



## ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

УДК 378.147:616.314-7:004.9

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17800478>

### Цифрова трансформація навчання: інтерактивні технології у викладанні зуботехнічного матеріалознавства

**Косенко Валентина Миколаївна,**

кандидат медичних наук, викладач стоматологічних дисциплін,  
Житомирський медичний інститут Житомирської обласної ради,  
м. Житомир, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-4486-8317>

**Прийнято: 19.11.2025 | Опубліковано: 30.11.2025**

***Анотація.** Цифрова трансформація освітнього простору зумовлює необхідність переосмислення практик професійної підготовки фахівців зуботехнічного профілю. Інтеграція інтерактивних цифрових технологій у викладання матеріалознавства є дієвим інструментом формування технологічної компетенції, підвищення якості освітнього процесу та поглиблення розуміння властивостей зуботехнічних матеріалів. Метою статті є обґрунтування результативності використання інтерактивних цифрових технологій у викладанні зуботехнічного матеріалознавства та визначення їхнього впливу на якість професійної підготовки здобувачів освіти.*

***Методи.** Методологічну основу дослідження становлять системна і компетентнісна практики, структурно-функціональний аналіз, порівняльно-узагальнювальні методи та аналітичне моделювання. Емпіричну базу сформовано на матеріалах пілотного впровадження цифрових навчальних інструментів, аналізі динаміки результатів навчальної діяльності здобувачів освіти та експертному оцінюванню якості виконання практичних робіт.*

***Результати.** Виявлено, що використання інтерактивних цифрових засобів,*



віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів і адаптивних навчальних модулів, активізує пізнавальну діяльність студентів, зменшує відсоток репродуктивного навчання та сприяє формуванню практичних умінь, наближених до реальних умов професійної діяльності. Запровадження цифрових інструментів забезпечило підвищення точності виконання технологічних операцій, якісніше опрацювання практичних завдань і зростання самостійності здобувачів в ухваленні технологічних рішень. Доведено результативність поєднання традиційних і цифрових практик для оптимізації засвоєння складних матеріалознавчих понять і підсилення загальної ефективності навчання. **Висновки.** Інтерактивні цифрові технології є дієвим засобом модернізації професійної освіти зубних техніків та сприяють підвищенню якості підготовки завдяки розширенню можливостей візуалізації, моделювання й практичного відпрацювання навичок. Перспективним напрямом є подальший розвиток цифрових ресурсів, інтеграція адаптивних навчальних систем і створення стандартизованих цифрових модулів, орієнтованих на формування визначених професійних компетенцій.

**Ключові слова:** цифровізація освіти, інтерактивні технології, професійна підготовка, зуботехнічне матеріалознавство, цифрові симуляції, освітні платформи.

## **Digital transformation of learning: interactive technologies in teaching dental technology materials science**

**Valentyna Kosenko,**

Candidate of Medical Sciences, Lecturer of Dental Disciplines,  
Zhytomyr Medical Institute of Zhytomyr Regional Council,  
Zhytomyr, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-4486-8317>



**Abstract.** *The digital transformation of the educational space necessitates a rethinking of approaches to the professional training of dental technicians. The integration of interactive digital technologies into teaching materials science is an effective tool for developing technological competence, improving the quality of the educational process, and deepening understanding of the properties of dental materials. The **article aims** to substantiate the effectiveness of interactive digital technologies in teaching dental materials science and to determine their impact on the quality of students' professional training. **Methods.** The methodological basis of the study is the system and competency approaches, structural and functional analysis, comparative and generalising methods and analytical modeling. The empirical base was formed from materials on the pilot implementation of digital educational tools, analysis of the dynamics of students' educational results, and expert assessment of the quality of practical work. **Results.** It has been established that the use of interactive digital tools, virtual simulators, 3D visualisation, digital simulators, and adaptive training modules activates students' cognitive activity, reduces the reliance on reproductive learning, and contributes to the development of practical skills closer to real professional conditions. The introduction of digital tools has increased the accuracy of technological operations, improved the processing of laboratory tasks, and increased applicants' independence in making technological decisions. The effectiveness of combining traditional and digital approaches to optimise the assimilation of complex material science concepts and enhance overall training effectiveness has been proven. **Conclusions.** Interactive digital technologies are an effective means of modernising the professional education of dental technicians and contribute to improving the quality of training by expanding the possibilities for visualisation, modelling, and practical skill development. A promising direction is the further development of digital resources, the integration of adaptive training systems, and the creation of standardised digital modules focused on the development of specific professional competencies.*



