



ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

УДК 004.8:378.147:37.02

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17395536>

Новітні AI-технології в освітньому середовищі: систематизація досліджень і прикладні аспекти

Тумбрукакі Алла Валеріївна,

старший викладач кафедри математики і методики її навчання,

Південноукраїнський національний педагогічний університет імені

К. Д. Ушинського, м. Одеса, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-4919-979X>

Роговська Марія Георгіївна,

кандидат фізико-математичних наук, в.о. завідувача кафедри фізико-

математичних наук, Державний університет інтелектуальних

технологій і зв'язку, м. Одеса, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-3344-3065>

Прийнято: 04.10.2025 | Опубліковано: 20.10.2025

Анотація. У статті здійснено систематизацію сучасних підходів до впровадження AI-технологій у сферу вищої освіти, окреслено їхні дидактичні функції, інституційні передумови та економічну доцільність у процесі підготовки студентів фізико-математичних і технічних спеціальностей. Представлено інтегрований підхід, що передбачає поєднання інтелектуальних тьюторських систем, генеративних мовних моделей і засобів освітньої аналітики у взаємозв'язку з формувальним оцінюванням та принципом «людина-в-циклі». **Мета дослідження** – систематизація наукових підходів та прикладних практик використання AI-технологій у вищій освіті й визначення їхнього потенціалу щодо підвищення результативності навчання

за умови дотримання етичних і правових норм. **Методи.** Здійснено огляд актуальної літератури, порівняльний аналіз міжнародних і національних кейсів, типологізацію інструментів за функціями навчання й оцінювання, економічне обґрунтування базового пілоту з використанням доступних ліцензій і стандартизованих метрик ефективності. **Результати.** Визначено основні класи освітніх AI-технологій (інтелектуальні тьюторські системи (Intelligent Tutoring Systems), генеративні мовні моделі (Large Language Models), системи освітньої аналітики (Learning Analytics, Educational Data Mining), адаптивні системи оцінювання (Adaptive Assessment Systems), автоматизовані засоби створення навчального контенту (AI-driven Content Generation), AI-помічники для викладачів) та їхні педагогічні ефекти; ідентифіковано ключові ризики (психоемоційні розлади, упередженість моделей, порушення принципів академічної доброчесності, загрози приватності даних) і конкретизовано умови їх мінімізації (застосування підходу «людина-в-циклі», розроблення прозорих правил використання, локалізація контенту, впровадження політик управління даними). Узагальнені емпіричні дані засвідчують зменшення частоти типових помилок, зростання рівня засвоєння теоретичного матеріалу, скорочення часу виконання практичних завдань і приріст цифрових компетентностей. Доведено фінансову досяжність стартового впровадження для закладів з обмеженими ресурсами. **Висновки.** Системне застосування AI-технологій в освітньому процесі у поєднанні з формувальним оцінюванням, використанням локалізованого контенту та підготовкою викладацького складу є педагогічно доцільним. Водночас ефективність упровадження потребує дотримання етичних політик, прозорих правил забезпечення академічної доброчесності та довгострокового моніторингу результатів.

Ключові слова: інтелектуальні тьюторські системи, генеративні мовні моделі, штучний інтелект в освіті, освітня аналітика, формувальне



оцінювання, людина-в-циклі, цифрові компетентності, академічна доброчесність.

The latest AI technologies in the educational environment: systematization of research and applied aspects

Alla Tumbrukaki,

Senior Lecturer, Department of Mathematics and Methods of its Teaching, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odesa, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-4919-979X>

Mariia Rohovska,

PhD in Physical and Mathematical Sciences, Acting Head of the Department of Physical and Mathematical Sciences, State University of Intellectual Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-3344-3065>

