

УДК 378.147:37.016:[5+51]:004(438)

DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2026-3\(228\)-76-81](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2026-3(228)-76-81)



КЛАНІЧКА ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ,

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математики та інформатики і методики навчання, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

Yurii Klanichka,

PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,

Associate Professor at the Department of Mathematics and Informatics and Methods of Teaching, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

E-mail: yurii.klanichka@cnu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8419-3211>

STEM-ІНТЕГРАЦІЯ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПОЛЬЩІ

А Досліджено особливості моделей STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у системі професійної підготовки майбутніх учителів у Польщі в контексті сучасних європейських освітніх трансформацій. Проаналізовано теоретичні засади STEM-освіти, сутність міждисциплінарного підходу та ключові принципи інтеграції природничих наук, математики, технологій і цифрових компонентів у педагогічну освіту. Значну увагу приділено сучасним європейським тенденціям розвитку STEM-освіти, цифровізації освітнього середовища, упровадженню проєктно-дослідницького навчання та формуванню компетентностей XXI століття.

Визначено національні особливості розвитку STEM-освіти у Польщі, зокрема орієнтацію на міждисциплінарність, практикоорієнтованість, розвиток цифрових компетентностей майбутніх педагогів, використання STEM-проєктів, цифрових платформ і віртуальних лабораторій у професійній підготовці вчителів природничо-математичного циклу.

Ключові слова: STEM-освіта; STEM-інтеграція; природничо-математичні дисципліни; професійна підготовка вчителів; педагогічна освіта; міждисциплінарне навчання; цифровізація освіти; STEM-компетентності; польський досвід; освітнє середовище

STEM INTEGRATION OF NATURAL SCIENCE AND MATHEMATICS DISCIPLINES IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS IN POLAND

S The article examines the peculiarities of STEM integration models for science and mathematics disciplines in the professional training of future teachers in Poland within the context of contemporary European educational transformations. The study analyzes the theoretical foundations of STEM education, the essence of the interdisciplinary approach, and the key principles of integrating science, mathematics, technology, engineering, and digital components into pedagogical education.

The national peculiarities of STEM education development in Poland are identified, specifically the orientation toward interdisciplinarity, practice-oriented training, the development of future teachers' digital competencies, and the active use of STEM projects, digital platforms, and virtual laboratories in the professional training of science and mathematics teachers. The organizational and pedagogical characteristics of the Polish STEM training model are generalized, and the role of interdisciplinary integration in the modernization of pedagogical education is substantiated.

The article also outlines the prospects for adapting the Polish experience to the system of pedagogical education in Ukraine. The main directions for modernizing the professional training of future teachers, strengthening interdisciplinary learning, and integrating STEM technologies into the educational process under current educational reforms are determined. It is emphasized that the Polish experience of STEM integration can serve as an effective guideline for improving the quality of teacher training, developing digital and research competencies, and creating an innovative educational environment in Ukrainian higher education institutions. The practical significance of the study lies in the potential to apply the results to the development of interdisciplinary educational programs and STEM-oriented training courses for future teachers of science and mathematics. The findings of the research may be used to further modernize pedagogical education in line with current European educational standards and digital transformation processes.

Keywords: STEM education; STEM integration; science and mathematics disciplines; professional teacher training; pedagogical education; interdisciplinary learning; digitalization of education; STEM competencies; Polish experience; educational environment

Актуальність проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. У сучасних умовах цифровізації освіти, розвитку інноваційних технологій і трансформації європейського освітнього простору особливої актуальності набуває проблема підготовки майбутніх учителів, здатних реалізувати

міждисциплінарний підхід і формувати в учнів практичні навички застосування природничо-математичних знань.

Особливого значення набуває вивчення європейського досвіду STEM-інтеграції у підготовці педагогічних кадрів, зокрема досвіду Республіки Польща, яка активно впроваджує сучасні моделі міждисциплінарного навчання, цифрові

технології та практико-орієнтовані методи підготовки майбутніх учителів відповідно до європейських освітніх стандартів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів в Україні в умовах реформування освіти та євроінтеграційних процесів. Аналіз польських моделей STEM-інтеграції дозволяє визначити перспективні напрями модернізації педагогічної освіти, розвитку міждисциплінарної взаємодії та формування сучасних професійних компетентностей учителя.

