

Секція Педагогіка	
УДК 378.147:51	
Дата першого надходження статті до видання	2026-04-15
Дата прийняття статті до друку після рецензування	2026-05-15
Дата публікації/оприлюднення	2026-05-19

Інтегрований підхід до навчання вищої математики: взаємозв'язок фундаментальної підготовки та фахових дисциплін

Мироненко Ольга Всеволодівна

старший викладач кафедри фундаментальних дисциплін,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут,
м. Київ, Україна

e-mail: Olha.myronenko@viti.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3763-5478>

Соловійова Тетяна Василівна

викладач кафедри фундаментальних дисциплін,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут,
м. Київ, Україна

e-mail: tetiana.soloviova@viti.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0009-8338-8410>

Анотація. Метою статті є обґрунтування інтегрованого підходу до навчання вищої математики у ЗВО як системи взаємопов'язаних фундаментальних і фахово орієнтованих компонентів, спрямованої на подолання розриву між теоретичною математичною підготовкою та її практичним застосуванням у професійній діяльності здобувачів освіти. У процесі дослідження використано комплекс методів, зокрема аналіз і узагальнення наукових джерел для визначення сучасних підходів до математичної освіти, системно-структурний аналіз для моделювання інтеграції математичних і фахових дисциплін, а також метод педагогічного моделювання для розроблення дидактичних прикладів і міждисциплінарних завдань. Емпіричну базу дослідження становили результати анкетування студентів і викладачів, які дозволили оцінити ефективність інтегрованого підходу в освітньому процесі.

У результаті дослідження встановлено, що впровадження інтегрованого підходу до навчання вищої математики сприяє формуванню цілісного уявлення про математичні методи як інструмент аналізу, моделювання та розв'язання професійно орієнтованих задач. Виявлено, що студенти позитивно сприймають інтеграцію математичних і фахових дисциплін, особливо у форматі професійно орієнтованих задач, міждисциплінарних кейсів і STEM-/проектного навчання. Водночас визначено, що найбільш значущими для здобувачів освіти є розділи, пов'язані з математичною статистикою, теорією ймовірностей та економіко-математичним моделюванням, що підтверджує посилення прикладної орієнтації математичної підготовки. Узагальнено також позиції викладачів щодо переваг інтегрованого підходу та наявних організаційно-методичних бар'єрів його реалізації.

Наукова новизна полягає у систематизації структурно-змістових компонентів інтегрованого підходу до навчання вищої математики та уточненні механізмів його практичної реалізації в умовах компетентнісної парадигми вищої освіти. Практичне

значення результатів полягає у можливості їх використання для вдосконалення методики викладання вищої математики, розроблення міждисциплінарних завдань і навчальних курсів, а також підвищення ефективності формування професійних компетентностей здобувачів освіти.

Ключові слова: вища математика, інтегрований підхід, міждисциплінарна інтеграція, математичне моделювання, фахова підготовка математична освіта, заклади вищої освіти.

Integrated approach to teaching higher mathematics: the relationship between fundamental training and professional disciplines

Myronenko Olha Vsevolodivna

Senior Lecturer of the Department of Department of Fundamental Disciplines,
Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after The
Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

e-mail: Olha.myronenko@viti.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3763-5478>

Soloviova Tetiana Vasylivna

Lecturer of the Department of Department of Fundamental Disciplines,
Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after The
Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

e-mail: tetiana.soloviova@viti.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0009-8338-8410>

Abstract. The purpose of the article is to substantiate an integrated approach to teaching higher mathematics in higher education institutions as a system of interconnected fundamental and professionally oriented components aimed at bridging the gap between theoretical mathematical training and its practical application in the professional activities of education seekers. The research used a set of methods, including analysis and generalization of scientific sources to determine modern approaches to mathematics education, system-structural analysis to model the integration of mathematical and professional disciplines, as well as the method of pedagogical modeling to develop didactic examples and interdisciplinary tasks. The empirical basis of the research was the results of a questionnaire survey of students and teachers, which allowed us to assess the effectiveness of the integrated approach in the educational process.

As a result of the study, it was found that the implementation of an integrated approach to teaching higher mathematics contributes to the formation of a holistic understanding of mathematical methods as a tool for analyzing, modeling and solving professionally oriented tasks. It was found that students positively perceive the integration of mathematical and professional disciplines, especially in the format of professionally oriented tasks, interdisciplinary cases and STEM-/project learning. At the same time, it was determined that the most significant for students are the sections related to mathematical statistics, probability theory and economic and mathematical modeling, which confirms the strengthening of the applied orientation of mathematical training. The positions of teachers on the advantages of the integrated approach and the existing organizational and methodological barriers to its implementation are also summarized.

The scientific novelty lies in the systematization of the structural and content components of the integrated approach to teaching higher mathematics and the clarification of the

mechanisms of its practical implementation in the conditions of the competency paradigm of higher education. The practical significance of the results lies in the possibility of their use for improving the methodology of teaching higher mathematics, developing interdisciplinary tasks and training courses, as well as increasing the efficiency of the formation of professional competencies of students.

Keywords: higher mathematics, integrated approach, interdisciplinary integration, mathematical modeling, professional training in mathematical education, higher education institutions.

Вступ

Актуальність проблеми. У сучасному дискурсі розвитку вищої освіти фундаментальна математична підготовка розглядається як системоутворювальний компонент професійної компетентності здобувачів інженерних, економічних та природничих спеціальностей, оскільки забезпечує формування аналітичного мислення, здатності до формалізації професійних ситуацій та побудови математичних моделей складних процесів. Водночас емпіричні дані освітньої практики засвідчують наявність суттєвого розриву між рівнем засвоєння математичного апарату та його практичним застосуванням у фаховій підготовці, оскільки значна частина здобувачів вищої освіти у технічних закладах стикаються з труднощами під час використання математичних знань для розв'язання прикладних професійних задач.

Даний розрив зумовлено, насамперед, структурною фрагментарністю освітнього процесу, за якої викладання вищої математики та фахових дисциплін здійснюється автономно, без належної координації змістових, методичних та компетентнісних компонентів. Така відокремленість дисциплін призводить до того, що математичні знання сприймаються лише як набір формальних обчислювальних процедур, що обмежує їх використання як інструменту професійного моделювання та знижує мотивацію здобувачів освіти до їх вивчення.

Додатковим чинником є недостатня системність міждисциплінарної інтеграції в освітніх програмах, що проявляється у фрагментарному включенні математичних методів у зміст фахових дисциплін. Аналіз навчально-методичної документації свідчить, що інтеграційні зв'язки здебільшого мають епізодичний характер і не формують цілісної методологічної основи використання математичних знань в професійному контексті. Це зумовлює концептуальний розрив між теоретико-математичною підготовкою та її прикладною реалізацією у моделюванні реальних виробничих, економічних та технологічних процесів.

