Абламська Валентина Михайлівна старший викладач, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, м. Київ, https://orcid.org/ 0000-0003-0768-4102

Ablamska Valentyna senior lecturer, Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Information Technology, Kyiv, https://orcid.org/0000-0003-0768-4102

ІННОВАЦІЙНІ ТЕНДЕНЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ ТА КРАЇН ЄС: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

INNOVATIVE TRENDS IN MATHEMATICS EDUCATION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF UKRAINE AND EU COUNTRIES: A COMPARATIVE ANALYSIS

Анотація

У статті здійснено порівняльний аналіз інноваційних тенденцій розвитку математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн Європейського Союзу. Актуальність дослідження зумовлена трансформацією сучасної вищої освіти, цифровізацією освітнього середовища, поширенням компетентнісного підходу та необхідністю підготовки фахівців, здатних застосовувати математичні знання для розв’язання практичних і міждисциплінарних проблем. Метою дослідження є визначення та систематизація основних інноваційних тенденцій математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн ЄС, виявлення спільних і відмінних характеристик їх реалізації та обґрунтування перспектив використання європейського досвіду в українському освітньому

просторі. У процесі дослідження використано методи аналізу та узагальнення наукових джерел, порівняльного аналізу, систематизації та класифікації освітніх практик. Розглянуто розвиток компетентнісного, студентоцентрованого, проблемно-орієнтованого та дослідницького підходів до навчання математики, використання цифрових технологій, систем комп'ютерної математики та засобів штучного інтелекту, математичного моделювання, STEM та міждисциплінарного навчання, а також сучасних підходів до оцінювання результатів навчання. Визначено, що спільною тенденцією для України та країн ЄС є посилення практичної спрямованості математичної освіти, розвиток математичної компетентності, цифрових навичок і здатності до розв'язування комплексних проблем. Водночас виявлено відмінності у рівні інтеграції цифрових технологій, індивідуалізації навчання, поширенні дослідницьких та проблемно-орієнтованих методів, а також у системах оцінювання. Обґрунтовано перспективні напрями модернізації математичної освіти в Україні з урахуванням європейських освітніх практик та національного контексту.

Ключові слова: математична освіта, заклади вищої освіти, інноваційні тенденції, порівняльний аналіз, компетентнісний підхід, цифровізація освіти, математичне моделювання, STEM-освіта, штучний інтелект, проблемно-орієнтоване навчання.

Abstract

The article presents a comparative analysis of innovative trends in mathematics education in higher education institutions in Ukraine and the European Union countries. The relevance of the study is determined by the transformation of modern higher education, the digitalization of the educational environment, the increasing adoption of the competency-based approach, and the need to prepare professionals capable of applying mathematical knowledge to

practical and interdisciplinary problems. The aim of the study is to identify and systematize the main innovative trends in mathematics education in higher education institutions in Ukraine and the EU countries, determine common and distinctive features of their implementation, and substantiate the prospects for applying European experience within the Ukrainian educational context. The study employs methods of analysis and generalization of scholarly sources, comparative analysis, systematization, and classification of educational practices. Particular attention is paid to the development of competency-based, student-centered, problem-based, and inquiry-based approaches to mathematics education; the use of digital technologies, mathematical software systems, and artificial intelligence tools; mathematical modeling; STEM and interdisciplinary learning; as well as contemporary approaches to assessment. The study demonstrates that a common trend in Ukraine and the EU countries is the increasing practical orientation of mathematics education, the development of mathematical competence and digital skills, and the ability to solve complex problems. At the same time, differences are identified in the level of integration of digital technologies, the individualization of learning, the implementation of inquiry-based and problem-based approaches, and assessment practices. The study substantiates promising directions for modernizing mathematics education in Ukraine, taking into account European educational practices and the national educational context.

Keywords: mathematics education, higher education institutions, innovative trends, comparative analysis, competency-based approach, digitalization of education, mathematical modeling, STEM education, artificial intelligence, problem-based learning.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується суттєвими змінами у змісті, формах і методах організації освітнього процесу. Цифровізація суспільства, стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, поширення штучного інтелекту, посилення міждисциплінарних зв'язків та зміна вимог до професійної компетентності фахівців зумовлюють необхідність переосмислення традиційних підходів до навчання. Особливого значення ці процеси набувають у математичній освіті, яка є важливою складовою підготовки фахівців природничих, технічних, економічних, комп'ютерних та інших спеціальностей.

Традиційна модель викладання математики у закладах вищої освіти значною мірою орієнтувалася на засвоєння теоретичних положень, алгоритмів і методів розв'язування типових задач. Водночас сучасні вимоги до професійної діяльності передбачають не лише володіння математичними знаннями, а й здатність застосовувати їх для аналізу реальних ситуацій, математичного моделювання, розв'язування нестандартних і комплексних проблем, інтерпретації отриманих результатів та прийняття обґрунтованих рішень. У зв'язку з цим актуалізується перехід від переважно репродуктивної моделі навчання до компетентнісного, студентоцентрованого, проблемно-орієнтованого та дослідницького навчання.

Важливим чинником трансформації математичної освіти є цифровізація освітнього процесу. Використання систем комп'ютерної математики, динамічних математичних середовищ, цифрових платформ, онлайн-ресурсів, засобів візуалізації та технологій штучного інтелекту створює нові можливості для організації навчання, індивідуалізації освітньої траєкторії здобувачів освіти, оперативного оцінювання результатів та формування практичних математичних компетентностей. Водночас активне впровадження цифрових технологій породжує низку проблем, пов'язаних із

визначенням їх педагогічної доцільності, підготовкою викладачів, академічною доброчесністю, достовірністю результатів, а також збереженням фундаментального характеру математичної підготовки.

