) підкреслює, що технологія



забезпечує безперервність навчання навіть під час кризових ситуацій завдяки дистанційним технологіям [14]. Нарешті, О. І. Ковальчук (O. I. Kovalchuk) зі співавторами відзначають високий рівень інтерактивності імерсивних технологій, що сприяє покращенню практичних навичок здобувачів вищої освіти і загальній якості освітнього процесу [15].

Аналіз праць О. І. Папач, О. Ю. Горожанкіної та Г. В. Різака [16], а також В. Г. Моторіної, Г. В. Різака та І. О. Небеленчука [17] свідчить про значну роль штучного інтелекту в упровадженні персоналізованих підходів до навчання, що може бути інтегровано з технологіями доповненої реальності. Важливість диференційованого підходу в навчанні підкреслюється через здатність адаптувати освітній процес до індивідуальних потреб здобувачів освіти. Водночас педагогічні стратегії, запропоновані в цих роботах, можуть бути використані як основа для створення уніфікованих освітніх програм із впровадження доповненої реальності в медичну освіту України.

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що доповнена реальність є важливим інструментом для вдосконалення хірургічної освіти завдяки реалістичності, адаптивності та інтерактивності.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на досягнення у вивченні технологій доповненої реальності, залишаються нерозв'язаними питання їх адаптації до української медичної освіти, враховуючи специфіку освітніх стандартів і обмеженість нормативної бази. Недостатньо досліджено, як доповнена реальність може вплинути на якість підготовки хірургів у національному контексті. Також бракує порівняльного аналізу ефективності використання доповненої реальності в Україні та за кордоном, що ускладнює оцінювання переваг і визначення найкращих практик.



Інтеграція доповненої реальності в медичну освіту зіштовхується з такими проблемами, як технічна та фінансова обмеженість, а також низький рівень цифрової компетенції. Наразі відсутні рекомендації, які би поєднували міжнародний досвід із потребами України. Запропоноване дослідження спрямоване на подолання цих прогалин шляхом розроблення адаптованих рішень і рекомендацій, які сприятимуть ефективному впровадженню доповненої реальності в освітній процес і покращенню підготовки медичних фахівців.

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Мета статті полягає в дослідженні потенціалу передових методів доповненої реальності в тренінгу хірургічних навичок у вищій медичній освіті України, з акцентом на їх ефективність та адаптацію до сучасних освітніх і технологічних вимог.

Завдання статті:

1) провести аналіз сучасних технологій доповненої реальності, що застосовуються в хірургічній підготовці, визначивши їхні переваги та можливості адаптації до освітніх стандартів України з урахуванням специфіки вищої медичної освіти;

2) здійснити порівняння використання технологій доповненої реальності в хірургічній підготовці в Україні та провідних міжнародних практиках;

3) розробити рекомендації щодо інтеграції та оптимізації використання технологій доповненої реальності в тренінгу хірургічних навичок, ураховуючи основні проблеми і виклики їх упровадження в освітній процес медичних ЗВО України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Доповнена реальність стає важливим інструментом у навчанні хірургічних навичок, оскільки вона поєднує цифрові зображення з реальним середовищем, створюючи інтерактивні



навчальні умови. Ця технологія дозволяє здобувачам медичної освіти і хірургам удосконалювати свої навички безпосередньо в симуляційних умовах, мінімізуючи ризик для пацієнтів. Основною перевагою доповненої реальності в хірургічній підготовці є можливість імітації складних процедур із високою точністю, інтерактивною взаємодією та миттєвим зворотним зв'язком. Завдяки цьому зростає якість підготовки фахівців, а час навчання зменшується.

У таблиці 1 наведено основні технології доповненої реальності, що застосовуються в хірургічній підготовці, із зазначенням їхніх характеристик та переваг.