Аналіз попередніх публікацій і досліджень.

Проблематика розвитку STEM-освіти та її інтеграції у систему професійної підготовки майбутніх учителів останніми роками посідає важливе місце у сучасному педагогічному дискурсі. Це зумовлено активною цифровізацією освіти, потребою в оновленні змісту природничо-математичної підготовки та необхідністю формування у майбутніх педагогів міждисциплінарного мислення, дослідницьких умінь і здатності до використання інноваційних освітніх технологій.

Теоретичні засади та перспективи впровадження STEM-освіти в Україні розкрито у працях А. Овчатової [5], З. Гбур, О. Кравченко [1], які акцентують увагу на значенні STEM-підходу для формування інноваційного освітнього середовища, розвитку критичного мислення, креативності та практико-орієнтованих компетентностей здобувачів освіти. М. Деренюк [2] досліджує особливості інтеграції STEAM-освіти у систему підготовки майбутніх фахівців, наголошуючи на важливості поєднання технічного, творчого та професійно орієнтованого компонентів навчання.

Європейський вимір розвитку STEM/STEAM-освіти представлено у дослідженні Т. Поснової, В. Зятковського [6], де розкрито досвід ЄС щодо інтеграції STEM-підходів у підготовку майбутніх фахівців, розвитку цифрових компетентностей і використання міждисциплінарних освітніх практик. Окремі аспекти підготовки майбутніх учителів до використання STEM-технологій аналізує Т. Мухіна [4], яка підкреслює значення STEM-засобів для розвитку креативного мислення та оновлення професійної підготовки педагогів.

Зарубіжний досвід інтегрованого навчання природничих наук аналізують Л. Мельник і С. Батиченко [3], акцентуючи увагу на міждисциплінарному підході, гнучкості освітніх програм і значенні підготовки педагогів до інтегрованого викладання.

Безпосередньо польський контекст розвитку STEM-освіти розкрито у праці А. Wałaszowska [13], де показано можливості інтеграції математики, природничих наук, технологій та інженерії у межах практико-орієнтованого STEM-навчання. Питання цифрових компетентностей майбутніх учителів у Польщі досліджує Е. Rzońca [10], підкреслюючи необхідність оновлення програм педагогічної освіти відповідно до вимог цифрової трансформації.

Разом з тим аналіз наукових джерел свідчить, що проблема STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів у Польщі ще не отримала цілісного висвітлення в контексті адаптації цього досвіду для педагогічної освіти України. Це зумовлює необхідність подальшого дослідження польських

моделей STEM-підготовки, їхніх національних особливостей і перспектив використання в умовах реформування української педагогічної освіти.

Незважаючи на значний науковий інтерес до проблематики STEM-освіти, питання інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів у контексті польського досвіду залишаються недостатньо систематизованими.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Попри значну увагу науковців до проблем розвитку STEM-освіти та модернізації педагогічної підготовки, недостатньо дослідженими залишаються питання моделей STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у системі професійної підготовки майбутніх учителів у Польщі. У наукових працях переважно розглядаються загальні аспекти STEM-освіти, тоді як особливості поєднання європейських тенденцій із національними механізмами організації педагогічної освіти, змістом міждисциплінарної підготовки та практико-орієнтованими підходами потребують ґрунтовнішого аналізу. Недостатньо висвітленими залишаються також можливості адаптації польського досвіду до сучасних умов реформування педагогічної освіти в Україні.

Метою статті є дослідження моделей STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів у Республіці Польща, визначення європейських тенденцій і національних особливостей їх реалізації, а також обґрунтування перспектив використання польського досвіду в умовах модернізації педагогічної освіти України.

