



”

Чкана Я., Пономаренко В. Розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів математики засобами адаптивного навчання в умовах цифровізації освіти. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2025. Том 13, № 10. С. 147-157. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i10-020>.

Chkana Ya., Ponomarenko V. Rozvytok tsyfrovoy kompetentnosti maibutnih uchyteliv matematyky zasobamy adaptivnoho navchannia v umovakh tsyfrovizatsii osvity [Development of digital competence of future mathematics teachers by means of adaptive learning in the conditions of digitalization of education]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2025. Vol. 13, No 10. S. 147-157. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i10-020>.

УДК 378.147:[373.5.011.3-051:51]:[004:005.336.2]:37.091.2-044.32

DOI: 10.31110/2616-650X-vol13i10-020

Ярослав ЧКАНА

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-3667-3584>

chkana_76@ukr.net

Владислав ПОНОМАРЕНКО

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна

<https://orcid.org/0009-0004-4727-5797>

podukt@i.ua

РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ЗАСОБАМИ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

Анотація. У статті розглянуто теоретико-методичні засади розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики засобами адаптивного навчання в умовах цифровізації освіти. Зазначено, що цифровізація освітнього середовища вимагає оновлення змісту, методів і форм навчання, а також інтеграції адаптивних технологій, які забезпечують персоналізацію освітнього процесу. На основі аналізу наукових джерел обґрунтовано, що адаптивне навчання, яке спирається на можливості інформаційно-комунікаційних технологій, штучного інтелекту та аналітики навчальних даних, є ефективним засобом розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів. Розкрито сутність адаптивного підходу як системи, що динамічно змінює зміст, темп і складність навчання відповідно до індивідуальних характеристик студента, сприяючи формуванню вмінь саморегуляції, критичного мислення та цифрової грамотності. Доведено, що участь студентів у діяльності в адаптивному освітньому середовищі забезпечує не лише ефективніше засвоєння математичних знань, а й формує розуміння принципів функціонування цифрових освітніх систем, готовність до їх використання у власній педагогічній практиці. Виокремлено три етапи впровадження адаптивного навчання у процес професійної підготовки майбутніх учителів математики: базовий (формування основ цифрової компетентності та користувацьких навичок), технологічний (оволодіння методикою створення адаптивних освітніх ресурсів) і професійний (інтеграція адаптивних технологій у реальний педагогічний процес). Описано методи навчання, що сприяють розвитку цифрової компетентності: занурення у цифрове середовище, проектна діяльність, моделювання професійних ситуацій, кейс-стаді, змішане та дистанційне навчання. Наголошено на дидактичному потенціалі адаптивного навчання у розвитку самостійності, мотивації, рефлексії та здатності до інноваційної діяльності. Визначено основні виклики впровадження адаптивного навчання у педагогічну освіту, серед яких — недостатня цифрова підготовка викладачів, обмеженість україномовного адаптивного програмного забезпечення, потреба в удосконаленні нормативної бази та захисті персональних даних. Підкреслено, що ефективність використання адаптивного навчання залежить від наявності організаційно-педагогічних умов, методичної підтримки, етапності формування цифрової компетентності й інтеграції адаптивних технологій у всі компоненти професійної підготовки. Зроблено висновок, що адаптивне навчання має значний потенціал для модернізації підготовки майбутніх учителів математики, забезпечення індивідуалізації навчання та підвищення якості освіти в умовах цифрової трансформації суспільства.

Ключові слова: цифрова компетентність; майбутні вчителі математики; адаптивне навчання; цифровізація освіти; професійна підготовка; індивідуальна освітня траєкторія.

Yaroslav CHKANA

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3667-3584>

chkana_76@ukr.net

Vladislav PONOMARENKO

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-4727-5797>

podukt@i.ua

DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS BY MEANS OF ADAPTIVE LEARNING IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF EDUCATION

Abstract. The article examines the theoretical and methodological foundations for developing the digital competence of prospective mathematics teachers through adaptive learning in the context of educational digitalization. It is argued that the digital transformation of educational environments necessitates renewal of curricular content, teaching methods, and organizational formats, as well as the integration of adaptive technologies that enable personalization of the educational process. Based on a review of scholarly sources, the article substantiates that adaptive learning, drawing on information and communication technologies, artificial intelligence, and learning analytics,

is an effective means of fostering digital competence in future teachers. Adaptive learning is conceptualized as a system that dynamically adjusts learning content, pace, and level of difficulty in accordance with learners' individual characteristics, thereby supporting the development of self-regulation, critical thinking, and digital literacy. The article demonstrates that engagement in an adaptive educational environment not only leads to more effective acquisition of mathematical knowledge but also cultivates an understanding of how digital educational systems operate and readiness to employ them in one's own pedagogical practice. Three stages of implementing adaptive learning in the professional preparation of prospective mathematics teachers are distinguished: a foundational stage (building the basics of digital competence and user skills), a technological stage (mastering methods for designing adaptive educational resources), and a professional stage (integrating adaptive technologies into authentic teaching practice). The article describes instructional methods that contribute to digital competence development, including immersion in digital environments, project-based learning, modeling of professional situations, case studies, and blended and distance learning. Emphasis is placed on the didactic potential of adaptive learning for strengthening learner autonomy, motivation, reflection, and capacity for innovative activity. Key challenges to implementing adaptive learning in teacher education are identified, including insufficient digital preparedness of teacher educators, limited availability of Ukrainian-language adaptive software, the need to improve regulatory frameworks, and requirements for personal data protection. The article concludes that the effectiveness of adaptive learning depends on the presence of appropriate organizational and pedagogical conditions, sustained methodological support, a staged approach to building digital competence, and the integration of adaptive technologies across all components of professional preparation. Overall, adaptive learning is shown to have considerable potential for modernizing the education of prospective mathematics teachers, enabling individualized learning trajectories, and enhancing educational quality in the context of societal digital transformation.