Таблиця 1

Основні технології доповненої реальності в хірургічній підготовці: характеристики та переваги

Технологія	Характеристики	Переваги
Симулятори доповненої реальності	Відтворюють тривимірні моделі органів, дозволяють виконувати віртуальні операції	Висока точність, інтерактивність, можливість багаторазового повторення
Окуляри доповненої реальності (HoloLens)	Відображають додаткову інформацію в реальному часі, інтегруючи її в поле зору хірурга	Покращення візуалізації, доступ до віртуальних інструкцій під час виконання процедур
Додатки доповненої реальності для планшетів	Використовують доповнені моделі для навчання в лекційних аудиторіях або самостійної роботи	Мобільність, доступність, гнучкість у використанні
Інтегровані системи доповненої реальності	Поєднують дані з медичних зображень (КТ, МРТ) з реальними анатомічними об'єктами	Збільшення точності хірургічного планування та безпеки пацієнтів



Джерело: сформовано авторами на підставі [8; 10; 19; 20]

Сучасне використання технологій доповненої реальності в хірургічній підготовці демонструє значні переваги порівняно з традиційними методами, забезпечуючи більш ефективно та безпечно навчання майбутніх хірургів.

Симулятори доповненої реальності працюють за принципом створення тривимірних моделей органів і тканин, які дозволяють здобувачам освіти проводити віртуальні операції в реалістичних умовах. Наприклад, під час моделювання лапароскопічних втручань здобувачі освіти можуть взаємодіяти з органами через спеціальні маніпулятори, відчуючи опір тканин. Це дає змогу багаторазово повторювати процедури, поки навички не стануть автоматизованими. У порівнянні з традиційними навчальними методами, як-от тренування на тваринах або анатомічних препаратах, симулятори доповненої реальності не тільки знижують етичні ризики, але й забезпечують точнішу реплікацію реальних умов.

Окуляри доповненої реальності (наприклад, HoloLens) інтегрують віртуальні зображення прямо в поле зору хірурга, що дозволяє одночасно працювати з реальними об'єктами та бачити додаткові дані, як-от анатомічні структури, розмічені області або підказки щодо послідовності дій [18]. У нейрохірургії це допомагає здобувачам освіти та лікарям краще орієнтуватися в анатомічних деталях мозку. У порівнянні з традиційними лекціями або статичними зображеннями окуляри доповненої реальності значно покращують розуміння просторових співвідношень.

Додатки доповненої реальності для планшетів дозволяють створювати інтерактивні моделі органів, які можна обертати, збільшувати чи навіть «розшарувувати». Це особливо корисно для самостійного навчання або роботи в



аудиторіях, де доступ до складного обладнання обмежений. Наприклад, здобувач освіти може використати додаток для вивчення серцевих патологій, аналізуючи модель серця в динаміці. У порівнянні з друкованими підручниками чи відеоуроками ці додатки забезпечують більшу інтерактивність і залученість.

Інтегровані системи доповненої реальності, які поєднують дані з КТ чи МРТ з реальними операційними умовами, дозволяють хірургам і здобувачам освіти «бачити» внутрішні структури пацієнта під час операції. Наприклад, під час ортопедичних втручань лікар може точно визначати розташування імплантатів, що підвищує точність і зменшує ускладнення. У традиційних підходах для цього використовувалися рентгенографічні знімки, що потребувало більше часу і не забезпечувало такої деталізації.

Таким чином, використання технологій доповненої реальності на практиці вже нині дозволяє не лише покращувати якість підготовки хірургів, але й підвищувати ефективність реальних клінічних процедур. У порівнянні з традиційними методами доповнена реальність значно розширює можливості візуалізації, повторного навчання та інтерактивної взаємодії, що робить її невід'ємною частиною сучасної медичної освіти. Крім того, доповнена реальність змінює підходи до засвоєння хірургічних навичок, дозволяючи забезпечити високу точність, інтерактивність і персоналізацію освітнього процесу. Технології доповненої реальності сприяють кращому розумінню анатомії, розвитку просторового мислення та вдосконаленню технічних умінь завдяки симуляції процедур у віртуальному середовищі. Тоді як традиційні методи характеризуються статичними матеріалами або обмеженою практикою, доповнена реальність створює можливості для багаторазового повторення процедур із миттєвим оцінюванням виконаних дій. Це дає змогу здобувачам



освіти медичних ЗВО не лише засвоювати теоретичні знання, а й формувати практичні навички в умовах, максимально наближених до реальних.

На рис. 1. проілюстровано ключові етапи засвоєння хірургічних навичок із використанням технологій доповненої реальності, процес навчання й очікувані результати.