Викладення основного матеріалу. Теоретичні засади STEM-інтеграції у системі педагогічної освіти ґрунтуються на міждисциплінарному підході до організації навчання, що передбачає поєднання природничих наук, технологій, інженерії та математики в єдину систему формування професійних компетентностей майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін [5, с. 52]. STEM-освіта розглядається як інноваційна модель підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, орієнтована на розвиток критичного мислення, креативності, дослідницьких умінь і здатності до практичного застосування знань у реальних професійних ситуаціях [там само, с. 5].

У сучасному науковому дискурсі STEM-освіта розглядається як один із провідних напрямів модернізації педагогічної освіти в умовах цифровізації та трансформації сучасного освітнього середовища. Її ключовими принципами виступають інтеграція природничих, математичних і технологічних дисциплін, практико-орієнтованість, проблемне та проєктне навчання, інноваційність, розвиток дослідницької активності й формування компетентностей XXI століття [2]. Важливе значення має також поєднання технічного та творчого компонентів, що забезпечує формування гнучкого, критичного та міждисциплінарного мислення майбутніх педагогів [6, с. 43].

Дослідники наголошують, що STEM-технології сприяють активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти, підвищенню мотивації до навчання та розвитку здатності до розв'язання комплексних професійних завдань. Особливу

роль STEM-інтеграція відіграє у професійній підготовці майбутніх учителів природничо-математичного циклу, оскільки дозволяє формувати не лише предметні знання, а й цифрові, комунікативні та інноваційні компетентності, необхідні для функціонування сучасного освітнього середовища [4, с. 113].

Відтак, теоретичні засади STEM-інтеграції у системі педагогічної освіти варто розглядати не лише як механізм поєднання окремих навчальних дисциплін, а як цілісну концепцію підготовки майбутнього вчителя до діяльності в умовах сучасного інноваційного освітнього середовища. Сутність STEM-освіти полягає у формуванні здатності до комплексного аналізу проблем, міждисциплінарного мислення, практичного застосування знань і використання цифрових і проєктних технологій у професійній діяльності. Водночас ключові принципи STEM-освіти – інтегративність, практико-орієнтованість, дослідницька спрямованість, інноваційність і міжпредметна взаємодія – створюють підґрунтя для формування сучасних професійних компетентностей майбутніх педагогів і підвищення якості їхньої професійної підготовки.

Розвиток зазначених теоретичних підходів до STEM-інтеграції безпосередньо відображається у сучасних європейських тенденціях модернізації педагогічної освіти та формування інноваційного освітнього середовища.

Так, європейські тенденції розвитку STEM-освіти формуються під впливом процесів цифровізації, інноваційного розвитку та модернізації системи підготовки фахівців відповідно до потреб сучасного суспільства. У стратегічних документах Європейського Союзу STEM-освіта визначається одним із ключових напрямів освітньої політики, спрямованої на розвиток цифрових, дослідницьких і технологічних компетентностей, підвищення конкурентоспроможності освіти та забезпечення підготовки фахівців для високотехнологічних галузей. У "Digital Education Action Plan 2021–2027" наголошується на необхідності розвитку цифрових навичок, інтеграції інноваційних технологій в освітній процес, впровадження міждисциплінарного та проєктного навчання, а також формування компетентностей XXI століття, зокрема критичного мислення, креативності та здатності до розв'язання комплексних проблем [8].

Сучасна європейська STEM-політика зорієнтована на посилення міждисциплінарної взаємодії, розвиток практико-орієнтованого навчання та модернізацію професійної підготовки педагогів. У "STEM Education Strategic Plan" Європейської комісії підкреслюється необхідність оновлення навчальних програм, розвитку трансдисциплінарної освіти, впровадження проєктних методів навчання та посилення співпраці між закладами освіти, науковими установами й технологічним сектором. Окрему увагу приділено підготовці STEM-викладачів, розвитку цифрової грамотності, формуванню інклюзивного освітнього середовища та подоланню гендерного дисбалансу у STEM-сфері [7].