У цих умовах особливої науково-методичної значущості набуває впровадження інтегрованого підходу до навчання вищої математики, який передбачає системне узгодження її змісту з фаховими дисциплінами, цілеспрямовану реалізацію міжпредметних зв'язків та орієнтацію навчального процесу на прикладну інтерпретацію математичних методів. Реалізація такого підходу забезпечує підвищення рівня концептуального засвоєння математичного матеріалу, його функціоналізацію у професійній підготовці та формування здатності до міждисциплінарного перенесення знань.

Отже, актуальність дослідження визначається необхідністю теоретико-методологічного обґрунтування інтегрованого підходу до навчання вищої математики

як інструменту подолання існуючої дихотомії між фундаментальною математичною підготовкою та фаховими дисциплінами в системі сучасної вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових джерел останніх років свідчить про зростання інтересу дослідників до проблеми інтеграції фундаментальної математичної підготовки та фахово орієнтованого навчання у закладах вищої освіти. У працях К. Раймонд [3] акцентовано увагу на необхідності збереження фундаментального змісту математичної освіти, оскільки надмірна орієнтація на прикладні аспекти призводить до звуження її світоглядної та аналітичної функції. Подібну позицію поділяють Н. ден Брабер та співавт. [4], які підкреслюють, що в умовах міждисциплінарних STEM-курсів математика часто редукується до інструментального рівня, що обмежує розвиток системного мислення здобувачів освіти.

У свою чергу, К. Маас та співавт. [5] і Р. Тітлер [6] розглядають математичну підготовку як ключовий компонент STEM-освіти, наголошуючи на необхідності її інтеграції з природничими та інженерними дисциплінами. Дослідники підкреслюють, що ефективність такого підходу залежить від якості міждисциплінарних зв'язків та методичного забезпечення навчального процесу. Водночас Дж. Андерсон і Д. Таллі [7] зазначають, що сталий розвиток інтегрованих STEM-програм можливий лише за умови системної координації змісту навчальних дисциплін, що безпосередньо корелює з проблемою узгодження фундаментального та прикладного компонентів математичної освіти.

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділено питанням інтерпретації ролі математики у міждисциплінарному контексті. Зокрема, М. Гус та співавт. [8] підкреслюють, що інтеграція математики зі STEM-дисциплінами має супроводжуватися переосмисленням її методологічної функції як універсальної мови моделювання. Подібні висновки поділяють Дж. М. Рабін та співавт. [9], які доводять, що ефективна міждисциплінарна взаємодія потребує спільного розуміння математичних концептів представниками різних галузей знань, що часто є проблемним у практиці викладання.

У дослідженнях М. К. Коста і А. Домінгуш [10] акцентовано, що інтеграція математики з науками і технологіями сприяє підвищенню навчальної мотивації та формуванню прикладних компетентностей, однак автори водночас зауважують ризик втрати системності фундаментальної підготовки. Натомість Н. С. Сіреґар та співавт. [15] на основі метааналізу доводять, що STEM-підходи мають позитивний вплив на навчальні досягнення з математики, особливо за умови використання структурованих інтегрованих програм.

У межах проблеми підготовки здобувачів освіти до професійної діяльності А. Люн [12] розглядає математичне моделювання як базовий механізм інтеграції, що забезпечує зв'язок між теоретичними знаннями та практичними задачами. Подібний підхід підтримують К. Бейкер і Т. М. Галанті [14], які доводять ефективність модельно-орієнтованих навчальних активностей для формування математичної компетентності у контексті STEM-освіти.

Важливим є також підхід Н. Фітцаллен [11], яка визначає математику як ядро STEM-освіти, підкреслюючи її роль у формуванні аналітичного мислення та здатності до формалізації складних процесів. У цьому ж контексті К. Костлі [13] наголошує на

значенні цифрових технологій як інструменту посилення інтеграційних процесів у навчанні, що створює додаткові можливості для реалізації міждисциплінарних зв'язків.

Таким чином, аналіз наукових джерел засвідчує наявність двох взаємопов'язаних підходів: з одного боку – акцент на збереженні фундаментальної ролі математики як основи аналітичного мислення, з іншого – посилення її прикладної та інтеграційної функції у межах STEM-орієнтованого навчання. Водночас у більшості досліджень недостатньо розкрито механізми збалансованого поєднання цих підходів, що актуалізує потребу подальшого теоретико-методологічного обґрунтування інтегрованого навчання вищої математики.

Виділення невирішеної частини проблеми. Аналіз сучасних наукових досліджень свідчить про значну увагу науковців до проблеми інтеграції фундаментальної математичної підготовки та фахово орієнтованого навчання у закладах вищої освіти. У працях дослідників розкрито роль математичних дисциплін як основи STEM-освіти, обґрунтовано доцільність використання міждисциплінарних зв'язків, математичного моделювання та прикладно орієнтованих завдань для формування професійних компетентностей здобувачів освіти. Водночас, попри значний обсяг наукових напрацювань, низка аспектів залишається недостатньо дослідженою.

Зокрема, невирішеним залишається питання цілісної організації інтегрованого підходу до навчання вищої математики, який би забезпечував системне поєднання її фундаментального змісту з фаховими дисциплінами не лише на рівні окремих прикладів чи епізодичних міжпредметних зв'язків, а як структурно узгодженої методичної моделі. У більшості наукових праць інтеграція розглядається фрагментарно – або через призму прикладного застосування математичного апарату, або через загальні принципи STEM-освіти, тоді як механізми їх практичної реалізації у структурі курсу вищої математики залишаються недостатньо розробленими.

Окремо слід зазначити, що недостатньо дослідженим є питання дидактичних умов забезпечення ефективної взаємодії між математичними та фаховими дисциплінами в освітньому процесі закладів вищої освіти. Зокрема, потребують уточнення підходи до відбору та конструювання професійно орієнтованих задач, узгодження змісту навчальних модулів, а також визначення оптимального співвідношення між фундаментальною та прикладною складовими математичної підготовки.

Крім того, обмежено висвітленими залишаються емпіричні аспекти впровадження інтегрованого підходу, зокрема оцінювання його реальної ефективності в умовах сучасних закладів вищої освіти. Недостатньо досліджено вплив інтеграції вищої математики з фаховими дисциплінами на формування цілісного математичного мислення, навчальної мотивації та здатності здобувачів освіти до застосування математичних методів у професійній діяльності.

Таким чином, попри наявний науковий доробок, невирішеним залишається питання розроблення та емпіричного обґрунтування цілісної моделі інтегрованого навчання вищої математики, яка б забезпечувала системну взаємодію фундаментальної математичної підготовки та фахових дисциплін у межах сучасної компетентнісної парадигми вищої освіти.