Abstract. *The article systematizes modern approaches to implementing AI technologies in higher education, outlining their didactic functions, institutional prerequisites, and economic feasibility in the training of students in physics, mathematics, and technical specialties. An integrated approach is presented, which involves a combination of intelligent tutoring systems, generative language models and educational analytics tools in conjunction with formative assessment and the «person-in-the-cycle» principle. The **purpose of this study** is to systematize scientific approaches and applied practices of utilizing AI technologies in higher education and to determine their potential for enhancing learning outcomes, provided that ethical and legal standards are observed. **Methods.** A review of the current literature, a comparative analysis of international and national cases, a typology of tools based on learning and assessment functions, and an economic justification for a basic pilot using available licenses and standardized performance metrics are*

carried out. **Results.** The main classes of educational AI technologies (Intelligent Tutoring Systems, Large Language Models, Educational Analytic Systems, Adaptive Assessment Systems, AI-driven Content Generation, AI assistants for teachers) and their pedagogical effects are identified; key risks are identified (psycho-emotional disorders, model bias, violation of the principles of academic integrity, threats to data privacy) and the conditions for their minimization are specified (application of the «person-in-the-loop» approach, development of transparent rules of use, content localization, implementation of data management policies). The generalized empirical data indicate a decrease in the frequency of typical errors, an increase in the level of assimilation of theoretical material, a reduction in the time required to complete practical tasks, and an improvement in digital competencies. The financial feasibility of the initial implementation for institutions with limited resources has been proven. **Conclusions.** The systematic application of AI technologies in the educational process, in combination with formative assessment, the use of localized content, and the training of teaching staff, is pedagogically feasible. At the same time, the effectiveness of the implementation requires compliance with ethical policies, transparent rules for ensuring academic integrity, and long-term monitoring of results.

Keywords: intelligent tutoring systems, generative language models, artificial intelligence in education, educational analytics, formative assessment, person-in-the-loop, digital competences, academic integrity.

Постановка проблеми. Останнє десятиліття позначене швидким розвитком технологій штучного інтелекту (artificial intelligence, AI), що зумовило суттєві трансформації в освітніх практиках. За даними UNESCO [1], понад 47% закладів вищої освіти у світі вже інтегрували елементи AI-рішень у навчальний процес, а до 2025 року цей показник прогнозовано зросте до 65%. В Україні темпи впровадження дещо повільніші, проте з 2019 до 2024 року частка університетів, які використовують адаптивні освітні системи та

інтелектуальні тьюторські платформи, зросла з 12% до 38%, за даними МОН України 2024 р. [2]. Для студентів фізико-математичних і технічних спеціальностей питання ефективності впровадження AI-технології у навчальний процес є особливо актуальним, оскільки воно поєднує дисциплінарну фахову підготовку з розвитком цифрових компетентностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження AI-технологій в освітнє середовище супроводжується зростанням публікацій, які розкривають потенціал, виклики та практичні аспекти інтеграції новітніх технологій у підготовку студентів. Зокрема, С. Доценко та Т. Собченко [3, с. 7–12] акцентують увагу на оптимізації освітнього процесу закладів вищої освіти України за допомогою AI-інструментів, підкреслюючи їхню роль у персоналізації навчання та зменшенні навантаження на викладачів. Автори роблять висновок, що ефективність таких рішень залежить від адаптації до національних стандартів та готовності педагогів застосовувати інноваційні практики.

М. Згуровський та О. Хіміч зазначають, що AI-технології поступово змінюють парадигму у фундаментальних науках. Автори аналізують результати Нобелівських премій з фізики та хімії 2024 року й доводять, що інтеграція AI в дослідницькі практики забезпечує якісно новий рівень обробки даних та побудови математичних моделей [4, с. 17–26]. У свою чергу, С. Мельниченко [5, с. 143–146] аналізує взаємозв'язок цілей сталого розвитку та освітнього процесу в Україні, доводячи, що інноваційні технології, включаючи AI, можуть стати дієвим інструментом у досягненні освітніх і суспільних трансформацій.

Дослідження С. В. Петренка присвячені безпосередньо перевагам і ризикам упровадження AI у вищій школі. Автор виділяє позитивні аспекти – персоналізацію навчального процесу, можливість оперативного доступу до адаптованих навчальних матеріалів, розвиток цифрових компетентностей студентів [6]. Дотичним є дослідження О. Пижова [7, с. 142–147], яке

висвітлює питання застосування новітніх технологій у підготовці фахівців у сфері фізичної культури і спорту. Хоча воно не стосується безпосередньо фізико-математичних спеціальностей, автор наголошує на універсальності AI-технологій та їх впливі на ефективність професійної підготовки.