Доктринальні дослідження також акцентують на тому, що важливою тенденцією європейського освітнього простору є поступовий перехід від традиційної STEM-моделі до STEAM-підходу, який передбачає інтеграцію технічних

і творчих компонентів навчання. Це сприяє розвитку креативного мислення, інноваційності, гнучкості та міждисциплінарних компетентностей майбутніх фахівців. Значну роль у розвитку STEAM/STEM-освіти в ЄС відіграють міжнародні освітні ініціативи та програми Horizon Europe, Erasmus+, Creative Europe, EU STEM Coalition і STE(A)M IT, спрямовані на підтримку інноваційних освітніх практик, цифрової трансформації освіти та професійного розвитку педагогів [6, с. 45].

З огляду на сучасні європейські тенденції розвитку STEM-освіти особливий науковий інтерес становить досвід Польщі, яка активно модернізує систему професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін відповідно до стандартів ЄС і вимог цифрового освітнього середовища. Вибір Польщі для дослідження зумовлений близькістю освітніх трансформацій до українського контексту, активним впровадженням міждисциплінарних і цифрових моделей навчання та інтеграцією європейських STEM-практик у педагогічну освіту. Польський досвід демонструє ефективне поєднання STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін, цифровізації освітнього середовища та проєктно-дослідницького навчання.

З метою систематизації ключових особливостей польської моделі STEM-підготовки узагальнимо її основні характеристики (табл. 1).

Отже, польський досвід STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів демонструє комплексний підхід до модернізації педагогічної освіти, зорієнтований на поєднання міждисциплінарності, цифровізації та практичної спрямованості навчання. Важливою особливістю є адаптація європейських освітніх стандартів до національної системи підготовки педагогів із урахуванням сучасних технологічних і суспільних викликів. Такий підхід забезпечує формування конкурентоспроможного фахівця, здатного ефективно функціонувати в умовах інноваційного освітнього середовища та реалізовувати STEM-орієнтовані методики у професійній діяльності. Особливого значення у польській моделі STEM-підготовки набуває інтеграція природничо-математичних дисциплін, яка забезпечує формування здатності майбутніх учителів до комплексного викладання природничих наук, математики й технологій на міждисциплінарній основі.

Подальший розвиток STEM-освіти у Польщі характеризується не лише інтеграцією природничо-математичних дисциплін, а й формуванням власних національних механізмів модернізації педагогічної освіти відповідно до потреб сучасного освітнього середовища. Однією з ключових особливостей польської моделі є орієнтація на посилення практичного складника професійної підготовки майбутніх учителів через залучення здобувачів освіти до міждисциплінарних STEM-проєктів, дослідницької діяльності та моделювання реальних професійних ситуацій. Значна увага приділяється розвитку партнерської взаємодії між закладами освіти, університетами, науковими установами та технологічним сектором, що сприяє розширенню практичних можливостей STEM-підготовки майбутніх педагогів [13, с. 24].

Особливості моделей STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів Польщі: організаційно-педагогічні характеристики та освітні орієнтири

(джерело: авторське узагальнення сформовано на основі джерел [3; 6; 9; 11; 12])