Метою статті є обґрунтування інтегрованого підходу до навчання вищої математики як системи взаємопов'язаних фундаментальних і фахово орієнтованих компонентів, спрямованої на формування цілісного математичного мислення здобувачів вищої освіти та забезпечення взаємозв'язку між фундаментальною математичною підготовкою і змістом фахових дисциплін.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:

- проаналізувати сучасні наукові підходи до проблеми інтеграції фундаментальної та фахової підготовки у викладанні вищої математики;
- розкрити теоретико-методологічні засади інтегрованого підходу до навчання вищої математики у закладах вищої освіти;
- визначити дидактичні умови реалізації міждисциплінарних зв'язків у процесі математичної підготовки здобувачів освіти;
- обґрунтувати роль прикладно орієнтованих завдань, математичного моделювання та міждисциплінарних кейсів у забезпеченні інтеграції навчального змісту;
- проаналізувати результати емпіричного дослідження (анкетування студентів і викладачів) щодо ефективності впровадження інтегрованого підходу в освітній процес.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що систематизовано структурно-змістові компоненти інтегрованого підходу до навчання вищої математики на основі поєднання фундаментальної та професійно орієнтованої підготовки, а також на основі емпіричних даних уточнено особливості його практичної реалізації в умовах закладів вищої освіти (далі – ЗВО). Набуло подальшого розвитку положення щодо ролі міждисциплінарної інтеграції як чинника формування цілісного математичного мислення та підвищення рівня професійної підготовки здобувачів освіти.

Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання у діяльності викладачів ЗВО для вдосконалення методики викладання вищої математики, розроблення системи міждисциплінарних і професійно орієнтованих завдань, а також підвищення ефективності формування професійних компетентностей здобувачів освіти в умовах компетентнісної парадигми навчання.

Методологія

Методи дослідження. У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, спрямованих на обґрунтування та емпіричну перевірку ефективності інтегрованого підходу до навчання вищої математики у закладах вищої освіти. Для аналізу теоретичних засад інтеграції фундаментальної математичної підготовки та фахових дисциплін застосовано методи аналізу, синтезу та узагальнення наукових джерел, що дозволило систематизувати сучасні підходи до STEM-освіти, міждисциплінарної інтеграції та математичного моделювання у професійній підготовці здобувачів освіти. Системно-структурний аналіз використано для визначення взаємозв'язків між компонентами курсу вищої математики та фаховими дисциплінами, а також для побудови структурної моделі інтегрованого навчання, що включає фундаментальний, прикладний і професійно орієнтований блоки. Порівняльний метод застосовано для зіставлення традиційного та інтегрованого підходів до викладання вищої математики з метою виявлення їх впливу на рівень

засвоєння навчального матеріалу та формування математичної компетентності здобувачів освіти. Метод педагогічного моделювання використано для розроблення дидактичних прикладів інтеграції математичних розділів (лінійна алгебра, аналітична геометрія, математичний аналіз) із фаховими дисциплінами через систему професійно орієнтованих задач і міждисциплінарних кейсів. Методи емпіричного дослідження (анкетування та узагальнення результатів педагогічного спостереження) застосовано для оцінювання рівня сприйняття інтегрованого підходу студентами та викладачами, а також для визначення його впливу на навчальну мотивацію та розуміння математичного матеріалу. Для опрацювання кількісних даних використано елементи статистичного аналізу, що дозволило узагальнити результати опитування та виявити домінуючі тенденції у сприйнятті інтегрованого навчання.

Джерела даних. Емпіричну базу дослідження склали результати анкетування студентів ($n = 30$) та викладачів закладів вищої освіти ($n = 12$), проведеного у 2025–2026 навчальному році. Опитування здійснювалося у форматі структурованої анкети, що містила запитання щодо рівня інтеграції математичних і фахових дисциплін, ефективності професійно орієнтованих завдань, міждисциплінарних кейсів та STEM-/проектного навчання. Додатково використано результати педагогічного аналізу навчальних програм і методичних матеріалів з вищої математики та фахових дисциплін технічного й економічного спрямування, що дозволило оцінити ступінь реалізації міждисциплінарних зв'язків у реальній освітній практиці.

Інструменти аналізу. Обробка емпіричних даних здійснювалася з використанням програми Microsoft Excel, у якій виконано розрахунок відсоткових показників, систематизацію результатів анкетування та побудову узагальнених таблиць. Табличне представлення результатів та структурно-логічне узагальнення інтегрованого підходу виконано засобами Microsoft Word із застосуванням табличних і формульних елементів.

Обмеження дослідження. Дослідження має низку обмежень, які необхідно враховувати при інтерпретації результатів. По-перше, емпірична частина базується на відносно невеликій вибірці ($n = 42$), що обмежує можливість повної статистичної генералізації отриманих результатів на всі заклади вищої освіти. По-друге, дослідження має переважно описово-аналітичний характер із використанням відсоткового аналізу без застосування складних статистичних методів перевірки гіпотез, що зумовлює необхідність подальших поглиблених досліджень із використанням кореляційно-регресійного аналізу. По-третє, результати можуть варіюватися залежно від специфіки освітніх програм, рівня підготовки здобувачів освіти, а також ступеня методичної готовності викладачів до реалізації інтегрованого підходу. Отримані висновки є релевантними для ЗВО технічного, економічного та природничого профілю, однак можуть потребувати адаптації для інших освітніх контекстів.

Результати

Сучасні тенденції розвитку математичної освіти у закладах вищої освіти свідчать про зростання ролі фундаментальної математичної підготовки як основи формування інтелектуальної та аналітичної культури здобувачів освіти. У цьому контексті важливим є розуміння вищої математики не лише як сукупності теоретичних розділів, а як цілісної

системи знань, що забезпечує розвиток логічного мислення, здатності до абстрагування та побудови математичних моделей.

За результатами аналітичних досліджень UNESCO, сучасна освіта дедалі більше орієнтується на інтеграцію фундаментальної підготовки з прикладними аспектами навчання [1]. У межах математичної підготовки це означає посилення міждисциплінарних зв'язків та переорієнтацію змісту навчання на формування здатності застосовувати математичні методи для аналізу різноманітних процесів і явищ. Математика за останні десятиліття суттєво розширила свій методологічний апарат, збагачуючись новими теоріями та підходами, що посилює її роль як універсальної мови науки. Вона стала інструментом формалізації, моделювання та дослідження складних систем, забезпечуючи аналітичну основу для різних галузей знань. У зв'язку з цим вища математика у навчальному процесі повинна розглядатися як інтеграційна дисципліна, що поєднує різні математичні розділи в єдину логічну структуру [2].

Водночас у наукових дослідженнях математика часто розглядається переважно як прикладний інструмент забезпечення технологічної та професійної підготовки, що знижує увагу до її фундаментального значення у розвитку аналітичного, логічного та системного мислення здобувачів освіти [3].

У сучасній практиці інтегрованого навчання математика здебільшого розглядається як засіб забезпечення прикладних розрахунків і розв'язання професійно орієнтованих задач, тоді як її значення у формуванні аналітичного, логічного та системного мислення недостатньо враховується [4-6]. Такий підхід знижує рівень цілісності математичної підготовки та ускладнює реалізацію ефективної міждисциплінарної взаємодії у процесі здобуття вищої освіти [7; 8].

