

УДК 378.147:377:004.9

DOI 10.31654/2663-4902-2026-PP-3-170-180

Кланічка Ю. В.

кандидат фізико-математичних наук, доцент
доцент кафедри математики та інформатики і методики навчання
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника
yuriy.klanichka@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8419-3211>

Хрущ Л. З.

кандидат економічних наук, доцент
доцент кафедри математики та інформатики і методики навчання
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника
lesia.khrushch@cnu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8559-8712>

**ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
У STEM-ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ**

У статті теоретично обґрунтовано особливості використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти в умовах цифрової трансформації освіти. Розкрито сутність цифрових інструментів і хмарних технологій, визначено їх дидактичний потенціал та особливості використання на різних етапах STEM-підготовки. Запропоновано авторську класифікацію цифрових інструментів і хмарних технологій за функціонально-дидактичним призначенням і визначено дидактичні можливості їх застосування відповідно до логіки освітнього процесу. Обґрунтовано напрями ефективної інтеграції цифрових інструментів і хмарних технологій в освітній процес закладів вищої освіти. Встановлено, що їх комплексне та педагогічно доцільне використання сприяє реалізації компетентнісного підходу, розвитку дослідницької й проєктної діяльності, формуванню професійних, цифрових і STEM-компетентностей майбутніх педагогів професійної освіти та підвищенню ефективності їх професійної підготовки.

Ключові слова: цифрові інструменти, хмарні технології, STEM-підготовка, майбутні педагоги професійної освіти, цифрова компетентність, професійна підготовка, цифрова трансформація освіти, заклади вищої освіти.

Постановка проблеми. Цифрова трансформація освіти та розвиток STEM-освіти зумовлюють необхідність модернізації професійної підготовки майбутніх педагогів професійної освіти. Сучасний педагог має володіти не лише предметними й методичними компетентностями, а й уміннями ефективно використовувати цифрові інструменти та хмарні технології для організації освітнього процесу, реалізації проєктної діяльності, проведення досліджень і розвитку цифрової грамотності здобувачів освіти.

Використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці розширює можливості організації навчання, забезпечує доступність освітніх ресурсів, підтримує спільну роботу та сприяє формуванню професійних компетентностей майбутніх педагогів. Водночас їх потенціал у закладах вищої освіти реалізується не повною мірою. Недостатньо обґрунтованими залишаються підходи до інтеграції цифрових і хмарних технологій у STEM-підготовку, а також методичні засади їх комплексного використання.

Відтак актуальним є наукове обґрунтування використання цифрових інструментів та хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти й визначення напрямів їх ефективної інтеграції в освітній процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти останніми роками посідає важливе місце в сучасних дослідженнях цифрової

педагогіки, професійної освіти, STEM-освіти та цифрової трансформації освітнього процесу. Сучасні наукові праці зосереджені на питаннях цифрової трансформації професійної підготовки педагогів, розвитку цифрової компетентності, використання цифрових інструментів і хмарних технологій в освітньому процесі, а також визначенні педагогічних умов ефективної реалізації STEM-підходу.

Важливий напрям сучасних досліджень пов'язаний із цифровою трансформацією професійної освіти та інтеграцією цифрових технологій у підготовку майбутніх педагогів. Так, О. Я. Стойка [12] обґрунтовує особливості цифрової трансформації професійної підготовки педагогів, М. А. Миндруль [5] розкриває роль цифрових технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців професійної освіти, тоді як Т. В. Паска та Б. В. Паска [8] висвітлюють можливості цифрового освітнього середовища для організації змішаного й дистанційного навчання, розвитку цифрової взаємодії та підвищення ефективності професійної підготовки.

Окремий напрям досліджень присвячено формуванню цифрової компетентності майбутніх педагогів як однієї з ключових складових їх професійної готовності. М. Близнюк і Я. Радько [2] розкривають теоретичні засади цифрової компетентності майбутніх викладачів професійної освіти, М. В. Андрієць та О. В. Самойленко [1] визначають її як основу цифрової готовності майбутніх учителів до професійної діяльності, V. V. Oliynyuk із співавторами [16] досліджують можливості розвитку цифрової компетентності засобами хмарних сервісів Google Workspace for Education, а Н. Ма і L. Ismail [14] узагальнюють сучасні тенденції розвитку цифрової компетентності в освіті на основі систематичного огляду наукових досліджень.