Keywords: digital competence; future mathematics teachers; adaptive learning; digitalization of education; professional training; individual educational trajectory.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку суспільства позначений інтенсивною цифровою трансформацією, що зумовлює потребу в оновленні підходів до професійної підготовки педагогів [15]. У сфері математичної освіти цифрові технології відкривають нові можливості для візуалізації абстрактних понять і дослідження математичних залежностей із використанням цифрових моделей. Такі інструменти сприяють підвищенню пізнавальної активності студентів і розвитку їхнього аналітичного мислення. Водночас ефективне застосування цифрових ресурсів вимагає від майбутніх учителів математики сформованих базових цифрових компетентностей. Досвід дистанційного та змішаного навчання останніх років підтвердив важливість цих компетентностей для забезпечення гнучкості та безперервності освітнього процесу [16].

Аналіз сучасного стану професійної підготовки майбутніх учителів математики свідчить про наявність суттєвих проблем у формуванні їхньої цифрової компетентності. Зокрема, дослідження засвідчують, що значна частина студентів педагогічних спеціальностей демонструє недостатній рівень сформованості цифрової компетентності, особливо щодо умінь інтегрувати цифрові технології у методику навчання математики, створювати власні цифрові освітні ресурси та організовувати персоналізоване навчання з використанням адаптивних технологій [26].

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми вважається застосування технологій адаптивного навчання в процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики. Адаптивне навчання, яке базується на можливостях інформаційно-комунікаційних технологій та штучного інтелекту, дозволяє створювати персоналізовані освітні траєкторії відповідно до індивідуальних особливостей, потреб і рівня підготовки кожного студента. Більш того, використання адаптивних технологій у підготовці майбутніх учителів математики має подвійний ефект. З одного боку — студенти, виступаючи у ролі користувачів адаптивних систем, отримують якісну персоналізовану освіту, що сприяє ефективному опануванню як математичних дисциплін, так і методики їх викладання. З іншого боку — безпосередній досвід роботи в адаптивному освітньому середовищі формує в майбутніх педагогів розуміння принципів функціонування таких систем, готовність застосовувати їх у власній професійній діяльності, що є важливою складовою їхньої цифрової компетентності [27].

Отже, дослідження теоретико-методичних засад розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики засобами адаптивного навчання є актуальним і своєчасним завданням педагогічної науки, вирішення якого може сприяти підвищенню якості професійної підготовки педагогів і модернізації математичної освіти в Україні загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Адаптивне навчання в сучасній українській вищій освіті стає все більш актуальним напрямом наукових пошуків, що зумовлено розвитком цифрових технологій, персоналізованих підходів і запитом на гнучкі освітні системи. У працях вітчизняних дослідників увага приділяється як теоретичним засадам побудови адаптивних систем, так і їх практичній реалізації у підготовці педагогічних кадрів.

Важливий внесок у розроблення концептуальних засад адаптивного навчання зробив Владислав Білоус, який підкреслює, що «центральне місце в адаптивній системі навчання займає учень з його індивідуальними особливостями: біологічними задатками, здібностями, специфікою організації розумового процесу» [19]. Це положення визначає гуманістичний вектор адаптивного підходу, де технології підпорядковуються завданню розкриття потенціалу здобувача освіти.

У дослідженні Юлії Бойко запропоновано концептуальну модель практико орієнтованої адаптивної технології для опанування шкільного курсу математики, в якій «ураховано рівень попередніх знань, темп роботи та потребу у зворотному зв'язку» [3]. Авторка доводить, що реалізація

адаптивних підходів забезпечує більш високу ефективність навчання за рахунок поєднання персоналізації та системного моніторингу освітніх результатів.

Наукові пошуки Юлії Носенко та співавторів зосереджені на використанні cloud-based технологій як інструменту адаптивного навчання у підготовці педагогів. Дослідники відзначають, що «використання адаптивних cloud-based систем навчання є важливим для забезпечення сталого розвитку підготовки педагогічних кадрів» [10]. Це свідчить про розширення функціонального поля адаптивного навчання — від технічних рішень до стратегії сталого освітнього розвитку.

У дослідженнях Дмитра Кузьміна та Наталії Леміш підкреслюється, що адаптивне навчання в умовах розвитку технологій Індустрії 4.0 є необхідною умовою модернізації освітнього процесу: «навчальний процес постає зорієнтованим на активне використання сучасних цифрових технологій, які дають змогу адаптувати навчальні курси до персональних потреб здобувачів освіти» [23]. Такий підхід сприяє поєднанню академічної підготовки з вимогами цифрової економіки.

З позицій професійного розвитку викладачів питання формування цифрових навичок для реалізації адаптивного навчання досліджують Ольга Гончарова, Наталія Прус і Ірина Масло. Вони розглядають цифрові вміння як «стратегічний ресурс професійного розвитку викладача, що визначає його готовність до інноваційної діяльності» [22]. Цей аспект розкриває зв'язок між цифровою компетентністю педагога та здатністю ефективно впроваджувати адаптивні технології у власну практику.

Серед зарубіжних досліджень ключове місце посідають праці Р. Brusilovsky, якого вважають піонером у галузі адаптивних освітніх систем. У своїх численних роботах учений заклав теоретичні засади побудови адаптивних навчальних середовищ, описав методи адаптації контенту, навігації та зворотного зв'язку в інтернет-системах [4]. Його підходи стали основою для створення сучасних веб-платформ, здатних індивідуалізувати навчальний досвід користувача.

Подальший розвиток цієї проблематики висвітлено у статті N. Caruano та S. Caballé, які розглядають адаптивне навчання як один із ключових напрямів розвитку штучного інтелекту в освіті. Автори підкреслюють, що поєднання алгоритмів машинного навчання та педагогічного дизайну забезпечує високий рівень персоналізації навчального процесу [5]. Подібної позиції дотримуються F. Li, Y. He та Q. Xue, які у своєму систематичному огляді визначають три головні виклики впровадження адаптивного навчання – технологічний, педагогічний і етичний [8]. Вони наголошують, що ефективність таких систем значною мірою залежить від якості навчального контенту та прозорості алгоритмів адаптації.