Для України проблема модернізації математичної освіти набуває особливої актуальності в умовах інтеграції до європейського освітнього та наукового простору. Орієнтація на європейські принципи забезпечення якості вищої освіти, компетентнісний підхід, студентоцентроване навчання та цифрову трансформацію освітнього середовища вимагає не механічного запозичення зарубіжних практик, а їх критичного осмислення з урахуванням особливостей української системи вищої освіти. Додатковим викликом є необхідність забезпечення безперервності та якості освітнього процесу в умовах масштабного використання дистанційних і змішаних форматів навчання.

Важливим напрямом сучасних освітніх трансформацій у країнах Європейського Союзу є посилення практичної та міждисциплінарної спрямованості математичної підготовки. Математика дедалі частіше розглядається не лише як сукупність фундаментальних знань, а як інструмент дослідження та розв’язання проблем у природничих науках, інженерії, економіці, інформаційних технологіях та інших галузях. У цьому контексті набувають поширення STEM-підходи, математичне моделювання, problem-based learning, inquiry-based learning, проєктна діяльність та інші форми активного навчання. Порівняння відповідних тенденцій у країнах ЄС та Україні дає змогу визначити як спільні напрями розвитку, так і специфічні проблеми та потенційні можливості для української системи вищої освіти.

Водночас аналіз сучасних наукових праць свідчить про наявність значної кількості досліджень, присвячених окремим аспектам математичної освіти, цифровізації, компетентнісного підходу, STEM-освіти та використання інноваційних технологій. Проте недостатньо

систематизованими залишаються питання комплексного порівняння інноваційних тенденцій математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн ЄС за сукупністю взаємопов'язаних критеріїв. Особливої уваги потребує визначення не лише відмінностей між освітніми системами, а й спільних тенденцій, які можуть формувати основу для подальшої інтеграції української математичної освіти до європейського освітнього простору.

Таким чином, проблема дослідження полягає у необхідності системного визначення та порівняльного аналізу сучасних інноваційних тенденцій математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн ЄС, з'ясуванні особливостей їх реалізації та визначенні напрямів, які можуть бути адаптовані до українського освітнього контексту. Розв'язання цієї проблеми має як теоретичне, так і практичне значення, оскільки сприяє поглибленню наукових уявлень про трансформацію математичної освіти та може бути використане для вдосконалення змісту освітніх програм, методик викладання математики, системи оцінювання результатів навчання та професійної підготовки викладачів.

Зазначена проблематика безпосередньо пов'язана із сучасними науковими та практичними завданнями модернізації вищої освіти, підвищення якості математичної підготовки здобувачів освіти, розвитку їх математичної та цифрової компетентностей, формування здатності до критичного мислення, математичного моделювання та розв'язування практичних проблем, а також забезпечення відповідності української вищої освіти сучасним європейським тенденціям.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика модернізації математичної освіти у закладах вищої освіти останніми роками набуває особливої актуальності у зв'язку з цифровою трансформацією освіти, поширенням компетентнісного підходу, розвитком

дослідницьких форм навчання, необхідністю посилення практичної спрямованості математичної підготовки та появою генеративного штучного інтелекту. Сучасні дослідження демонструють поступову зміну наукових акцентів: від переважного вивчення труднощів переходу студентів від шкільної до університетської математики – до дослідження навчання складніших математичних дисциплін, математичного міркування, доведення, моделювання, розв'язування проблем та використання цифрових технологій (Biehler, Durand-Guerrier, Trigueros, 2024).

Одним із найбільш ґрунтовних сучасних узагальнень є праця R. Biehler, V. Durand-Guerrier та M. Trigueros (2024), у якій систематизовано нові напрями досліджень університетської математичної освіти. Автори виокремлюють три взаємопов'язані сфери: інновації у викладанні та навчанні складнішої математики; переходи між різними рівнями й контекстами математичної освіти; роль доведення та математичного міркування. Особливу увагу приділено проблемно-орієнтованому та inquiry-based learning, новим формам взаємодії викладача і студента, технологічним засобам підтримки навчання, а також мотиваційним та афективним чинникам. Дослідники наголошують, що традиційна лекційна модель продовжує відігравати значну роль в університетській математиці, тому одним із ключових завдань сучасної дидактики є створення науково обґрунтованих моделей активного навчання.

Важливим напрямом сучасних досліджень є інноваційні методи навчання математики, зокрема inquiry-based learning (IBL) та problem-based learning (PBL). Gómez-Chacón, Hochmuth та Peters (2024) досліджують професійний розвиток викладачів університетської математики через упровадження inquiry-based підходу. У центрі їхнього дослідження перебуває перепроєктування математичних завдань як один із ключових механізмів професійного розвитку викладача. Дослідження здійснювалося в

межах європейського проєкту PLATINUM та охоплювало досвід університетів Іспанії й Німеччини. Автори показують, що перехід до дослідницького навчання потребує не просто зміни методів викладання, а переосмислення структури математичних завдань та ролі викладача в освітньому процесі.

Окремий блок сучасних досліджень становлять праці, присвячені цифровізації математичної освіти. Weigand, Trgalova та Tabach (2024) здійснили масштабний огляд досліджень щодо викладання, навчання та оцінювання математики в цифрову епоху. Автори виділяють три основні напрями: використання технологій у викладанні математики, навчання математики за допомогою цифрових ресурсів та цифрове оцінювання. Важливим результатом цього огляду є висновок про те, що цифрова трансформація повинна розглядатися ширше, ніж просте перенесення традиційних навчальних матеріалів у цифрове середовище. Цифрові технології змінюють способи взаємодії з математичними об’єктами, організацію навчальної діяльності та можливості формувального оцінювання.