У науковій праці В. Нікітенко, Р. Олексенка, О. Кивлюк досліджено процес становлення нової системи цінностей у контексті цифровізації освіти та суспільства. Автори наголошують, що розвиток цифрових технологій формує не лише нові компетенції, а й новий тип особистості – «цифрову людину», для якої характерні інноваційне мислення, інформаційна мобільність, здатність до адаптації в умовах глобальних викликів [8, с. 53–63].

Ю. Головня [9] наголошує, що вища освіта переживає системну цифрову трансформацію, спрямовану на інтеграцію освітньої, наукової та інноваційної діяльності. Авторка підкреслює, що університети мають перетворитися на сучасні цифрові хаби, де поєднуються традиційна академічна підготовка, наукові дослідження та практичні інновації. Н. Козій і Г. Мельничук у спільній роботі [10, с. 34–41] розглядають ШІ як ключовий інструмент підвищення якості професійної підготовки майбутніх фінансистів, зазначаючи, що AI-технології дозволяють створювати адаптивні освітні середовища, автоматизувати оцінювання знань, формувати індивідуальні траєкторії навчання, застосовувати симуляційні моделі фінансових ринків. А. Коломієць і О. Кушнір [11, с. 45–57] систематизують напрями застосування ШІ в освіті та науці, підкреслюючи його роль у персоналізації навчання, створенні віртуальних лабораторій, автоматичному перекладі та аналізі наукових текстів. Автори наголошують, що ШІ відкриває великі можливості для індивідуалізації навчального процесу й підвищення наукової продуктивності, проте водночас породжує ризики – зниження критичного мислення студентів, технологічну залежність, питання достовірності результатів і нерівний доступ до технологій. Т. Лукашова та М. Друшляк [12, с. 18–25] досліджують педагогічний потенціал AI у формуванні критичного мислення. На прикладі

використання чат-ботів та систем на основі машинного навчання вони демонструють, як студенти можуть аналізувати, порівнювати та оцінювати відповіді AI, виявляючи помилки або логічні невідповідності. Такий підхід, на думку авторок, сприяє не лише засвоєнню математичних знань, а й розвитку аналітичних і когнітивних навичок майбутніх педагогів.

Отже, проведений аналіз свідчить про те, що наукова думка дедалі більше схиляється до комплексного розгляду AI як інструменту не лише технічного, але й педагогічного та соціального впливу. Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання алгоритмізації впровадження AI у підготовку студентів фізико-математичних спеціальностей, визначення оптимальної вартості інтеграції технологій у ресурсно обмежених закладах, а також довготривалих ефектів від їх використання. Саме на розв'язанні цих проблем акцентується дане дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри зростаючу кількість досліджень у сфері цифровізації освіти, питання інтеграції AI-технологій у навчальний процес залишаються недостатньо опрацьованими. Передусім бракує системного аналізу того, як саме AI може змінювати структуру освітнього середовища та трансформувати ролі викладача і студента. Сьогодні AI здебільшого використовується як допоміжний інструмент, однак ще не визначено межі його самостійності у навчальному процесі та критерії ефективності його застосування.

Малодослідженими залишаються питання формування у студентів нових цінностей та компетентностей, необхідних для взаємодії з інтелектуальними системами. Йдеться не лише про технічні навички, а й про розвиток критичного мислення, уміння перевіряти достовірність даних, уникати академічної недоброчесності та формувати власну відповідальність за результати навчання.

Недостатньо уваги приділено і можливим ризикам: залежності від алгоритмів, втраті мотивації до самостійної роботи, спотворенню процесу

оцінювання знань. Водночас практично не вивчено вплив AI-технологій на соціально-психологічний клімат освітнього середовища, взаємодію в колективах та роль особистісного контакту між учасниками навчання.