У монографії D. Taylor, M. Yeung та співавт. *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education* описано практичні моделі використання персоналізованого й адаптивного навчання у природничо-математичних дисциплінах. Дослідники доводять, що такі підходи не лише підвищують навчальні результати, але й зменшують рівень відсіву студентів [17]. Водночас вони застерігають, що автоматизація освітнього процесу має супроводжуватись педагогічним супроводом і розвитком самостійності студентів.

У європейському контексті важливою складовою розвитку адаптивної освіти стала рамка цифрової компетентності педагогів DigCompEdu, розроблена С. Redecker. Вона визначає шість сфер цифрової компетентності та описує прогресію розвитку педагогічних цифрових умінь від базового до експертного рівня [11]. Цей документ став орієнтиром для національних освітніх політик у багатьох країнах, зокрема й в Україні.

Аналіз наукової літератури дозволяє констатувати, що проблема формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики та використання адаптивного навчання є актуальною та активно досліджуваною. Проте незважаючи на значну кількість праць, залишається недостатньо розкритою проблема системного застосування технологій адаптивного навчання саме для цілеспрямованого розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики у процесі їхньої професійної підготовки. Потребують подальшого дослідження питання етапності впровадження адаптивного навчання, добору оптимальних методів і форм організації навчального процесу, створення адаптивного освітнього контенту з математичних дисциплін, діагностики рівня цифрової компетентності майбутніх учителів математики. Це і зумовило вибір теми нашого дослідження.

Мета дослідження: обґрунтувати науково-методичні підходи до розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики в процесі їхньої професійної підготовки шляхом використання технологій адаптивного навчання; визначити етапи, педагогічні умови, методи та інструменти, що забезпечують ефективне формування цифрових умінь у контексті цифровізації освіти.

Методи дослідження. У цій частині статті може бути представлено опис методики, за якою здійснювалася підготовка та проведення дослідження, зокрема характеристика експериментальної бази, об'єктів або учасників дослідження. Вказуються критерії, показники та параметри, за якими проводилася оцінка. За потреби зазначаються назви та реєстраційні номери наукових програм, проєктів чи науково-дослідних робіт, у межах яких реалізовувалося дане дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Адаптивне навчання є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасної освіти, що базується на ідеї індивідуалізації та персоналізації навчального процесу з використанням можливостей цифрових технологій. [6] Історично ідея адаптації навчання до індивідуальних особливостей учнів не є новою, проте саме сучасні інформаційно-комунікаційні технології, особливо штучний інтелект та машинне навчання, створили технічні можливості для реалізації цієї ідеї на принципово новому рівні [1].

Ю. Г. Носенко визначає адаптивне навчання як «таке навчання, за якого управління процесом засвоєння знань здійснюється відповідно до вибраної ситуаційної моделі навчання з урахуванням здібностей, мотивації, особливостей навчального матеріалу, дій учня-користувача та прогнозування його дій і реакцій на впливи вчителя-тьютора або автоматизованої навчальної системи» [10]. Це визначення підкреслює ключову особливість адаптивного навчання – динамічне налаштування освітнього процесу відповідно до індивідуальних характеристик та поточного стану студента.

У контексті розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики адаптивне навчання має подвійне значення. По-перше, воно виступає як ефективний засіб організації професійної підготовки, що дозволяє кожному студенту опановувати математичні дисципліни та методику їх викладання у власному темпі, відповідно до індивідуальних особливостей. По-друге, безпосередній досвід роботи в адаптивному освітньому середовищі формує у майбутніх учителів розуміння принципів функціонування таких систем, готовність використовувати їх у власній професійній діяльності.

Принципи адаптивного навчання, що мають особливе значення для розвитку цифрової компетентності, включають: *персоналізацію навчання* (врахування індивідуальних особливостей, потреб, цілей та стилю навчання кожного студента), *динамічність і гнучкість* (постійне відслідковування навчального прогресу та оперативне коригування освітньої траєкторії), *неперервний зворотний зв'язок* (надання студенту своєчасної та персоналізованої інформації про результати навчання, прогрес, типові помилки), *самостійність і суб'єктність студента* – надання можливості самостійно визначати цілі навчання, обирати шляхи їх досягнення, контролювати власний прогрес [13].

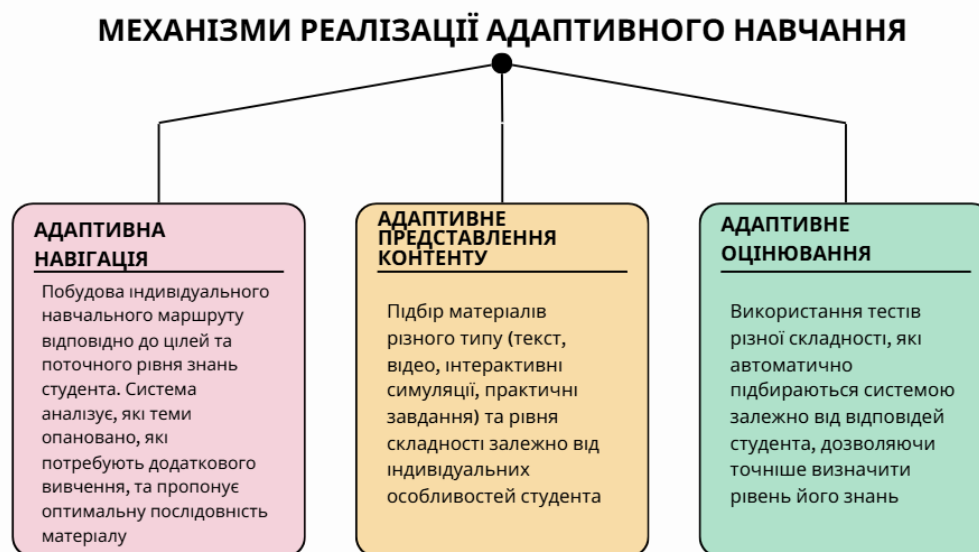


Рис. 1. Механізми реалізації адаптивного навчання

Дидактичний потенціал адаптивного навчання для розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики є багатограним:

1) адаптивні системи дозволяють *індивідуалізувати темп і траєкторію опанування* як математичного контенту, так і цифрових інструментів для його вивчення та викладання;

2) робота в адаптивному середовищі *формує навички самостійного навчання та саморегуляції*: адаптивне навчання розвиває метакогнітивні навички студентів, їхню здатність планувати власну навчальну діяльність, моніторити прогрес, коригувати стратегії навчання» [12];

3) адаптивні системи надають *детальну аналітику навчального процесу*, яка дозволяє як студентам, так і викладачам глибше розуміти процес навчання, виявляти проблемні місця, відстежувати динаміку розвитку компетентностей;

4) безпосередній *досвід роботи в адаптивному середовищі* формує у майбутніх учителів практичне розуміння принципів функціонування таких систем, їхніх можливостей та обмежень.