У сучасних дослідженнях особливого значення набуває поняття математичної цифрової компетентності. Воно передбачає не тільки технічне володіння програмним забезпеченням, а здатність педагогічно й математично обґрунтовано використовувати цифрові інструменти для дослідження математичних понять, моделювання, візуалізації, аргументації та оцінювання. У цьому контексті цифрові технології розглядаються як засіб розширення математичної діяльності, а не як заміна традиційного математичного мислення (Weigand, Trgalova, Tabach, 2024).

Водночас сучасні дослідження демонструють, що цифровізація змінює і характер оцінювання математичних результатів. Цифрові середовища створюють можливості для автоматизованого зворотного зв’язку,

адаптивного оцінювання та індивідуалізації навчання. Проте дослідники звертають увагу на необхідність розроблення завдань, які дають змогу оцінювати не лише правильність відповіді, а й концептуальне розуміння математичного матеріалу, процес міркування та здатність студента пояснювати отриманий результат (Weigand, Trgalova, Tabach, 2024).

Значний інтерес становлять також дослідження професійного розвитку викладачів математики. Сучасний європейський досвід свідчить, що впровадження інновацій не може бути ефективним без відповідної трансформації професійної діяльності викладача. У межах PLATINUM-проєкту увага приділяється розвитку здатності викладачів створювати та модифікувати математичні завдання відповідно до принципів inquiry-based learning. Це дозволяє розглядати професійний розвиток не як окремий процес підвищення кваліфікації, а як складову системної трансформації університетської математичної освіти (Gómez-Chacón, Hochmuth, Peters, 2024).

Окремим напрямом наукових пошуків є роль математичного доведення та формального міркування у підготовці студентів. Biehler, Durand-Guerrier та Trigueros (2024) підкреслюють, що з переходом до складніших університетських курсів студенти стикаються з необхідністю змінити характер математичної діяльності: від застосування відомих процедур до формального міркування, доведення та математичного моделювання. При цьому розвиток цифрових технологій, систем автоматизованого доведення та інструментів на основі штучного інтелекту створює нові питання щодо співвідношення автоматизованих математичних процедур і власне математичного міркування.

Таким чином, аналіз сучасних зарубіжних досліджень дає підстави виокремити декілька взаємопов’язаних тенденцій: активізацію дослідницьких та проблемно-орієнтованих методів; цифровізацію навчання

й оцінювання; розвиток математичної цифрової компетентності; посилення ролі математичного моделювання; переорієнтацію оцінювання на процес математичного міркування; а також трансформацію професійної діяльності викладача. Водночас більшість досліджень розглядає окремі аспекти цих процесів, тоді як комплексне порівняння їх реалізації в українських закладах вищої освіти та в різних країнах ЄС залишається недостатньо розробленим.

В українському науковому просторі також активно досліджуються питання цифровізації та модернізації математичної освіти. Зокрема, увага приділяється використанню систем комп'ютерної математики, цифрових підручників, змішаного навчання, розвитку цифрових компетентностей та пошуку нових форм організації самостійної роботи студентів. Водночас українські дослідження значною мірою зосереджені на адаптації математичної освіти до умов цифрового та змішаного навчання, тоді як європейські дослідження дедалі частіше переходять до вивчення того, як цифрові технології трансформують саму математичну діяльність та педагогічний дизайн навчання.

Отже, аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчує наявність значного наукового доробку щодо окремих напрямів модернізації математичної освіти, однак недостатньо дослідженим залишається питання комплексного порівняння інноваційних тенденцій математичної освіти України та країн ЄС за єдиною системою критеріїв. Саме ця обставина визначає доцільність проведення порівняльного аналізу, спрямованого на виявлення спільних тенденцій, принципових відмінностей та можливостей адаптації європейського досвіду до українського освітнього середовища.

Мета статті

Метою статті є здійснення порівняльного аналізу інноваційних тенденцій розвитку математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн Європейського Союзу, визначення спільних і відмінних характеристик

сучасних підходів до організації навчання математики, а також обґрунтування перспективних напрямів адаптації європейського досвіду до українського освітнього середовища.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

– проаналізувати сучасні підходи до організації математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн ЄС;

– визначити основні інноваційні тенденції у викладанні та навчанні математики;

– дослідити роль цифрових технологій, математичного моделювання, STEM-підходів та дослідницького навчання у формуванні математичної компетентності здобувачів вищої освіти;

– порівняти особливості використання компетентнісного, студентоцентрованого та проблемно-орієнтованого підходів в Україні та країнах ЄС;

– визначити основні проблеми та обмеження впровадження інновацій у математичну освіту України;

– обґрунтувати перспективні напрями розвитку математичної освіти України з урахуванням європейського досвіду та сучасних тенденцій цифрової трансформації вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Сучасна математична освіта у закладах вищої освіти України та країн Європейського Союзу характеризується поступовим переходом від переважно репродуктивної моделі навчання до компетентнісної, студентоцентрованої, діяльнісної та практико-орієнтованої**.** Основна увага приділяється не лише засвоєнню математичних понять і алгоритмів, а й здатності здобувачів застосовувати математичні знання для розв'язування

проблем, аргументувати власні рішення, здійснювати дослідження та використовувати математичні інструменти у професійній діяльності.

Для української вищої освіти характерним є посилення компетентнісного підходу, що передбачає орієнтацію освітнього процесу на конкретні результати навчання. Сучасні українські дослідження підкреслюють необхідність поєднання компетентнісного, діяльнісного, особистісно орієнтованого та інтегративного підходів під час формування математичної компетентності . У практиці університетського навчання це проявляється у використанні інтерактивних методів, проблемних завдань, проєктної діяльності, змішаного навчання та цифрових освітніх ресурсів. Дослідження українських закладів вищої освіти також засвідчують позитивний вплив інтерактивних засобів і змішаного навчання на академічні результати та цифрову грамотність студентів (Termenzhy, 2024) .