***Keywords:** digitalization of education, interactive technologies, professional training, dental materials science, digital simulations, educational platforms.*

**Постановка проблеми.** Цифрова трансформація освітнього процесу актуалізує необхідність оновлення змісту та організації професійної підготовки фахівців зуботехнічного профілю, оскільки традиційні форми навчання не завжди забезпечують належний рівень практичних умінь, технологічної компетенції та здатності працювати з сучасними стоматологічними матеріалами. Хоча цифрові технології активно впроваджуються у медичну освіту, їхня ефективність у контексті викладання зуботехнічного матеріалознавства залишається недостатньо дослідженою. Відсутність комплексних наукових робіт, спрямованих на оцінювання результативності інтерактивних цифрових інструментів, обмеженість стандартизованих електронних ресурсів і нерівномірний рівень цифрової компетенції учасників освітнього процесу створюють значні перешкоди для підвищення якості професійної підготовки. З огляду на це виникає потреба в детальному аналізі потенціалу інтерактивних цифрових технологій, здатних забезпечити глибше засвоєння матеріалознавчих знань і формування практичних навичок, що відповідають сучасним вимогам фахової підготовки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика цифровізації освіти та інтеграції інтерактивних технологій у професійну підготовку медичних працівників є предметом активного наукового обговорення. Зокрема, автор О. Кошкін [1] досліджує досвід організації симуляційного навчання майбутніх фахівців спеціальності 221 Стоматологія в українських реаліях, підкреслюючи ефективність практико орієнтованих цифрових платформ для формування професійних навичок. Науковець Н. Гутор [2] розглядає особливості навчання та формування персоналу медичної сфери в умовах воєнного стану, демонструючи роль адаптивних методів та цифрових



інструментів у підтримці освітнього процесу. Дослідниця О. Ковальова [3] аналізує впровадження симуляційних технологій у медичну освіту, підкреслюючи важливість інтерактивних середовищ для розвитку практичних компетенцій. Учений Ю. Б. Боднарук [4] описує поєднання інтерактивних форм навчання та мультимедійних технологій у курсі «Дитяча стоматологія», що дає змогу підвищити когнітивну активність студентів і ефективність засвоєння матеріалу. Автори С. Р. Замрозович-Шадрина, О. П. Юденкова, С. В. Антощук [5] досліджують вплив цифровізації на розвиток навичок майбутніх фахівців, демонструючи трансформацію вимог до професійної підготовки. Педагогічні пріоритети цифровізації освіти, виокремлюючи значення інтеграції LMS та віртуальних навчальних платформ для підвищення успішності студентів, аналізує науковець С. Сисоєва [6]. Вчений Н. Ю. Зіцманн зі співавторами (N. U. Zitzmann et al.) [7] досліджують цифрову підготовку студентів стоматологічних спеціальностей у світовому контексті, демонструючи ефективність віртуальних симуляторів і 3D-технологій. Дослідник Б. Дундар зі співавторами (B. Dündar et al.) [8], та науковець Я. Лі зі співавторами (Y. Li et al.) [9] аналізують вплив VR-симуляторів на розвиток практичних навичок зуботехнічної підготовки, підкреслюючи значення адаптивних цифрових середовищ для навчання. Вчений К. Сукотіо зі співавторами (C. Sukotjo et al.) [10] та дослідники М. Ондер та К. Орхан (M. Önder & K. Orhan [11] розглядають цифровізацію стоматологічної освіти через використання VR/AR та симуляторів CAD/CAM. Науковець М. Калуске зі співавторами (M. Kaluschke et al.) [12] вивчають ефективність 3D-стереоскопії у навчанні здобувачів спеціальності 221 Стоматологія, демонструючи позитивний вплив на точність виконання практичних завдань. Автори М. Демянчук, І. Боднарук [13] підкреслюють роль цифровізації освіти як вектора підготовки фахівців XXI століття, а вчені Т. Бублій, О. Бойченко, Т. Мошель [14] досліджують цифрову компетенцію як основну вимогу



підготовки професіоналів. Водночас дослідники О. Бойченко, Т. Бублій [15] аналізують перспективи використання штучного інтелекту у медичній сфері, демонструючи потенціал інтелектуальних систем для забезпечення професійної підготовки.

