Секція Професійна освіта (за спеціалізаціями)	
УДК 37.013.42:510.2	
DOI	
Дата першого надходження статті до видання	08.04.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування	16.05.2026
Дата публікації/оприлюднення	30.05.2026

Формування математичної компетентності студентів шляхом впровадження методів пошуку нестандартних алгоритмічних рішень

Яковлєва Ольга Миколаївна
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри вищої математики і статистики,
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна,
e-mail: Yakovlieva.ON@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-0750-9769

Сапрікін Сергій Михайлович
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри вищої математики і статистики,
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна,
e-mail: saprikin.sm@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-3092-9809

Дроць Анастасія Ігорівна
доктор філософії (111 Математика),
викладач кафедри вищої математики і статистики,
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна,
e-mail: dudko.ai@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-7400-7270

Анотація. Мета дослідження – аналіз ефективності використання методів пошуку нестандартних алгоритмічних рішень у процесі навчання математичних дисциплін під час фахової підготовки майбутніх вчителів математики та визначення умов формування здатності здобувачів вищої освіти до самостійного й варіативного розв'язування задач. Застосовано теоретичні методи аналізу, синтезу, абстрагування, індукції та дедукції для систематизації наукових підходів до розвитку математичного мислення та компетентностей здобувачів вищої освіти, що дозволило виявити ключові принципи організації навчальної діяльності, спрямованої на активізацію творчого потенціалу студентів. Визначено педагогічні умови, що забезпечують розвиток математичної компетентності, серед яких організація проблемно-пошукового навчання, стимулювання творчої діяльності, інтерактивні форми контролю та використання візуалізації., що дозволяє поєднувати наочність із розвитком аналітичних навичок. У статті запропоновано авторську добірку задач з математичних дисциплін, ключовою особливістю яких є відхід від стандартних рішень і орієнтація на пошук нестандартних способів розв'язання., що сприяє формуванню у студентів здатності абстрагуватися,

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

логічно структурувати рішення та знаходити взаємозв'язки між різними математичними об'єктами. Отримані результати демонструють, що використання нестандартних алгоритмічних підходів сприяє переходу студентів до більш продуктивного рівня навчальної діяльності, розвитку логічного і критичного мислення, а також здатності самостійно оцінювати ефективність застосованих методів і вибирати оптимальні стратегії розв'язування задач. Обґрунтовано педагогічні умови формування математичної компетентності студентів на основі системного використання нестандартних алгоритмічних підходів у навчанні. Результати дослідження можуть бути використані викладачами закладів вищої освіти для вдосконалення фахової підготовки майбутніх вчителів математики, завдяки формуванню у студентів комплексних професійних навичок та готовності ефективно діяти у різноманітних навчальних і нестандартних ситуаціях.

Ключові слова: фахова підготовка майбутніх вчителів математики, математична компетентність, проблемне навчання, нестандартні рішення, аналітичне мислення, алгоритмічні стратегії, дидактичні умови, самостійна діяльність, компетентнісний підхід.

Formation of mathematical competence of students by implementing methods of finding non-standard algorithmic solutions

Olga Yakovlieva
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Higher Mathematics and Statistics,
South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine,
e-mail: Yakovlieva.ON@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-0750-9769

Serhii Saprikin
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Higher Mathematics and Statistics,
South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine,
e-mail: saprikin.sm@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-3092-9809

Anastasiia Drots
PhD (111 Mathematics), Lecturer at the Department of Higher Mathematics and Statistics,
South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine,
e-mail: dudko.ai@pdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-7400-7270

Abstract. The purpose of the study is to analyze the effectiveness of using methods for finding non-standard algorithmic solutions in the process of teaching mathematical disciplines during the professional training of future mathematics teachers and to determine the conditions for the formation of the ability of higher education students to independently and variably solve problems. Theoretical methods of analysis, synthesis, abstraction, induction and deduction were applied to systematize scientific approaches to the development of mathematical thinking and the competencies of higher education students, thereby allowing us to identify key principles for organizing educational activities aimed at activating students'

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

creative potential. Pedagogical conditions that ensure the development of mathematical competence were determined, including the organization of problem-based learning, stimulation of creative activity, interactive forms of control and the use of visualization, which allows combining clarity with the development of analytical skills. The article proposes an author's selection of problems from mathematical disciplines, the key feature of which is a departure from standard solutions and an orientation towards the search for non-standard methods of solution, which contributes to the formation of students' ability to abstract, logically structure solutions and find relationships between different mathematical objects. The results obtained demonstrate that the use of non-standard algorithmic approaches contributes to students' transition to a more productive level of educational activity, the development of logical and critical thinking, and the ability to independently assess the effectiveness of the methods used and choose optimal strategies for solving problems. The pedagogical conditions for the development of students' mathematical competence through the systematic use of non-standard algorithmic approaches in teaching are substantiated. The results of the study can be used by teachers at higher education institutions to improve the professional training of future mathematics teachers, by fostering students' complex professional skills and readiness to act effectively in various educational and non-standard situations.

Keywords: professional training of future mathematics teachers, mathematical competence, problem-based learning, non-standard solutions, analytical thinking, algorithmic strategies, didactic conditions, independent activity, competency-based approach.

Вступ

Актуальність проблеми. Посилення вимог до підготовки фахівців у закладах вищої освіти, зумовлене стрімким розвитком цифрових технологій та автоматизацією професійної діяльності, висуває підвищені очікування до рівня математичної підготовки здобувачів вищої освіти. Роботодавці в інженерних, економічних та IT-галузях відзначають, що випускники часто володіють окремими алгоритмами розв’язування задач, однак відчувають труднощі в нестандартних ситуаціях, де потрібен самостійний вибір математичної моделі та обґрунтування способу дій.

Практика викладання математичних дисциплін у закладах вищої освіти показує домінування репродуктивних методів навчання, за яких студенти переважно відтворюють готові алгоритми без достатнього розуміння їх варіативності та меж застосування. Це призводить до недостатнього розвитку гнучкості мислення, що особливо проявляється під час розв’язування задач підвищеної складності з алгебри, математичного аналізу й геометрії, де можливі кілька стратегій отримання результату.

Водночас окремої уваги потребує фахова підготовка майбутніх учителів математики, для яких зазначені проблеми набувають особливої значущості, оскільки вони є носіями та трансляторами математичної культури в закладах загальної середньої освіти. Їхня математична компетентність має не лише забезпечувати впевнене володіння навчальним матеріалом, а й передбачати здатність до методично обґрунтованого вибору способів розв’язування задач, пояснення різних підходів та формування в учнів умінь діяти в нестандартних ситуаціях.

Математична підготовка майбутніх учителів математики є ключовим компонентом їх професійної компетентності, оскільки безпосередньо впливає на якість організації освітнього процесу в школі. Недостатній рівень сформованості варіативного математичного мислення у майбутніх педагогів призводить до відтворення ними репродуктивних моделей навчання у власній педагогічній практиці, що, у свою чергу, обмежує розвиток математичної компетентності здобувачів освіти.