Водночас важливою тенденцією є цифровізація математичної освіти. В Україні активно використовуються системи дистанційного навчання, цифрові освітні платформи, інтерактивні математичні середовища, графічні калькулятори та системи комп'ютерної алгебри. Дослідження українських і зарубіжних практик показує, що цифрові технології створюють можливості для індивідуалізації навчання, наочного представлення абстрактних математичних понять та активізації дослідницької діяльності студентів .

У країнах ЄС аналогічні процеси доповнюються більш активним поширенням дослідницького (inquiry-based) та проблемно-орієнтованого навчання**.** Студент розглядається не лише як отримувач готових математичних знань, а як активний учасник їх побудови: формулює припущення, досліджує математичні об'єкти, аналізує різні способи розв'язання та обґрунтовує отримані результати. Такий підхід особливо важливий для розвитку математичного мислення, оскільки зміщує акцент із відтворення алгоритмів на сам процес математичного міркування.

Спільною для України та країн ЄС є також поступова інтеграція математики з цифровими технологіями та іншими галузями знань. Проте відмінність полягає передусім у системності реалізації цих підходів. В українських закладах вищої освіти інноваційні методи часто впроваджуються як окремі педагогічні практики окремих викладачів або освітніх програм. Водночас європейський досвід демонструє тенденцію до їх включення у ширші інституційні моделі розвитку університетської математичної освіти.

Показовим у цьому контексті є порівняння України та Франції: дослідження 2024 року засвідчило використання в обох країнах інтерактивних дошок, онлайн-ресурсів і персоналізованих підходів, однак для України суттєвим обмеженням залишаються нерівномірний розвиток цифрової інфраструктури та фінансові можливості закладів освіти .

Отже, сучасні підходи до організації математичної освіти в Україні та країнах ЄС мають спільну стратегічну спрямованість: компетентнісність, активізацію навчальної діяльності студента, цифровізацію, практичну спрямованість та розвиток математичного мислення. Водночас для України актуальним залишається завдання переходу від окремого використання інноваційних методів до їх системної інтеграції в освітні програми, методику викладання та систему оцінювання результатів навчання.

Проведений аналіз наукових публікацій, стратегічних документів та сучасних освітніх практик дає підстави розглядати математичну освіту у закладах вищої освіти України та країн Європейського Союзу як таку, що перебуває на етапі системної трансформації. Її основною особливістю є поступове зміщення акценту від переважного засвоєння математичних знань і процедур до формування здатності здобувача освіти самостійно застосовувати математичний апарат, здійснювати математичне міркування,

моделювати реальні процеси, використовувати цифрові інструменти та критично оцінювати отримані результати.

Водночас проведене порівняння показує, що Україна та країни ЄС загалом рухаються в одному напрямі, проте перебувають на різних етапах інституційного та методичного забезпечення відповідних змін. Для української вищої освіти характерним є поєднання традиційної фундаментальної математичної підготовки з поступовим упровадженням цифрових, компетентнісних та дослідницьких підходів. У країнах ЄС ці тенденції частіше розглядаються як складові системної трансформації університетської освіти та підтримуються на рівні освітньої політики, професійних спільнот і міжнародних проєктів.

Однією з найбільш помітних тенденцій є переорієнтація результатів математичної освіти на компетентності. У сучасних умовах сам факт засвоєння студентом певного обсягу математичного матеріалу вже не є достатнім показником якості підготовки. Важливим стає те, наскільки здобувач здатний використовувати математичні знання у нових ситуаціях, пояснювати власні міркування, обґрунтовувати вибір методу, аналізувати отримані результати та переносити математичні способи діяльності в професійний контекст.

Ця тенденція простежується і в дослідженнях університетської математичної освіти. Biehler, Durand-Guerrier та Trigueros (2024) відзначають, що сучасна дидактика університетської математики дедалі більше зосереджується на математичному міркуванні, доведенні, моделюванні, розв'язуванні проблем та активних формах навчання. При цьому автори наголошують на необхідності враховувати не лише зміст математичних дисциплін, а й характер математичної діяльності студентів (Biehler, Durand-Guerrier, Trigueros, 2024).

Для України ця тенденція має особливе значення, оскільки вона не потребує відмови від фундаментального характеру математичної підготовки. Навпаки, перспективним є поєднання фундаментальності з практичною та компетентнісною спрямованістю. Теоретичні положення математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії ймовірностей, диференціальних рівнянь та інших дисциплін повинні залишатися основою підготовки, але характер завдань має забезпечувати можливість їх застосування для дослідження нових ситуацій.

У цьому контексті суттєвого значення набуває зміна характеру математичних завдань. Якщо традиційне завдання передбачає застосування відомого алгоритму до стандартної ситуації, то інноваційне завдання може вимагати від студента самостійно визначити спосіб розв'язання, порівняти декілька підходів, знайти помилку, сформулювати гіпотезу або побудувати математичну модель.

Саме робота із завданнями є одним із ключових механізмів переходу до активного навчання. Gómez-Chacón, Hochmuth та Peters (2024), досліджуючи професійний розвиток викладачів університетської математики в межах inquiry-based learning, показують, що впровадження дослідницького навчання пов'язане не лише зі зміною методики проведення заняття, а й із перепроєктуванням математичних завдань. Студенту пропонується не готовий алгоритм, а ситуація, яка передбачає дослідження, аргументацію та самостійне математичне міркування (Gómez-Chacón, Hochmuth, Peters, 2024).