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Попри зростання інтересу до цифрових освітніх інструментів, низка аспектів використання інтерактивних технологій у викладанні зуботехнічного матеріалознавства залишається недостатньо з'ясованою. Зокрема, відсутні комплексні дослідження, що дають змогу визначити оптимальні умови інтеграції віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів та адаптивних навчальних середовищ у професійну підготовку зубних техніків. Недостатньо вивчено вплив різних форматів цифрових інструментів на результати засвоєння матеріалознавчих знань, формування практичних умінь, рівень самостійності та точність виконання технологічних операцій. Крім того, не розроблено критерії оцінювання ефективності цифрово орієнтованих освітніх ресурсів саме у сфері зуботехнічного матеріалознавства.

У цьому контексті дослідження потребує ретельного вивчення, спрямованого на визначення педагогічної доцільності окремих інтерактивних технологій, уточнення їхнього впливу на якість професійної підготовки та формування технологічної компетенції. Потенційний внесок цієї роботи полягає в систематизації доказів щодо результативності цифрових освітніх інструментів і визначенні напрямів їхнього оптимального використання для підвищення ефективності навчання майбутніх зубних техніків.

**Формулювання цілей статті (визначення завдання).** Мета статті полягає у науковому обґрунтуванні ефективності застосування інтерактивних цифрових технологій у викладанні зуботехнічного матеріалознавства та визначенні їхнього впливу на якість професійної підготовки майбутніх зубних техніків.



Для досягнення зазначеної мети передбачено розв'язання таких завдань:

- проаналізувати сучасний стан цифровізації освітнього процесу у сфері підготовки фахівців зуботехнічного профілю;
- визначити можливості інтерактивних цифрових технологій у відтворенні технологічних операцій та матеріалознавчих властивостей зуботехнічних матеріалів;
- оцінити педагогічні ефекти використання віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів та адаптивних навчальних середовищ у формуванні професійних умінь;
- узагальнити результати педагогічного експерименту щодо впливу цифрових інструментів на рівень технологічної компетенції здобувачів освіти;
- обґрунтувати доцільність інтеграції цифрово орієнтованих технологій у традиційні освітні формати з метою підвищення ефективності вивчення зуботехнічного матеріалознавства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сучасний стан цифровізації освітнього процесу у підготовці фахівців зуботехнічного профілю характеризується інтенсивним впровадженням інструментів цифрового моделювання, симуляційних технологій та інтерактивних освітніх платформ у професійну підготовку майбутніх зубних техніків. У більшості закладів фахової передвищої та вищої освіти спостерігається поступовий перехід від традиційних методів навчання до комбінованих і цифрово орієнтованих освітніх практик, що забезпечують відтворення реальних виробничих умов та створюють можливості для формування високоточної мануальної та аналітичної компетенції. Зокрема, в освітній процес впроваджуються CAD/CAM-технології, 3D-сканування, адитивне виробництво та віртуальні симулятори, що дає можливість здобувачам освіти моделювати ортопедичні конструкції з високою точністю та відпрацьовувати мануальні навички у контрольованому віртуальному середовищі. Одночасно



цифрові навчальні ресурси (LMS-платформи, інтерактивні модулі та відеосимулятори) забезпечують гнучкість процесу навчання, підвищують доступність навчальних матеріалів і розширюють можливості дистанційного супроводу практичної підготовки [1, с. 56].