Викладачі, які самі мали досвід навчання в адаптивних системах, значно швидше та успішніше впроваджують такі технології у власну педагогічну практику [9];

5) використання адаптивних технологій *стимулює розвиток критичного мислення* щодо застосування цифрових технологій в освіті;

6) адаптивне навчання *оптимізує використання часу* як студентів, так і викладачів [2].

Однак варто усвідомлювати і *обмеження адаптивного навчання*. Не всі аспекти цифрової компетентності можуть бути ефективно сформовані в адаптивному середовищі. Зокрема, розвиток творчих здібностей, навичок колаборативної роботи, комунікативних умінь потребує інших форм організації навчання. Тому адаптивне навчання має розглядатися не як панацея, а як один із важливих інструментів у системі професійної підготовки майбутніх учителів математики.

Ефективність використання адаптивного навчання для розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики значною мірою залежить від продуманості методичних підходів до його впровадження. Аналіз наукової літератури та узагальнення досвіду педагогічних закладів вищої освіти дозволяє виокремити кілька ключових аспектів організації адаптивного навчання у професійній підготовці майбутніх учителів математики.

Етапність впровадження адаптивного навчання є принципово важливою умовою успішності. Розвиток цифрової компетентності – це тривалий процес, що має відбуватися системно протягом усього періоду професійної підготовки. Пропонуємо виокремити три основні етапи, кожен з яких має свої специфічні завдання та форми організації навчання.

Базовий етап (1-2 роки навчання) спрямований на формування фундаменту цифрової компетентності. На цьому етапі студенти виступають переважно у ролі користувачів адаптивних систем, опановуючи базові математичні дисципліни (математичний аналіз, алгебру, геометрію) та загальнопрофесійні дисципліни з використанням адаптивних технологій. Як зазначає С. І. Петренко, «формування ІКТ-компетентності має розпочинатися з розвитку базових навичок роботи з цифровими технологіями та формування позитивної мотивації до їх використання» [24].

На цьому етапі доцільно використовувати адаптивні курси, які дозволяють студентам опановувати математичний контент у власному темпі, отримувати негайний зворотний зв'язок, відслідковувати власний прогрес. Паралельно студенти знайомляться з базовими цифровими інструментами для вивчення математики (GeoGebra, Desmos, графічні калькулятори), вчаться використовувати їх для візуалізації математичних понять, дослідження властивостей функцій, перевірки розв'язків задач. Важливо, що на базовому етапі студенти не просто використовують ці інструменти, а рефлексують власний досвід, аналізують, як адаптивна система підбирає для них завдання, як змінюється рівень складності залежно від успішності виконання попередніх завдань.

Технологічний етап (2-3 роки навчання) характеризується переходом від ролі користувача до ролі розробника освітнього контенту. Студенти поглиблено вивчають методику використання цифрових технологій у навчанні математики, опановують технології створення цифрових освітніх ресурсів, знайомляться з різними типами адаптивних навчальних платформ та інструментів. Як зазначають В. В. Глазова та П. П. Садовський, майбутній учитель має володіти не лише користувацькими, а й проектувальними уміньми щодо створення електронних освітніх ресурсів [21].

На цьому етапі студенти виконують проєкти зі створення адаптивних навчальних матеріалів з математики: розробляють системи адаптивних тестів, створюють інтерактивні завдання з використанням таких платформ, як H5P або Smart Sparrow, проєктують фрагменти адаптивних курсів у системах управління навчанням. Важливо, що ці проєкти мають бути не навчальними вправами, а реальними освітніми продуктами, які можуть використовуватися у навчальному процесі. Така автентична діяльність значно підвищує мотивацію студентів та сприяє глибшому розумінню принципів функціонування адаптивних систем.

На технологічному етапі доцільно також організовувати аналіз кейсів – реальних ситуацій використання адаптивних технологій у математичній освіті. Студенти аналізують успішні та неуспішні приклади впровадження адаптивного навчання, виявляють фактори, що сприяють або перешкоджають ефективності таких систем, формують рекомендації щодо їх оптимального використання. Такий аналіз розвиває критичне мислення, здатність приймати обґрунтовані рішення щодо вибору та використання цифрових технологій.

Професійний етап (3-4 роки навчання та магістратура) зосереджений на інтеграції набутих знань і умінь у цілісну систему професійної діяльності. Студенти виступають у ролі учителів-практиків, які використовують адаптивні технології у реальному педагогічному процесі під час педагогічної практики. Вони розробляють та апробують власні методичні розробки з використанням адаптивних технологій, організовують та проводять фрагменти уроків або повні уроки математики з використанням адаптивних систем, аналізують ефективність використання різних цифрових інструментів.

Т. В. Поліщук та Д. О. Возносименко підкреслюють, що найефективнішим є таке навчання, коли студенти мають можливість застосовувати набуті знання та уміння у реальній професійній діяльності, отримувати зворотний зв'язок від досвідчених учителів-наставників [25]. Тому на професійному етапі критично важливою є організація якісної педагогічної практики з акцентом на використання цифрових технологій. Студенти мають мати можливість спостерігати за роботою досвідчених учителів, які ефективно використовують адаптивні технології, аналізувати відеозаписи уроків, отримувати методичну підтримку від наставників.

Важливою формою роботи на професійному етапі є рефлексія власної цифрової компетентності. Студенти аналізують свій шлях професійного становлення, оцінюють досягнутий рівень цифрової компетентності за різними компонентами, визначають сильні сторони та аспекти, що потребують подальшого розвитку, формують індивідуальну програму професійного зростання у галузі цифрових технологій.