Значна кількість сучасних досліджень присвячена розвитку STEM-освіти та професійній підготовці педагогів до її реалізації. І. Sánchez Milara та M. Cortés Orduña [19] визначають сучасні можливості й виклики STEAM-педагогіки, R. M. Vieira із співавторами [20] досліджують цифрову компетентність STEM-педагогів, О. Д. Гуменний [3] розкриває перспективи використання STEM-технологій у підготовці майбутніх педагогів, В. В. Оніпко [6] висвітлює сучасні підходи до професійної підготовки майбутніх учителів природничої освітньої галузі, а N. Rehman із співавторами [18] узагальнюють ефективні стратегії професійного розвитку STEM-педагогів.

Особливого розвитку останніми роками набули дослідження, присвячені використанню сучасних цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-освіті. Н. D. Osorio Vanegas із співавторами [17] систематизують сучасні освітні технології, компетентності та моделі їх використання у підготовці педагогів, Н. Malichatin і U. Fawaida [15] узагальнюють педагогічні підходи, цифрові інструменти та результати їх застосування у STEM-освіті, С. Kefalis із співавторами [13] аналізують можливості використання цифрових симуляцій у STEM-навчанні, В. Парасинчук і О. Потапчук [7] обґрунтовують потенціал імерсивних технологій у професійній підготовці майбутніх педагогів, С. П. Стецик [11] досліджує використання хмарних технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців, а Ю. Сах [9] аналізує зарубіжний досвід застосування цифрових інструментів у підготовці педагогів до викладання STEM-дисциплін.

Отже, сучасні дослідження достатньо ґрунтовно висвітлюють питання цифрової трансформації освіти, розвитку цифрової компетентності педагогів, використання цифрових інструментів, хмарних технологій та STEM-підходу у професійній підготовці. Водночас переважна більшість наукових праць присвячена окремим аспектам зазначеної проблематики. Недостатньо дослідженими залишаються питання комплексного використання цифрових інструментів і хмарних технологій саме у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти, їх систематизації за функціонально-дидактичним призначенням, визначення дидактичних можливостей відповідно до етапів STEM-підготовки та обґрунтування напрямів їх ефективної інтеграції в освітній процес закладів вищої освіти. Саме необхідність теоретичного обґрунтування зазначених питань зумовила вибір теми цього дослідження

Мета статті полягає в теоретичному обґрунтуванні особливостей використання цифрових інструментів та хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів

професійної освіти, визначенні їх дидактичного потенціалу та напрямів ефективної інтеграції в освітній процес закладів вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифрова трансформація освіти є одним із ключових напрямів модернізації системи вищої освіти, що зумовлює перегляд змісту, форм і методів професійної підготовки майбутніх педагогів. Її сутність полягає не лише у впровадженні цифрових технологій в освітній процес, а й у створенні цифрового освітнього середовища, яке забезпечує формування професійних і цифрових компетентностей, розвиток готовності до безперервного навчання та ефективної професійної діяльності в умовах цифрового суспільства. При цьому цифрові технології виступають одночасно засобом навчання, інструментом формування професійних компетентностей і об'єктом опанування майбутніми педагогами, оскільки їх подальша професійна діяльність безпосередньо пов'язана з використанням цифрових ресурсів та сервісів у освітньому процесі [12, с. 59].

У контексті цифрової трансформації освіти особливого значення набуває STEM-підхід, який передбачає інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії та математики для розв'язання практико орієнтованих завдань. Його реалізація ґрунтується на міждисциплінарній інтеграції знань, проєктній та дослідницькій діяльності, проблемно орієнтованому навчанні, розвитку критичного мислення, творчості, комунікації та співпраці [19]. Використання цифрових технологій істотно розширює можливості STEM-освіти, забезпечуючи моделювання професійних ситуацій, організацію спільної роботи, проведення віртуальних експериментів, використання цифрових лабораторій і хмарних сервісів, що сприяє наближенню освітнього процесу до реальних умов майбутньої професійної діяльності [20, с. 3].

Важливою складовою STEM-підготовки є формування цифрової компетентності майбутнього педагога професійної освіти, яка охоплює здатність добирати та ефективно використовувати цифрові інструменти відповідно до освітніх цілей, створювати цифровий навчальний контент, організовувати взаємодію учасників освітнього процесу, здійснювати цифрове оцінювання результатів навчання, забезпечувати інформаційну безпеку та дотримуватися принципів академічної доброчесності. Невід'ємними складовими цієї компетентності є також критичне оцінювання цифрових ресурсів, готовність до професійного саморозвитку та впровадження інноваційних педагогічних практик [2, с. 64-65].