Порівняння української та європейської практики дає змогу визначити тут певну відмінність. В українських університетах дослідницькі та проблемні завдання використовуються, однак їх поширення значною мірою залежить від змісту конкретної дисципліни, освітньої програми та професійної позиції викладача. У європейському освітньому просторі inquiry-based learning частіше розглядається як предмет системного

методичного та наукового опрацювання. Отже, для України перспективним є не просто збільшення кількості проблемних завдань, а створення системи їх включення в освітні програми та критерії оцінювання.

Другим важливим результатом порівняння є визначення цифровізації як наскрізної тенденції розвитку математичної освіти. При цьому цифровізацію доцільно розуміти ширше, ніж використання систем дистанційного навчання. Вона охоплює цифрові математичні середовища, системи комп'ютерної алгебри, динамічну геометрію, програмування, чисельне моделювання, онлайн-сервіси, автоматизований зворотний зв'язок та цифрове оцінювання.

Weigand, Trgalova та Tabach (2024) зазначають, що цифрова трансформація змінює одночасно викладання, навчання та оцінювання математики. Автори наголошують, що технології можуть не тільки спрощувати виконання обчислень, а й створювати нові можливості для дослідження математичних об'єктів, візуалізації, експериментування та отримання зворотного зв'язку (Weigand, Trgalova, Tabach, 2024).

Українська вища освіта за останні роки значно розширила використання цифрових технологій. Особливо помітним цей процес став у зв'язку з поширенням дистанційного та змішаного навчання. Цифрові платформи, електронні освітні ресурси, відеоматеріали, інтерактивні математичні середовища та системи автоматизованого тестування стали складовою освітнього процесу в багатьох закладах вищої освіти.

Проте порівняльний аналіз показує, що наявність цифрового інструментарію сама по собі не є показником інноваційності математичної освіти. Важливим є спосіб його використання. Якщо цифрова платформа використовується лише для розміщення конспекту лекції або тесту, то відбувається цифровізація форми, але не змісту навчання. Якщо ж технологія дозволяє студенту досліджувати функції, будувати моделі, проводити

чисельні експерименти або порівнювати математичні об'єкти, відбувається якісна трансформація навчальної діяльності.

Це дає змогу сформулювати один із результатів проведеного аналізу: ефективність цифровізації математичної освіти визначається не кількістю цифрових ресурсів, а зміною математичної діяльності студента.

Тісно пов'язаною з цифровізацією є тенденція формування математичної цифрової компетентності. Вона передбачає здатність не просто користуватися цифровими інструментами, а визначати їхню математичну доцільність, критично оцінювати отримані за їх допомогою результати та поєднувати комп'ютерні обчислення з математичним обґрунтуванням.

Це особливо важливо для університетської математики, оскільки сучасні цифрові системи здатні автоматично виконувати значну частину процедур, які раніше були безпосереднім об'єктом навчання. Наприклад, система комп'ютерної алгебри може знайти похідну, первісну або розв'язок рівняння. Тому завдання викладача полягає не в тому, щоб повністю заборонити такі інструменти, а в тому, щоб змістити акцент на пояснення, вибір методу, перевірку та інтерпретацію результату.

Третім важливим напрямом є математичне моделювання та посилення прикладної спрямованості математичної освіти. Сучасний університетський курс математики має забезпечувати розуміння того, як математичні поняття використовуються для опису реальних процесів.

Математичне моделювання дозволяє поєднати фундаментальну математичну підготовку з професійним контекстом. Його принципова перевага полягає в тому, що студент працює не з уже сформульованою математичною задачею, а з певною проблемною ситуацією, яку спочатку необхідно математично описати.

Процес можна представити як послідовність:

реальна проблема → математична постановка → побудова моделі → вибір методу → отримання результату → перевірка → інтерпретація.

Така структура сприяє формуванню не лише математичних, а й аналітичних та професійних компетентностей.

У країнах ЄС математичне моделювання тісно пов'язується зі STEM-освітою. Математика в такому випадку виступає основою для аналізу проблем природничих наук, техніки, економіки, інформатики та інших сфер. В Україні STEM-напрям також активно розвивається, однак інтеграція математичного моделювання в університетські математичні дисципліни залишається перспективним напрямом подальшого розвитку.

Стратегічне значення STEM для Європейського Союзу підтверджується STEM Education Strategic Plan, представленим Європейською Комісією у 2025 році. Документ орієнтує європейську освіту на розвиток STEM-компетентностей, посилення зв'язку між освітою, дослідженнями та потребами суспільства й економіки. (education.ec.europa.eu)

Для України це створює можливості не стільки для механічного перенесення європейських моделей, скільки для інтеграції STEM-підходів у традиційно сильну фундаментальну математичну підготовку.

Четвертою тенденцією, яку дозволяє виокремити порівняльний аналіз, є розвиток дослідницької культури в математичній освіті. Сучасний студент повинен мати можливість не тільки розв'язувати поставлені викладачем задачі, а й ставити власні запитання.

Особливо продуктивними є завдання на:

- формулювання та перевірку гіпотез;
- пошук закономірностей;
- побудову контрприкладів;
- порівняння різних методів;
- аналіз помилкових розв'язань;

- дослідження впливу параметрів;
- математичне доведення.

Цей підхід змінює саме розуміння математичного навчання. Студент перестає бути виконавцем готового алгоритму й стає учасником математичного дослідження.

Порівняльний аналіз показує, що ця тенденція особливо виразно представлена у сучасній європейській дидактиці університетської математики. Водночас для української освіти вона має значний потенціал, оскільки добре узгоджується з традиціями фундаментальної математичної школи та науково-дослідницької підготовки.

П'ятою тенденцією є зміна підходів до оцінювання математичних результатів. Ця проблема стає особливо актуальною в умовах цифровізації та поширення штучного інтелекту.