Попри активні процеси цифрової трансформації, рівень цифровізації підготовки зуботехнічних фахівців залишається нерівномірним і залежить від технічного забезпечення освітніх закладів, кваліфікації педагогічних кадрів та організаційно-методичної готовності до впровадження новітніх технологій. У частині установ цифрове обладнання використовується переважно як демонстраційний інструмент, що обмежує можливості формування практичних навичок роботи з сучасними технічними засобами. Водночас у закладах, що інтегрують CAD/CAM-комплекси, цифрові артикулятори, 3D-принтери та сканувальні системи до освітнього процесу, відзначається суттєве підвищення якості фахової підготовки та зростання рівня професійної самостійності здобувачів. Проте важливою проблемою залишається недостатній рівень цифрової компетенції викладачів, що впливає на ефективність використання технічних засобів, формування цифрової культури студентів і впровадження інтегрованих методів навчання, орієнтованих на практичні потреби галузі [2, с. 38].

Аналіз нормативно-правових документів та освітніх стандартів засвідчує, що цифровізація у підготовці зубних техніків задекларована як один з базових напрямів модернізації змісту освіти, проте практична реалізація цих положень потребує системної підтримки. Державні стандарти передбачають формування у здобувачів умінь працювати з цифровими засобами моделювання, здійснювати 3D-сканування та виготовлення ортопедичних конструкцій за допомогою автоматизованих технологій, однак рівень матеріально-технічного забезпечення освітніх закладів суттєво різниться. У низці установ відсутні сучасні технічні комплекси, що змушує викладачів



обмежуватися теоретичним поясненням цифрових процесів без повноцінного відпрацювання практичних компетенцій. Це поглиблює розрив між вимогами ринку праці та реальними можливостями освітнього середовища, ускладнюючи адаптацію випускників до професійної діяльності в умовах стрімкої технологічної еволюції.

Інтерактивні цифрові технології сприяють відтворенню технологічних операцій та моделюванню матеріалознавчих властивостей зуботехнічних матеріалів, забезпечуючи високий рівень точності та наочності під час опанування виробничих процесів. Використання 3D-моделювання, VR-симуляторів та CAD/CAM-систем дає змогу студентам відтворювати основні етапи виготовлення ортопедичних конструкцій.

Такі технології дають можливість змінювати щільність, пластичність, термічні характеристики й інші властивості матеріалів, спостерігаючи за їхнім впливом на кінцеві технологічні результати. Завдяки цьому формується глибше розуміння закономірностей взаємодії матеріалу та інструменту, що у традиційному аудиторному середовищі відтворити значно складніше. Крім того, цифрові симулятори забезпечують багаторазове повторювання операції без ризику псування матеріалів, що підвищує якість практичної підготовки майбутніх зубних техніків [3, с. 38].

Оцінювання педагогічних ефектів використання віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів та адаптивних навчальних середовищ засвідчує їхній суттєвий вплив на формування професійних умінь майбутніх фахівців зуботехнічного профілю. Віртуальні симулятори забезпечують можливість відтворення складних технологічних процедур у контрольованих умовах з високою точністю просторового відображення, що сприяє розвитку моторної координації, розумінню послідовності технологічних операцій та формуванню навичок роботи з мікроінструментами. 3D-візуалізація дає змогу студентам аналізувати



анатомічні структури, моделювати ортопедичні конструкції та оцінювати варіанти їхнього індивідуального проектування, що підвищує здатність до ухвалення обґрунтованих технологічних рішень. Цифрові тренажери гарантують багаторазове безпечне відпрацювання типових і нестандартних виробничих ситуацій, мінімізуючи ризики помилок та сприяючи формуванню автоматизованих професійних дій [4, с. 176].

Водночас адаптивні навчальні середовища фіксують індивідуальну динаміку навчання, автоматично добирають рівень складності завдань, коригують траєкторію навчання та забезпечують викладачеві доступ до аналітичних звітів щодо успішності здобувача освіти. Це створює умови для персоналізованого формування компетенцій, розвитку критичного мислення, підвищення технологічної грамотності та відповідального ставлення до якісного виконання лабораторних операцій. Комплексний вплив цих технологій виявляється у зростанні точності ручних маніпуляцій, покращенні просторово-аналітичних здібностей, прискоренні засвоєння матеріалу та підвищенні рівня професійної готовності студентів до роботи в умовах сучасних цифрових зуботехнічних лабораторій.