Сучасні вимоги до професійної підготовки майбутніх педагогів професійної освіти визначаються розвитком цифрової економіки, технологій Індустрії 4.0 та потребою у фахівцях, здатних працювати в цифровому освітньому середовищі. У зв'язку з цим професійна підготовка має бути спрямована на розвиток умінь організовувати змішане й дистанційне навчання, використовувати цифрові платформи, хмарні сервіси, засоби візуалізації, моделювання та комунікації, інтегрувати цифрові технології в освітній процес відповідно до змісту навчання й майбутньої професійної діяльності [5, с. 83]. Водночас результати сучасних досліджень свідчать, що інтеграція цифрових технологій у підготовку майбутніх педагогів професійної освіти ще не має достатньо системного характеру, що актуалізує необхідність удосконалення методичних підходів до використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці [12, с. 57].

Отже, аналіз сучасних наукових підходів свідчить, що STEM-підготовка майбутніх педагогів професійної освіти в умовах цифрової трансформації освіти має комплексний характер і поєднує формування професійних, цифрових та методичних компетентностей, необхідних для ефективної організації освітнього процесу. Водночас реалізація STEM-підходу потребує не лише оновлення змісту професійної підготовки, а й широкого використання цифрових інструментів і хмарних технологій, які забезпечують інтеграцію теоретичного й практичного навчання, організацію спільної діяльності, підтримку проєктно-дослідницької роботи та розвиток цифрової компетентності майбутніх педагогів. За таких умов особливої актуальності набуває визначення дидактичних можливостей сучасних цифрових інструментів і хмарних технологій та обґрунтування доцільності їх використання у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти.

Важливим напрямом досліджень сьогодення є визначення сутності цифрових інструментів і хмарних технологій, які розглядаються як взаємопов'язані складові цифрового освітнього середовища, що забезпечують організацію, підтримку та управління освітнім процесом. Під цифровими інструментами науковці розуміють сукупність програмних засобів, онлайн-сервісів, платформ і цифрових ресурсів, призначених для створення, опрацювання, зберігання, візуалізації, передавання та оцінювання навчальної інформації, а також організації взаємодії між учасниками освітнього процесу. Хмарні технології трактуються як сукупність технологічних рішень, що забезпечують віддалений доступ до програмного забезпечення, навчальних матеріалів і цифрових ресурсів, їх спільне використання, зберігання та опрацювання через мережу Інтернет незалежно від місця перебування користувачів, створюючи єдиний цифровий простір для навчання, комунікації та співпраці [3; 10; 16].

Водночас науковці наголошують, що використання цифрових інструментів і хмарних технологій істотно розширює дидактичні можливості професійної підготовки майбутніх педагогів. Їх застосування сприяє створенню інтерактивного освітнього середовища, реалізації змішаного й дистанційного навчання, організації спільної проєктної діяльності, персоналізації освітнього процесу, використанню цифрових ресурсів, інтерактивного контенту та сучасних засобів візуалізації, що підвищує мотивацію здобувачів освіти й забезпечує практичну спрямованість навчання [3; 10].

Окрему увагу в дослідженнях приділено ролі цифрових інструментів і хмарних технологій у формуванні професійних і цифрових компетентностей майбутніх педагогів. Узагальнення наукових праць свідчить, що їх системне використання сприяє розвитку цифрової грамотності, умінь створювати цифровий освітній контент, організовувати комунікацію й співпрацю в цифровому середовищі, використовувати хмарні сервіси для навчання, здійснювати цифрове оцінювання, а також формує готовність до впровадження інноваційних педагогічних технологій у професійній діяльності [1; 3; 10; 16].

Відтак, ефективність використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці визначається не стільки різноманітністю цифрових сервісів, скільки їх дидактично обґрунтованим добром відповідно до цілей, змісту та очікуваних результатів навчання. Саме інтеграція цифрових засобів у структуру професійної підготовки забезпечує перехід від їх епізодичного використання до системної підтримки освітнього процесу, спрямованої на розвиток професійних і цифрових компетентностей майбутніх педагогів професійної освіти. Це зумовлює необхідність їх систематизації за функціональним призначенням і дидактичними можливостями, що дає змогу визначити найбільш доцільні напрями використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці (табл. 1).

Таблиця 1

**Класифікація цифрових інструментів та хмарних технологій
для STEM-підготовки майбутніх педагогів професійної освіти**

Функціональна група	Дидактичне призначення у STEM-підготовці	Приклади цифрових інструментів і хмарних технологій (перелік не є вичерпним)
1	2	3
Хмарні платформи управління навчанням	Організація змішаного й дистанційного навчання, управління освітнім процесом, розміщення навчальних матеріалів	Moodle, Google Classroom, Canvas, Microsoft Teams
Хмарні сервіси спільної діяльності та колаборації	Організація командної роботи, виконання STEM-проєктів, спільне створення й редагування документів	Google Workspace (Docs, Sheets, Slides, Drive, Meet), Microsoft 365, OneDrive