Інтегрований підхід до навчання вищої математики ґрунтується на поєднанні фундаментальної математичної підготовки з фаховими дисциплінами через реалізацію міжпредметних зв'язків, професійно орієнтованих завдань та прикладного використання математичного апарату. У межах STEM-освіти математика розглядається як основа для опрацювання, аналізу та моделювання процесів у технічній, економічній, інформаційній та природничій сферах [9-11].

Реалізація інтегрованого підходу у викладанні вищої математики передбачає побудову навчального процесу як взаємопов'язаної системи тем і розділів, у якій кожен новий елемент базується на попередньому та водночас формує основу для подальшого узагальнення. Такий підхід забезпечує не лише механічне засвоєння формул і алгоритмів, а й формування цілісного математичного мислення.

Особливо важливим є початковий етап вивчення курсу вищої математики, на якому закладаються основи аналітичного мислення здобувачів освіти. Традиційно цей етап включає лінійну алгебру та елементи аналітичної геометрії. Однак у межах інтегративного підходу доцільним є більш тісне узгодження цих розділів між собою, що дозволяє одразу формувати у здобувачів освіти уявлення про взаємозв'язок алгебраїчних та геометричних об'єктів. Зокрема, поняття точки, прямої, площини, систем координат і проєкцій можуть розглядатися не ізольовано, а як різні форми представлення математичних об'єктів, що описуються алгебраїчними рівняннями. Такий підхід забезпечує глибше розуміння студентами того, що геометричні образи є

інтерпретацією аналітичних залежностей, а математичні рівняння – формалізованим описом просторових структур.

У межах реалізації інтегрованого підходу до навчання вищої математики суттєве значення має використання прикладно орієнтованих задач, які забезпечують актуалізацію теоретичного матеріалу через його змістову інтерпретацію в моделях різного типу. Такі задачі виступають дидактичним засобом демонстрації функціональної ролі математичного апарату у процесі формалізації та аналізу різноманітних ситуацій. При цьому акцент зміщується з ілюстративного відтворення практичних прикладів на побудову математичних моделей, у межах яких застосовуються системи лінійних рівнянь, матричні перетворення, аналітичні функції та геометричні інтерпретації. Це дозволяє розглядати математичні конструкції як універсальний інструмент опису структурних залежностей, функціональних зв'язків та просторових об'єктів. Такий підхід сприяє переходу від формального засвоєння алгоритмів до усвідомленого використання математичних методів як засобу моделювання та аналітичного дослідження, що підсилює цілісність сприйняття курсу вищої математики. Зокрема, задачі на розв'язування систем лінійних рівнянь, операції з матрицями або геометричну інтерпретацію функцій дають можливість формувати у студентів розуміння універсальності математичних методів та їх внутрішньої логіки, що сприяє переходу від формального запам'ятовування до свідомого використання математичного інструментарію.

Важливим компонентом інтегрованого підходу є також забезпечення внутрішньої структурованості курсу вищої математики, де кожна тема розглядається як частина єдиної концептуальної системи. Така структуризація дозволяє реалізувати принцип наступності, логічної послідовності та поступового ускладнення навчального матеріалу [2].

Ефективність інтегрованого підходу значною мірою залежить від узгодженості фундаментального та прикладного компонентів навчання. Особливого значення набуває використання міждисциплінарних задач, математичного моделювання, проблемно-орієнтованого та проектного навчання, які забезпечують поєднання математичних знань із професійним контекстом та сприяють розвитку здатності до комплексного аналізу професійних ситуацій [12].

Наведені у таблиці 1. приклади демонструють практичну реалізацію інтегрованого підходу у викладанні вищої математики через узгодження змістових ліній різних розділів курсу. Інтеграція забезпечується не на рівні формального поєднання тем, а через єдину логіку математичних методів і способів представлення об'єктів.

Таблиця 1.

Дидактичні приклади реалізації інтегрованого підходу у процесі навчання вищої математики

№	Розділ курсу вищої математики	Зміст математичної задачі (моделі)	Математичний інструментарій	Навчальний ефект
1	Лінійна алгебра (системи)	Розв'язування системи трьох	Метод послідовного виключення	Формування уявлення про еквівалентність різних аналітичних форм подання

	лінійних рівнянь)	лінійних рівнянь із трьома невідомими	невідомих (Гаусса), матричні операції	систем лінійних залежностей; розвиток алгоритмічного та структурного мислення
2	Аналітична геометрія	Визначення координат точок перетину площини $2x - y + 2z - 3 = 0$ з координатними осями	Координатний метод, аналітичні перетворення рівняння площини	Встановлення взаємозв'язку між аналітичним рівнянням геометричного об'єкта та його просторовою інтерпретацією
3	Математичний аналіз (дослідження функцій)	Аналіз квадратичної функції $f(x) = x^2 - 4x + 3$: знаходження нулів, вершини та характеру зміни	Формули аналізу квадратичної функції, метод факторизації	Інтеграція алгебраїчних процедур та графічної інтерпретації функціональної залежності, формування цілісного уявлення про функцію

Примітки: сформовано авторами на основі джерела: [10].

Узагальнений аналіз в таблиці 1. показує, що ключовим результатом є формування у здобувачів освіти здатності розглядати математичні задачі як багаторівневі структури, які допускають алгебраїчний, геометричний і функціональний опис, що сприяє переходу від ізольованого вивчення окремих тем до системного сприйняття курсу. Застосування єдиного математичного інструментарію у процесі вивчення лінійної алгебри, аналітичної геометрії та математичного аналізу забезпечує закріплення базових методів розв'язання задач і їх перенесення між окремими змістовими компонентами курсу, що сприяє розвитку операційної гнучкості мислення здобувачів освіти та формуванню здатності використовувати різні способи математичної інтерпретації одних і тих самих об'єктів. Водночас інтерпретаційний аспект інтегрованого навчання дозволяє встановлювати взаємозв'язок між аналітичними перетвореннями, геометричними уявленнями та функціональними залежностями, що забезпечує більш глибоке розуміння математичних понять і методів.

Отже, наведені приклади підтверджують ефективність інтегрованої побудови курсу вищої математики як засобу формування цілісного математичного мислення, системного бачення внутрішніх зв'язків між окремими розділами дисципліни та підвищення рівня узгодженості засвоєння навчального матеріалу.

Інтеграція вищої математики з фаховими дисциплінами реалізується на основі міждисциплінарного, компетентнісного та практикоорієнтованого підходів. Міждисциплінарний підхід забезпечує узгодження змісту математичних тем із професійними компонентами освітньої програми. Компетентнісний підхід спрямований на формування здатності застосовувати математичні методи для розв'язання професійних завдань. Практикоорієнтований підхід передбачає використання прикладних задач, що моделюють реальні виробничі, економічні або технологічні процеси.