Актуальність дослідження посилюється потребою освітньої практики у формуванні здатності студентів діяти в умовах невизначеності, аналізувати

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

альтернативні підходи та вибирати оптимальні рішення без зовнішнього алгоритмічного підказування. У наявних методичних підходах недостатньо враховано необхідність цілеспрямованого розвитку таких умінь, оскільки ці методи переважно орієнтовані на засвоєння стандартних процедур і не забезпечують системного формування навичок варіативного мислення.

Водночас аналіз сучасних досліджень у галузі методики навчання математики засвідчує недостатню розробленість підходів, що передбачають інтеграцію нестандартних алгоритмічних рішень у структуру освітнього процесу як засобу розвитку математичної компетентності. У результаті виникає потреба в обґрунтуванні таких педагогічних умов і методичних рішень, які забезпечують перехід студентів від механічного застосування формул до усвідомленого вибору способів розв'язування задач.

Таким чином, необхідність дослідження зумовлена розривом між вимогами сучасної професійної підготовки та традиційною практикою викладання математичних дисциплін, що не повною мірою формує у здобувачів вищої освіти здатність до самостійного і варіативного математичного мислення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток математичної компетентності студентів у сучасних дослідженнях розглядається як багаторівневий процес, що охоплює формування алгоритмічного мислення, аналітичних умінь і здатності працювати з проблемними ситуаціями із застосуванням інноваційних освітніх технологій. У центрі уваги перебуває не стільки засвоєння математичних знань, скільки їх практичне використання в нестандартних умовах через конструювання альтернативних стратегій розв'язання задач.

У цьому контексті М. Ковальчук (M. Kovalchuk), А. Воєвода (A. Voievoda), Е. Прозор (E. Prozor) [1] підкреслюють, що алгоритмічне мислення виступає базовим когнітивним інструментом інженерної підготовки, оскільки забезпечує здатність до декомпозиції задач і побудови впорядкованих процедур розв'язання, що є передумовою формування нетипових підходів.

Подібну логіку розвитку компетентності підтримує Я. Махова [2], яка розглядає її як інтегровану систему пізнавальних і рефлексивних компонентів, наголошуючи на ролі проблемного навчання та математичного моделювання як засобів активізації варіативного мислення. Інший аспект розкриває М. І. Попович (Брейдла) [3], акцентуючи на значенні STEM-інтеграції, що створює умови для поєднання різних методів аналізу задач і формування гнучких алгоритмічних стратегій. Водночас І. Г. Кравчук [4] описує, як цифрова трансформація освіти підсилює індивідуалізацію навчання та розширює можливості самостійного пошуку рішень у середовищі адаптивних технологій, що стимулює появу альтернативних підходів до задач.

Формування стратегічного мислення як основи вибору алгоритмів підкреслює М. Кусій [5], зазначаючи, що здатність планувати послідовність дій визначає якість ухвалених рішень у математичній діяльності. С. Холод, Т. Турка [6] демонструють, як когнітивна гнучкість розвивається через опрацювання різних способів розв'язання рівнянь, що дозволяє обґрунтовано вибирати ефективні алгоритмічні стратегії.

Важливим напрямом сучасних досліджень є розвиток цифрових і дистанційних моделей освіти. Зокрема, Є. В. Тягнирядно, А. П. Абрамов, Г. В. Різак [7] зазначають, що впровадження цифрових платформ, хмарних сервісів і гібридних форматів навчання сприяє індивідуалізації освітнього процесу та розвитку самостійності студентів у виборі стратегій розв'язання завдань. Питання адаптації змісту навчання до сучасних вимог розглядає Г. В. Різак [8], акцентуючи увагу на інтеграції інноваційних технологій та активних методів навчання. На думку дослідниці, проблемно-орієнтовані й міждисциплінарні підходи сприяють розвитку гнучкого мислення та здатності вибирати оптимальні способи розв'язання задач.

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

Роль цифрової комунікації в освіті аналізують К. Новік (K. Novik), В. Гончарук (V. Honcharuk), В. Кириченко (V. Kyrychenko), К. Петровська (K. Petrovska), В. Зелінська (V. Zelinska) [9]. Науковці підкреслюють, що соціальні мережі та онлайн-спільноти підтримують співпрацю, обмін знаннями та формування навичок колективного розв'язання проблем, що позитивно впливає на розвиток варіативного мислення студентів. Окрему увагу дослідники приділяють використанню штучного інтелекту в освіті. Так K. Novik [10] зазначає, що технології штучного інтелекту забезпечують персоналізацію навчання, адаптацію завдань до індивідуальних потреб студентів і підтримують розвиток аналітичного мислення та когнітивної гнучкості.

Сукупність наведених підходів демонструє, що математична компетентність формується через поєднання алгоритмічного, стратегічного та гнучкого мислення. Її розвиток найбільш ефективний за умов використання проблемно-орієнтованого навчання, STEM-інтеграції, цифрових технологій і моделювання, які забезпечують перехід до творчого рівня розв'язання задач та активізують пошук нестандартних алгоритмічних рішень.

Виділення невирішеної частини проблеми. Сучасні наукові дослідження у сфері методики навчання математики спрямовані на пошук ефективних шляхів підвищення рівня математичної компетентності студентів, зокрема через удосконалення підходів до організації розв'язування задач. У працях підкреслюється значення формування вмінь застосовувати різні способи дій, проте переважно увага приділяється відпрацюванню стандартних алгоритмів, що обмежує можливості розвитку гнучкого мислення.

Водночас неповно розкрито підходи, за яких пошук нестандартних алгоритмічних рішень стає не додатковим елементом, а структурною основою освітнього процесу. У наявних дослідженнях такі методи здебільшого застосовуються фрагментарно, без системного включення в навчальну діяльність, що ускладнює формування стійких умінь аналізувати умову задачі та вибирати оптимальну стратегію її розв'язання.

Недостатньо дослідженим залишається й вплив варіативних алгоритмічних підходів на розвиток самостійності студентів, оскільки в більшості робіт фіксуються загальні результати навчальних досягнень без детального аналізу змін у характері навчальної діяльності та переходу до самостійного конструювання способів розв'язання.

Таким чином, наявні наукові напрацювання не забезпечують цілісного обґрунтування ролі нестандартних алгоритмічних рішень у формуванні математичної компетентності, що зумовлює необхідність подальшого дослідження цього питання.

Мета статті – обґрунтування ефективності впровадження методів пошуку нестандартних алгоритмічних рішень для формування математичної компетентності студентів у процесі розв'язування задач з математичних дисциплін при фаховій підготовці майбутніх вчителів математики.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання:

1) виокремити педагогічні умови формування математичної компетентності студентів засобами нестандартних алгоритмічних підходів;

2) представити авторську добірку задач з математичних дисциплін, спрямованих на пошук і застосування нестандартних алгоритмічних рішень;

3) обґрунтувати вплив використання нестандартних алгоритмічних методів на розвиток логічного мислення, математичної творчості та здатності студентів до самостійного розв'язування задач.