Продовження таблиці 1

1	2	3
Інструменти створення цифрового освітнього контенту	Розроблення презентацій, інтерактивних матеріалів, інфографіки, відео та навчальних ресурсів	Canva, Genially, Adobe Express, Prezi, Google Sites
Засоби STEM-моделювання та цифрової візуалізації	Візуалізація природничих і технічних процесів, математичне моделювання, конструювання цифрових моделей	GeoGebra, Desmos, Tinkercad, SketchUp, Onshape
Віртуальні лабораторії та STEM-середовища	Проведення віртуальних експериментів, дослідницька діяльність, набуття практичних умінь	Labster, PhET Interactive Simulations, Arduino Cloud, micro:bit, Cisco Packet Tracer
Імерсивні цифрові технології	Моделювання професійних ситуацій, розвиток просторового мислення, інтерактивне дослідження об'єктів і процесів	CoSpaces Edu, ClassVR, Merge EDU, VR/AR-симуляції
Інструменти програмування та освітньої робототехніки	Формування алгоритмічного, інженерного та конструкторського мислення, реалізація STEM-проектів	Arduino IDE, Scratch, MIT App Inventor, LEGO Education SPIKE, micro:bit
Інструменти цифрового оцінювання та зворотного зв'язку	Поточне, формувальне та підсумкове оцінювання, моніторинг навчальних досягнень	Google Forms, Kahoot!, Quizizz, Mentimeter, Plickers
Інструменти організації проєктної діяльності	Планування, координація та супровід командної роботи над STEM-проектами	Trello, Padlet, Miro
Інтелектуальні цифрові сервіси на основі штучного інтелекту (AI)	Персоналізація навчання, генерування навчального контенту, інформаційно-аналітична підтримка, розроблення навчальних матеріалів	ChatGPT, Gemini, Microsoft Copilot, Claude

Джерело: авторська систематизація цифрових інструментів та хмарних технологій, здійснена на основі теоретичного аналізу, порівняння, узагальнення й інтеграції результатів сучасних наукових досліджень [2; 4; 5; 7; 8; 13; 17; 19].

Запропонована класифікація свідчить, що цифрові інструменти та хмарні технології утворюють цілісну систему засобів, яка забезпечує реалізацію різних компонентів STEM-підготовки майбутніх педагогів професійної освіти. Їх функціональне різноманіття охоплює всі етапи освітнього процесу – від організації навчання та створення цифрового освітнього контенту до дослідницької діяльності, командної взаємодії, оцінювання результатів навчання й реалізації STEM-проектів. Водночас педагогічна цінність цифрових засобів визначається не функціональними характеристиками окремих сервісів, а їх дидактично обґрунтованим використанням відповідно до цілей, змісту й етапів професійної підготовки. Це зумовлює необхідність визначення дидактичних можливостей цифрових інструментів і хмарних технологій на різних етапах STEM-підготовки майбутніх педагогів професійної освіти (табл. 2).

Таблиця 2

**Дидактичні можливості цифрових інструментів відповідно
до етапів STEM-підготовки**

Етап STEM-підготовки	Дидактичні можливості цифрових інструментів і хмарних технологій	Очікуваний результат
Мотиваційно-проблемний	Створення проблемних професійних ситуацій, візуалізація реальних виробничих процесів, актуалізація попереднього досвіду, організація мозкового штурму, стимулювання пізнавальної активності та мотивації до дослідницької діяльності	Усвідомлення практичної значущості STEM-завдання, сформована навчальна мотивація, готовність до пошуку способів розв'язання професійної проблеми
Інформаційно-аналітичний	Організація доступу до цифрових освітніх ресурсів, інтеграція навчальної інформації з різних галузей знань, підтримка самостійної роботи, розвиток інформаційної культури, критичний аналіз та систематизація інформації	Системне розуміння міждисциплінарних зв'язків, розвиток інформаційно-цифрової компетентності, здатність здійснювати обґрунтований добір цифрових ресурсів
Дослідницько-експериментальний	Моделювання природничих і технічних процесів, проведення віртуальних експериментів, перевірка гіпотез, цифрова фіксація та візуалізація результатів, аналіз отриманих даних	Сформованість дослідницьких умінь, розвиток критичного мислення, здатність аналізувати результати експерименту та приймати обґрунтовані рішення
Проектно-конструкторський	Організація командної взаємодії, цифрове проектування, моделювання технічних рішень, створення цифрових моделей і прототипів, планування та координація проектної діяльності	Розвиток інженерного, алгоритмічного та проектного мислення, сформованість умінь працювати в команді, створювати й удосконалювати STEM-проекти
Презентаційно-комунікативний	Підготовка цифрових презентацій, візуалізація результатів досліджень, представлення проєктів, організація професійної комунікації, обговорення та аргументація запропонованих рішень	Розвиток комунікативної компетентності, здатність професійно представляти результати власної діяльності, аргументовано відстоювати прийняті рішення
Оцінювально-рефлексивний	Формувальне та підсумкове оцінювання, самооцінювання й взаємооцінювання, цифровий моніторинг навчальних досягнень, аналіз результатів діяльності, визначення напрямів подальшого професійного розвитку	Сформованість рефлексивної компетентності, здатність здійснювати самоаналіз, оцінювати результати власної діяльності та планувати подальше професійне вдосконалення