Основними методами інтегрованого навчання вищої математики є математичне моделювання, проблемне навчання, кейс-метод, проєктний метод та дослідницький

метод. Метод математичного моделювання забезпечує формування навичок побудови математичних моделей професійних процесів та аналізу отриманих результатів. Проблемне навчання спрямоване на розвиток аналітичного мислення через розв'язання професійно орієнтованих задач. Кейс-метод передбачає аналіз практичних ситуацій із застосуванням математичних методів обчислення, прогнозування та статистичного аналізу. Проектний метод забезпечує інтеграцію математичних знань із фаховими дисциплінами під час виконання комплексних завдань прикладного характеру.

Ефективність інтегрованого підходу підвищується за рахунок використання цифрових технологій та програмних засобів математичного аналізу. Використання систем комп'ютерної математики, електронних освітніх платформ і засобів візуалізації сприяє підвищенню рівня практичної спрямованості навчання та формуванню навичок роботи з даними [13].

Інтеграція вищої математики з фаховими дисциплінами забезпечує формування професійних компетентностей, розвитку логічного мислення, навичок аналізу та прийняття обґрунтованих рішень. Застосування інтегрованого підходу дозволяє підвищити ефективність математичної підготовки та забезпечити її відповідність сучасним вимогам професійної освіти [14; 15].

Таблиця 2 демонструє, що інтеграція фундаментальної математичної підготовки та фахових дисциплін реалізується через використання математичних методів у професійно-орієнтованих контекстах, що забезпечує поєднання теоретичних знань із прикладними аспектами їх застосування. Варто відзначити, що окремі розділи вищої математики виконують функцію методологічної основи для моделювання, аналізу та інтерпретації прикладних процесів.

Таблиця 2.

Взаємозв'язок фундаментальної математичної підготовки та професійно-орієнтованого змісту у межах інтегрованого навчання

№	Розділ математики	Фахова (прикладна) складова	Дидактичний ефект та інтеграційний результат
1	Лінійна алгебра (системи лінійних рівнянь, матриці)	Економіко-математичне моделювання (модель Леонтьєва), інформаційні технології, технічні розрахунки	Формування структурного та алгоритмічного мислення; здатність формалізувати багатопараметричні системи взаємозалежних показників
2	Аналітична геометрія	Інженерне проєктування, архітектура, 3D-моделювання	Розвиток просторового мислення; встановлення відповідності між аналітичними рівняннями та геометричними об'єктами
3	Математичний аналіз (похідна, інтеграл)	Моделювання технологічних процесів, фізичні процеси, економічна динаміка	Формування здатності до аналізу змінних процесів; інтерпретація функціональних залежностей у прикладному контексті
4	Теорія ймовірностей та математична статистика	Соціально-економічні дослідження, управління якістю, доказова медицина, аналіз великих даних	Розвиток компетентності прийняття рішень в умовах невизначеності; формування навичок статистичного аналізу та прогнозування

5	Диференціальні рівняння	Фізико-технічні системи, радіотехніка, хімічна інженерія, макроекономічне моделювання	Формування навичок математичного опису динамічних процесів; розвиток системного підходу до моделювання змінних процесів
6	Методи оптимізації	Логістика, менеджмент, економіко-математичне моделювання	Формування здатності до вибору оптимальних рішень у багатокритеріальних задачах; розвиток оптимізаційного мислення

Примітки: сформовано авторами на основі джерел: [2; 13-15].

Отже, встановлені міжпредметні зв'язки сприяють формуванню системного математичного мислення та підвищують рівень усвідомленого засвоєння навчального матеріалу, що дозволяє розглядати вищу математику не лише як фундаментальну дисципліну, а як інструмент професійної підготовки здобувачів освіти.

У зв'язку з цим вважаємо за доцільне здійснити емпіричне дослідження з метою оцінювання ефективності інтеграції фундаментальної математичної підготовки та фахових дисциплін в освітньому процесі ЗВО. Для визначення рівня сприйняття студентами інтегрованого підходу, практичної значущості окремих тем вищої математики, а також виявлення особливостей використання міждисциплінарної інтеграції у викладацькій практиці було проведено анкетування студентів і викладачів.

Дані анкетування студентів ($n = 30$) (див. табл. 3), свідчать про переважно позитивне сприйняття інтегрованого підходу до навчання вищої математики. Встановлено, що 46,7% респондентів чітко відзначають наявність взаємозв'язку між математичними та фаховими дисциплінами, а 33,3% вказують на його частковий прояв. Водночас 13,3% студентів не змогли однозначно визначити наявність такого зв'язку, тоді як 6,7% не простежують міждисциплінарної інтеграції. Тож, 80,0% опитаних визнають наявність повної або часткової інтеграції математичної та професійної підготовки.

Аналіз мотиваційного впливу професійно орієнтованих задач показав, що 40,0% студентів вважають їх важливим чинником підвищення навчальної мотивації, а 36,7% відзначають частковий позитивний вплив. Водночас 23,3% респондентів не відзначають суттєвого впливу таких завдань на мотивацію до вивчення вищої математики. Подібна тенденція простежується і щодо використання міждисциплінарних кейсів: 43,3% здобувачів освіти оцінюють їх як ефективні для засвоєння навчального матеріалу, 33,3% – як частково ефективні, тоді як 23,4% не відзначають їх помітного впливу на результати навчання.

Оцінювання STEM- та проектно-орієнтованого підходу також засвідчило переважання позитивних відповідей, зокрема, 36,7% студентів відзначають суттєвий вплив таких підходів на розуміння математичного матеріалу, 40,0% – частковий вплив, тоді як 23,3% не фіксують помітних змін у сприйнятті навчального матеріалу. Загальна оцінка інтегрованого підходу свідчить про домінування високого та середнього рівнів його ефективності: 43,3% респондентів оцінюють його як високоефективний, 40,0% – як помірно ефективний, тоді як 16,7% студентів вважають його недостатньо ефективним.

Таблиця 3.

Результати анкетування студентів щодо компонентів та узагальненої оцінки інтегрованого підходу до навчання вищої математики (n = 30)

Показник	Варіант відповіді	Кількість	%
Чи вбачають зв'язок математики з фаховими дисциплінами	Так, чітко	14	46,7
	Частково	10	33,3
	Важко відповісти	4	13,3
	Ні	2	6,7
Чи підвищують професійно орієнтовані задачі мотивацію до вивчення математики	Значно підвищують	12	40,0
	Частково підвищують	11	36,7
	Не впливають	7	23,3
Чи допомагають міждисциплінарні кейси краще засвоювати матеріал	Так	13	43,3
	Частково	10	33,3
	Ні	7	23,4
Чи сприяє STEM-/проектний підхід кращому розумінню математики	Суттєво покращує розуміння	11	36,7
	Частково покращує	12	40,0
	Не впливає	7	23,3
Як Ви оцінюєте загальну ефективність інтегрованого підходу	Висока	13	43,3
	Середня	12	40,0
	Низька	5	16,7

Примітки: власні розрахунки авторів.