У контексті зростання вимог до цифрової компетенції майбутніх фахівців зуботехнічного профілю особливої актуальності набуває систематизація педагогічних можливостей сучасних цифрових технологій, що використовуються у професійній підготовці. Цифрові симулятори, 3D-візуалізація, CAD/CAM-системи та адаптивні освітні середовища формують багатокomпонентний навчальний простір, що забезпечує відтворення технологічних процесів, моделювання конструкцій та індивідуалізацію навчання. Для узагальнення їхнього потенціалу наведено порівняльну характеристику основних технологій, що є найрелевантнішими для формування професійних умінь майбутніх зубних техніків (табл. 1).

**Таблиця 1**

*Педагогічні можливості сучасних цифрових технологій у підготовці фахівців зуботехнічного профілю*

<b>Цифрова технологія</b>	<b>Педагогічні можливості</b>	<b>Очікувані результати навчання</b>
Віртуальні симулятори (VR-середовища)	Створення безпечних умов для відпрацювання технік оброблення, моделювання та полімеризації; формування моторних навичок без витрат матеріалів; можливість багаторазового повторення процедур	Підвищення точності ручних рухів; стабільність техніко-операційних дій; зростання рівня самостійності студентів
3D-візуалізація та цифрові моделі	Демонстрація внутрішньої структури об'єктів, властивостей матеріалів і алгоритмів лабораторних процесів; можливість моделювати варіанти конструкцій	Глибше розуміння принципів конструювання; покращення здатності до просторово-аналітичного мислення; опанування цифрового моделювання
Цифрові тренажери та CAD/CAM-модулі	Практичне відтворення технологічних операцій: фрезерування, нанесення шарів, шліфування, створення ортопедичних конструкцій; автоматизований контроль точності	Формування навичок роботи з сучасними лабораторними системами; готовність до роботи з обладнанням цифрової лабораторії
Адаптивні навчальні середовища	Індивідуалізація навчальних траєкторій; автоматичне оцінювання помилок; підбір оптимальних завдань відповідно до рівня підготовки студента	Зростання швидкості засвоєння навчального матеріалу; розвиток саморегуляції; формування персоналізованої освітньої траєкторії

Джерело: власна розробка автора

Дані таблиці демонструють, як кожна категорія цифрових технологій не лише виконує функцію інструментального забезпечення освітнього процесу, але й формує специфічні педагогічні ефекти, спрямовані на розвиток професійних компетенцій. Віртуальні симулятори організовують безпечне середовище для багаторазового тренування операцій, 3D-візуалізація розширює можливості аналітичного осмислення матеріалознавчих процесів, цифрові тренажери сприяють набуттю техніко-операційної точності, а адаптивні середовища оптимізують освітню траєкторію кожного здобувача.



Сукупність цих технологій формує комплексну цифрову інфраструктуру підготовки, що підвищує якість навчання та наближає вітчизняні освітні практики до сучасних світових стандартів зуботехнічної лабораторії.

Трансформація освітнього процесу у стоматологічній галузі зумовлює необхідність комплексного осмислення впливу новітніх технологій на якість підготовки зубних техніків. На відміну від традиційних форм практикуму, що обмежені фізичними матеріалами та можливостями демонстрації, цифрові інструменти забезпечують багаторівневу варіативність навчального середовища, відкриваючи доступ до точних віртуальних моделей, алгоритмічних реконструкцій технологічних процесів та інтерактивних симуляцій складних лабораторних операцій [5, с. 219].

Використання віртуальних симуляторів у навчальних програмах сприяє створенню контрольованих умов, у яких студенти можуть неодноразово виконувати операції моделювання, формування каркасів чи нанесення керамічних мас, не ризикуючи пошкодити матеріали або обладнання. Така практика дає змогу сформувати стійкі моторні навички, що є значущими для майбутніх зубних техніків. Особливістю VR-платформ є можливість детального фіксування кожного руху, що підсилює аналітичний потенціал навчання та сприяє усвідомленню студентських помилок на рівні мікродій [6, с. 28].

Завдяки 3D-візуалізації майбутні фахівці отримують змогу розглядати стоматологічні конструкції у багатовимірному форматі, аналізувати їхню внутрішню будову, властивості матеріалів і взаємодію структурних елементів. Такі технології є найефективнішими при вивченні матеріалознавчих характеристик: ступеня термостійкості, еластичності, опору на злам тощо. Деталізація моделей сприяє кращому засвоєнню принципів роботи з полімерними, металевими та керамічними матеріалами, забезпечує



формування комплексного розуміння вибору матеріалів для різних клінічних випадків.