Рисунок 1

Етапи засвоєння хірургічних навичок із використанням технологій доповненої реальності та їх результати



Джерело: сформовано авторами на підставі [8; 10; 13; 20]

Сучасна практика використання доповненої реальності в навчанні хірургічних навичок дозволяє забезпечити високий рівень деталізації та персоналізації навчання. Наприклад, під час вивчення анатомії здобувачі освіти можуть працювати з інтерактивними 3D-моделями, які дозволяють



розширювати структури, аналізувати функції органів та взаємодію систем у русі [13]. У традиційному підході ця інформація здебільшого обмежувалася статичними зображеннями чи анатомічними препаратами, що ускладнювало формування комплексного уявлення про організм.

Під час моделювання хірургічних маніпуляцій, наприклад лапароскопічних втручань, доповнена реальність дозволяє здобувачам освіти працювати з віртуальними інструментами, які відтворюють тактильні відчуття тканин. Це значно покращує координацію рук і очей та дає змогу багаторазово повторювати процедури, формуючи моторні навички. У традиційному навчанні такі можливості обмежуються кількістю доступних реальних випадків і потребують значних ресурсів.

Оцінювання виконаних дій є ключовою перевагою доповненої реальності, оскільки система аналізує точність та ефективність дій здобувача освіти, миттєво надаючи інформацію щодо помилок. Це дозволяє коригувати дії в режимі реального часу, що є неможливим за традиційного підходу, де зворотний зв'язок здебільшого надається після завершення процедури. Наприклад, під час симуляції шунтування судин система доповненої реальності може аналізувати точність розрізів і натягу швів, що пришвидшує навчання.

Використання доповненої реальності в хірургічній підготовці дозволяє створювати інтерактивні симуляційні середовища, які значно підвищують ефективність навчання. Проте рівень запровадження доповненої реальності в освітні програми медичних університетів у різних країнах неоднаковий. У міжнародній практиці доповнена реальність інтегрується на системному рівні, охоплюючи всі етапи навчання, тоді як в Україні її застосування переважно обмежується пілотними проектами і локальними ініціативами (табл. 2).



Таблиця 2

Порівняння впровадження технологій доповненої реальності в хірургічну підготовку: міжнародні практики та стан в Україні

Критерій	Міжнародні практики	Особливості впровадження в Україні
Інтеграція в освітні програми	Доповнена реальність використовується на всіх етапах підготовки, включаючи іспити (США, Німеччина, Нідерланди)	Вибіркове впровадження на окремих етапах навчання (Львівський національний медичний університет, НМУ імені О. О. Богомольця))
Технологічні ресурси	Широкий доступ до інтегрованих систем доповненої реальності, симуляторів та окулярів доповненої реальності	Базові системи доповненої реальності, що використовуються для лапароскопічних процедур
Методична підтримка	Розроблені національні стандарти, адаптовані до освітніх потреб (Канада, Швеція, Іспанія)	Адаптація закордонних методик або створення власних локальних матеріалів
Фінансування	Державна підтримка та грантові програми (США, Великобританія)	Грантове фінансування та підтримка місцевих ІТ-компаній

Джерело: сформовано автором на підставі [5; 9; 14; 19; 20; 21]

Порівняльний аналіз міжнародних практик демонструє, що технології доповненої реальності сприяють стандартизації підготовки здобувачів освіти в медичній галузі, забезпечуючи уніфікований підхід до навчання, об'єктивне оцінювання практичних навичок та інтеграцію реальних клінічних даних в освітній процес. У США доповнена реальність широко впроваджується в симуляційні тренінги, які охоплюють усі етапи підготовки здобувачів освіти,



включаючи складання іспитів. Такі підходи дозволяють поєднувати моделювання клінічних сценаріїв із використанням реальних даних, що підвищує точність оцінювання компетентностей [19, с. 181]. У таких країнах Європи, як Німеччина та Швеція, технології доповненої реальності застосовуються для підготовки до мінімально інвазивних хірургічних процедур, об'єднуючи симуляцію, імітацію реальних умов і детальний аналіз виконаних маніпуляцій [9, с. 3–7; 20, с. 448–450]. Іспанський досвід заслуговує на окрему увагу, оскільки в державі створено національні протоколи для симуляційного навчання, що забезпечують єдиний стандарт підготовки здобувачів освіти у всіх медичних освітніх закладах. Це дозволяє студентам отримувати досвід роботи з реалістичними моделями, поєднуючи технології візуалізації, симуляції та аналітичного оцінювання [21, с. 492–494].