Отже, результати анкетування здобувачів освіти підтверджують переважно позитивне сприйняття інтегрованого підходу до навчання вищої математики та його вплив на підвищення навчальної мотивації, покращення розуміння математичного матеріалу й формування міждисциплінарних зв'язків.

Аналіз результатів множинного вибору (див. табл. 4), засвідчує наявність вираженої концентрації студентських оцінок у межах прикладно-орієнтованих та ймовірно-статистичних розділів вищої математики. Найвищі значення показника практичної значущості характерні для математичної статистики (73,3%), економіко-математичного моделювання (66,7%) та теорії ймовірностей (60,0%), що свідчить про пріоритетність у студентському сприйнятті тих розділів вищої математики, які безпосередньо пов'язані з обробкою даних, моделюванням та прийняттям рішень в умовах невизначеності. До групи середніх за значущістю віднесено математичний аналіз (56,7%), лінійну алгебру (46,7%), методи оптимізації (43,3%) та диференціальні рівняння (40,0%), які виконують базову інструментальну функцію у формуванні аналітичного апарату дослідження функціональних та динамічних процесів. Нижчі значення показника зафіксовано для аналітичної геометрії (36,7%), чисельних методів (33,3%) та елементів дискретної математики (30,0%), що вказує на відносно менший рівень усвідомлення їх прикладної значущості на етапі початкового опанування курсу.

Таблиця 4.

Теми вищої математики, які студенти вважають найбільш практично значущими

Тема	Кількість студентів	Частка, %
Математична статистика	22	73,3
Теорія ймовірностей	18	60,0
Економіко-математичне моделювання	20	66,7
Математичний аналіз (границі, похідні, інтеграли)	17	56,7
Лінійна алгебра (матриці, визначники, СЛАР)	14	46,7
Аналітична геометрія	11	36,7
Диференціальні рівняння	12	40,0
Оптимізаційні методи	13	43,3
Елементи дискретної математики	9	30,0
Чисельні методи	10	33,3

Примітки: власні розрахунки авторів.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє констатувати домінування у структурі студентського сприйняття математичної підготовки тих розділів, які забезпечують безпосередній зв'язок із моделюванням реальних процесів та аналізом прикладних даних, що підтверджує доцільність посилення прикладної спрямованості викладання вищої математики.

Дані анкетування викладачів ($n = 12$), наведені в таблиці 5., демонструють, що 33,3% респондентів застосовують інтегровані завдання систематично, а 41,7% – періодично, що в сукупності становить 75,0% практичного використання елементів інтегрованого підходу. Водночас 25,0% викладачів використовують їх рідко або не застосовують. Щодо готовності до міждисциплінарної взаємодії, 41,7% викладачів декларують повну готовність до її реалізації, 33,3% – часткову готовність, тоді як 16,7% потребують додаткової методичної підготовки, а 8,3% не визначилися. Оцінка ефективності інтегрованого підходу характеризується переважанням позитивних суджень: 50,0% респондентів вважають його високоефективним, 33,3% – помірно ефективним, тоді як 16,7% не мають однозначної оцінки.

Таблиця 5.

Результати опитування викладачів щодо використання інтегрованого підходу в навчанні вищої математики ($n = 12$)

Показник	Варіант відповіді	Кількість викладачів	Частка, %
Частота використання інтегрованих завдань	Постійно використовую	4	33,3
	Використовую періодично	5	41,7
	Використовую рідко	2	16,7
	Не використовую	1	8,3
Готовність до міждисциплінарної взаємодії	Повністю готовий(-а)	5	41,7
	Частково готовий(-а)	4	33,3

	Потребую методичної підготовки	2	16,7
	Важко відповісти	1	8,3
Оцінка ефективності інтегрованого підходу	Висока	6	50,0
	Помірна	4	33,3
	Незначна	1	8,3
	Важко оцінити	1	8,3

Примітки: власні розрахунки авторів.

Впровадження інтегрованого підходу до навчання вищої математики супроводжується низкою організаційно-методичних обмежень (див. табл. 6). До основних бар'єрів респонденти відносять недостатній рівень методичного забезпечення (66,7%), дефіцит навчального часу (58,3%), складність узгодження змісту навчальних дисциплін (50,0%) та недостатню базову підготовку студентів (41,7%). Сукупність зазначених чинників формує системні обмеження, які впливають на повноту реалізації міждисциплінарної інтеграції в освітньому процесі. Аналіз оцінок щодо ефективних форм інтеграції свідчить про домінування практико-орієнтованих підходів. Найбільш результативними викладачі визначають професійно орієнтовані задачі (75,0%) та міждисциплінарні проекти (66,7%). Дещо нижчі, але стабільно значущі показники характерні для кейс-методу (58,3%) і STEM-/проектного навчання (50,0%). Моделювання професійних ситуацій (41,7%) розглядається як додатковий інструмент інтеграції, що потребує подальшого методичного розвитку.

Таблиця 6.

Основні труднощі та ефективні форми інтеграції математичних і фахових дисциплін за оцінками викладачів

Показник	Кількість викладачів	Частка, %
Недостатня кількість методичних матеріалів	8	66,7
Дефіцит навчального часу	7	58,3
Складність координації змісту дисциплін	6	50,0
Недостатній рівень підготовки студентів	5	41,7
Найефективнішою формою інтеграції вважають професійно орієнтовані задачі	9	75,0
Вважають ефективними міждисциплінарні проекти	8	66,7
Підтримують використання кейс-методу	7	58,3
Відзначають ефективність STEM-/проектного навчання	6	50,0
Вважають доцільним моделювання професійних ситуацій	5	41,7

Примітки: власні розрахунки авторів.

Отже, визначено, що ефективна реалізація інтегрованого підходу до навчання вищої математики потребує одночасного усунення організаційних обмежень та посилення методичної підтримки практико-орієнтованих форм навчання.

Обговорення

Інтерпретація результатів. Отримані результати емпіричного дослідження засвідчують загалом позитивне сприйняття інтегрованого підходу до навчання вищої математики серед здобувачів освіти та викладачів закладів вищої освіти. Встановлено, що більшість студентів (понад 80%) відзначають наявність повного або часткового

зв'язку між математичними та фаховими дисциплінами, що свідчить про поступове формування міждисциплінарного бачення навчального процесу.

Виявлена тенденція до підвищення навчальної мотивації під впливом професійно орієнтованих завдань та міждисциплінарних кейсів пояснюється тим, що такі завдання актуалізують прикладний зміст математичних знань і забезпечують їхню контекстуалізацію в професійних ситуаціях, що сприяє переходу від формального засвоєння математичних алгоритмів до усвідомленого використання математичного апарату як інструменту моделювання реальних процесів.