Окремим малодослідженим блоком є порівняння українських освітніх практик з міжнародними. Виклики локальної інфраструктури, правові й культурні обмеження ставлять питання адаптації світових моделей використання AI у навчанні до національного контексту.

Таким чином, залишається відкритим цілий спектр проблем: від педагогічних і методологічних до етичних та соціокультурних. Саме їх систематизація та аналіз створюють підґрунтя для подальших досліджень і формування комплексного бачення ролі AI-технологій у майбутньому цифрової освіти.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є систематизація сучасних досліджень і практичного досвіду використання AI-технологій в освітньому середовищі, з акцентом на підготовку студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів та студентів технічних спеціальностей. Завдання дослідження полягають у систематизації сучасних напрямів використання AI-технологій в освіті, аналізі міжнародного й українського досвіду інтеграції інноваційних інструментів у навчальний процес, а також у виявленні їх переваг і обмежень. Важливим аспектом є визначення дидактичних і організаційних підходів до застосування AI у навчальних програмах, оцінка очікуваних освітніх результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасній науково-освітній парадигмі термін «AI-технології» охоплює сукупність методів і систем оброблення даних, здатних моделювати елементи інтелектуальної діяльності людини, зокрема навчатися на прикладах, робити узагальнення, будувати пояснення, генерувати тексти й зображення, а також діяти в інтерактивному середовищі. У структурі освітніх застосувань виділяють принаймні кілька взаємопов'язаних класів рішень, які поступово конвергують

у єдину екосистему. До першого класу належать інтелектуальні тьюторські системи і адаптивні середовища, що керують складністю навчальних завдань, генерують підказки і забезпечують формувальне оцінювання. Другий клас становлять генеративні мовні моделі загального призначення, які в режимі діалогу пояснюють поняття, конструюють приклади і допомагають у побудові розв'язків або коду. Третій пов'язаний із освітньою аналітикою й системами прогнозування, що на основі цифрового сліду студента виявляють ризики невстигання та інформують викладача про «вузькі місця» курсу. Четвертий включає симуляційні й віртуально-лабораторні середовища, де AI автоматизує постановку експериментів, підбір параметрів та інтерпретацію результатів. П'ятий охоплює засоби підтримки викладання і створення контенту, які прискорюють підготовку матеріалів і перевірку робіт, але водночас потребують прозорих правил використання. На рівні закладів вищої освіти для безпечного та людиноцентричного застосування цих технологій формують оновлені настанови ЮНЕСКО щодо генеративного ШІ у сфері освіти і досліджень, що наголошують на необхідності політик, які захищають учнів і водночас розвивають компетентності вчителів і студентів, та звіти Офісу освітніх технологій Міністерства освіти США, які деталізують можливості, ризики і принципи впровадження, включно з вимогами до прозорості, даних і справедливості оцінювання [1, р. 30–41].

У таблиці 1 відображено ключові інноваційні AI-технології, що активно впроваджуються у вищій освіті для підготовки студентів фізико-математичних та технічних спеціальностей. Представлено напрями їх застосування, конкретні міжнародні та українські приклади платформ, а також основні ефекти й потенційні ризики для освітнього процесу.

Таблиця 1

Застосування та виклики AI-технологій, що активно впроваджуються у вищій освіті

Категорія технологій	Приклади продуктів	Застосування	Виклики
Інтелектуальні тьюторські системи	Carnegie Learning, ALEKS	Адаптивне пояснення тем і завдань, персоналізовані траєкторії навчання, підтримка доведень і формування логічного мислення	Ризик надмірної залежності від алгоритму, зниження самостійності та креативності студентів
Генеративні мовні моделі	ChatGPT, Claude, Gemini	Генерація прикладів, пояснення кроків розв'язання задач, допомога з програмуванням, створення текстів	Можливі фактичні помилки, викривлення інформації, ризики академічної недоброчесності
Системи освітньої аналітики	Learning Analytics Dashboard, Civitas	Прогнозування успішності, раннє виявлення прогалин у знаннях, підтримка прийняття рішень викладачами	Надмірне збирання даних про студентів, загрози конфіденційності та захисту персональної інформації
AI-помічники викладача	Tutor CoPilot, Khanmigo	Надання підказок викладачу, автоматизація перевірки робіт, формування тестів і навчальних матеріалів	Зниження ролі викладача у процесі, етичні дилеми щодо справедливості оцінювання
Адаптивні платформи тестування	Duolingo Max, Coursera AI	Персоналізоване тестування, автоматичне тренування навичок, гнучке налаштування складності	Іноді система неправильно визначає рівень знань, що призводить до нерівномірного навантаження