Методи навчання, що використовуються для розвитку цифрової компетентності засобами адаптивного навчання, мають бути різноманітними та відповідати специфіці етапу підготовки. Метод занурення у цифрове освітнє середовище передбачає систематичне використання студентами різноманітних цифрових технологій у навчальній діяльності. Важливо, що це занурення має бути не епізодичним, а постійним – студенти мають працювати в адаптивному цифровому середовищі регулярно, що дозволяє сформувати стійкі навички та звички використання цифрових технологій.

Метод проєктів є особливо ефективним для формування операційно-діяльнісного компонента цифрової компетентності. Студенти розробляють власні цифрові освітні продукти: інтерактивні уроки з математики, адаптивні тести різного рівня складності, навчальні симуляції, віртуальні математичні лабораторії, мобільні додатки для вивчення математики. Як показують дослідження, проєктна діяльність не лише формує практичні уміння, а й розвиває творче мислення, здатність до інновацій, уміння працювати в команді [25].

Метод моделювання професійної діяльності включає розроблення фрагментів уроків математики з використанням адаптивних технологій, проведення мікровикладання (коли студент проводить фрагмент уроку для своїх однокласників), аналіз відеозаписів уроків досвідчених учителів [12]. Ці форми роботи дозволяють студентам «прожити» ситуації професійної діяльності в безпечному середовищі, отримати досвід, проаналізувати помилки без негативних наслідків для реальних учнів.

Форми організації навчання також мають бути різноманітними. Змішане навчання (blended learning) є оптимальною формою для розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики. Воно поєднує традиційні аудиторні заняття з роботою в адаптивному цифровому середовищі, дозволяючи використати переваги обох форматів. Особливо ефективною є модель «перевернутого класу» (flipped classroom), коли студенти опановують теоретичний матеріал самостійно в адаптивному режимі (перегляд відеолекцій, виконання інтерактивних завдань), а аудиторний час використовується для практичної роботи, обговорення складних питань, виконання проєктів, колаборативної діяльності.

О. Г. Бурцева у своєму дослідженні довела, що «використання медіаосвітніх технологій у дистанційному навчанні сприяє підвищенню інформаційної компетентності майбутніх учителів математики» [20]. Тому дистанційне навчання з використанням адаптивних платформ також має бути інтегроване у систему професійної підготовки, особливо для організації самостійної роботи студентів, факультативних курсів, додаткової підготовки студентів з різним рівнем базової підготовки.

Добір цифрових інструментів та платформ для реалізації адаптивного навчання майбутніх учителів математики має здійснюватися з урахуванням кількох критеріїв: педагогічна доцільність, доступність (наявність безкоштовних або доступних версій), підтримка української мови (або можливість створення україномовного контенту), технічна надійність, наявність методичної підтримки та навчальних матеріалів (рис. 2).

Доцільно використовувати системи управління навчанням (LMS) з елементами адаптивності, зокрема Moodle, яка має широкі можливості для створення адаптивних тестів, умовних переходів між темами залежно від результатів навчання, індивідуальних освітніх траєкторій. Google Classroom, хоча і має обмеженіші можливості для адаптації, може ефективно використовуватися для організації змішаного навчання та забезпечення комунікації між викладачем та студентами.

Цифрові інструменти та платформи адаптивного навчання		
Інструменти / платформи	Приклади	Примітка
Системи управління навчанням (LMS) з елементами адаптивності	- Moodle - Google Classroom, Zoom - Prometheus, EdEra та ін.	- з плагінами адаптивного тестування та індивідуальних навчальних траєкторій - для організації змішаного навчання - з елементами персоналізації
Спеціалізовані адаптивні платформи для математики	- ALEKS - Khan Academy - DreamBox та i-Ready	- адаптивна система для вивчення математики, що використовує теорію простору знань - платформа з адаптивними вправами та персоналізованими рекомендаціями - для демонстрації можливостей адаптивних технологій
Інструменти для створення адаптивного контенту	- Smart Sparrow - H5P - Genially, Nearpod	- платформа для розробки адаптивних інтерактивних навчальних матеріалів - інструмент для створення інтерактивного контенту з можливістю інтеграції в LMS - платформи для створення інтерактивних презентацій з елементами адаптивності
Системи адаптивного тестування	- Moodle - Google Forms - Quizizz, Kahoot	- адаптивні тести - з плагінами для створення адаптивних опитувань - онлайн-платформи для створення тестів з елементами адаптації
Спеціалізоване програмне забезпечення для математики	- GeoGebra - Desmos - Wolfram Alpha та Mathematica - Python	- динамічна математична програма з можливостями створення інтерактивних апплетів - графічний калькулятор з інтерактивними можливостями - потужні системи комп'ютерної алгебри - з бібліотеками для математичних обчислень та візуалізації

Рис. 2. Цифрові інструменти та платформи адаптивного навчання

Для навчання математики особливо важливими є спеціалізовані цифрові інструменти, такі як GeoGebra – динамічна математична програма, що дозволяє візуалізувати геометричні та алгебраїчні об'єкти, досліджувати їхні властивості; Desmos – онлайн-графічний калькулятор з широкими інтерактивними можливостями; Wolfram Alpha та Mathematica – потужні системи комп'ютерної алгебри для символьних обчислень. Майбутні вчителі математики мають не лише вміти використовувати ці інструменти, а й розуміти їхній дидактичний потенціал, уміти інтегрувати їх у навчальний процес.