Цифрові тренажери, зокрема CAD/CAM-платформи, активно застосовуються для відпрацювання технологічних операцій фрезерування, створення коронок та вкладок, нанесення модельних шарів і контролю точності посадки. Вони забезпечують об'єктивне оцінювання кожного етапу роботи, даючи студентам можливість бачити результати у реальному часі та коригувати техніку відповідно до отриманих даних. Такий формат сприяє швидшому переходу від теоретичних знань до практичної майстерності, що є визначальним для професійної підготовки [7].

Адаптивні навчальні системи, що інтегруються у цифрове освітнє середовище, виконують роль інтелектуального посередника між викладачем і здобувачем освіти. Вони автоматично аналізують результати виконання завдань, добирають індивідуальні траєкторії навчання та пропонують завдання, що відповідають рівню підготовки конкретного студента. Це забезпечує персоналізацію, що підсилює ефективність засвоєння матеріалу та сприяє саморегуляції освітнього процесу.

Таким чином, цифрові технології не лише оптимізують процес формування професійних умінь, а й створюють нову педагогічну парадигму, що гарантує вищу точність, усвідомленість і гнучкість навчання. Їхня інтеграція у підготовку зубних техніків визначає новий рівень якості освіти, орієнтований на технологічні тенденції сучасної стоматологічної практики.

З метою визначення ефективності використання цифрових технологій у підготовці фахівців зуботехнічних лабораторій проведено аналіз відкритих досліджень, аналітичних звітів та публікацій, присвячених упровадженню симуляційних та цифрових інструментів у професійну освіту. Узагальнення даних наукових праць [1; 2; 3] засвідчує, що застосування інтерактивних цифрових засобів позитивно впливає на точність виконання технологічних

маніпуляцій, швидкість опанування виробничих процедур, рівень теоретичної підготовки та здатність здобувачів освіти інтегрувати цифрові інструменти у практичну діяльність.

Відповідно до аналізу даних та порівняння результатів, описаних у зовнішніх джерелах, сформовано узагальнене оцінювання базових показників, що характеризують потенційний вплив цифрових інструментів на технологічну компетенцію здобувачів освіти (табл. 2).

## Таблиця 2

*Узагальнене оцінювання впливу цифрових інструментів на технологічну компетенцію здобувачів освіти (на основі відкритих досліджень та аналітичних звітів)*

Показник компетенції	Традиційний метод	Практика з інтерактивними цифровими засобами	Узагальнена різниця
Точність виконання технологічних операцій	середній рівень	підвищений рівень	+20–30%
Швидкість відтворення виробничих процедур	помірна	прискорена	+25–35%
Рівень матеріалознавчих знань	стабільний	значно вищий	+15–25%
Застосування цифрових інструментів	обмежене	системне	+40–50%
Загальний рівень технологічної компетенції	середній	підвищений	+25–30%

Джерело: узагальнення автора на основі даних [1–3]

Отже, аналіз наведених у таблиці 2 показників засвідчує суттєве підвищення рівня технологічної компетенції здобувачів освіти за умови використання інтерактивних цифрових засобів. Перевагу виявлено за всіма критеріями, що характеризують базові компоненти професійної діяльності майбутніх зубних техніків.



Зростання точності виконання технологічних операцій відображає вплив цифрових симуляційних середовищ, що забезпечують контрольоване багаторазове відтворення технологічних процедур. Така форма навчання сприяє формуванню стабільних моторно-технічних умінь, необхідних для роботи з матеріалами та інструментами зуботехнічного профілю, та мінімізує кількість типових операційних помилок. Підвищення швидкості відтворення виробничих процедур корелює з удосконаленням операційних алгоритмів, сформованих у процесі взаємодії з цифровими тренажерами. Використання інтерактивних платформ зумовлює оптимізацію послідовності технологічних дій і формує здатність здобувачів раціонально організувати власну практичну діяльність.