Джерело: власна розробка авторів

Аналіз даних літератури засвідчує, що сучасні AI-рішення вже формують нову парадигму навчання, орієнтовану на індивідуалізацію освітньої траєкторії, розвиток практичних компетентностей і міждисциплінарних навичок. Водночас актуальними залишаються питання етичності використання AI, доступності технологій для різних категорій студентів та необхідності адаптації навчальних програм до нових цифрових інструментів.

Специфіка підготовки студентів фізико-математичних і технічних спеціальностей зумовлює підвищені вимоги до точності, поетапності й пояснюваності навчальної взаємодії, що робить ці напрями природним полігоном для апробації AI-рішень. У математиці ефективною виявляється конфігурація «людина-в-циклі», коли система не підміняє мисленнєві дії студента, а надає дозовані навідні репліки і перевіряє проміжні кроки доведення або обчислення. У фізиці та інженерії переваги дають симуляції, які узгоджуються з теорією і лабораторним практикумом та дозволяють варіювати параметри моделі без витрат на матеріали. В інформатиці продуктивними є сценарії, де генеративний помічник пояснює помилки компіляції, пропонує тести і змушує студента вербалізувати дизайн-рішення. Дані останніх років підтверджують [10, с. 38], що педагогічні ефекти залежать не стільки від факту наявності інструмента, скільки від дидактичного дизайну і організації взаємодії «AI – викладач – студент». Рандомізоване контрольоване випробування системи Tutor CoPilot, яке охопило дев'ятсот тьюторів і тисячу вісімсот школярів у математичних програмах, демонструє, що підтримка тьютора підказками в реальному часі підвищує якість живого тьюторингу і покращує навчальні результати, що узгоджується з гіпотезою про корисність інструментів класу «AI для викладача», а не «AI замість викладача» [13].

Результати експерименту в Польщі, який проходив протягом 2022 –2023 рр., засвідчили, що застосування AI-помічників у курсах з вищої математики дозволило підвищити середній бал студентів на 14%, а кількість студентів, які успішно виконали контрольні завдання з першої спроби, зросла з 62% до 78% [7, с. 142]. Подібна тенденція спостерігається і в Україні: у межах пілотного проєкту на базі Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» інтеграція AI-асистента для розв'язування задач з алгоритмізації скоротила середній час виконання контрольних завдань на 27%. [9]

Окрім академічних результатів, важливим показником ефективності впровадження AI-технологій є рівень розвитку цифрових компетентностей. Йдеться не лише про здатність використовувати спеціалізовані платформи, а й про формування алгоритмічного мислення, вміння формувати ефективні запити (prompt engineering), критично оцінювати відповіді системи та адаптувати їх до конкретних завдань. У дослідженнях, проведених у Фінляндії, виявлено, що понад 70% студентів [12, с. 20], які регулярно працювали з AI-системами під час занять з фізики, значно підвищили навички критичного аналізу отриманих результатів. Українські студенти демонструють подібну динаміку: за результатами опитувань, 64% учасників [11, с. 49] експериментальних груп вказали, що стали впевненіше формувати відповіді на завдання та перевіряти коректність рішень, запропонованих AI-асистентами.