Джерело: авторська систематизація цифрових інструментів та хмарних технологій, розроблена на основі теоретичного аналізу, порівняння, узагальнення й інтеграції сучасних наукових підходів [2; 5; 8; 10–12; 14; 16; 20].

Наведені дидактичні можливості свідчать, що використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти має комплексний характер і охоплює всі основні етапи освітнього процесу. Їх педагогічний потенціал реалізується через підтримку навчально-пізнавальної, дослідницької, проєктної, комунікативної та рефлексивної діяльності, що забезпечує цілісне формування професійних, цифрових і STEM-компетентностей. Отже, ефективність STEM-підготовки визначається не окремими цифровими технологіями, а системністю їх педагогічної інтеграції, яка забезпечує послідовне досягнення цілей професійної підготовки на кожному етапі освітнього процесу.

Використання цифрових інструментів і хмарних технологій доцільно здійснювати комплексно та послідовно відповідно до етапів STEM-підготовки. На етапі мотивації вони сприяють актуалізації професійних проблем і формуванню пізнавального інтересу; під час опрацювання навчального матеріалу забезпечують інтеграцію міждисциплінарних знань і доступ до цифрових ресурсів; у процесі дослідницької та проєктної діяльності підтримують моделювання, проведення віртуальних експериментів, командну взаємодію та створення цифрових продуктів; на завершальному етапі забезпечують презентацію результатів, оцінювання навчальних досягнень і професійну рефлексію. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність цифрової підтримки навчання та цілісність формування професійних компетентностей.

За результатами дослідження вбачається можливим виокремити основні напрями ефективної інтеграції цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовку майбутніх педагогів професійної освіти. До них належать інтеграція цифрових засобів у зміст навчальних дисциплін, використання їх для організації дослідницької та проєктної діяльності, забезпечення цифрової взаємодії учасників освітнього процесу, підтримка змішаного й дистанційного навчання, цифрового оцінювання результатів навчання, а також формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів освіти. Комплексна реалізація зазначених напрямів сприяє підвищенню якості STEM-підготовки та формуванню професійних і цифрових компетентностей майбутніх педагогів професійної освіти.

З урахуванням результатів проведеного аналізу можна стверджувати, що використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти має ґрунтуватися на таких положеннях: відповідності цифрових засобів цілям і змісту навчання; поєднанні традиційних та цифрових форм організації освітнього процесу; інтеграції цифрових технологій із проєктною, дослідницькою та практичною діяльністю; забезпеченні цифрової взаємодії й співпраці учасників освітнього процесу; використанні цифрових засобів для безперервного зворотного зв'язку, оцінювання та професійної рефлексії. Реалізація зазначених положень сприятиме створенню цілісного цифрового освітнього середовища, підвищенню якості STEM-підготовки та формуванню професійних, цифрових і STEM-компетентностей майбутніх педагогів професійної освіти відповідно до сучасних вимог цифрової трансформації освіти.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, у результаті проведеного дослідження теоретично обґрунтовано особливості використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти в умовах цифрової трансформації освіти. Встановлено, що їх використання сприяє реалізації компетентнісного підходу, інтеграції міждисциплінарних знань, підтримці дослідницької та проєктної діяльності, активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти й формуванню професійних, цифрових і STEM-компетентностей.

Уточнено сутність цифрових інструментів і хмарних технологій, визначено їх дидактичний потенціал, запропоновано авторську класифікацію за функціонально-дидактичним призначенням, а також обґрунтовано основні напрями їх ефективної інтеграції в освітній процес закладів вищої освіти. Обґрунтовано, що результативність STEM-підготовки забезпечується комплексною та педагогічно доцільною інтеграцією

цифрових інструментів і хмарних технологій відповідно до цілей, змісту й етапів професійної підготовки.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у розробленні та експериментальній перевірці методики використання цифрових інструментів і хмарних технологій у STEM-підготовці майбутніх педагогів професійної освіти, а також у дослідженні можливостей інтеграції систем штучного інтелекту й іммерсивних технологій у професійну підготовку здобувачів вищої освіти.