Наукова новизна. Розроблено методику формування математичної компетентності майбутніх вчителів математики на основі використання нестандартних алгоритмічних рішень у процесі розв'язування задач з математичних дисциплін, яка забезпечує перехід від репродуктивного до продуктивного рівня навчальної діяльності.

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані викладачами закладів вищої освіти під час організації занять з математичних дисциплін для підвищення рівня самостійності студентів, розвитку їхнього математичного мислення та формування навичок вибору раціональних способів розв'язування задач.

Методологія

Методи дослідження. Для визначення педагогічних умов формування математичної компетентності студентів використано аналіз науково-методичної літератури та порівняльний аналіз традиційних і нестандартних алгоритмічних підходів до розв'язування математичних задач.

Метод педагогічного проєктування застосовано для розроблення системи задач з математичних дисциплін, орієнтованих на пошук альтернативних способів розв'язування.

Джерела даних. Теоретичну базу дослідження становлять наукові статті, опубліковані у фахових вітчизняних та іноземних виданнях протягом 2020-2026 рр.

Інструменти аналізу. У роботі використано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів пізнання, зокрема аналіз і синтез, абстрагування, узагальнення, порівняльний та структурно-функціональний аналіз, що дозволило обґрунтувати ефективність нестандартних алгоритмічних рішень у формуванні фахової компетентності майбутніх вчителів математики. Візуалізація результатів виконувалася засобами Microsoft Excel та MATLAB.

Обмеження дослідження. Результати дослідження стосуються фахової підготовки майбутніх вчителів математики та апробації системи задач у межах навчальних курсів математичного циклу. Застосування методики в інших освітніх програмах або для студентів з іншим рівнем математичної підготовки може потребувати адаптації завдань і методів стимулювання пошуку нестандартних рішень.

Результати

У сучасному освітньому середовищі велике значення надається розвитку в студентів аналітичного та творчого мислення під час розв'язування складних задач. Застосування сучасних методик, що заохочують дослідження різних підходів і нестандартні способи розв'язання, дозволяє ефективно використовувати знання в нових контекстах. Така організація освітнього процесу активізує пізнавальну діяльність, формує здатність до самостійного аналізу та прийняття обґрунтованих рішень, що є важливим для підготовки висококваліфікованого фахівця.

Для досягнення цього в процесі опрацювання тем з математичних дисциплін необхідно створити сприятливі педагогічні умови. У таблиці 1 представлено ключові елементи, які стимулюють розвиток логічного мислення, творчого підходу до розв'язування задач і здатності студентів застосовувати нестандартні алгоритмічні стратегії, а також критерії, що дозволяють оцінити їх упровадження в освітній процес.

Таблиця 1

Педагогічні умови формування математичної компетентності студентів

Педагогічна умова	Опис	Показники реалізації
Організація проблемно-пошукового навчання	Викладач ставить студентам задачі, що потребують пошуку нестандартних способів розв'язування	Кількість завдань з альтернативними рішеннями; частка студентів, що пропонують власні підходи
Використання модульних систем задач	Завдання структуровані за складністю та тематикою: лінійна алгебра, аналітична	Приріст кількості успішних рішень студентами

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

	геометрія, математичний аналіз, теорія чисел тощо	
Стимулювання математичної творчості	Підтримка різних стратегій розв'язування, заохочення обговорення альтернативних рішень	Відсоток студентів, які пропонують більше одного способу розв'язання задачі
Інтерактивні методи контролю	Використання тестів, обговорень, само- та взаємооцінювання	Рівень самостійності під час виконання контрольних завдань
Використання візуалізації та графічних підходів	Акцент на наочні методи, побудови графіків функцій, геометричні побудови, графічні методи розв'язання тощо	Частка студентів, які успішно застосовують графічні або комбіновані методи розв'язання

Джерело: створено авторами [11–15]

Таким чином, визначення педагогічних умов, за яких забезпечується результативне формування математичної компетентності студентів закладів вищої освіти, потребує врахування не лише змісту навчального матеріалу, а й особливостей організації пізнавальної діяльності під час вивчення математичних дисциплін. У сучасному освітньому середовищі недостатньо орієнтуватися виключно на відтворення формул або засвоєння типових алгоритмів розв'язання задач, оскільки майбутня професійна діяльність вимагає вміння аналізувати ситуацію, добирати доцільний спосіб дій та обґрунтовувати отримані результати. Саме тому важливого значення набуває організація проблемно-пошукового навчання, у межах якого створюються умови для активної інтелектуальної діяльності студентів.

Ефективність такого підходу простежується під час використання завдань, що передбачають кілька можливих способів розв'язання або потребують перенесення знань у нову ситуацію [11]. Наприклад, під час вивчення теми «Похідна функції» студентам інженерних спеціальностей може бути запропонована задача на визначення найбільш економного способу використання матеріалу для виготовлення упаковки певної форми, так звана задача оптимізації. У процесі виконання такого завдання студентам необхідно не лише знайти похідну функції, а й проаналізувати практичний зміст отриманого результату, пояснити доцільність вибраного способу розрахунку та порівняти його з іншими варіантами. Подібна організація роботи сприяє усвідомленню зв'язку між математичними поняттями та реальними професійними ситуаціями.

Розвитку самостійності також сприяє використання задач із недостатньою або надлишковою кількістю даних, оскільки в такому випадку студенти змушені самостійно визначати, які відомості є необхідними для розв'язання [12, с. 27]. Наприклад, під час обчислення площ фігур майбутнім вчителям математикам може бути запропоновано завдання на обчислення площі складної фігури, де частину необхідних параметрів потрібно знайти через допоміжні побудови. У результаті формується здатність аналізувати умову задачі та встановлювати логічні зв'язки між її елементами.

Важливу роль у формуванні математичної компетентності відіграє модульна система організації навчального матеріалу, оскільки вона забезпечує поступове ускладнення пізнавальної діяльності та створює умови для системного засвоєння знань. Доцільність такого підходу особливо помітна під час вивчення алгебри та початків математичного аналізу, де кожна нова тема безпосередньо пов'язана з попередньою [13, p. 174]. Наприклад, спочатку студенти виконують елементарні перетворення виразів, після чого переходять до розв'язування рівнянь, а вже потім – до дослідження функцій і побудови графіків. Така послідовність дозволяє уникнути фрагментарного засвоєння знань та забезпечує цілісне розуміння математичних закономірностей.

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

Ефективність модульного підходу підвищується завдяки включенню практико-орієнтованих завдань, зміст яких наближений до майбутньої професійної діяльності студентів [14]. Наприклад, для здобувачів освіти економічних спеціальностей можуть використовуватися задачі на обчислення відсоткових ставок, аналіз прибутковості підприємства або прогнозування фінансових показників за допомогою математичних моделей. Для здобувачів технічних спеціальностей доцільно пропонувати завдання, пов'язані з розрахунком навантаження конструкцій, визначенням швидкості руху механізмів чи аналізом параметрів електричних кіл. У таких умовах математичні знання сприймаються не як абстрактна теорія, а як інструмент для розв'язання конкретних професійних завдань.