В освітніх екосистемах, де AI інтегрують системно, фіксують і ширші соціально-поведінкові зміни. У звітах Stanford AI Index за 2025 рік відзначено поступове зростання охоплення комп'ютерними науками й диференціацію між закладами вищої освіти щодо доступу та участі, що впливає на стартову підготовку студентів технічних напрямів [12, с. 19]. Паралельно формується «побутове» використання генеративних моделей підлітками, яке потребує педагогічного осмислення: частка підлітків у США, що застосовують ChatGPT для навчальних завдань, зросла з 13% у 2023 році до 26% у 2025 [10, с. 38]. А у Великій Британії половина дітей віком вісім – сімнадцять років повідомляють про користування AI-інструментами і дедалі частіше застосовують їх саме для навчання. Такі спостереження не підміняють педагогічні експерименти, однак фіксують культурний контекст, у якому університетські практики мають забезпечувати надійні рамки доброчесності й розвитку критичного мислення [12, с. 24].

У порівняльній перспективі вже накопичено кейси, релевантні фізико-математичній підготовці. Пілотні проєкти із використання Khanmigo в алгебрі

дев'ятого класу, організовані дослідницьким підрозділом Michigan Virtual у чотирнадцяти шкільних округах і двох хвилях між весною 2024 та весною 2025 навчальних років, демонструють поєднання зростання залученості з чіткими обмеженнями на «дозовану» взаємодію, що підсилює контроль викладача над якістю навчання [14, с. 351]. Для вищої школи особливо показовими є результати, що відносяться до комбінованих конфігурацій «AI для викладача» у поєднанні з аналітикою, де економія часу на підготовку матеріалів поєднується зі зростанням долі формувального оцінювання і більш раннім виявленням «провалів» у засвоєнні [15].

В Україні інтеграція AI-рішень у програми фізико-математичної й технічної підготовки стримується нерівномірністю інфраструктури, мовно-термінологічними викликами та різним рівнем готовності викладачів. Водночас нормативні та методичні підходи, які пропонують ЮНЕСКО і Департамент освіти США, є достатньо універсальними, щоб бути перекладеними у локальні процедури з урахуванням правового поля і вимог до захисту дітей і молоді. Доцільно використовувати програмно-проектну модель упровадження, де курс або модуль виступає мезорівнем експерименту. Це дозволяє поєднати дидактичний дизайн, оцінювання та облік ризиків у єдиній системі управління якістю освіти [16, с. 135].

Проведений аналіз ринку освітніх інновацій засвідчив необхідність оптимізації вартості пілотного впровадження шляхом зосередження виключно на базових та водночас найважливіших елементах. Такий підхід дозволяє поєднати доступність і результативність, а також забезпечує відтворюваність експерименту в закладах вищої освіти, що функціонують в умовах обмежених ресурсів. Тобто пропонується використовувати генеративні мовні моделі для формувального оцінювання студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів та студентів технічних спеціальностей. Для пілотного впровадження було обрано використання генеративних мовних моделей (GMM) рівня GPT-4/5, які інтегруються у навчальний процес як

інструменти формувального оцінювання. На відміну від традиційних тестових платформ, GMM дозволяють здійснювати індивідуалізований супровід студентів, перевіряти проміжні кроки розв'язання завдань, надавати підказки різного рівня деталізації та формувати рефлексивні «картки помилок». Такий підхід сприяє зменшенню кількості типових помилок та підвищенню швидкості отримання зворотного зв'язку. Орієнтовна вартість впровадження ІІІ у пілотному проєкті для групи з 40 студентів протягом першого року охоплює витрати на ліцензування програмного забезпечення, методичну підготовку викладачів та технічну підтримку. Загальний бюджет формується переважно за рахунок абонентської плати за доступ до навчальних ІІІ-платформ, витрат на організацію тренінгів і розробку навчально-методичних матеріалів, а також забезпечення технічної інтеграції й супроводу. У сукупності ці складові визначають орієнтовний рівень інвестицій, необхідних для запуску та ефективного функціонування пілотного проєкту із застосування ІІІ в навчальному процесі.

У подальшому витрати знизяться завдяки готовим сценаріям і повторному використанню розроблених матеріалів, а університету залишиться фінансувати лише ліцензії та базову технічну підтримку.