Водночас виявлено, що найбільш значущими для студентів є розділи, пов'язані з аналізом даних, невизначеністю та моделюванням (математична статистика, теорія ймовірностей, економіко-математичне моделювання). Така закономірність свідчить про домінування практико-орієнтованого сприйняття математичних знань і підтверджує зміщення освітніх пріоритетів у бік прикладної релевантності.

Разом із цим встановлено наявність організаційно-методичних обмежень (дефіцит часу, недостатність методичного забезпечення, нерівномірна математична підготовка студентів), які стримують повноцінну реалізацію інтегрованого підходу. Отже, ефективність інтеграції визначається не лише змістовими, а й інституційними та методичними чинниками.

Порівняння з іншими дослідженнями. Отримані результати узгоджуються з положеннями К. Раймонд (K. Raymond) [3], який підкреслює необхідність збереження фундаментальної ролі математичної освіти, оскільки надмірна орієнтація на прикладні задачі може знижувати її аналітичну функцію. Аналогічно, Н. ден Брабер (N. den Braber) та співавт. [4] зазначають, що в межах STEM-курсів існує ризик редукції математики до інструментального рівня, що корелює з виявленою в дослідженні проблемою недостатньої глибини методологічного осмислення математичних понять.

Водночас результати дослідження підтверджують висновки К. Маас (K. Maass) та Р. Тітлера (R. Tytler) [5; 6] щодо ефективності інтеграції математики в STEM-освіту за умови належної структуризації міждисциплінарних зв'язків. Подібні положення висловлюють Дж. Андерсон і Д. Таллі [7], які акцентують на необхідності системної координації змісту навчальних дисциплін, що відповідає виявленій у дослідженні потребі методичного узгодження математичних і фахових курсів.

Отримані результати також співвідносяться з висновками М. Гус (M. Goos) та співавт. [8] і Дж. М. Рабіна (J. M. Rabin) та співавт. [9] щодо ролі математики як універсальної мови моделювання та необхідності спільного розуміння математичних концептів у міждисциплінарному навчанні, що підтверджується виявленою ефективністю кейс-методу та математичного моделювання як провідних інструментів інтеграції.

Крім того, результати узгоджуються з дослідженнями М. К. Коста і А. Домінгуш [10], які відзначають позитивний вплив інтеграції на мотивацію студентів, але водночас попереджають про ризик втрати системності фундаментальної підготовки. Аналогічні висновки отримані в роботах Н. С. Сіреґар та співавт. [15], які доводять ефективність STEM-підходів за умови структурованої організації навчального процесу.

Особливої уваги набувають результати, що підтверджують положення А. Люн [12] та К. Бейкер і Т. М. Галанті [14] щодо ролі математичного моделювання як базового

механізму інтеграції. Водночас підхід Н. Фітцаллен [11] щодо визначення математики як ядра STEM-освіти також підтверджується отриманими даними про її ключову роль у формуванні аналітичного мислення.

Наукова новизна (розгорнуто). Вперше емпірично обґрунтовано ефективність інтегрованого підходу до навчання вищої математики на основі поєднання результатів студентського та викладацького опитування, що дозволило виявити структурні особливості сприйняття міждисциплінарної інтеграції в умовах закладів вищої освіти. Удосконалено модель інтеграції фундаментальної математичної підготовки та фахових дисциплін шляхом систематизації найбільш ефективних дидактичних інструментів (професійно орієнтовані задачі, кейс-метод, математичне моделювання, STEM-/проектне навчання) з урахуванням реальних освітніх обмежень. Набуло подальшого розвитку положення щодо ролі міждисциплінарних зв'язків як чинника формування цілісного математичного мислення, зокрема уточнено їхній вплив на мотивацію, рівень розуміння навчального матеріалу та здатність до прикладного застосування математичних методів.

Практичне значення (розгорнуто). Практичне значення результатів полягає у можливості їх застосування у закладах вищої освіти для вдосконалення методики викладання вищої математики на засадах інтегрованого підходу. Запропоновані результати можуть бути використані викладачами для розроблення системи професійно орієнтованих задач, міждисциплінарних кейсів та навчальних проєктів, що забезпечують зв'язок між математичними та фаховими дисциплінами.

Для адміністрації та методичних підрозділів ЗВО результати дослідження є основою для оновлення навчально-методичного забезпечення, оптимізації структури освітніх програм та узгодження змісту дисциплін. Зокрема, можуть бути прийняті рішення щодо посилення прикладної складової математичних курсів, впровадження міждисциплінарних модулів та розвитку цифрових освітніх середовищ. Крім того, результати можуть бути використані для підвищення якості професійної підготовки здобувачів освіти шляхом формування їхньої здатності до математичного моделювання, аналізу складних систем і прийняття обґрунтованих рішень у професійній діяльності.

Висновки

Згідно з результатами проведеного дослідження, інтегрований підхід до навчання вищої математики в ЗВО є ефективним інструментом посилення взаємозв'язку між фундаментальною математичною підготовкою та фаховими дисциплінами. Встановлено, що системна інтеграція математичного змісту з професійно орієнтованими компонентами сприяє формуванню у здобувачів освіти цілісного уявлення про математичні методи як універсальний інструмент аналізу, моделювання та інтерпретації прикладних процесів. Це підтверджує доцільність розгляду вищої математики як інтеграційної дисципліни, що поєднує теоретичні, прикладні та міждисциплінарні аспекти навчання.

На основі аналізу результатів анкетування студентів і викладачів було виявлено переважно позитивне ставлення до інтегрованого підходу. Зокрема, більшість студентів відзначають наявність чіткого або часткового зв'язку між математичними та фаховими дисциплінами, а також позитивний вплив професійно орієнтованих завдань,

міждисциплінарних кейсів і STEM-/проектного навчання на рівень розуміння навчального матеріалу та навчальну мотивацію. Водночас частина респондентів вказує на недостатню вираженість міждисциплінарної інтеграції, що свідчить про необхідність її подальшого посилення та методичного вдосконалення. Отримані результати вказують на те, що найбільш значущими для студентів є ті розділи вищої математики, які безпосередньо пов'язані з аналізом даних, моделюванням і прийняттям рішень в умовах невизначеності, зокрема математична статистика, теорія ймовірностей та економіко-математичне моделювання, що підтверджує тенденцію до зростання практико-орієнтованого сприйняття математичних знань та необхідність посилення їх прикладної спрямованості в освітньому процесі.

Практичне значення проведеного дослідження полягає в обґрунтуванні доцільності впровадження інтегрованого підходу до навчання вищої математики через використання професійно орієнтованих задач, міждисциплінарних проектів, кейс-методу та математичного моделювання. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення навчальних програм, методичних матеріалів і освітніх технологій у ЗВО з метою підвищення якості математичної підготовки та формування професійних компетентностей здобувачів освіти.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поглиблений аналіз ефективності різних моделей інтеграції вищої математики з фаховими дисциплінами, зокрема в умовах цифровізації освіти та впровадження інтелектуальних навчальних систем. Перспективним напрямом є також вивчення впливу адаптивних технологій навчання на індивідуалізацію математичної підготовки та розвиток аналітичного мислення студентів у різних галузях професійної підготовки.