Особливого значення в процесі формування математичної компетентності набуває розвиток математичної творчості, оскільки саме вона забезпечує готовність знаходити нестандартні рішення та адаптувати відомі способи дій до нових умов. Із цією метою доцільно використовувати завдання дослідницького характеру, в яких відсутній готовий алгоритм виконання [15]. Наприклад, студентам може бути запропоновано самостійно встановити закономірність зміни послідовності чисел або побудувати математичну модель певного фізичного процесу. У процесі такої роботи формується вміння висувати припущення, перевіряти їх правильність і робити обґрунтовані висновки.

Розвитку критичного мислення також сприяє організація колективного обговорення способів розв'язання задач. Під час аналізу різних варіантів виконання студенти мають можливість порівнювати ефективність методів, визначати помилки та аргументовано відстоювати власну позицію. Наприклад, після розв'язання задачі з аналітичної геометрії один студент може запропонувати координатний метод, інший – використання векторів, а третій – геометричний спосіб доведення. Порівняння таких підходів дозволяє не лише поглибити розуміння теми, а й навчитися вибирати найбільш раціональний спосіб розв'язання залежно від умов задачі.

Не менш важливим компонентом освітнього процесу є використання інтерактивних методів контролю знань, які забезпечують активне включення студентів у процес оцінювання власних результатів. Застосування електронного тестування дозволяє оперативно перевіряти рівень засвоєння матеріалу та виявляти теми, що потребують додаткового опрацювання. Наприклад, після вивчення теми «Інтеграли» студенти можуть виконувати тестові завдання з автоматичною перевіркою відповідей, отримуючи пояснення щодо допущених помилок. Такий підхід допомагає не лише контролювати рівень знань, а й формує навички самостійного аналізу результатів навчальної діяльності.

Підвищенню відповідальності за результати навчання сприяє також використання самооцінювання та взаємооцінювання. Наприклад, під час виконання практичних робіт студенти можуть аналізувати правильність розв'язань одногрупників за визначеними критеріями, звертаючи увагу на логіку міркувань, обґрунтованість математичних перетворень і правильність оформлення. У процесі такої діяльності формується вміння помічати помилки, коригувати власні дії та оцінювати якість виконаної роботи.

Важливим засобом підвищення ефективності навчання математичних дисциплін у закладах вищої освіти є застосування візуалізації та графічних методів подання інформації, оскільки значна частина математичних понять та процедур потребує наочного та структурованого пояснення. Наприклад, графічна інтерпретація функцій дозволяє студентам усвідомити зв'язок між аналітичними виразами та їх геометричним поданням, виявити властивості функцій, проаналізувати поведінку функції, що іноді складно зробити лише за допомогою формул.

Використання тривимірних моделей многогранників та інших геометричних об'єктів допомагає студентам правильно визначати об'єми, площі поверхонь заданих

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

фігур або параметри їх перерізів. Поєднання графічних зображень із математичними обчисленнями забезпечує глибше усвідомлення навчального матеріалу та сприяє розвитку просторового мислення.

Отже, комплексне поєднання проблемно-пошукового навчання, модульної організації змісту, розвитку математичної творчості, інтерактивних методів контролю та засобів візуалізації створює сприятливі умови для формування математичної компетентності студентів закладів вищої освіти. За таких умов математична підготовка спрямовується не лише на засвоєння теоретичних знань, а й на розвиток уміння застосовувати їх у практичній діяльності, аналізувати проблемні ситуації, приймати обґрунтовані рішення та ефективно використовувати математичні методи в професійній сфері.

У межах дослідження представлено добірку задач з математичних дисциплін, спрямовану на формування умінь використовувати альтернативні та комбіновані алгоритмічні підходи. Нижче подано приклади задач та результати їх розв'язання.

Задача 1. Доведіть ірраціональність числа $2-\sqrt[3]{3}$.

Для доведення скористаємось методом доведення від супротивного: нехай число $2-\sqrt[3]{3}$ є раціональним. Нехай $2-\sqrt[3]{3}=r$. Після перетворень отримаємо, що за побудовою наше число r є коренем рівняння

$$x^3-6x^2+12x-5=0.$$

Можливі раціональні корені рівняння числа ± 1 і ± 5. Перевіркою переконуємось, що рівняння не має раціональних коренів, тому доходимо до висновку, що наше припущення не вірне, і число $2-\sqrt[3]{3}$ ірраціональне.

Задача 2. При яких дійсних значеннях параметра a система несумісна?

$$\begin{cases}(a+1)\cdot x-3y=4\\ 2x-ay=3\end{cases}$$

Скористуємось для розв'язання формулами Крамера:

$$\Delta=\begin{vmatrix}a+1 & -3\\ 2 & -a\end{vmatrix}=-a\cdot(a+1)+6=-a^2-a+6.$$

Система не буде мати рішень у випадку, коли визначник буде дорівнювати 0, тобто, потрібно дослідити випадки, коли

$$-a^2-a+6=0$$
$$a=2 \text{ або } a=-3.$$

Якщо $a=2$, то маємо систему

$$\begin{cases}3x-3y=4\\ 2x-2y=3\end{cases}$$
$$\begin{cases}x-y=\frac{4}{3}\\ x-y=\frac{3}{2}\end{cases}$$

Протиріччя, тому система при $a=2$ розв'язків немає.

Якщо $a=-3$, то маємо систему

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

$$\begin{cases} -2x - 3y = 4 \\ 2x + 3y = 3 \end{cases}$$
$$\begin{cases} 2x + 3y = -4 \\ 2x + 3y = 3 \end{cases}$$

Протиріччя, система при $a = -3$ розв'язків немає.

Задача 3. Знайдіть границю $\lim\limits_{n\to+\infty}\left(\frac{1}{n+1}+\frac{1}{n+2}+\cdots+\frac{1}{5n}\right)$.

Ключова ідея розв'язання полягає в тому, щоб побачити в заданому виразі інтегральну суму. Оскільки кожен доданок в інтегральній сумі є добутком довжини частинного інтервалу і значення функції, спочатку потрібно перетворити вираз:

$$\frac{1}{n+1}+\frac{1}{n+2}+\cdots+\frac{1}{5n}=\frac{1}{n}\left(\frac{1}{1+\frac{1}{n}}+\frac{1}{1+\frac{2}{n}}+\cdots+\frac{1}{1+\frac{4n}{n}}\right).$$

Останній вираз є інтегральною сумою для інтеграла $\int_0^4 \frac{1}{1+x}\,dx$, коли $4n$ частинних інтервалів мають однакову довжину $\frac{1}{n}$ і значення функції на кожному інтервалі береться в його крайній правій точці. Оскільки довжини всіх інтервалів прямують до 0, то границею інтегральних сум буде значення самого інтегралу, яке дорівнює

$$\int_0^4 \frac{1}{1+x}\,dx = \ln(1+x)\Big|_0^4 = \ln 5.$$

Задача 4. Довести, що для будь-якого цілого значення x вираз $3x^2 + 2$ не є повним квадратом.