В Україні впровадження доповненої реальності в симуляційне навчання має вибірковий характер і обмежується ресурсами окремих університетів. Базові симулятори доповненої реальності здебільшого використовуються для тренувань у виконанні простих хірургічних технік, як-от маніпулювання інструментами та контроль рухів у віртуальному середовищі.

Інтеграція технологій доповненої реальності в освітній процес медичних закладів вищої освіти України супроводжується низкою проблем, що впливають на її ефективність. Основною перешкодою є обмежений доступ до сучасного обладнання через високу вартість систем доповненої реальності й недостатнє фінансування університетів. Більшість закладів змушені покладатися на грантові програми або співпрацю з ІТ-компаніями, що ускладнює тривалу інтеграцію технологій.

Відсутність уніфікованих методик і освітніх програм створює додаткове навантаження на викладачів, які змушені адаптувати закордонний досвід або



розробляти власні матеріали. Це призводить до нерівномірного рівня підготовки здобувачів вищої освіти, оскільки окремі університети мають кращі ресурси [6].

Недостатній рівень технічної підготовки викладацького складу є ще одним викликом. Брак спеціалізованих тренінгів ускладнює ефективне використання доповненої реальності в освітньому процесі. Додатковою перешкодою є відсутність нормативно-правової бази, яка б регламентувала використання доповненої реальності й забезпечувала його відповідність державним стандартам. Також складності виникають через брак інтегрованих платформ, що поєднують доповнену реальність із віртуальною реальністю та роботизованими системами, знижуючи потенціал для створення комплексних симуляцій, які максимально наближають здобувачів освіти до реальних клінічних умов.

Для ефективного впровадження та оптимізації технологій доповненої реальності в тренінгу хірургічних навичок необхідно реалізувати комплексний підхід, що враховує технічні, освітні та організаційні аспекти. Пріоритетним напрямом є забезпечення медичних університетів сучасним обладнанням через запровадження державних програм фінансування, які би покривали витрати на закупівлю інтегрованих симуляторів, окулярів доповненої реальності та спеціалізованого програмного забезпечення. Залучення грантових коштів від міжнародних організацій та розвиток партнерства із провідними ІТ-компаніями допоможе компенсувати фінансові обмеження. Наприклад, створення спільних проектів із локальними технологічними компаніями може забезпечити постачання необхідних ресурсів і технічну підтримку.

Особливу увагу слід приділити створенню уніфікованих освітніх програм, які інтегрують доповнену реальність на всіх етапах підготовки, включаючи базові курси анатомії, симуляційні тренінги мінімально інвазивних процедур та практику з використанням клінічних даних. Ці програми повинні базуватися на



адаптованому міжнародному досвіді, зокрема прикладах США та ЄС, але з урахуванням ресурсних обмежень українських університетів. Важливим елементом є розроблення національних протоколів, які уніфікують процес підготовки, забезпечуючи відповідність державним і міжнародним стандартам.

Ключовим кроком є підвищення технічної компетентності викладачів через регулярні тренінги, семінари та програми підвищення кваліфікації. Наприклад, запровадження сертифікаційних курсів із використання доповненої реальності дозволить викладачам опанувати сучасні методики викладання та інтеграції технологій в освітній процес. Створення навчально-методичних центрів, де викладачі можуть отримувати практичний досвід роботи з симуляторами та обладнанням, сприятиме забезпеченню єдиного рівня підготовки педагогічного складу.

Крім того, необхідним є розвиток інтегрованих платформ, які поєднують доповнену реальність із віртуальною реальністю, роботизованими системами та аналітичними інструментами для оцінювання виконаних маніпуляцій. Наприклад, створення симуляційного комплексу, який об'єднує ці технології, дозволить проводити багаторівневі тренінги, максимально наближені до реальних клінічних умов. Такі платформи можуть використовуватися як для освітніх цілей, так і для оцінювання практичних навичок здобувачів освіти.

Паралельно важливо вдосконалювати нормативно-правову базу, яка визначатиме роль технологій доповненої реальності в системі медичної освіти. Прийняття національних стандартів для симуляційного навчання та інтеграції новітніх технологій сприятиме уніфікації освітнього процесу, дозволяючи створити єдиний підхід до підготовки медичних кадрів.