Традиційна модель оцінювання переважно орієнтується на правильність кінцевої відповіді. Однак сучасні технології дозволяють отримувати відповіді на значну кількість стандартних математичних задач автоматично. Тому оцінювання лише кінцевого результату дедалі менше відображає реальний рівень математичної компетентності студента.

Доцільним є перехід до оцінювання кількох компонентів: розуміння проблеми; вибір методу; математичне міркування; обґрунтування; результат; інтерпретація.

У цьому контексті перспективним є формувальне оцінювання, яке забезпечує постійний зворотний зв'язок та дозволяє студенту коригувати власну навчальну діяльність. Цифрові технології створюють додаткові можливості для такого оцінювання, зокрема завдяки автоматизованому аналізу відповідей та індивідуалізації завдань (Weigand, Trgalova, Tabach, 2024).

Шостою тенденцією є зростання значення математичного міркування та доказової діяльності. Поширення цифрових технологій не зменшує значення математичного доведення, а, навпаки, робить його одним із ключових компонентів математичної компетентності.

Якщо комп'ютерна система може швидко виконати обчислення, побудувати графік або знайти розв'язок, то саме здатність студента пояснити, чому отриманий результат є правильним, стає принципово важливою.

Тому сучасні математичні завдання доцільно доповнювати питаннями:

– Чому отриманий результат є правильним?

– Які умови забезпечують його істинність?

– Чи існує інший спосіб розв'язання?

– За яких умов твердження буде неправильним?

– Який контрприклад можна навести?

– Як інтерпретувати результат у прикладному контексті?

Такі завдання забезпечують збереження фундаментальної математичної складової освіти навіть за умов активного використання цифрових технологій.

Сьомим новим фактором, який уже неможливо залишати поза межами аналізу, є генеративний штучний інтелект. Його поширення створює принципово нові умови для університетської математичної освіти.

ШІ може бути використаний як інструмент пояснення математичних понять, генерації прикладів, пошуку альтернативних способів розв'язання, програмної реалізації математичних моделей та перевірки міркувань. Водночас він може створювати помилкові математичні твердження або некоректні розв'язання, що робить критичну перевірку особливо важливою.

Тому найбільш продуктивною видається не модель повної заборони ШІ, а модель педагогічно контрольованого використання. Наприклад, студент

може отримати завдання проаналізувати запропоноване ШІ розв'язання, знайти в ньому помилки, перевірити кожен етап та запропонувати власне математичне обґрунтування.

Це принципово змінює характер завдання. Якщо раніше основною вимогою було «розв'язати задачу», то тепер доцільно ставити вимогу:

«розв'язати, перевірити, обґрунтувати та критично оцінити розв'язання».

Такий підхід є перспективним для збереження самостійної математичної діяльності студента в умовах доступності генеративного ШІ.

Восьмою тенденцією є трансформація професійної ролі викладача математики. Порівняльний аналіз показує, що інноваційна математична освіта потребує не просто технічної підготовки викладача, а зміни його педагогічної ролі.

Викладач дедалі більше виступає як проєктувальник освітнього середовища, автор математичних завдань, організатор дослідницької діяльності, консультант та експерт з оцінювання. Особливого значення набуває його здатність визначати, коли технологія справді підвищує якість математичного навчання, а коли лише спрощує виконання процедур.

Дослідження професійного розвитку викладачів у контексті inquiry-based learning демонструють, що успішне впровадження інновацій потребує зміни не тільки студентської діяльності, а й професійних практик самого викладача (Gómez-Chacón, Hochmuth, Peters, 2024).

Для України це означає необхідність посилення професійного розвитку викладачів математики саме за напрямами цифрової педагогіки, математичного моделювання, дослідницького навчання, формувального оцінювання та педагогічно обґрунтованого використання ШІ.

На основі аналізу наукових досліджень, нормативних документів та стратегічних матеріалів України і Європейського Союзу узагальнено основні напрями трансформації математичної освіти та визначено їх специфіку в

українському й європейському освітньому контекстах (Biehler, Durand-Guerrier, Trigueros, 2024; Weigand, Trgalova, Tabach, 2024; Gómez-Chacón, Hochmuth, Peters, 2024; European Commission, 2020, 2025). Результати порівняння представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика інноваційних тенденцій математичної освіти у ЗВО України та країн ЄС

Напрям	**Україна**	**Країни ЄС**	**Результат порівняння**
Фундаментальна математична підготовка	Традиційно сильна	Поєднується з компетентнісною орієнтацією	Доцільне збереження фундаментальності
Компетентнісний підхід	Активно впроваджується	Системно інтегрований в освітні програми	Спільна тенденція
Дослідницьке навчання	Поширюється нерівномірно	Активно досліджується та впроваджується	Потребує систематизації в Україні
Цифровізація	Інтенсивно розвивається	Системно інтегрується в навчання й оцінювання	Спільний напрям, різний рівень системності
Математичне моделювання	Переважно в окремих курсах і проєктах	Ширше пов'язане зі STEM	Значний потенціал розвитку в Україні
STEM	Розвивається	Є стратегічним пріоритетом	Потребує посилення міждисциплінарності
Формувальне оцінювання	Поступово поширюється	Ширше інтегроване в освітні практики	Перспективний напрям для України
ШІ в математичній освіті	Новий напрям	Активна дискусія щодо використання та оцінювання	Необхідна загальна політика відповідального використання

Отже, проведений порівняльний аналіз дає підстави стверджувати, що принципова відмінність між Україною та країнами ЄС полягає не у визначенні пріоритетних напрямів розвитку, а передусім у системності їх реалізації.