Знову застосуємо метод доведення від супротивного. Нехай $3x^2 + 2 = N^2$, де N – натуральне число. Тоді при діленні числа N^2 на 3 ми повинні одержати остачу 2.

Використаємо метод перебору остач, розглянемо всі можливі остачі при діленні числа N на 3:

1) якщо $N = 3k$, то $N^2 = 9k^2 = 3(3k^2)$ при діленні на 3 дає остачу 0.

2) якщо $N = 3k + 1$, то N^2 при діленні на 3 дає остачу 1.

3) якщо $N = 3k + 2$, то N^2 при діленні на 3 дає остачу 1.

Тобто, при діленні на 3 число N^2 має остачу 0 або остачу 1, приходимо до протиріччя, тобто наше припущення невірне, твердження задачі доведено.

Кожна задача розглядалася як окрема навчальна ситуація, в якій порівнювалися традиційні та альтернативні способи розв'язування з урахуванням рівня складності, логіки побудови алгоритму та характеру мисленнєвих дій студентів. Узагальнені результати подано в таблиці 2, де відображено співвідношення між типом задачі, основним методом її розв'язання, можливими нестандартними підходами та досягнутим навчальним ефектом.

Таблиця 2

Методи пошуку нестандартних алгоритмічних рішень у процесі виконання задач

Нестандартний (альтернативний) метод	Ключова ідея розв'язання	Дидактичний ефект
Метод доведення від супротивного + теорема про раціональні корені	Перехід від числового виразу до алгебраїчного рівняння та аналіз	Формування навичок абстрагування та роботи з непрямими доведеннями

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

	можливих раціональних коренів	
Метод Крамера + аналіз виродження системи	Використання визначника для встановлення несумісності системи та розгляд граничних випадків параметра	Розвиток умінь параметричного аналізу та логічного структурування розв’язання
Інтерпретація як інтегральної суми	Перехід від дискретної суми до визначеного інтеграла як границі Рімана	Формування міжрозділових зв’язків (послідовності–інтеграли)
Метод доведення від супротивного + аналіз остач	Використання остач при діленні на 3 для спростування можливості повного квадрата	Розвиток модульної арифметики та критичного мислення

Джерело: створено авторами

Представлені результати дозволяють зробити висновок, що у процесі розв’язування математичних задач майбутніми вчителями математики важливо не обмежуватися лише стандартними способами, а формувати здатність до нестандартного мислення, яке забезпечує глибше розуміння матеріалу та розвиток аналітичних навичок. Зокрема, застосування методу доведення від супротивного у поєднанні з використанням теореми про раціональні корені сприяє переходу від конкретного числового виразу до алгебраїчного рівняння, що дозволяє систематично аналізувати наявність або відсутність раціональних коренів і формує вміння абстрагуватися та працювати з непрямими доведеннями, які є важливою складовою професійної математичної підготовки. Своєю чергою, застосування методу Крамера разом з аналізом виродження системи дозволяє використовувати визначник для встановлення несумісності систем лінійних рівнянь і розвиває навички параметричного аналізу та логічного структурування розв’язків. Розгляд граничних значень параметрів сприяє глибшому усвідомленню взаємозв’язків між елементами задачі та підвищує здатність до системного мислення під час розв’язання складних математичних ситуацій.

Водночас перехід від дискретної суми до визначеного інтеграла через інтерпретацію як інтегральної суми демонструє здатність студентів встановлювати міжрозділові зв’язки, зокрема між послідовностями та інтегралами, що поглиблює розуміння фундаментальних концепцій математичного аналізу та сприяє розвитку гнучкого математичного мислення. Аналогічно, використання методу доведення від супротивного з аналізом остач при діленні на 3 для спростування можливості утворення повного квадрата показує, як модульна арифметика стає потужним інструментом пошуку нестандартних рішень і стимулює розвиток критичного мислення, заохочуючи студентів до самостійного дослідження числових закономірностей.

Таким чином, використання різних алгоритмічних підходів забезпечує варіативність способів розв’язання задач, сприяє глибшому аналізу математичних залежностей та активізує розвиток аналітичного мислення студентів.

Систематична інтеграція таких підходів сприятиме зміні характеру навчально-пізнавальної діяльності студентів математичних дисциплін, оскільки замість переважання фрагментарних міркувань, орієнтованих на відтворення відомих схем, поступово формується потреба в побудові логічно цілісних розв’язань, що зменшує залежність від шаблонів і посилює самостійність у роботі з задачами.

У міру закріплення цього підходу простежується перехід до більш послідовного та структурованого способу мислення, який проявляється у здатності аргументовано

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

вибудовувати кожен етап розв'язання та усвідомлено пояснювати вибір математичних дій, що забезпечує зростання внутрішньої узгодженості міркувань і формує більш стійке володіння логікою математичного аналізу.

Паралельно змінюється характер математичної творчості, оскільки замість єдиного стандартного способу розв'язування починають застосовуватися альтернативні стратегії отримання результату, що відображає розширення варіативності мислення та здатності адаптувати математичні інструменти до структури конкретної задачі. Водночас за такого методичного підходу підвищується рівень автономності здобувачів, адже орієнтація на готові зразки поступово замінюється індивідуальним добором методу розв'язання та його логічним обґрунтуванням, що свідчить про зростання самостійності під час виконання математичних завдань.

Також активізується здатність до застосування нестандартних алгоритмічних підходів, що проявляється у переході від стандартних схем до комбінованих і непрямих методів, які потребують глибшого аналізу умови задачі та більшої гнучкості мислення.

Таким чином, впровадження проблемно-пошукового навчання, використання інтерактивних методів організації роботи та орієнтація на розвиток самостійного математичного мислення сприятимуть підвищенню рівня математичної компетентності здобувачів освіти.

Обговорення

Інтерпретація результатів. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що ключовим чинником змін у підходах до розв'язання математичних задач студентами є перехід від алгоритмічно відтворюваних дій до побудови власних стратегій міркування. Така трансформація пояснюється тим, що використання нестандартних підходів порушує звичний шаблон виконання завдань і змушує переосмислювати саму структуру задачі, виокремлюючи в ній приховані математичні зв'язки. У результаті активізуються механізми абстрагування, оскільки числові або процедурні елементи поступово заміщуються узагальненими моделями, які потребують логічного обґрунтування кожного кроку розв'язання.

Особливо виразно це проявляється в ситуаціях, де поєднуються непрямі доведення та алгебраїчні критерії існування розв'язків. За цих умов студенти математичних дисциплін вимушені переходити від прямого обчислювального підходу до аналізу можливих варіантів через логічне виключення, що формує стійкі навички аргументації. Подібний ефект посилюється під час роботи з параметричними задачами, де дослідження граничних випадків змушує розглядати систему не як набір окремих рівнянь, а як єдину взаємопов'язану структуру.