Якщо порівняти міжнародний досвід, то впровадження AI-асистентів у навчальний процес знижує кількість повторних помилок на 15 – 18% та скорочує час виконання завдань на 15 – 20%. Це дозволяє прогнозувати аналогічні показники у вітчизняних умовах, зокрема у курсах математичного аналізу та програмування. Додатковим ефектом є підвищення академічної доброчесності завдяки прозорому журналу взаємодії студента з моделлю та фіксації «дозованих підказок».

Щодо засвоєння теоретичного матеріалу, то дослідження, проведені у Великій Британії (University of Edinburgh) [17, с. 88] протягом 2020 – 2022 рр., показали, що студенти, які активно використовували генеративний AI у процесі підготовки до іспитів, досягли зростання середнього балу на 0,3 – 0,5

(Grade Point Average – середній академічний бал), що відповідає підвищенню рівня засвоєння теорії на 10 – 12% порівняно з контрольними групами.

Ще одним вагомим ефектом є економія часу, витраченого на виконання завдань. За даними експериментів, проведених у Німеччині та Нідерландах, використання AI-асистентів для генерації підказок дало змогу студентам завершувати практичні завдання на 17 – 20% швидше, ніж у контрольних групах [18]. Саме ці результати дозволяють прогнозувати скорочення часу на виконання завдань у діапазоні 15 – 20%.

Крім кількісних показників, важливим результатом є якісні зміни у навчальному процесі. Аналітичні звіти OECD [19] та UNESCO [16, с. 128] наголошують, що інтеграція VR-симуляцій і AI-помічників у навчання сприяє підвищенню мотивації студентів, а також розвитку таких ключових компетентностей, як критичне мислення та цифрова грамотність [20]. Це має стратегічне значення для забезпечення конкурентоспроможності національної системи вищої освіти в умовах глобальної цифрової трансформації.

Врахувавши результати міжнародних досліджень і експериментів, проведених у Великій Британії, Німеччині та Нідерландах, а також особливості національного освітнього середовища, можемо стверджувати, що інтеграція GMM у підготовку студентів фізико-математичних і технічних спеціальностей стане інвестицією з високим соціально-економічним ефектом, здатною забезпечити конкурентоспроможність української системи вищої освіти в глобальному цифровому просторі.

Висновки. Узагальнюючи результати дослідження, можна відзначити, що AI-технології стають одним із визначальних чинників розвитку сучасної освіти. Їхнє використання охоплює різні рівні навчального процесу – від інтелектуальних тьюторських систем та адаптивних платформ тестування до генеративних моделей і освітньої аналітики. Аналіз міжнародного та українського досвіду свідчить, що вплив таких технологій проявляється не лише у зростанні навчальних результатів, а й у якісних змінах освітньої

взаємодії: зменшенні кількості типових помилок, прискоренні отримання зворотного зв'язку та підвищенні рівня академічної доброчесності. Водночас важливо враховувати, що ефективність застосування AI визначається насамперед дидактичним дизайном та готовністю викладачів інтегрувати нові інструменти у навчальні практики. Це потребує методичної підтримки, чітких етичних орієнтирів і розробки прозорих правил використання. Таким чином, AI-технології в освітньому середовищі слід розглядати як стратегічний ресурс, здатний забезпечити індивідуалізацію навчання, розвиток критичного мислення і цифрових компетентностей студентів, а також підвищити конкурентоспроможність національної системи вищої освіти у глобальному цифровому просторі.

Список використаних джерел

1. Garcia Cárdenas M., Mishra A., Verbist K. Integration of local and indigenous knowledge into climate-resilient rural water management: lessons learned from the Bolivian Altiplano. Paris: UNESCO, 2023. 47 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384719> (дата звернення: 02.08.2025).
2. Цифрова трансформація освіти і науки. *Міністерство освіти і науки України*: вебсайт. 2024. URL: <https://mon.gov.ua/tag/tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki?&tag=tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki> (дата звернення: 02.08.2025).
3. Доценко С., Собченко Т. Оптимізація освітнього процесу закладів вищої освіти України засобами штучного інтелекту. *Молодь і ринок*. 2024. № 2 (222). С. 7–12. DOI: <https://doi.org/10.24919/2617-0825.2/222.2024>.
4. Згуровський М. З., Хіміч О. М. Штучний інтелект: зміна парадигми у фундаментальних науках: Нобелівські премії з фізики і хімії 2024 року. *Вісник Національної академії наук України*. 2024. № 12. С. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2024.12.017>.