Незважаючи на значний потенціал адаптивного навчання, його впровадження у систему підготовки майбутніх учителів математики стикається з низкою викликів, які важливо усвідомлювати та враховувати під час планування змін:

- технологічні виклики пов'язані насамперед з обмеженим доступом до якісних адаптивних платформ українською мовою;
- соціоекономічний контекст значною мірою визначає можливості впровадження адаптивного навчання [7]: воно потребує значних фінансових інвестицій у програмне забезпечення, технічну інфраструктуру, навчання викладачів;
- технічні проблеми та необхідність постійної технічної підтримки, оскільки адаптивні системи – це складне програмне забезпечення, яке потребує налагодження, оновлення, технічного обслуговування;
- недостатній розвиток вітчизняних адаптивних освітніх систем, використання закордонних платформ створює залежність від зовнішніх постачальників, піднімає питання захисту даних, може бути проблематичним через санкції або політичні обмеження;
- педагогічні виклики пов'язані насамперед з недостатньою готовністю викладачів до використання адаптивних технологій. Значна частина викладачів педагогічних ЗВО самі мають недостатній рівень цифрової компетентності, що унеможливує ефективне формування цієї компетентності у студентів [26]. Потрібна масштабна програма підвищення кваліфікації викладачів, яка, однак, потребує часу та ресурсів;
- необхідність перегляду традиційних методик викладання є ще одним викликом. Адаптивне навчання передбачає зміну ролі викладача – з транслятора знань він має перетворитися на фасилітатора, наставника, який підтримує індивідуальні освітні траєкторії студентів. Це потребує не

лише нових умінь, а й зміни педагогічних переконань, готовності до інновацій, що для багатьох викладачів є складним психологічним процесом;

- складність створення якісного адаптивного контенту. Це потребує не лише глибоких знань предметної області, а й розуміння дидактичних принципів адаптивного навчання, володіння технологіями створення такого контенту. Це значно більш трудомісткий процес, ніж підготовка традиційних навчальних матеріалів;

- організаційні виклики включають консервативність системи вищої освіти щодо впровадження інновацій. Впровадження адаптивного навчання потребує організаційних змін, які можуть зустрічати опір з боку різних учасників освітнього процесу.

- проблеми інтеграції адаптивних систем у традиційну структуру навчання: як узгодити гнучкість адаптивного навчання з жорстким розкладом занять; як оцінювати знання студентів, які навчалися за різними траєкторіями; як організувати групові форми роботи, якщо студенти перебувають на різних етапах опанування матеріалу;

- відсутність нормативної бази для регулювання адаптивного навчання створює правову невизначеність;

- етичні виклики пов'язані з питаннями конфіденційності даних студентів. Адаптивні системи збирають значний обсяг даних про навчальну діяльність студентів: які завдання вони виконують, скільки часу витрачають, які помилки роблять, як змінюється їхній прогрес;

- ризик надмірної автоматизації навчання та зменшення ролі викладача. Технологічно-детермінований підхід до персоналізації може обмежити розвиток самостійності та агентності студентів» [18]. Важливо знайти баланс між автоматизацією та збереженням людської складової освіти, забезпечити, що технології підтримують, а не замінюють педагогічну взаємодію;

- небезпека формування залежності від технологій [14]. Надмірне покладання на адаптивні системи може призвести до того, що студенти втратять здатність до самостійного навчання без технологічної підтримки, не зможуть працювати в умовах, коли цифрові інструменти недоступні.

Водночас, незважаючи на всі ці виклики, перспективи розвитку адаптивного навчання для формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики є надзвичайно обнадійливими. Розвиток технологій штучного інтелекту, машинного навчання та аналітики великих даних створює нові можливості для вдосконалення адаптивних систем. Сучасні адаптивні платформи стають дедалі «розумнішими», здатними глибше аналізувати навчальну діяльність студентів, точніше прогнозувати їхні труднощі, ефективніше підбирати навчальні матеріали.

Інтеграція адаптивного навчання з іншими інноваційними технологіями, такими як віртуальна та доповнена реальність, ігрові технології, розширює можливості для створення захоплюючих персоналізованих освітніх досвідів. Наприклад, поєднання адаптивного навчання з віртуальною реальністю може дозволити створити віртуальні математичні лабораторії, де студенти могли б досліджувати тривимірні геометричні об'єкти, маніпулювати ними, спостерігати за динамічними математичними процесами.

Зростання кількості відкритих освітніх ресурсів (Open Educational Resources) створює можливості для розробки якісного адаптивного контенту з меншими затратами. Викладачі можуть використовувати, адаптувати та комбінувати готові ресурси, створюючи власні адаптивні курси.

Розвиток спільнот практики та мереж обміну досвідом використання адаптивних технологій сприяє поширенню кращих практик, подоланню труднощів, взаємній підтримці викладачів-інноваторів. Створення національної платформи для обміну досвідом використання адаптивного навчання у педагогічних закладах вищої освіти України могло б значно прискорити процес впровадження цих технологій.

Зміна ставлення суспільства до цифрової освіти, усвідомлення її важливості, особливо після досвіду дистанційного навчання під час пандемії та воєнного стану, створює сприятливий контекст для впровадження адаптивних технологій. Зростає розуміння того, що цифрова компетентність є не додатковою навичкою, а базовою компетентністю, необхідною для успішного життя у XXI столітті.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Формування цифрової компетентності є необхідною умовою ефективної професійної діяльності вчителя математики в умовах цифрової трансформації освіти. Адаптивне навчання володіє значним дидактичним потенціалом для розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів математики. Важливо, що використання адаптивного навчання має подвійний ефект: студенти не лише ефективніше опановують навчальний матеріал, а й набувають практичного досвіду роботи з технологіями, які вони згодом зможуть використовувати у власній педагогічній діяльності. Ефективне використання адаптивного навчання для розвитку цифрової компетентності потребує системного підходу, що включає етапність впровадження (базовий, технологічний, професійний етапи), використання різноманітних методів (занурення у цифрове середовище, проєктів, моделювання професійної діяльності, кейс-стаді) та форм організації навчання (змішане навчання, дистанційне навчання, педагогічна практика з використанням цифрових