Українська система має значний потенціал для подальшої модернізації завдяки фундаментальній математичній підготовці, науковим традиціям та достатньо високому рівню математичної культури викладачів. Водночас необхідним є посилення інституційної підтримки інновацій, створення умов для професійного розвитку викладачів, розроблення сучасних навчальних матеріалів та оновлення системи оцінювання.

Узагальнення результатів дозволяє запропонувати модель перспективного розвитку математичної освіти України, що ґрунтується на поєднанні традиційних і інноваційних компонентів: фундаментальні математичні знання; математичне міркування; дослідницька діяльність; математичне моделювання; цифрові технології; міждисциплінарна інтеграція; критичне використання ШІ; компетентнісне оцінювання.

Особливість запропонованої моделі полягає в тому, що цифрові технології та штучний інтелект у ній не замінюють математичні знання, а розширюють можливості їх застосування та дослідження. Математичне моделювання забезпечує зв'язок із практикою, дослідницькі завдання розвивають математичне мислення, а компетентнісне оцінювання дозволяє визначати не тільки здатність отримати відповідь, а й здатність пояснити та обґрунтувати її.

Таким чином, інноваційна трансформація математичної освіти не повинна означати відмову від традиційної фундаментальної підготовки. Навпаки, найбільш продуктивною для України є модель поєднання фундаментальності та інноваційності. Збереження системного математичного змісту має поєднуватися з новими способами організації навчальної діяльності, цифровими інструментами, математичним моделюванням, дослідницьким навчанням та сучасними формами оцінювання.

Саме такий підхід дозволяє узгодити українську математичну освіту з європейськими тенденціями, не втрачаючи її фундаментальних переваг. Водночас його реалізація потребує не окремого впровадження інновацій, а системної модернізації змісту освітніх програм, методики викладання, математичних завдань, професійного розвитку викладачів та системи оцінювання.

У цьому й полягає основний результат проведеного порівняльного аналізу: Україна та країни ЄС мають спільний вектор розвитку математичної освіти, але для української системи ключовим завданням є перехід від фрагментарного використання інноваційних практик до їх системної інтеграції в університетську математичну освіту.

Висновки

Проведений порівняльний аналіз сучасних тенденцій математичної освіти у закладах вищої освіти України та країн Європейського Союзу дає підстави стверджувати, що її розвиток відбувається під впливом спільних глобальних процесів – цифрової трансформації, поширення компетентнісного та студентоцентрованого підходів, розвитку STEM, математичного моделювання, дослідницького навчання та нових технологій штучного інтелекту.

Встановлено, що спільною для України та країн ЄС є тенденція переходу від переважно репродуктивної моделі навчання до моделі, орієнтованої на активну математичну діяльність здобувача вищої освіти. У сучасних умовах результатом математичної підготовки має бути не лише засвоєння теоретичних положень і володіння алгоритмами, а здатність застосовувати математичні знання у нових ситуаціях, здійснювати математичне міркування, обґрунтовувати рішення, будувати моделі та інтерпретувати отримані результати.

Визначено, що цифровізація є однією з ключових тенденцій трансформації математичної освіти. Перспективним є застосування цифрових технологій для візуалізації математичних понять, проведення математичних експериментів, моделювання, автоматизованого зворотного зв'язку та індивідуалізації навчання. Для України актуальним залишається перехід від переважно інструментального використання цифрових ресурсів до їх системної інтеграції в методику викладання математики.

Обґрунтовано перспективність дослідницького та проблемно-орієнтованого навчання, яке змінює характер математичної діяльності студента. Використання відкритих, проблемних і дослідницьких завдань сприяє розвитку математичного мислення, самостійності, аргументації та здатності працювати з нестандартними ситуаціями. Європейський досвід засвідчує доцільність системного впровадження таких підходів, тоді як в українській вищій освіті вони поки що значною мірою залежать від конкретної освітньої програми та професійної ініціативи викладача.

Встановлено особливу роль математичного моделювання та STEM-орієнтації у посиленні прикладної спрямованості математичної підготовки. Математичне моделювання забезпечує зв'язок між фундаментальними математичними знаннями та реальними професійними й суспільними проблемами, а STEM-підхід створює умови для інтеграції математики з інформатикою, природничими науками, технікою, економікою та аналізом даних. Для української вищої освіти цей напрям є перспективним засобом підвищення практичної значущості математичних дисциплін без зниження рівня їх фундаментальності.

Показано необхідність трансформації системи оцінювання математичних результатів. В умовах доступності систем комп'ютерної математики та генеративного штучного інтелекту оцінювання лише кінцевої відповіді не забезпечує достатньої інформації про рівень сформованості

математичної компетентності. Доцільним є врахування процесу міркування, вибору методу, обґрунтування, перевірки та інтерпретації результату.

Окремим результатом дослідження стало визначення штучного інтелекту як нового чинника трансформації математичної освіти. Генеративний ШІ може бути ефективним інструментом пояснення, пошуку альтернативних способів розв'язання, генерації математичних прикладів та перевірки міркувань. Водночас його використання потребує формування культури критичного оцінювання отриманих результатів.

Порівняння України та країн ЄС показало, що основні стратегічні напрями розвитку математичної освіти є переважно спільними, однак відмінності спостерігаються у рівні системності їх реалізації. В Україні інноваційні практики активно розвиваються, проте часто впроваджуються фрагментарно – на рівні окремих дисциплін, викладачів або освітніх програм. У країнах ЄС значна частина інноваційних тенденцій підтримується на інституційному та стратегічному рівнях.

Водночас однією з сильних сторін української математичної освіти залишається фундаментальність математичної підготовки. Тому адаптація європейського досвіду не повинна передбачати механічне копіювання зарубіжних моделей або скорочення теоретичного компонента. Більш доцільним є поєднання фундаментальної математичної підготовки з дослідницькими, цифровими, моделювальними та компетентнісними компонентами.