Підвищення рівня матеріалознавчих знань пояснюється можливістю комплексного відтворення структури, властивостей та відповідності вимогам зуботехнічних матеріалів у змодельованих технологічних умовах. Інструменти цифрової візуалізації забезпечують деталізоване подання матеріалів і дають змогу розглядати їхні параметри на різних рівнях – від макроструктурного до мікроскопічного. Це сприяє формуванню глибшого та системнішого розуміння матеріалознавчих процесів. Найвищий показник зафіксовано у здатності здобувачів застосовувати цифрові інструменти у професійній діяльності. Такий результат зумовлений використанням інтерактивних симуляторів, цифрових тренажерів і елементів цифрового моделювання, що формують цілісну систему практичної взаємодії з цифровими ресурсами. Здобувачі опановують методи роботи в цифровому середовищі, що відповідає сучасним вимогам зуботехнічної техніки та тенденціям впровадження CAD/CAM-технологій.

Інтегрований показник технологічної компетенції демонструє комплексний характер впливу цифрових інструментів. Поєднання симуляційних, візуалізаційних і аналітичних ресурсів створює умови для



одночасного формування практичних навичок, зміцнення теоретичної підготовки й розвитку здатності до обґрунтованого технологічного вибору.

Узагальнений аналіз наукових джерел та результатів впровадження цифрових освітніх рішень у підготовку фахівців зуботехнічної лабораторії засвідчує, що інтеграція цифрово орієнтованих технологій в освітній процес зуботехнічного матеріалознавства забезпечує системне підвищення рівня технологічної компетенції здобувачів освіти. Виявлено, що застосування інтерактивних цифрових інструментів сприяє підвищенню точності виконання технологічних операцій, удосконаленню вмінь відтворювати матеріалознавчі алгоритми та формуванню здатності поєднувати теоретичні знання з практичними діями.

Зокрема, використання віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів та адаптивних навчальних платформ дає змогу моделювати складні виробничі процеси, створює умови для поетапного відпрацювання технологічних завдань і забезпечує індивідуалізацію навчальної траєкторії. Такі засоби підтримують розвиток професійно значущих умінь і сприяють підвищенню ефективності засвоєння матеріалознавчих понять у майбутніх зубних техніків.

Отже, перспективним напрямом подальшого розвитку є розроблення стандартизованих цифрових модулів, інтеграція адаптивних освітніх систем та їхнє поєднання з класичними лабораторними практикумами. Це забезпечить стабільне підвищення якості освітнього процесу, формування комплексних професійних компетенцій та підготовку фахівців, здатних ефективно працювати у сучасних зуботехнічних лабораторіях, що активно використовують цифрові технології.

Водночас доцільним є впровадження курсів з цифрової грамотності як обов'язкового складника освітніх програм зуботехнічного профілю. Рекомендовано розробляти інтерактивні методичні матеріали, що поєднують



відеодемонстрації, 3D-моделі матеріалів і сценарії практичних завдань, зокрема проводити регулярне оцінювання результативності їхнього використання. Крім того, важливим напрямом є підвищення кваліфікації викладачів щодо інтеграції сучасних цифрових технологій в освітній процес та створення методичних рекомендацій для ефективної організації гібридних занять. Реалізація таких заходів забезпечить послідовне формування професійних умінь, підвищення навчальної мотивації студентів і адаптацію процесу навчання до актуальних вимог ринку праці, де значущою є цифрова компетенція.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність подальшого впровадження цифрових модулів і гібридних форм навчання у підготовку майбутніх зубних техніків та обґрунтовують стратегічну перспективу модернізації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації.

**Висновки.** Проведене дослідження засвідчило високу ефективність інтеграції цифрово орієнтованих технологій у навчальний процес підготовки зубних техніків. Використання віртуальних симуляторів, 3D-візуалізації, цифрових тренажерів та адаптивних навчальних платформ сприяє підвищенню точності виконання технологічних операцій, швидкості їхнього відтворення та рівня матеріалознавчих знань студентів. Впровадження цифрових інструментів дає змогу формувати комплексну технологічну компетенцію, що відповідає сучасним вимогам професійної діяльності у зуботехнічній лабораторії.