Список використаних джерел

1. Андрієць М. В., Самойленко О. В. Цифрова компетентність як основа цифрової готовності майбутніх учителів інформатики до професійної діяльності. Наукові записки. Серія «Психолого-педагогічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя). 2025. № 4. С. 128–137. DOI: <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2025-PP-4-128-137>
2. Близнюк М., Радько Я. Теоретичні основи цифрової компетентності майбутніх викладачів професійної освіти у фаховій підготовці. Українська професійна освіта. 2025. № 17. С. 60–79. DOI: <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.17.342369>
3. Гуменний О. Д. Застосування STEM-технологій у підготовці майбутніх педагогів: перспективи та виклики. Перспективи та інновації науки. 2024. № 3(37). С. 187–198. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3\(37\)-187-198](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3(37)-187-198)
4. Коваль О. Підготовка майбутніх учителів інформатики до організації освітнього процесу в умовах змішаного навчання. Український педагогічний журнал. 2025. № 1. С. 45–59. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-45-59>
5. Миндруль М. А. Роль цифрових технологій в освітньому процесі підготовки майбутніх фахівців професійної освіти. Науковий часопис Українського державного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2025. Вип. 164(2). С. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.31392/NZ-udu-164-2.2025.09>
6. Оніпко В. В. Професійна підготовка майбутніх учителів природничої освітньої галузі в контексті сучасних наукових підходів. Українська професійна освіта. 2025. № 18. С. 33–44. DOI: <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.18.347622>
7. Парасинчук В., Потапчук О. Підготовка майбутніх педагогів до застосування іммерсивних технологій у професійній діяльності. Український педагогічний журнал. 2025. № 4. С. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-4-111-117>
8. Паска Т. В., Паска Б. В. Особливості використання цифрових технологій у професійній підготовці майбутніх педагогів. Інноваційна педагогіка. 2024. Вип. 70. Т. 2. С. 70–75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/70.2.14>
9. Сах Ю. Аналіз зарубіжного досвіду застосування цифрових інструментів у підготовці педагогів до викладання STEM-дисциплін. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки». 2025. № 4. С. 144–153. DOI: <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-4-144-153>
10. Сороко Н. В., Шимон О. М. Готовність учителів до використання цифрових інструментів у STEAM-орієнтованому освітньому середовищі. Освітня аналітика України. 2025. № 1 (33). С. 28–42. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2025-1-28-42>
11. Стецик С. П. Використання хмарних технологій у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2025. Вип. 24 (31). С. 149–164. DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series2.2025.24\(31\).14](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series2.2025.24(31).14)
12. Стойка О. Я. Особливості цифрової трансформації професійної підготовки вчителів в Україні. Педагогічні науки. 2023. Вип. 102. С. 54–61. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-102-8>
13. Kefalis C., Skordoulis C., Drigas A. Digital Simulations in STEM Education: Insights from Recent Empirical Studies, a Systematic Review. Encyclopedia. 2025. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010>
14. Ma H., Ismail L. Bibliometric Analysis and Systematic Review of Digital Competence in Education. Humanities and Social Sciences Communications. 2025. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04401-1>
15. Malichatin H., Fawaida U. Pedagogical Models and Applications of STEM Education: A Systematic Literature Review on Approaches, Tools, and Learning Outcomes. The 3rd Education, Science, and Technology International Conference. 2025. Vol. 3. №. 1. P. 165–184. URL: <https://jurnalnew.unimus.ac.id/index.php/eduscience/article/view/769> (дата звернення: 01.08.2026).

16. Oliynyk V. V., Gushchyna N. I., Kondratova L. H., Kasian S. P. Developing digital competence of teachers in postgraduate education using Google Workspace for Education. CTE Workshop Proceedings. 2024. Vol. 11. P. 356–380. DOI: <https://doi.org/10.55056/cte.662>
17. Osorio Vanegas H. D., Segovia Cifuentes Y. de M., Sobrino Morras A. Educational Technology in Teacher Training: A Systematic Review of Competencies, Skills, Models, and Methods. *Education Sciences*. 2025. Vol. 15. №. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15081036>
18. Rehman N., Huang X., Mahmood A., Zafeer H. M. I., Mohammad N. K. Emerging Trends and Effective Strategies in STEM Teacher Professional Development: A Systematic Review. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04272-y>
19. Sánchez Milara I., Cortés Orduña M. Possibilities and Challenges of STEAM Pedagogies. 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.15282>
20. Vieira R. M., Tenreiro-Vieira C. C., Bem-Haja P., Lucas M. STEM Teachers' Digital Competence: Different Subjects, Different Proficiencies. *Education Sciences*. 2023. Vol. 13. № 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13111133>