Водночас інтерпретація дискретних конструкцій як неперервних об'єктів через граничні переходи сприяє формуванню цілісного математичного бачення, у якому різні розділи аналізу починають сприйматися як взаємопов'язані. Це пояснює зростання гнучкості мислення, оскільки студенти математичних дисциплін переходять до роботи з узагальненими образами замість локальних перетворень. Своєю чергою, використання модульної арифметики в доведеннях стимулює розвиток критичного мислення через необхідність перевірити всі можливі розв'язки задачі.

Отже, нестандартні алгоритмічні підходи активізують когнітивні механізми узагальнення, логічного виключення та структурного аналізу в здобувачів математичної освіти, що сприяє формуванню високого рівня фахової компетентності.

Порівняння з іншими дослідженнями. Сучасні наукові джерела акцентують на ефективності проблемно-пошукового навчання та застосування нестандартних алгоритмічних стратегій у формуванні математичної компетентності здобувачів вищої освіти. Згідно з даними Д. Джуанді (D. Juandi) [16], проблемне навчання сприяє розвитку математичного мислення, підвищує здатність до розв'язування задач і формує навички

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

математичної аргументації, однак його результативність залежить від структури навчальних завдань і рівня їх складності. Це узгоджується з нашими висновками щодо важливості системної інтеграції задач різних типів і рівнів узагальнення, де нестандартні алгоритмічні підходи виступають засобом переходу до глибшого аналізу, змінюючи навчальну поведінку студентів-математиків.

У дослідженні Д. Сіманджунтака (D. Simanjuntak) та співавторів [17] встановлено, що рівень розвитку високорівневого математичного мислення визначається не лише методикою навчання, а й початковими когнітивними характеристиками студентів. Це частково пояснює поступовий характер переходу від репродуктивних дій до побудови самостійних стратегій, який спостерігається у процесі використання нестандартних алгоритмічних методів у студентів математичних дисциплін.

Н.-Г. Нгуєн (N.-G. Nguyen) та співавтори [18] акцентують на важливості практичних задач як умови формування здатності до перенесення способів розв'язання між різними математичними контекстами. Це узгоджується з тим, що інтерпретація задач у вигляді узагальнених моделей у студентів математичних дисциплін супроводжується переходом до більш абстрактного рівня мислення, де окремі обчислювальні дії підпорядковуються загальній структурі задачі.

Водночас результати дослідження А. Аміна (A. Amin) та співавторів [19] підтверджують, що поєднання проблемно-пошукового навчання з інтерактивними технологіями підвищує рівень математичної підготовки та самостійності студентів. Відтак залучення студентів до самостійного аналізу задач, вибору способів розв'язання та оцінювання правильності отриманих результатів сприяє зменшенню залежності здобувачів освіти від постійної допомоги викладача.

Отримані нами дані також узгоджується з висновками Ф. Фолкнер (F. Faulkner) та співавторів [20], які доводять, що сучасні математичні курси мають орієнтуватися не лише на формування процедурних умінь, а й на розвиток здатності до математичного аналізу та розв'язування проблемних ситуацій. Зокрема, використання нестандартних алгоритмічних методів дозволяє студентам переходити від механічного виконання математичних операцій до усвідомленого аналізу структури задачі та вибору найбільш доцільного способу розв'язання.

Разом із цим проведене дослідження дозволило виявити аспекти, які недостатньо висвітлені в попередніх наукових працях. Зокрема, потребує подальшого вивчення проблема адаптації нестандартних алгоритмічних методів до різного рівня базової математичної підготовки студентів, а також питання методичного забезпечення проблемно-пошукового навчання в процесі викладання математичних дисциплін у закладах вищої освіти.

Наукова новизна (розгорнуто). Наукова новизна полягає в розробленні методики формування математичної компетентності студентів через використання нестандартних алгоритмічних рішень у процесі розв'язування задач з математичних дисциплін. Запропоновано підхід до організації навчання, який поєднує проблемно-пошукові завдання з варіативністю способів розв'язування та самостійним вибором алгоритму, що забезпечує активізацію пізнавальної діяльності та розвиток математичного мислення здобувачів вищої освіти.

Визначено педагогічні умови, за яких системне використання нестандартних алгоритмів сприяє формуванню самостійності, логічності мислення та здатності обґрунтовувати вибір способу розв'язання. Методика передбачає застосування проблемних ситуацій, модульної побудови навчального матеріалу, стимулювання математичної творчості, інтерактивного контролю та візуалізації, що забезпечує більш глибоке засвоєння математичних понять і розвиток умінь працювати з різними підходами до розв'язання задач.

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

Удосконалено систему оцінювання математичної компетентності через урахування не лише правильності результату, а й здатності студента самостійно вибирати алгоритм, використовувати альтернативні способи розв'язання та аргументувати власні дії, що підвищує об'єктивність оцінювання навчальних досягнень.

Набуло подальшого розвитку розуміння математичної компетентності як інтегрованої характеристики, що охоплює здатність аналізувати задачу, конструювати різні стратегії її розв'язання та оцінювати ефективність вибраного підходу. Уточнено роль самостійної пізнавальної діяльності як ключового чинника формування математичної компетентності в умовах використання нестандартних алгоритмічних методів.

Практичне значення (розгорнуто). Практичне значення дослідження полягає в можливості впровадження нестандартних алгоритмічних методів у викладання математичних дисциплін у закладах вищої освіти. Запропонований підхід забезпечує поєднання засвоєння теоретичного матеріалу з розвитком умінь самостійно розв'язувати задачі, вибирати раціональні способи дій і застосовувати знання в нових умовах. Показано, що завдання з варіативними способами розв'язання можуть використовуватися під час проведення практичних занять, а також у самостійній роботі студентів. Вони дають змогу диференціювати навчальні завдання за рівнем складності та поступово ускладнювати навчальний матеріал, що сприяє розвитку логічного мислення та навчальної автономії.

Результати дослідження можуть бути корисними для викладачів математики як теоретичне підґрунтя для оновлення методичного забезпечення курсів, зокрема через включення проблемно-пошукових і дослідницьких завдань, що підвищує ефективність роботи зі студентами різного рівня підготовки та сприяє індивідуалізації навчання.

Запропоновані підходи можуть бути використані для вдосконалення організації освітнього процесу навчання з математики, що сприятиме формуванню навичок самостійного математичного мислення та підвищенню якості підготовки студентів.

Висновки

Встановлено педагогічні умови формування математичної компетентності студентів у процесі навчання математичних дисциплін. Показано, що організація проблемно-пошукового навчання, модульна структура задач, стимулювання творчих підходів, інтерактивний контроль і використання візуалізації забезпечують підвищення рівня математичної підготовки та активізують самостійну діяльність здобувачів освіти.

Доведено доцільність використання авторської добірки задач, орієнтованих на пошук нестандартних алгоритмічних рішень. Запропоновано її застосування у педагогічній практиці для забезпечення переходу від відтворювального до продуктивного рівня навчання.