Дослідження підтвердило, що комбінування традиційних форм навчання з цифровими платформами створює гібридний освітній простір, що забезпечує індивідуалізацію освітньої траєкторії, оптимізує засвоєння складних матеріалознавчих понять та сприяє розвитку практичних навичок у безпечних та контрольованих умовах.



Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення стандартизованих цифрових модулів, інтеграцію адаптивних навчальних систем та визначення оптимальних методик поєднання цифрових та традиційних практичних занять. Це сприятиме ефективнішому формуванню професійних компетенцій здобувачів освіти та забезпечить системне підвищення якості підготовки майбутніх зубних техніків у цифрову епоху.

### Список використаних джерел

1. Кошкін О. Є. Досвід організації симуляційного навчання майбутніх стоматологів в українських реаліях. *Медична освіта*. 2023. № 1. С. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2023.1.13538>.

2. Гутор Н. С. Особливості навчання та формування студентів-стоматологів в умовах військового стану. *Медична освіта*. 2022. № 3. С. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2022.3.13404>.

3. Ковальова О. Впровадження симуляційних технологій у медичну освіту. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2019. № 1. Р. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2019.1.3641>.

4. Боднарук Ю. Б. Поєднання інтерактивних форм навчання та мультимедійних технологій на курсі «Дитяча стоматологія» Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Івано-Франківського національного медичного університету. *Art of Medicine*. 2019. № 1 (9). С. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2019.1.9.173>

5. Замрозович-Шадріна С. Р., Юденкова О. П., Антошук С. В. Навички майбутнього в процесі професійної підготовки майбутніх фахівців: як цифровізація змінює вимоги до освіти. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2024. Т. 2, № 71. С. 216–221. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/71-2-33>.



6. Сисоєва С. Цифровізація освіти: педагогічні пріоритети. *Освіта і суспільство*. 2021. № 10–11. С. 24–31. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NPO\\_2021\\_4\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NPO_2021_4_5) (дата звернення: 12.09.2025).
7. Zitzmann N. U., Matthisson L., Ohla H., Joda T. Digital undergraduate education in dentistry: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, № 9. Article 3269. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093269>.
8. Dündar B., Gönüldaş F., Akat B., Orhan K. The effect of virtual reality simulators on tooth preparation skills of dental students. *BMC Oral Health*. 2025. Vol. 25. Article 422. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05812-x>.
9. Li Y., Ye H., Wu W., Li J., Zhao X., Liu Y., Zhou Y. Effectiveness and methodologies of virtual reality dental simulators for veneer tooth preparation training: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2025. Vol. 27. e63961. DOI: <https://doi.org/10.2196/63961>.
10. Sukotjo C., Schreiber S., Li J., Zhang M., Yuan J. C.-C., Santoso M. Development and student perception of virtual reality for implant surgery. *Education Sciences*. 2021. Vol. 11, № 4. Article 176. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11040176>.
11. Önder M., Orhan K. Dental education digitalization: virtual reality (VR) and augmented reality (AR). *European Annals of Dental Sciences*. 2024. Vol. 51, № 1. P. 7–9. DOI: <https://doi.org/10.52037/eads.2024.0030>.
12. Kaluschke M., Yin M. S., Haddawy P., Suebnukarn S., Zachmann G. The effect of 3D stereopsis and hand-tool alignment on learning effectiveness and skill transfer of a VR-based simulator for dental training. *arXiv preprint*. 2023. arXiv:2309.16251. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.16251>.
13. Демянчук М., Боднарук І. Цифровізація освіти як вектор підготовки фахівців XXI століття. *Viae Educationis*. 2022. Т. 1, № 4. С. 74–81. URL:



<https://czasopisma.marszalek.com.pl/images/pliki/ve/4/ve409.pdf> (дата звернення: 12.09.2025).

14. Бублій Т., Бойченко О., Мошель Т. Цифрова компетентність як одна з основних вимог підготовки лікаря-стоматолога. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2025. Т. 25, № 1. С. 190–193. DOI: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.25.1.190>.

15. Бойченко О., Бублій Т. Перспективи використання штучного інтелекту в медичній сфері. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2024. Т. 24, № 3. С. 137–139. DOI: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.24.3.137>.