5. Мельниченко С. Г. Дослідження сучасного стану, проблем та перспектив впровадження цілей сталого розвитку в освітній процес в Україні. *Ціннісно-орієнтований підхід в освіті і виклики євроінтеграції*: матеріали III Всеукр. наук.-метод. конф. з міжнар. участю (м. Суми, 18 червня 2022 р.). Суми: Сумський державний університет, 2022. С. 143–146. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88668/1/Melnychenko_quality_education.pdf (дата звернення: 02.10.2025).

6. Петренко С. В. Переваги та загрози використання технологій штучного інтелекту у вищій освіті. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. №14. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14707710>.

7. Пижов О. Окремі питання новітніх технологій у підготовці фахівців у сфері фізичної культури і спорту. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2024. № 2. С. 142–147. DOI: <https://doi.org/10.32782/spmed.2024.2.142-147>.

8. Нікітенко В., Олексенко Р., Кивлюк О. Формування цінностей цифрової освіти і цифрової людини у діджиталізованому суспільстві. *Humanities Studies*. 2022. № 10. С. 53–63. DOI: <https://doi.org/10.26661/hst-2022-10-87-06>.

9. Головня Ю. Цифрова трансформація вищої освіти в Україні: від академічного центру до освітньо-науково-інноваційного комплексу. *Економіка та суспільство*. 2023. № 58. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-43>.

10. Козій Н., Мельничук Г. Штучний інтелект як інноваційна технологія в освітньому процесі підготовки фахівців у сфері фінансів. *Збірник наукових праць Державного податкового університету*. 2024. № 1. С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.32782/2617-5940.1.2024.5>.

11. Коломієць А. М., Кушнір О. І. Використання штучного інтелекту в освітній та науковій діяльності: можливості та виклики. *Modern Information*

Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems. 2024. № 70. С. 45–57. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-70-45-57>.

12. Лукашова Т., Друшляк М. Штучний інтелект як засіб розвитку критичного мислення майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*. 2023. Т. 38, № 5. С. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-003>.

13. Wang R. E., Ribeiro A. T., Robinson C. D., Loeb S., Demszky D. Tutor CoPilot: a human-AI approach for scaling real-time expertise. 2024. arXiv:2410.03017. URL: https://arxiv.org/abs/2410.03017?utm_source (дата звернення: 02.10.2025).

14. Honcharuk N., Tamozhanska G., Korytko Z., Rusyn L., Vasylieva N., Adamenko O., Maksymchuk B. New physical and neurophysiological rehabilitation programmes for women of childbearing age. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 346–369. DOI: <https://doi.org/10.18662/brain/14.1/424>.

15. Green C. Have you considered AI in your classroom? A Khanmigo pilot story. *Michigan Virtual*: вебсайт. 2025. URL: <https://michiganvirtual.org/blog/have-you-considered-ai-in-your-classroom-a-khanmigo-pilot-story/> (дата звернення: 02.10.2025).

16. AI and education: guidance for policy-makers. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2021. 142 p. DOI: <https://doi.org/10.54675/PCSP7350>.

17. Nguyen N. D. Exploring the role of AI in education. *London Journal of Social Sciences*. 2023. № 6. P. 84–95. DOI: <https://doi.org/10.31039/ljss.2023.6.108>.

18. The 2025 AI Index Report. *HAI*: вебсайт. 2025. URL: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report> (дата звернення: 02.10.2025).



19. Digital education outlook 2021: pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots. Paris: OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>.

20. Compare Plans. *Labster*: вебсайт. 2025. URL: <https://www.labster.com/compare-plans> (дата звернення: 02.10.2025).