References

1. Andriets, M. V., & Samoilenko, O. V. (2025). Tsyfrova kompetentnist yak osnova tsyvrovoi hotovnosti maibutnikh uchyteliv informatyky do profesiinoi diialnosti [Digital competence as the basis of digital readiness of future computer science teachers for professional activity]. *Naukovi zapysky. Seriya «Psykhologo-pedahohichni nauky» (Nizhynskii derzhavnyi universytet imeni Mykoly Hoholia) – Research Notes. Series «Psychology and Pedagogy Research» (Nizhyn Mykola Gogol State University)*, 4, 128–137. <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2025-PP-4-128-137> [in Ukrainian].
2. Blyzniuk, M., & Radko, Ya. (2025). Teoretychni osnovy tsyvrovoi kompetentnosti maibutnikh vykladachiv profesiinoi osvity u fakhovii pidhotovtsi [Theoretical foundations of digital competence of future vocational education teachers in professional training]. *Ukrainska profesiina osvita – Ukrainian Professional Education*, 17, 60–79. <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.17.342369> [in Ukrainian].
3. Humennyi, O. D. (2024). Zastosuvannia STEM-tekhnologii u pidhotovtsi maibutnikh pedahohiv: perspektyvy ta vyklyky [Application of STEM technologies in the training of future teachers: Prospects and challenges]. *Perspektyvy ta innovatsii nauky – Perspectives and Innovations of Science*, 3(37), 187–198. [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3\(37\)-187-198](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3(37)-187-198) [in Ukrainian].
4. Koval, O. (2025). Pidhotovka maibutnikh uchyteliv informatyky do orhanizatsii osvitnoho protsesu v umovakh zmishanoho navchannia [Training future computer science teachers to organize the educational process in blended learning conditions]. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal – Ukrainian Educational Journal*, 1, 45–59. <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-45-59> [in Ukrainian].
5. Myndrul, M. A. (2025). Rol tsyfrovykh tekhnologii v osvitnomu protsesi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv profesiinoi osvity [The role of digital technologies in the educational process of training future vocational education specialists]. *Naukovyi chasopys Ukrainskoho derzhavnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya 5. Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy – Scientific Journal of Ukrainian State Dragomanov University. Series 5. Pedagogical Sciences: Realities and Prospects*, 164(2), 78–84. <https://doi.org/10.31392/NZ-udu-164-2.2025.09> [in Ukrainian].
6. Onipko, V. V. (2025). Profesiina pidhotovka maibutnikh uchyteliv pryrodnychoi osvitnoi haluzi v konteksti suchasnykh naukovykh pidkhodiv [Professional training of future teachers of the natural science educational field in the context of modern scientific approaches]. *Ukrainska profesiina osvita – Ukrainian Professional Education*, 18, 33–44. <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.18.347622> [in Ukrainian].
7. Parasynchuk, V., & Potapchuk, O. (2025). Pidhotovka maibutnikh pedahohiv do zastosuvannia imersyivnykh tekhnologii u profesiinii diialnosti [Training future teachers to use immersive technologies in professional activity]. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal – Ukrainian Educational Journal*, 4, 111–117. <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-4-111-117> [in Ukrainian].
8. Paska, T. V., & Paska, B. V. (2024). Osoblyvosti vykorystannia tsyfrovykh tekhnologii u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh pedahohiv [Features of using digital technologies in the professional training of future teachers]. *Innovatsiina pedahohika – Innovative Pedagogy*, 70(2), 70–75. <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/70.2.14> [in Ukrainian].
9. Sakh, Yu. (2025). Analiz zarubizhnogo dosvidu zastosuvannia tsyfrovykh instrumentiv u pidhotovtsi pedahohiv do vykladannia STEM-dystsyplin [Analysis of foreign experience in using digital tools in training teachers to teach STEM disciplines]. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Seriya “Pedahohichni nauky” – Bulletin of Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University. Series: Pedagogical Sciences*, 4, 144–153. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-4-144-153> [in Ukrainian].
10. Soroko, N. V., & Shymon, O. M. (2025). Hotovnist uchyteliv do vykorystannia tsyfrovykh instrumentiv u STEAM-orientovanomu osvitnomu seredovyshchi [Teachers' readiness to use digital tools in a STEAM-oriented educational environment]. *Osvitnia analityka Ukrainy – Educational Analytics of Ukraine*, 1(33), 28–42. <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2025-1-28-42> [in Ukrainian].