Отже, перспективна модель розвитку математичної освіти в Україні має ґрунтуватися на синтезі фундаментальності та інноваційності: збереженні системного математичного змісту, одночасному розвитку математичного міркування, математичного моделювання, цифрової компетентності, дослідницьких умінь, міждисциплінарної взаємодії та відповідального використання штучного інтелекту.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні та експериментальній перевірці конкретних моделей інтеграції цифрових технологій, математичного моделювання та генеративного штучного інтелекту в університетські математичні дисципліни, а також у визначенні критеріїв оцінювання математичної та математичної цифрової компетентності здобувачів вищої освіти. Важливим напрямом є також проведення емпіричних досліджень, які дозволять оцінити ефективність різних моделей навчання математики та визначити найбільш результативні практики для їх адаптації в українських закладах вищої освіти.

Список використаних джерел

1. Biehler R., Durand-Guerrier V., Trigueros M. New trends in didactic research in university mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*. 2024. Vol. 56. P. 1345–1360. DOI: https://doi.org/10.1007/s11858-024-01643-2.

2. Weigand H.-G., Trgalova J., Tabach M. Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM – Mathematics Education*. 2024. Vol. 56. P. 525–541. DOI: https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9.

3. Gómez-Chacón I. M., Hochmuth R., Peters J. Inquiry in mathematics: studying a professional development measure for university lecturers. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2308034.

4. Geraniou E., Jankvist U. T., Elicer R., et al. Towards a definition of “mathematical digital competency for teaching”. *ZDM – Mathematics Education*. 2024. Vol. 56. P. 625–637. DOI: https://doi.org/10.1007/s11858-024-01587-5.

5. Durand-Guerrier V., Hochmuth R., Nardi E., Winsløw C. (eds.). *Research and Development in University Mathematics Education*. London : Routledge, 2021. DOI: https://doi.org/10.4324/9780429346859.

6. Artigue M., Blomhøj M. Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM – Mathematics Education*. 2013. Vol. 45. P. 797–810. DOI: https://doi.org/10.1007/s11858-013-0506-6.

7. European Commission. *STEM Education Strategic Plan: Basic Skills and STEM Action Plan to Support Education and Training*. Brussels : European Commission, 2025. European Commission

8. European Commission. *Digital Education Action Plan (2021–2027): Resetting Education and Training for the Digital Age*. Brussels : European Commission, 2020. Digital Education Action Plan

9. European Commission. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017. DOI: https://doi.org/10.2760/159770.

10. European Commission. *Key Competences for Lifelong Learning*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2019. DOI: https://doi.org/10.2760/569540.

11. OECD. *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science and Financial Literacy*. Paris : OECD Publishing, 2023. DOI: https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en.

12. UNESCO. *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education – A Tool on Whose Terms?* Paris : UNESCO, 2023. DOI: https://doi.org/10.54676/UZQV8501.

13. Міністерство освіти і науки України. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 11 «Математика та статистика», спеціальність 111 «Математика». Київ : МОН України, 2020.

14. Кабінет Міністрів України. Концепція розвитку STEM-освіти до 2027 року. Київ, 2020.

15. Міністерство освіти і науки України. Концепція цифрової трансформації освіти і науки: 2021–2026. Київ : МОН України, 2021.

References

1. Biehler, R., Durand-Guerrier, V., & Trigueros, M. (2024). New trends in didactic research in university mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*, 56, 1345–1360. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01643-2.

2. Weigand, H.-G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM – Mathematics Education*, 56, 525–541. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9.

3. Gómez-Chacón, I. M., Hochmuth, R., & Peters, J. (2024). Inquiry in mathematics: Studying a professional development measure for university lecturers. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2308034.

4. Geraniou, E., Jankvist, U. T., Elicer, R., et al. (2024). Towards a definition of "mathematical digital competency for teaching". *ZDM – Mathematics Education*, 56, 625–637. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01587-5.

5. Durand-Guerrier, V., Hochmuth, R., Nardi, E., & Winsløw, C. (Eds.). (2021). *Research and Development in University Mathematics Education*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429346859.

6. Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM – Mathematics Education*, 45, 797–810. https://doi.org/10.1007/s11858-013-0506-6.

7. European Commission. (2025). *STEM Education Strategic Plan: Basic Skills and STEM Action Plan to Support Education and Training*. Brussels: European Commission.

8. European Commission. (2020). *Digital Education Action Plan (2021–2027): Resetting Education and Training for the Digital Age*. Brussels: European Commission. Digital Education Action Plan

9. European Commission. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/159770.

10. European Commission. (2019). *Key Competences for Lifelong Learning*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/569540.

11. OECD. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en.

12. UNESCO. (2023). *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education – A Tool on Whose Terms?* Paris: UNESCO. https://doi.org/10.54676/UZQV8501.

13. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. (2020). *Standart vyshchoi osvity Ukrainy: pershyi (bakalavrskyi) riven, haluz znan 11 «Matematyka ta statystyka», spetsialnist 111 «Matematyka»* [Standard of Higher Education of Ukraine: First (Bachelor's) Level, Field of Knowledge 11 “Mathematics and Statistics”, Specialty 111 “Mathematics”]. Kyiv: MON Ukrainy.

14. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2020). *Kontseptsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity)* [Concept for the Development of Natural and Mathematical Education (STEM Education)]. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 serpnia 2020 r. № 960-r.

15. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2021). *Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku* [On Approval of the Action Plan for the Implementation of the Concept for the Development of Natural and Mathematical Education (STEM Education) until 2027]. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 sichnia 2021 r. № 131-r.