Показано, що впровадження нестандартних алгоритмічних підходів стимулює розвиток логічного мислення, математичної творчості та здатності студентів самостійно вибирати оптимальні способи розв'язування задач. Зокрема, робота з модульною арифметикою та непрямими доведеннями підвищує рівень критичного мислення та аналітичних навичок.

Обґрунтовано, що системне поєднання різних нестандартних методів у процесі розв'язання задач забезпечує варіативність підходів, що сприяє формуванню гнучкого математичного мислення та комплексної компетентності майбутніх учителів математики.

Перспективи подальших досліджень ми вбачаємо у вдосконаленні методики використання нестандартних алгоритмічних підходів під час фахової підготовки

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

майбутніх вчителів математики та у проведенні експериментальної перевірки її ефективності.

Список використаних джерел

1. Kovalchuk M., Voievoda A., Prozor E. Algorithmic thinking as the meaningful component of cognitive competencies of the future engineer. *Universal Journal of Educational Research*. 2020. Vol. 8, № 11B. P. 6248–6255. DOI: https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082263

2. Махова Я. Аналіз основних методологічних підходів до формування математичної компетентності учнів основної та старшої школи. *Витоки педагогічної майстерності.* 2024. № 34. С. 149–155. DOI: https://doi.org/10.33989/2075-146x.2024.34.318084

3. Попович (Брейдла) М. І. Застосування елементів STEM-освіти у процесі формування математичної компетентності учнів основної школи. *Педагогічна інноватика: сучасність та перспективи.* 2025. № 8. С. 157–161. DOI: https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2025-8-26

4. Кравчук І. Г. Імплементація концепції освіти 4.0 у систему математичної підготовки учнів з особливими освітніми потребами. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки.* 2025. № 4(123). С. 184–200. DOI: https://doi.org/10.35433/pedagogy.4(123).2025.15

5. Кусій М. Формування у студентів здатності мислити стратегічно: математичний інструментарій. *Дидактика математики: теорія, досвід, інновації.* 2025. № 3. С. 44–52. DOI: https://doi.org/10.31652/3041-2277-2025-3-44-52

6. Холод С., Турка Т. Формування математичних компетентностей учнів в процесі вивчення рівнянь. *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ.* 2025. № 15. С. 107–113. DOI: https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079152025338367

7. Тягнирядно Є. В., Абрамов А. П., Різак Г. В. Порівняльний аналіз моделей дистанційної освіти в європейських та українських університетах. *Педагогічна академія: наукові записки*. 2026. № 28. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.19177509

8. Різак Г. В. Адаптація навчальних програм з біоорганічної хімії для студентів хімічних, медичних і біологічних спеціальностей до сучасних вимог: інтеграція інновацій та активних методів викладання. *Інноваційна педагогіка.* 2024. Т. 2, № 69. С. 129–134.DOI: https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/69.2.27

9. Novik K., Honcharuk V., Kyrychenko V., Petrovska K., Zelinska V. The role of social media and online communities in learning and collaboration in the age of digital transformation. *Futurity Education.* 2024. Vol. 4, № 3. P. 334–351. DOI: https://doi.org/10.57125/fed.2024.09.25.19

10. Novik K. The role of artificial intelligence in creating adaptive learning environments for teacher education. *Innovative development of science, technology and education*: proc. the 11th International scientific and practical conference (August 1-3, 2024). Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. p. 189–193. URL*:* https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/08/INNOVATIVE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-TECHNOLOGY-AND-EDUCATION-1-3.08.24.pdf#page=189 (дата звернення: 16.03.2026)

11. Zamir S., Yang Z., Wenwu H., Sarwar U. Assessing the attitude and problem-based learning in mathematics through PLS-SEM modeling. *PLOS ONE.* 2022. Vol. 17, № 5. Article e0266363. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266363

12. Романчук Н. О. Теоретико-методологічні засади формування математичних компетентностей майбутніх інженерів у вищих технічних закладах освіти. *Академічні студії. Серія «Педагогіка».* 2022. № 2. С. 25–30. DOI: https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2022.2.4

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

13. Худа Ж. В., Тонконог Є. А. Методологічні проблеми навчання вищої та прикладної математики студентів електромеханічного напряму. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки).* 2021. Т. 1, № 38. С. 172–180. DOI: https://doi.org/10.31319/2519-2884.38.2021.21

14. Іванченко Є. А., Шагова О. Y., Дєдков О. В. Результати пілотажного дослідження сформованості математичної компетентності майбутнього офіцера Збройних сил України. *Збірник наукових праць Педагогічні науки.* 2023. № 104. С. 29–36. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-5

15. Boom-Cárcamo E., Buelvas-Gutiérrez L., Acosta-Oñate L., Boom-Cárcamo D. Gamification and problem-based learning (PBL): development of creativity in the teaching-learning process of mathematics in university students. *Thinking Skills and Creativity*. 2024. Vol. 53. Article101614. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101614

16. Juandi D. Heterogeneity of problem-based learning outcomes for improving mathematical competence: a systematic literature review. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1722. Article 012108. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012108

17. Simanjuntak D. A., Makmuri M., Rahayu W. Problem-based learning: Its effect on higher-order mathematical thinking skills in terms of student's initial abilities and mathematical beliefs. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*. 2021. Vol. 12, № 2. P. 457–466. DOI: https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i2.10137

18. Nguyen N.-G., Pham H.-T., Nguyen T.-N. T. Fostering problem-based learning competence through teaching the generalization of practical problems on the topic of exponential and logarithmic functions. *Universal Journal of Educational Research*. 2021. Vol. 9, №3. P. 423–440. DOI: https://doi.org/10.13189/ujer.2021.090302

19. Amin A. K., Sudana I. N. D., Setyosari P., Djatmika E. T. The effectiveness of mobile blended problem based learning on mathematical problem solving. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*. 2021. Vol. 15, №01. P. 119–141. DOI: https://doi.org/10.3991/ijim.v15i01.17437

20. Faulkner F., Breen C., Prendergast M., Carr M. Profiling mathematical procedural and problem-solving skills of undergraduate students following a new mathematics curriculum. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2023. Vol. 54, №2. P. 220–249. DOI: https://doi.org/10.1080/0020739x.2021.1953625

References

1. Kovalchuk, M., Voievoda, A., & Prozor, E. (2020). Algorithmic thinking as the meaningful component of cognitive competencies of the future engineer. *Universal Journal of Educational Research*, *8*(11B), 6248–6255. https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082263

2. Makhova, Ya. (2024). Analiz osnovnykh metodolohichnykh pidkhodiv do formuvannia matematychnoi kompetentnosti uchniv osnovnoi ta starshoi shkoly [Analysis of the main methodological approaches to the formation of mathematical competence of primary and secondary school students]. *Vytoky pedahohichnoi maisternosti – Origins of pedagogical skill,* (34), 149–155. https://doi.org/10.33989/2075-146x.2024.34.318084 [in Ukrainian].