Активне залучення здобувачів вищої освіти до використання доповненої реальності може бути досягнуто через упровадження змагальних симуляційних тренінгів із використанням інтегрованих платформ. Наприклад, організація конкурсів на виконання складних клінічних сценаріїв із подальшим детальним аналізом результатів дозволить не лише вдосконалити практичні навички, а й підвищити мотивацію здобувачів освіти до глибшого засвоєння професійних компетенцій. Такі заходи також сприятимуть формуванню конкурентного середовища, що стимулює досягнення високих результатів.

У результаті створення комплексної системи впровадження доповненої реальності забезпечить ефективну підготовку хірургів відповідно до сучасних вимог медичної освіти та сприятиме підвищенню рівня професійної компетентності медичних кадрів.

Висновки. Результати дослідження дозволяють зробити кілька важливих висновків стосовно впровадження технологій доповненої реальності в тренінг хірургічних навичок у вищій медичній освіті України. Встановлено, що доповнена реальність забезпечує суттєві переваги у формуванні професійних компетенцій завдяки інтерактивним симуляціям, які створюють умови, максимально наближені до реальних. Використання доповненої реальності сприяє вдосконаленню моторних навичок, просторового мислення, оперативної тактики здобувачів освіти, що є критично важливим для їх підготовки.

Серед основних проблем інтеграції доповненої реальності визначено обмежений доступ до сучасних технологій через високу вартість обладнання та недостатнє фінансування університетів. Відсутність уніфікованих методичних матеріалів і стандартів навчання також залишається суттєвим викликом, який ускладнює масове впровадження доповненої реальності в освітні програми. Технічна підготовка викладачів до роботи з технологіями доповненої реальності



поки ще є недостатньою, що впливає на якість упровадження інноваційних рішень.

Рекомендації, сформульовані за результатами дослідження, включають розроблення державних програм фінансування для забезпечення університетів сучасними системами доповненої реальності, створення уніфікованих освітніх програм із її використанням, а також організацію тренінгів для викладацького складу. Важливим напрямом є співпраця з ІТ-компаніями для створення інтегрованих платформ, які би поєднували доповнену реальність з іншими технологіями симуляційного навчання.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на оцінюванні довгострокової ефективності доповненої реальності в медичній освіті, порівнянні різних підходів до її впровадження та адаптації міжнародного досвіду до умов України.

Список використаних джерел

1. Будко Г. Ю., Марусич О. О., Корильчук Н. І., Мазур О. В. Деякі практики кращого світового досвіду дистанційного навчання: до питання організації освітнього процесу в медичних закладах освіти України на тлі масштабної військової агресії. *Академічні візії*. 2023. Вип. 17. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/255> (дата звернення: 16.10.2024).

2. Повч О. А., Сидоренко В. М. Інноваційні технології в хірургічній освіті: досвід та перспективи застосування в Україні. *Академічні візії*. 2024. Вип. 30. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1020> (дата звернення: 16.10.2024).



3. Повч О. А., Біляков-Бельський О. Б. Змішане навчання як інструмент підвищення ефективності хірургічної освіти в українських медичних освітніх закладах. *Академічні візії*. 2024. Вип. 32. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1154> (дата звернення: 16.10.2024).

4. Шабатура Ю. В., Рибак В. Р. Технології virtual reality у підготовці медичних фахівців. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації*: матеріали II Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 29–30 верес. 2022 р. / Одес. нац. технол. ун-т. Навч.-наук. ін-т комп'ют. систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П. М. Платонова ; ред. С. В. Котлик ; орг. ком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. Одеса: ОНТУ, 2022. С. 155–156. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/7176cdd9-126a-4403-9e07-407f1fc8fe47> (дата звернення: 16.10.2024).

5. Боечко-Немовча А. О. Сучасні симуляційні методи в нейрохірургії. *Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем СПІРН-2023* : матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 1-3. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/10b20173-04f2-49b6-b315-083940dc1557> (дата звернення: 16.10.2024).

6. Ivanchov P., Melnyk O., Semeniuk L., Hnatiuk I. Integrated Simulation Training for Surgical Skill Development in Ukrainian Medical Universities During War. *Academia*. 2024. Vol. 35–36. P. 9–27. DOI: <https://doi.org/10.26220/aca.5000> (date of access: 16.10.2024).

7. Ламекін Н. В., Кривоконь В. О., Константинова Л. В. Дослідження застосування доповненої реальності. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології»: тези доповідей* (15–16 квітня 2021 р., Кропивницький). Кропивницький: ЦНТУ.