Структурний компонент STEM-інтеграції	Характеристика польської моделі STEM-підготовки	Освітній і компетентнісний результат
Міждисциплінарна інтеграція природничо-математичних дисциплін	Підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін ґрунтується на інтеграції природничих наук, математики, технологій та інженерії у межах єдиного освітнього простору. Використовуються інтегровані курси, міждисциплінарні модулі, дослідницьке навчання та STEM-сценарії.	Формування системного й міждисциплінарного мислення, здатності до інтегрованого викладання природничо-математичних дисциплін і комплексного аналізу освітніх проблем.
Організаційно-педагогічна модель STEM-підготовки	Польська STEM-освіта зорієнтована на модернізацію професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичного циклу відповідно до європейських стандартів. Значна увага приділяється поєднанню теоретичної та практичної підготовки, STEM-ініціативам, міжнародним програмам і співпраці освіти, науки та технологічної сфери.	Розвиток професійної мобільності, готовності до інноваційної педагогічної діяльності та адаптації освітнього процесу до сучасних суспільних і технологічних викликів.
Цифровізація STEM-підготовки майбутніх педагогів	У процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін активно інтегруються цифрові технології, віртуальні лабораторії, цифрові платформи, змішане навчання та онлайн-середовища.	Формування цифрових компетентностей і готовності до використання сучасних освітніх технологій у професійній діяльності.
Проектно-дослідницька та практико-орієнтована спрямованість навчання	Польська модель STEM-освіти орієнтована на проєктне та проблемно-орієнтоване навчання, виконання міждисциплінарних STEM-проєктів, дослідницьку діяльність і моделювання практичних ситуацій у процесі підготовки майбутніх педагогів природничо-математичного профілю.	Розвиток критичного мислення, дослідницьких умінь, креативності, навичок командної взаємодії та практичного застосування знань.
STEAM-орієнтоване інноваційне освітнє середовище	Польська система STEM-підготовки характеризується переходом до STEAM-підходу через інтеграцію творчих, дизайнерських та інноваційних компонентів у професійну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін.	Формування креативного, інноваційного та гнучкого професійного мислення, здатності до створення сучасного інтегрованого освітнього середовища.

Важливою національною особливістю розвитку STEM-освіти у Польщі є також системна цифровізація професійної підготовки педагогів. Польські заклади вищої освіти активно інтегрують цифрові освітні платформи, мультимедійні технології, віртуальні лабораторії та онлайн-середовища у процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичного циклу [10, с. 92]. Це забезпечує формування цифрових компетентностей, навичок роботи з цифровими ресурсами, онлайн-комунікації та використання сучасних технологій у професійній діяльності педагога.

Польська модель STEM-підготовки також характеризується орієнтацією на розвиток дослідницького та критичного мислення, креативності, навичок командної взаємодії та здатності до комплексного розв'язання міждисциплінарних завдань. У цьому контексті STEM-освіта розглядається як інструмент підготовки майбутнього педагога до діяльності в умовах динамічного цифрового та інноваційного освітнього середовища, що поєднує національні освітні потреби з європейськими орієнтирами розвитку сучасної педагогічної освіти.

Отже, розвиток STEM-освіти у Польщі характеризується поєднанням національних освітніх пріоритетів із сучасними європейськими орієнтирами модернізації педагогічної

освіти. Польська модель професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичного циклу ґрунтується на міждисциплінарності, цифровізації, практико-орієнтованості та розвитку дослідницьких компетентностей, що забезпечує адаптацію педагогів до сучасних технологічних і суспільних викликів. Водночас інтеграція європейських STEM-практик у національну систему освіти сприяє формуванню інноваційного освітнього середовища та підвищенню якості професійної підготовки майбутніх педагогів.

Проведений аналіз національних особливостей розвитку STEM-освіти у Польщі дає підстави стверджувати, що для системи педагогічної освіти України перспективним є адаптація окремих механізмів STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у професійну підготовку майбутніх учителів. Модернізація педагогічної освіти в умовах цифрової трансформації має передбачати не лише оновлення змісту навчання, а й розвиток міждисциплінарного освітнього середовища, посилення практико-орієнтованої підготовки та інтеграцію цифрових і дослідницьких технологій у професійну діяльність педагога. Узагальнимо перспектив використання польського досвіду STEM-інтеграції у системі педагогічної освіти України (табл. 2).

Перспективи адаптації польського досвіду STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у системі педагогічної освіти України