технологій). Важливо забезпечити наступність і системність формування цифрової компетентності протягом усього періоду професійної підготовки, інтегруючи адаптивні технології у різні навчальні дисципліни. Проте впровадження адаптивного навчання стикається з низкою технологічних, педагогічних, організаційних та етичних викликів, які потребують усвідомлення та системного вирішення. Водночас перспективи розвитку адаптивного навчання є надзвичайно обнадійливими завдяки прогресу технологій штучного інтелекту, зростанню кількості відкритих освітніх ресурсів, розвитку спільнот практики, зміні ставлення суспільства до цифрової освіти.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у створенні та апробації комплексу адаптивних навчальних матеріалів з математичних дисциплін (математичний аналіз, алгебра, геометрія, методика навчання математики) для студентів педагогічних спеціальностей; у дослідженні можливостей використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання для створення інтелектуальних адаптивних систем навчання математики, здатних не лише підбирати завдання відповідного рівня складності, а й надавати індивідуалізовані пояснення, підказки, підтримку.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Доступність даних. Це дослідження не передбачало використання окремих наборів даних.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Під час підготовки цієї роботи автори не використовували інструменти штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Adeline W. D. Adaptive Learning Technologies: Customizing Education to Individual Needs. *Research Output Journal of Arts and Management*. Vol. 3(3). Pp. 1-6. https://www.researchgate.net/publication/383273049_Adaptive_Learning_Technologies_Customizing_Education_to_Individual_Needs
2. Bailey A., Vaduganathan N., Henry T., Laverdiere R., Pugliese C. Making digital learning work: Success strategies from six leading universities and community colleges. Boston, MA : Boston Consulting Group, 2018. 30 p.
3. Boiko Y. Conceptual model of a practice-oriented adaptive technology for reviewing the school mathematics course. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2025. No. 1(58). <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2025.337529>
4. Brusilovsky P. Adaptive Educational Systems on the World Wide Web: A Review of Available Technologies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2001. Vol. 12. P. 156–187.
5. Capuano N., Caballé S. Adaptive Learning Technologies. *AI Magazine*. 2020. Vol. 41, No. 2. P. 96–98. <https://doi.org/10.1609/aimag.v41i2.5317>
6. Du Plooy E., Casteleijn D., Franzsen D. Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*, 2024. vol. 10. No e39630. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
7. Holthaus M., Pancar T., Bergamin P. Challenges of Implementing Adaptive Learning in Higher Education: A Literature Review of Different Socio-Economic Contexts. *International Journal of Information and Education Technology*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 134–142. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.1.1791>
8. Li F., He Y., Xue Q. Progress, Challenges and Countermeasures of Adaptive Learning: A Systematic Review. *Educational Technology & Society*. 2021. Vol. 24(2). P. 238–255.
9. Mirata V., Hirt F., Bergamin P., Van der Westhuizen C. Challenges and contexts in establishing adaptive learning in higher education: findings from a Delphi study. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2020. No 17. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00209-y>
10. Nosenko Y., Popel M., Shyshkina M. Personalization of learning through adaptive technologies in the context of sustainable development of teacher education. *arXiv preprint*. 2020. arXiv:2006.05810
11. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. <https://doi.org/10.2760/159770>
12. Rincon-Flores E.G., Castano L., Guerrero Solis S.L. Improving the learning-teaching process through adaptive learning strategy. *Smart Learn. Environ*. 2024. Vol. 11. No 27. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00314-9>
13. Shemshack A., Spector J.M. A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learn. Environ*. 2020. Vol. 7(33). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00140-9>
14. Shi P, Liu W. Adaptive learning oriented higher educational classroom teaching strategies. *Sci Rep*. 2025. May 5. Vol. 15(1). No 15661. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00536-y>
15. Slavíková M. Implementation of Digital Technologies into Pre-Service Mathematics Teacher Preparation. *Mathematics*. 2021. Vol. 9, No. 12. P. 1319. <https://doi.org/10.3390/math9121319>
16. Stoika O. Teacher's digital competence in the European educational discourse. *The Modern Higher Education Review*. 2023. No. 8. P. 13. <https://doi.org/10.28925/2617-5266.2023.813>
17. Taylor D. L., Yeung M., Bashet A. Z., Ryoo J., Winkelmann K. Personalized and Adaptive Learning. In: *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education*. Cham: Springer, 2021. P. 17–34. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58948-6_2
18. Walkington C., Bernacki M. L. Appraising research on personalized learning: Definitions, theoretical alignment, advancements, and future directions. *Journal of Research on Technology in Education*. 2020. Vol. 52. No. 3. P. 235–252. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1747757>

19. Білоус В. Є. Основні принципи розробки адаптивної системи навчання. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2019. Вип. 3. С. 19–27.
URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/260>
20. Бурцева О. Г. Формування інформаційної компетентності майбутніх учителів математики засобами медіаосвітніх технологій : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 «Теорія і методика проф. освіти» Мелітопольський держ. пед. ун-т ім. Богдана Хмельницького. Мелітополь, 2021. 22 с.
21. Глазова В. В., Садовський П. П. Підготовка вчителя математики до роботи в системі електронного навчання з використанням дистанційних технологій. *Зб. наук. пр. фізико-математичного факультету ДДПУ. Слов'янськ*, 2018. Вип. 8. С. 139–144.
22. Гончарова О. О., Прус Н. О., Масло І. М. Професійний розвиток викладачів вищої школи через формування цифрових навичок адаптивного навчання. *Педагогічна академія*. 2025. Вип. 2(32). URL: <https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/1106>
23. Кузьмін Д. В., Леміш Н. О. Роль адаптивного навчання в умовах розвитку технологій Індустрії 4.0. *Інноваційна педагогіка*. 2023. Вип. 60. С. 248–255. URL: <https://www.researchgate.net/publication/372782073>
24. Петренко С. І. Формування ІКТ-компетентності майбутніх учителів математики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2016. 238 с.
25. Поліщук Т. В., Возносименко Д. О. Моделювання як ефективний засіб комплексного розвитку математичної та цифрової компетентностей у майбутніх учителів. *Актуальні питання природничо-математичної освіти : збірник наукових праць*. Вип. 1 (21), Суми, 2023. С. 177–183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8025516>
26. Романовський О. Г., Гриньова В. М., Жерновникова О. А. Формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики: констатувальний етап. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. № 65 (3). С. 184–200.
27. Шевченко І. А., Федосова І. В., Федотова О. О. Моделювання цифрової компетентності здобувачів освіти в умовах змішаного навчання. *Академічні візії*. 2025. Вип. 44. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15734392>