Список використаних джерел

1. UNESCO. Engineering for Sustainable Development: Delivering on the Sustainable Development Goals. 2021. P. 185. URL: <https://en.unesco.org/reports/engineering>
2. Буренніков Ю., Хом'юк І., Козлов Л., Буреннікова Н., Хом'юк В. Інтегративний підхід до викладання спеціальних і фундаментальних дисциплін: сутність та напрями реалізації професійної адаптації студентів першого курсу машинобудівних спеціальностей. Нова педагогічна думка. 2023. Т. 114. № 2. С. 97–111. DOI: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2023-114-2-97-111>
3. Raymond K. M is not just for STEM: How myths about the purposes of mathematics education have narrowed mathematics curricula in the United States. Education Sciences. 2018. Vol. 8(2). Art. 47. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci8020047>
4. den Braber N., Kruger J., Mazereeuw M., Kuiper W. Reflecting on the value of mathematics in an interdisciplinary STEM course. In: Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. Utrecht University, 2019. P. 4757–4764.
5. Maass K., Geiger V., Romero Ariza M., Goos M. The role of mathematics in interdisciplinary STEM education: recent developments and future directions. ZDM Mathematics Education. 2019. Vol. 51(6). P. 869–884. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
6. Tytler R. STEM education for the twenty-first century. In: Integrated approaches to STEM education. Springer, 2020. P. 21–43. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3

7. Anderson J., Tully D. Factors which sustain integrated STEM curriculum approaches in secondary school settings. In: Proceedings of the 6th International STEM in Education Conference (STEM 2021). University of British Columbia, 2021. P. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.14288/1.0402129>
8. Goos M., Carreira S., Namukasa I. K. Mathematics and interdisciplinary STEM education: recent developments and future directions. ZDM Mathematics Education. 2023. Vol. 55. P. 1199–1217. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
9. Rabin J. M., Burgasser A., Bussey T. J., et al. Interdisciplinary conversations in STEM education: Can faculty understand each other better than their students do? International Journal of STEM Education. 2021. Vol. 8. Art. 11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00266-9>
10. Costa M. C., Domingos A. Mathematics education: Promoting interdisciplinarity with science and technology. Research in Mathematics. 2022. Vol. 9(1). Art. 2134628. DOI: <https://doi.org/10.1080/27684830.2022.2134628>
11. Fitzallen N. STEM Education: What does mathematics have to offer? In: Mathematics Education in the Margins. Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia. 2015. P. 237–324.
12. Leung A. Realizing STEM heuristic in a mathematics problem solving activity. In: Proceedings of the 6th International STEM in Education Conference (STEM 2021). University of British Columbia, 2021. P. 242–248. DOI: <https://doi.org/10.14288/1.0402129>
13. Costley K. C. The positive effects of technology on teaching and student learning. 2014. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED5545>
14. Baker C. K., Galanti T. M. Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: Responsive professional development for mathematics coaches and teachers. International Journal of STEM Education. 2017. Vol. 4(1). P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0066-3>
15. Siregar N. C., Rosli R., Maat S. M., Capraro M. M. The effect of STEM program on students' achievement in mathematics: A meta-analysis. International Electronic Journal of Mathematics Education. 2020. Vol. 15(1). Art. em0549. DOI: <https://doi.org/10.29333/iejme/5885>

References

1. UNESCO. (2021). *Engineering for Sustainable Development: Delivering on the Sustainable Development Goals*. <https://en.unesco.org/reports/engineering>
2. Buriennikov, Yu., Khomiuk, I., Kozlov, L., Buriennikova, N., & Khomiuk, V. (2023). Intehratyvnyi pidkhid do vykladannia spetsialnykh i fundamentalnykh dystsyplin: sutnist ta napriamy realizatsii profesiinoi adaptatsii studentiv pershoho kursu mashynobudivnykh spetsialnostei [Integrative approach to teaching special and fundamental disciplines: essence and directions of professional adaptation of first-year mechanical engineering students]. *Nova pedahohichna dumka*, 114(2), 97–111. <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2023-114-2-97-111> [in Ukrainian].

3. Raymond, K. (2018). M is not just for STEM: How myths about the purposes of mathematics education have narrowed mathematics curricula in the United States. *Education Sciences*, 8(2), 47. <https://doi.org/10.3390/educsci8020047>
4. den Braber, N., Kruger, J., Mazereeuw, M., & Kuiper, W. (2019). Reflecting on the value of mathematics in an interdisciplinary STEM course. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen, & M. Veldhuis (Eds.), *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 4757–4764. Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.
5. Maass, K., Geiger, V., Romero Ariza, M., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education: recent developments and future directions. *ZDM Mathematics Education*, 51(6), 869–884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
6. Tytler, R. (2020). STEM education for the twenty-first century. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated approaches to STEM education*, 21–43. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
7. Anderson, J., & Tully, D. (2021). Factors which sustain integrated STEM curriculum approaches in secondary school settings. In D. Anderson, M. Milner-Bolotin, R. Santos, & S. Petrina (Eds.), *Proceedings of the 6th International STEM in Education Conference (STEM 2021)*, 20–26. University of British Columbia. <https://doi.org/10.14288/1.0402129>
8. Goos, M., Carreira, S., & Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: recent developments and future directions. *ZDM Mathematics Education*, 55, 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
9. Rabin, J. M., Burgasser, A., Bussey, T. J., Lo, S., Seethaler, S., Stevens, L., & Weizman, H. (2021). Interdisciplinary conversations in STEM education: Can faculty understand each other better than their students do? *International Journal of STEM Education*, 8, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00266-9>
10. Costa, M. C., & Domingos, A. (2022). Mathematics education: Promoting interdisciplinarity with science and technology. *Research in Mathematics*, 9(1), 2134628. <https://doi.org/10.1080/27684830.2022.2134628>
11. Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What does mathematics have to offer? In M. Marshman (Ed.), *Mathematics Education in the Margins. Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*, 237–324.
12. Leung, A. (2021). Realizing STEM heuristic in a mathematics problem solving activity. In D. Anderson, M. Milner-Bolotin, R. Santos, & S. Petrina (Eds.), *Proceedings of the 6th International STEM in Education Conference (STEM 2021)*, 242–248. University of British Columbia. <https://doi.org/10.14288/1.0402129>
13. Costley, K. C. (2014). The positive effects of technology on teaching and student learning. <https://eric.ed.gov/?id=ED5545>
14. Baker, C. K., & Galanti, T. M. (2017). Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: Responsive professional development for mathematics coaches and teachers. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0066-3>
15. Siregar, N. C., Rosli, R., Maat, S. M., & Capraro, M. M. (2020). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) program on students' achievement in mathematics:

A meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(1), em0549.
<https://doi.org/10.29333/iejme/5885>