Напрямок адаптації польського досвіду	Механізми реалізації у професійній підготовці майбутніх українських учителів природничо-математичного циклу	Очікуваний освітній результат
Інтегроване викладання природничо-математичних дисциплін	Упровадження інтегрованих STEM-курсів, міждисциплінарних модулів і комплексного викладання природничих наук, математики, технологій та елементів інженерії.	Формування міждисциплінарного мислення та здатності до комплексного викладання природничо-математичних дисциплін.
Цифровізація професійної підготовки майбутніх учителів	Використання цифрових платформ, віртуальних лабораторій, STEM-симуляцій, мультимедійних ресурсів і змішаного навчання у процесі викладання природничо-математичних дисциплін.	Розвиток цифрових STEM-компетентностей і готовності до використання сучасних освітніх технологій у професійній діяльності.
Проектно-дослідницька підготовка майбутніх педагогів	Залучення здобувачів освіти до STEM-проектів, дослідницької діяльності, аналізу практичних кейсів і моделювання міждисциплінарних професійних ситуацій.	Формування дослідницьких умінь, критичного мислення та здатності до практичного застосування природничо-математичних знань.
Посилення практико-орієнтованого навчання	Інтеграція практичних STEM-завдань, лабораторних робіт, навчальних експериментів і методик моделювання реальних освітніх ситуацій у систему педагогічної підготовки.	Підвищення готовності майбутніх учителів до реалізації STEM-орієнтованого навчання у закладах освіти.
Розвиток STEAM-підходу у природничо-математичній освіті	Поєднання природничо-математичної підготовки з творчими, дизайнерськими та інноваційними методиками навчання.	Формування креативності, інноваційного мислення та гнучкості у професійній діяльності педагога.
Розвиток міжпредметної взаємодії в умовах реформування освіти	Посилення інтеграції природничих наук, математики, технологій і цифрових компонентів у системі педагогічної освіти відповідно до сучасних освітніх реформ.	Створення сучасного інтегрованого освітнього середовища та підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичного циклу.

Отже, адаптація польського досвіду STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін може стати важливим напрямом модернізації педагогічної освіти України в умовах реформування освітнього середовища та цифрової трансформації суспільства. Особливого значення набуває впровадження міждисциплінарних моделей навчання, розвиток цифрових і дослідницьких компетентностей майбутніх учителів, а також посилення практико-орієнтованого складника професійної підготовки. Водночас використання польських STEM-практик сприятиме формуванню сучасного освітнього середовища, зорієнтованого на інтеграцію природничих наук, математики, технологій і цифрових інструментів у професійній діяльності педагога.

Висновки. Проведене дослідження дало змогу встановити, що STEM-інтеграція природничо-математичних дисциплін у системі професійної підготовки майбутніх учителів є одним із провідних напрямів модернізації сучасної педагогічної освіти в умовах цифрової трансформації та розвитку інноваційного освітнього середовища. З'ясовано, що польська модель STEM-підготовки ґрунтується на міждисциплінарності, практико-орієнтованості, цифровізації та інтеграції дослідницьких і проектних технологій навчання, що забезпечує формування сучасних професійних, цифрових і STEM-компетентностей майбутніх педагогів.

У ході дослідження встановлено, що національні особливості розвитку STEM-освіти у Польщі полягають у поєднанні європейських освітніх орієнтирів із власними механізмами модернізації педагогічної освіти, спрямованими на інтеграцію природничих наук, математики, технологій і цифрових компонентів у систему професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичного циклу. Доведено, що важливими складниками польської STEM-моделі є розвиток міждисциплінарного освітнього середовища, посилення практичної підготовки, використання цифрових платформ і віртуальних лабораторій, а також активне залучення здобувачів освіти до STEM-проектів і дослідницької діяльності.

На основі аналізу польського досвіду обґрунтовано перспективність адаптації окремих механізмів STEM-інтеграції у системі педагогічної освіти України, зокрема впровадження інтегрованих STEM-курсів, розвитку цифрових STEM-компетентностей, посилення міжпредметної взаємодії та практико-орієнтованої підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості їх використання під час модернізації освітніх програм професійної підготовки майбутніх учителів, розроблення інтегрованих STEM-курсів і вдосконалення міждисциплінарних моделей педагогічної освіти в умовах європейської інтеграції України.