3. Popovych (Breidla), M. I. (2025). Zastosuvannia elementiv STEM-osvity u protsesi formuvannia matematychnoi kompetentnosti uchniv osnovnoi shkoly [Application of STEM education elements in the process of forming mathematical competence of primary school students]. *Pedahohichna innovatyka: suchasnist ta perspektyvy – Pedagogical innovation: modernity and prospects,* (8), 157–161. https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2025-8-26 [in Ukrainian].

4. Kravchuk, I. H. (2025). Implementatsiia kontseptsii osvity 4.0 u systemu matematychnoi pidhotovky uchniv z osoblyvymy osvitnimy potrebamy [Implementation of the concept of education 4.0 in the system of mathematical training of students with special educational needs]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho universytetu imeni Ivana Franka.*

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

Pedahohichni nauky – Bulletin of the Ivan Franko Zhytomyr State University. Pedagogical Sciences, (4(123)), 184–200. https://doi.org/10.35433/pedagogy.4(123).2025.15 [in Ukrainian].

5. Kusii, M. (2025). Formuvannia u studentiv zdatnosti myslyty stratehichno: matematychnyi instrumentarii [Developing students' ability to think strategically: mathematical tools]. *Dydaktyka matematyky: teoriia, dosvid, innovatsii - Mathematics Didactics: Theory, Experience, Innovations,* (3), 44–52. https://doi.org/10.31652/3041-2277-2025-3-44-52 [in Ukrainian].

6. Kholod, S., & Turka, T. (2025). Formuvannia matematychnykh kompetentnostei uchniv v protsesi vyvchennia rivnian [Formation of students' mathematical competencies in the process of studying equations]. *Zbirnyk naukovykh prats fizyko-matematychnoho fakultetu DDPU – Collection of scientific papers of the Faculty of Physics and Mathematics of the DSUPU,* (15), 107–113. https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079152025338367 [in Ukrainian].

7. Tiahnyriadno, Ye. V., Abramov, A. P.,& Rizak, H. V. (2026). Porivnialnyi analiz modelei dystantsiinoi osvity v yevropeiskykh ta ukrainskykh universytetakh [Comparative analysis of distance education models in European and Ukrainian universities]. *Pedahohichna akademiia: naukovi zapysky – Pedagogical Academy: scientific notes,* (28). https://doi.org/10.5281/zenodo.19177509 [in Ukrainian].

8. Rizak, H. V. (2024). Adaptatsiia navchalnykh prohram z bioorhanichnoi khimii dlia studentiv khimichnykh, medychnykh i biolohichnykh spetsialnostei do suchasnykh vymoh: intehratsiia innovatsii ta aktyvnykh metodiv vykladannia [Adaptation of bioorganic chemistry curricula for students of chemical, medical and biological specialties to modern requirements: integration of innovations and active teaching methods]. *Innovatsiina pedahohika – Innovative pedagogy, 2*(69), 129–134. https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/69.2.27 [in Ukrainian].

9. Novik, K., Honcharuk, V., Kyrychenko, V., Petrovska, K.,& Zelinska, V. (2024). The role of social media and online communities in learning and collaboration in the age of digital transformation. *Futurity Education,* 4(3), 334–351. https://doi.org/10.57125/fed.2024.09.25.19

10. Novik, K. (2024). The role of artificial intelligence in creating adaptive learning environments for teacher education. *The 11th International scientific and practical conference "Innovative development of science, technology and education" (pp. 189–193), Perfect Publishing, Vancouver, Canada, Removed from* https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/08/INNOVATIVE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE-TECHNOLOGY-AND-EDUCATION-1-3.08.24.pdf#page=189

11. Zamir, S., Yang, Z., Wenwu, H., & Sarwar, U. (2022). Assessing the attitude and problem-based learning in mathematics through PLS-SEM modeling. *PLOS ONE*, *17*(5), e0266363. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266363

12. Romanchuk, N. O. (2022).Teoretyko-metodolohichni zasady formuvannia matematychnykh kompetentnostei maibutnikh inzheneriv u vyshchykh tekhnichnykh zakladakh osvity [Theoretical and methodological principles of the formation of mathematical competencies of future engineers in higher technical educational institutions]. *Akademichni studii. Seriia «Pedahohika» – Academic Studies. Pedagogy Series,* (2), 25–30. https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2022.2.4 [in Ukrainian].

13. Khuda, Zh. V., & Tonkonoh, Ye. A. (2021).Metodolohichni problemy navchannia vyshchoi ta prykladnoi matematyky studentiv elektromekhanichnoho napriamu [Methodological problems of teaching higher and applied mathematics to students of electromechanical studies]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky) – Collection of scientific papers of Dnipro State Technical*

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X

University (technical sciences), 1(38), 172–180. https://doi.org/10.31319/2519-2884.38.2021.21 [in Ukrainian].

14. Ivanchenko, Ye. A., Shahova, O. Yu., & Diedkov, O. V. (2023). Rezultaty pilotazhnoho doslidzhennia sformovanosti matematychnoi kompetentnosti maibutnoho ofitsera Zbroinykh syl Ukrainy [Results of pilot study of the formation of mathematical competence of a future officer of the Armed Forces of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Pedahohichni nauky – Collection of scientific works Pedagogical sciences,* (104), 29–36. https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-5 [in Ukrainian].

15. Boom-Cárcamo, E., Buelvas-Gutiérrez, L., Acosta-Oñate, L., & Boom-Cárcamo, D. (2024). Gamification and problem-based learning (PBL): development of creativity in the teaching-learning process of mathematics in university students. *Thinking Skills and Creativity*, *53*, 101614. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101614

16. Juandi, D. (2021). Heterogeneity of problem-based learning outcomes for improving mathematical competence: a systematic literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, *1722*, 012108. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012108

17. Simanjuntak, D. A., Makmuri, M., & Rahayu, W. (2021). Problem-based learning: Its effect on higher-order mathematical thinking skills in terms of student's initial abilities and mathematical beliefs. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *12*(2), 457–466. https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i2.10137

18. Nguyen, N.-G., Pham, H.-T., & Nguyen, T.-N. T. (2021). Fostering problem-based learning competence through teaching the generalization of practical problems on the topic of exponential and logarithmic functions. *Universal Journal of Educational Research*, *9*(3), 423–440. https://doi.org/10.13189/ujer.2021.090302

19. Amin, A. K., Sudana, I. N. D., Setyosari, P., & Djatmika, E. T. (2021). The effectiveness of mobile blended problem based learning on mathematical problem solving. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, *15*(01), 119–141. https://doi.org/10.3991/ijim.v15i01.17437

20. Faulkner, F., Breen, C., Prendergast, M., & Carr, M. (2023). Profiling mathematical procedural and problem-solving skills of undergraduate students following a new mathematics curriculum. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *54*(2), 220–249. https://doi.org/10.1080/0020739x.2021.1953625

Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License
e-ISSN: 2786-586X