References

1. Adeline W. D. Adaptive Learning Technologies: Customizing Education to Individual Needs. *Research Output Journal of Arts and Management*. Vol. 3(3). Pp. 1-6.
https://www.researchgate.net/publication/383273049_Adaptive_Learning_Technologies_Customizing_Education_to_Individual_Needs
2. Bailey A., Vaduganathan N., Henry T., Laverdiere R., Pugliese C. Making digital learning work: Success strategies from six leading universities and community colleges. Boston, MA : Boston Consulting Group, 2018. 30 p.
3. Boiko Y. Conceptual model of a practice-oriented adaptive technology for reviewing the school mathematics course. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2025. No. 1(58). <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2025.337529>
4. Brusilovsky P. Adaptive Educational Systems on the World Wide Web: A Review of Available Technologies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2001. Vol. 12. P. 156–187.
5. Capuano N., Caballé S. Adaptive Learning Technologies. *AI Magazine*. 2020. Vol. 41, No. 2. P. 96–98.
<https://doi.org/10.1609/aimag.v41i2.5317>
6. Du Plooy E., Casteleijn D., Franzsen D. Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*, 2024. vol. 10. No e39630.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
7. Holthaus M., Pancar T., Bergamin P. Challenges of Implementing Adaptive Learning in Higher Education: A Literature Review of Different Socio-Economic Contexts. *International Journal of Information and Education Technology*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 134–142. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.1.1791>
8. Li F., He Y., Xue Q. Progress, Challenges and Countermeasures of Adaptive Learning: A Systematic Review. *Educational Technology & Society*. 2021. Vol. 24(2). P. 238–255.
9. Mirata V., Hirt F., Bergamin P., Van der Westhuizen C. Challenges and contexts in establishing adaptive learning in higher education: findings from a Delphi study. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2020. No 17. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00209-y>
10. Nosenko Y., Popel M., Shyshkina M. Personalization of learning through adaptive technologies in the context of sustainable development of teacher education. *arXiv preprint*. 2020. arXiv:2006.05810
11. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*, 2017. <https://doi.org/10.2760/159770>
12. Rincon-Flores E.G., Castano L., Guerrero Solis S.L. Improving the learning-teaching process through adaptive learning strategy. *Smart Learn. Environ*. 2024. Vol. 11. No 27. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00314-9>
13. Shemshack A., Spector J.M. A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learn. Environ*. 2020. Vol. 7(33). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00140-9>
14. Shi P., Liu W. Adaptive learning oriented higher educational classroom teaching strategies. *Sci Rep*. 2025. May 5. Vol. 15(1). No 15661. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00536-y>
15. Slavíková M. Implementation of Digital Technologies into Pre-Service Mathematics Teacher Preparation. *Mathematics*. 2021. Vol. 9, No. 12. P. 1319. <https://doi.org/10.3390/math9121319>
16. Stoika O. Teacher's digital competence in the European educational discourse. *The Modern Higher Education Review*. 2023. No. 8. P. 13. <https://doi.org/10.28925/2617-5266.2023.8.13>
17. Taylor D. L., Yeung M., Bashet A. Z., Ryoo J., Winkelmann K. Personalized and Adaptive Learning. In: *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education*. Cham: Springer, 2021. P. 17–34. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58948-6_2

18. Walkington C., Bernacki M. L. Appraising research on personalized learning: Definitions, theoretical alignment, advancements, and future directions. *Journal of Research on Technology in Education*. 2020. Vol. 52. No. 3. P. 235–252. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1747757>
19. Bilous V. Ye. Osnovni pryntsy py rozrobky adaptivnoi systemy navchannia. *Vidkryte osvritnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu*. 2019. Vyp. 3. S. 19–27. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/260>
20. Burtseva O. H. *Formuvannia informatsiinoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky zasobamy mediaosvitnikh tekhnolohii* : avtoref. dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.04 «Teoriia i metodyka prof. osvity» Melitopolskyi derzh. ped. un-t im. Bohdana Khmelnytskoho. Melitopol, 2021. 22 s.
21. Hlazova V. V., Sadovskyi P. P. Pidhotovka vchytelia matematyky do roboty v systemi elektronnoho navchannia z vykorystanniam dystantsiinykh tekhnolohii. *Zb. nauk. pr. fizyko-matematychnoho fakultetu DDPU. Sloviansk*, 2018. Vyp. 8. S. 139–144.
22. Honcharova O. O., Prus N. O., Maslo I. M. Profesiinyi rozvytok vykladachiv vyshchoi shkoly cherez formuvannia tsyfrovyykh navychok adaptivnoho navchannia. *Pedahohichna akademiia*. 2025. Vyp. 2(32). URL: <https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/1106>
23. Kuzmin D. V., Lemish N. O. Rol adaptivnoho navchannia v umovakh rozvytku tekhnolohii Industrii 4.0. *Innovatsiina pedahohika*. 2023. Vyp. 60. S. 248–255. URL: <https://www.researchgate.net/publication/372782073>
24. Petrenko S. I. *Formuvannia IKT-kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky* : dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.02. Kyiv, 2016. 238 s.
25. Polishchuk T. V., Voznosymenko D. O. Modeliuvannia yak efektyvnyi zasib kompleksnoho rozvytku matematychnoi ta tsyfrovoi kompetentnosti u maibutnikh uchyteliv. *Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity* : zbirnyk naukovykh prats. Vyp. 1 (21), Sumy, 2023. .S. 177–183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8025516>
26. Romanovskyi O. H., Hrynova V. M., Zhernovnykova O. A. Formuvannia tsyfrovoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky: konstatuvalnyi etap. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. 2018. № 65 (3). S. 184–200.
27. Shevchenko I. A., Fedosova I. V., Fedotova O. O. Modeliuvannia tsyfrovoi kompetentnosti здобувачів освіти в умовах змішаного навчання. *Akademichni vizii*. 2025. Vyp. 44. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15734392>

/ Матеріал надійшов до редакції: 30.10.2025 р. / Прийнято до друку: 03.12.2025 р. / Опубліковано: 30.12.2025 р. /