Перспективи подальших розвідок вбачаємо у поглибленому дослідженні механізмів практичної реалізації STEM-інтеграції природничо-математичних дисциплін у системі професійної підготовки майбутніх учителів, а також у розробленні моделей адаптації польського досвіду до умов реформування педагогічної освіти України. Перспективним напрямом є аналіз ефективності використання цифрових STEM-технологій, віртуальних

лабораторій, міждисциплінарних освітніх модулів і проектно-дослідницьких методик у процесі підготовки майбутніх педагогів природничо-математичного циклу. Особливої уваги потребує вивчення організаційно-педагогічних умов формування STEM-компетентностей майбутніх учителів в умовах цифровізації та розвитку сучасного інноваційного освітнього середовища.

Список використаних джерел

1. Гбур З. В., Кравченко О. О. Розвиток STEM-освіти в Україні: перспективи для формування інноваційного суспільства. *Філософія та управління*. 2025. № 6 (10). С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-248X/2025.6.03>
2. Деренюк М. П. Теоретико-практичні аспекти інтеграції STEAM-освіти в систему підготовки майбутніх фахівців професійної (професійно-технічної) освіти. *Академічні візії*. 2025. Вип. 47. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17431327>
3. Мельник Л. В., Батиченко С. П. Зарубіжний досвід інтегрованого навчання природничих наук в шкільній освіті. *Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів*. 2025. Вип. 6, № 1. С. 82–88. DOI: <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-9/11>
4. Мухіна Т. Є. Теоретичні основи проблеми підготовки майбутніх учителів початкових класів до розвитку креативного мислення учнів засобами STEM-технологій в умовах НУШ. *Інноваційна педагогіка*. 2025. Вип. 79, т. 2. С. 112–116. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2025/79.2.22>
5. Овчатова А. П. Проблеми та перспективи впровадження STEM-освіти в Україні. *Освітній дискурс*. 2021. № 35 (7). С. 50–60. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35\(7\)-5](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35(7)-5)
6. Поснова Т. В., Зятковський В. І. STEAM-освіта в підготовці майбутніх фахівців для креативних індустрій: досвід ЄС. *Освітня аналітика України*. 2024. № 5 (31). С. 40–54. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2024-5-40-54>
7. European Commission. A STEM Education Strategic Plan: skills for competitiveness and innovation : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 05.03.2025. COM(2025) 89 final. 13 p. URL: https://education.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-03/STEM_Education_Strategic_Plan_COM_2025_89_1_EN_0.pdf (дата звернення: 07.05.2026)
8. European Commission. Digital Education Action Plan 2021–2027: Unlocking Europe's digital potential. *European Education Area*. URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions> (дата звернення: 07.05.2026)
9. European Commission. Education and Training Monitor 2024: Poland. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. 24 p. URL: https://www.cedefop.europa.eu/files/education_and_training_monitor_2024.pdf (дата звернення: 07.05.2026)
10. Rzońca E. Comparative Analysis of the Level of Digital Competences of Future Teachers in Poland and Ukraine. *Information Technologies and Learning Tools*. 2024. Vol. 104, № 6. P. 81–95. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v104i6.5826>
11. Sánchez I., Cortés M. Possibilities and Challenges of STEAM Pedagogies. 2024. 10 p. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.15282> (дата звернення: 07.05.2026)
12. Tasiopoulou E., Myrtsioti E., Gori J. N., Xenofontos N., Chovardas A., Cinganotto L., Anichini G., Garista P., Benedetti F., Guida M., Minichini C., Benassi A., Gras-Velazquez A. STE(A)M IT Integrated STEM Teaching State of Play. Brussels : European Schoolnet, 2020. 40 p. URL: https://steamit.eun.org/files/D2.1_STEAM_IT_State_of_play_final.pdf (дата звернення: 07.05.2026)
13. Wałachowska A. Interdisciplinarity in Mathematics Education in the Context of STEM: A Case Study of the URANIUM Project. *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*. 2025. № 78. P. 23–26. DOI: <https://doi.org/10.32016/1.78.04>