2021. С. 46–47. URL: <https://kntu.kr.ua/doc/zbirnyki/teachers/2021/1.pdf#page=46> (дата звернення: 16.10.2024).

8. Shuhaiber J. H. Augmented Reality in Surgery. *Archives of Surgery*. 2004. Vol. 139, no. 2. P. 170. URL: <https://doi.org/10.1001/archsurg.139.2.170> (date of access: 01.10.2024).

9. Einsatz chirurgischer Simulatoren in der Weiterbildung – eine deutschlandweite Analyse / S. Brunner et al. *Der Chirurg*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s00104-020-01332-2> (date of access: 01.10.2024).

10. A review on the applications of virtual reality, augmented reality and mixed reality in surgical simulation: an extension to different kinds of surgery / A. J. Lungu et al. *Expert Review of Medical Devices*. 2020. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1860750> (date of access: 10.10.2024).

11. Virtual Reality in EU Healthcare: Empowering Patients and Enhancing Rehabilitation / Y. Tsekhmister et al. *Journal of Biochemical Technology*. 2023. Vol. 14, no. 3. P. 23–29. URL: <https://doi.org/10.51847/r5wjfvz1bj> (date of access: 01.10.2024).

12. Onorati I., Radu D. M., Martinod E. What's new in minimally invasive thoracic surgery? Clinical application of augmented reality and learning opportunities in surgical simulation. *Frontiers in Surgery*. 2023. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1254039> (date of access: 01.10.2024).

13. Emergency surgery : textbook for the 6th year students of medicine / authors: V. V. Boyko, V. M. Lisovyi, V. A. Kapustnyk, L. Y. Goncharenko, I. A. Taraban, V. V. Makarov [et al.] ; eds.: V. V. Boyko, V. M. Lisovyi. Kharkiv : KNMU, 2019. 512 p. URL: <https://repo.knmu.edu.ua/items/a3da0b44-ebf1-4c73-8fe9-e401069ceb9d> (date of access: 16.10.2024).



14. . Best J. From Ukraine to remote robotics: how videoconferencing and next generation technology are transforming surgery. *BMJ*. 2022. P. o1078. URL: <https://doi.org/10.1136/bmj.o1078> (date of access: 01.10.2024).

15. Features of using immersive technologies (virtual and augmented reality) in medical education and practice / О. І. Kovalchuk et al. *Morphologia*. 2020. Vol. 14, no. 3. P. 158–164. URL: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.158-164> (date of access: 01.10.2024).

16. Папач О. І., Горожанкіна О. Ю., Різак Г. В. Аналіз ролі штучного інтелекту у впровадженні диференційованого підходу до навчання. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2024. Вип. 10. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13827888> (дата звернення: 16.10.2024).

17. Моторіна В. Г., Різак Г. В., Небеленчук І. О. Педагогічні стратегії впровадження штучного інтелекту в освітній процес закладів вищої освіти України. *Вісник науки та освіти*. 2024. № 9(27). С. 937–951. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-9\(27\)](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-9(27)) (дата звернення: 16.10.2024).

18. Effectiveness of the HoloLens mixed-reality headset in minimally invasive surgery: a simulation-based feasibility study / H. F. Al Janabi et al. *Surgical Endoscopy*. 2019. Vol. 34, no. 3. P. 1143–1149. URL: <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06862-3> (date of access: 01.10.2024).

19. Mazari N., Bensalem S. Leveraging Virtual Reality and Augmented Reality as Educational Experiences to Spark Students' Creativity and Enhance Learning Motivation: Universities of California, Harvard, and MIT as a Case Study. *ATRAS*. Vol. 5 (Special Issue on AI and Education, Online Learning and Education). P. 176–195. URL: <https://asjp.cerist.dz/en/article/253645>

20. History and Application of Virtual Reality in Spinal Surgery / G. Burström et al. *Technical Advances in Minimally Invasive Spine Surgery*.



Singapore, 2022. P. 447–451. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-19-0175-1_39 (date of access: 01.10.2024).

21. Competency assessment of residents of Intensive Care Medicine through a simulation-based objective structured clinical evaluation (OSCE). A multicenter observational study / Á. Castellanos-Ortega et al. *Medicina Intensiva (English Edition)*. 2022. Vol. 46, no. 9. P. 491–500. URL: <https://doi.org/10.1016/j.medine.2022.01.001> (date of access: 01.10.2024).