11. Stetsyk, S. P. (2025). Vykorystannia khmarnykh tekhnolohii u protsesi profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv z informatsiynykh tekhnolohii [Use of cloud technologies in the professional training of future information technology specialists]. *Naukovyi chasopys Ukrainskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhaila Drahomanova. Seria 2. Kompiuterno-orientovani systemy navchannia – Scientific Journal of Ukrainian State Dragomanov University. Series 2. Computer-Oriented Learning Systems*, 24(31), 149–164. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series2.2025.24\(31\).14](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series2.2025.24(31).14) [in Ukrainian].
12. Stoika, O. Ya. (2023). Osoblyvosti tsyfrovoi transformatsii profesiinoi pidhotovky vchyteliv v Ukraini [Features of the digital transformation of teacher professional training in Ukraine]. *Pedahohichni nauky – Pedagogical Sciences*, 102, 54–61. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-102-8> [in Ukrainian].
13. Kefalis, C., Skordoulis, C., & Drigas, A. (2025). Digital Simulations in STEM Education: Insights from Recent Empirical Studies, a Systematic Review. *Encyclopedia*, 5. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010> [in English].
14. Ma, H., & Ismail, L. (2025). Bibliometric Analysis and Systematic Review of Digital Competence in Education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04401-1> [in English].
15. Malichatin, H., & Fawaida, U. (2025). Pedagogical Models and Applications of STEM Education: A Systematic Literature Review on Approaches, Tools, and Learning Outcomes. *The 3rd Education, Science, and Technology International Conference*, 3(1), 165–184. Retrieved August 1, 2026, from <https://jurnalnew.unimus.ac.id/index.php/eduscience/article/view/769> [in English].
16. Oliynyk, V. V., Gushchyna, N. I., Kondratova, L. H., & Kasian, S. P. (2024). Developing Digital Competence of Teachers in Postgraduate Education Using Google Workspace for Education. *CTE Workshop Proceedings*, 11, 356–380. <https://doi.org/10.55056/cte.662> [in English].
17. Osorio Vanegas, H. D., Segovia Cifuentes, Y. de M., & Sobrino Morrás, A. (2025). Educational Technology in Teacher Training: A Systematic Review of Competencies, Skills, Models, and Methods. *Education Sciences*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/educsci15081036> [in English].
18. Rehman, N., Huang, X., Mahmood, A., Zafeer, H. M. I., & Mohammad, N. K. (2025). Emerging Trends and Effective Strategies in STEM Teacher Professional Development: A Systematic Review. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04272-y> [in English].
19. Sánchez Milara, I., & Cortés Orduña, M. (2024). Possibilities and Challenges of STEAM Pedagogies. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.15282> [in English].
20. Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C. C., Bem-Haja, P., & Lucas, M. (2023). STEM Teachers' Digital Competence: Different Subjects, Different Proficiencies. *Education Sciences*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/educsci13111133> [in English].

Klanichka Y.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Mathematics, Informatics and Teaching Methods
Vasyl Stefanyk Carpathian National University
yuriy.klanichka@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8419-3211>

Khrushch L.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Mathematics, Informatics and Teaching Methods
Vasyl Stefanyk Carpathian National University
lesia.khrushch@cnu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8559-8712>

DIGITAL TOOLS AND CLOUD TECHNOLOGIES IN THE STEM TRAINING OF FUTURE VOCATIONAL EDUCATION TEACHERS

Relevance. The digital transformation of education and the implementation of STEM approaches require modernization of vocational teacher training through the effective integration of digital tools and cloud technologies into the educational process.

Objective. The study aims to theoretically substantiate the use of digital tools and cloud technologies in the STEM training of future vocational education teachers, determine their didactic potential, and identify directions for their effective integration into higher education.

Methodology. The study employed theoretical research methods, including analysis, comparison, synthesis, systematization, and generalization of contemporary Ukrainian and international studies on digital transformation, STEM education, digital competence, cloud technologies, and digital educational tools.

Results and conclusions. The study clarifies the essence of digital tools and cloud technologies, identifies their didactic potential, and proposes an author's classification based on functional and didactic purpose. The didactic possibilities of these technologies are systematized according to the stages of STEM training, including motivation, interdisciplinary learning, research and project activities, collaboration, assessment, and reflection. The main directions for integrating digital tools and cloud technologies into the educational process of higher education institutions are substantiated. It is established that their comprehensive and pedagogically appropriate use promotes competency-based learning, interdisciplinary integration, research and project activities, and the development of professional, digital, and STEM competencies of future vocational education teachers. The proposed theoretical framework may also support the systematic selection of digital tools according to the educational objectives and stages of STEM training in vocational teacher education.

Significance. The proposed classification and systematization may serve as a methodological basis for improving STEM training, designing digital educational environments, and implementing innovative teaching practices in higher education institutions.

Keywords: digital tools, cloud technologies, STEM training, future vocational education teachers, digital competence, vocational teacher education, digital transformation of education, higher education institutions.

Отримано редколегією / Received: 07.08.2026

Прорецензовано / Revised: 19.08.2026

Опубліковано / Published: 30.09.2026