References

1. Hbur, Z. V., & Kravchenko, O. O. (2025). Rozvytok STEM-osvity v Ukraini: perspektyvy dlia formuvannia innovatsiinoho suspilstva [Development of STEM education in Ukraine: Prospects for the formation of an innovative society]. *Filosofia ta upravlinnia [Philosophy and management]*, 6 (10), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-248X/2025.6.03> [in Ukrainian].
2. Dereniuk, M. P. (2025). Teoretyko-praktychni aspekty intehratsii STEAM-osvity v systemu pidhotovky maibutnih fakhivtsiv profesiinoi (profesiino-tekhnicnoi) osvity [Theoretical and practical aspects of integrating STEAM education into the training system of future vocational education specialists]. *Akademichni vizii [Academic visions]*, 47. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17431327> [in Ukrainian].
3. Melnyk, L. V., & Batychenko, S. P. (2025). Zarubizhnyi dosvid intehrovanoho navchannia pryrodnych nauk v shkilnii osviti [Foreign experience of integrated science education in school education]. *Konstruktivna heohrafiia ta ratsionalne vykorystannia pryrodnykh resursiv [Constructive geography and rational use of natural resources]*, 6 (1), 82-88. DOI: <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-9/11> [in Ukrainian].
4. Mukhina, T. Ye. (2025). Teoretychni osnovy problemy pidhotovky maibutnih uchyteliv pochatkovykh klasiv do rozvytku kreatyvnoho myslennia uchniv zasobamy STEM-tekhnologii v umovakh NUSH [Theoretical foundations of preparing future primary school teachers for developing students' creative thinking by means of STEM technologies under the New Ukrainian School]. *Innovatsiina pedahohika [Innovative pedagogy]*, 79 (2), 112-116. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2025/79.2.22> [in Ukrainian].
5. Ovchatova, A. P. (2021). Problemy ta perspektyvy vprovadzhennia STEM-osvity v Ukraini [Problems and prospects of implementing STEM education in Ukraine]. *Osvitnii dyskurs [Educational discourse]*, 35 (7), 50-60. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35\(7\)-5](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35(7)-5) [in Ukrainian].
6. Posnova, T. V., & Ziatkovskiy, V. I. (2024). STEAM-osvita v pidhotovtsi maibutnih fakhivtsiv dlia kreatyvnykh industrii: dosvid YeS [STEAM education in training future specialists for creative industries: EU experience]. *Osvitnia analityka Ukrainy [Educational analytics of Ukraine]*, 5 (31), 40-54. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2024-5-40-54> [in Ukrainian].
7. European Commission. (2021). *Digital Education Action Plan 2021–2027: Unlocking Europe's digital potential*. European Education Area. Retrieved from <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions>
8. European Commission. (2024). *Education and Training Monitor 2024: Poland*. Publications Office of the European Union. Retrieved from https://www.cedefop.europa.eu/files/education_and_training_monitor_2024.pdf
9. European Commission. (2025). *A STEM Education Strategic Plan: Skills for competitiveness and innovation: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions* (COM(2025) 89 final). Retrieved from https://education.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-03/STEM_Education_Strategic_Plan_COM_2025_89_1_EN_0.pdf
10. Rzońca, E. (2024). Comparative analysis of the level of digital competences of future teachers in Poland and Ukraine. *Information Technologies and Learning Tools*, 104 (6), 81-95. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v104i6.5826>
11. Sánchez, I., & Cortés, M. (2024). *Possibilities and challenges of STEAM pedagogies*. arXiv. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2408.15282>
12. Tasiopoulou, E., Myrtsioti, E., Gori, J. N., Xenofontos, N., Chovardas, A., Cinganotto, L., Anichini, G., Garista, P., Benedetti, F., Guida, M., Minichini, C., Benassi, A., & Gras-Velazquez, A. (2020). *STE(A)M IT integrated STEM teaching state of play*. European Schoolnet. Retrieved from https://steamit.eun.org/files/D2.1_STEAM_IT_State_of_play_final.pdf
13. Wałachowska, A. (2025). Interdisciplinarity in mathematics education in the context of STEM: A case study of the URANIUM Project. *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, 78, 23-26. DOI: <https://doi.org/10.32016/1.78.04>

Дата надходження до редакції
авторського матеріалу 09.05.2026