

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ STEM-ОСВІТИ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Вікторія Трофименко¹, Інна Кудзіновська²

¹*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут,
бул. Острозьких Князів, 45/1, Київ, Україна, UA-01011*

viktoriya.trof@gmail.com;

²*Державний університет “Київський Авіаційний Інститут”,
пр. Гузара Любомира, 1, Київ, Україна, UA-03058*

kudzinovskaya@ukr.net

Розглянуто можливості застосування елементів STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics) у викладанні математичних дисциплін. Обґрунтовано значення інтеграції теоретичних знань із практичними завданнями, наведено приклади використання. Проведено аналіз науково-методичних публікацій, присвячених досвіду впровадження елементів STEM-освіти у закладах вищої освіти, а також окреслено бачення щодо перспектив розвитку цього напрямку в реформуванні вищої освіти. Розглянуто методичні аспекти й труднощі застосування STEM-освіти у викладанні математичних дисциплін. Зроблено висновок, що використання STEM-елементів сприяє розвитку критичного й аналітичного мислення, стимулює студентів реалізовувати власний творчий потенціал і підвищує мотивацію до вивчення математичних дисциплін. Крім того, поєднано одразу кілька напрямів: математику, економіку та технології. В задачі використано математичний аналіз (похідні, метод Лагранжа), лінійну алгебру (матриця Гессе) та економіко-математичні методи для оптимізації. Використання програмних інструментів дає змогу інтегрувати інженерно-технологічний компонент. Візуалізація області допустимих рішень і цільової функції сприяє розвитку просторового мислення та навичок моделювання. Крім того, студенти можуть будувати графіки функції та обмежень онлайн у GeoGebra, Desmos чи Wolfram Alpha, що робить навчання інтерактивним і наближеним до сучасної цифрової практики.

Подальші дослідження полягають у розробці методичних матеріалів для проєктного навчання, апробації цифрових освітніх платформ та вивченні впливу STEM-підходу на формування ключових компетентностей студентів і курсантів.

Ключові слова: STEM-освіта, математичні дисципліни, інтеграція, проєктна діяльність, цифрові технології, методичні аспекти, труднощі застосування STEM-освіти.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Сучасний розвиток науки і техніки висуває нові вимоги до підготовки фахівців, здатних не лише володіти теоретичними знаннями, а й ефективно застосовувати їх на практиці. У цьому контексті актуальним є впровадження STEM-освіти, яка поєднує наукові, технічні, інженерні та математичні компоненти в єдину

освітню систему. Математичні дисципліни, що є основою для розвитку інженерного мислення, відіграють особливу роль у STEM-освіті. Саме математика забезпечує універсальний апарат для аналізу, моделювання й прогнозування явищ, формує здатність мислити логічно, абстрактно й системно.

Існують деякі суперечності, зокрема: між суспільними вимогами до насичення освітнього процесу сучасним технологіями й неготовністю системи освіти до швидкої корекції ціннісних орієнтирів пересічного майбутнього фахівця на їх використання; між фрагментарністю й відокремленістю вивчення окремих дисциплін у професійній підготовці та цілісністю й інтегрованістю наукового пізнання через практику STEM-освіти. Найважливішими завданнями є: реалізація програм впровадження інноваційних методів навчання, надання можливості студентам виконувати дослідно-експериментальну роботу на сучасному обладнанні, проведення змагань, олімпіад, створення інформаційних майданчиків, професійна орієнтація та розвиток міжнародного співробітництва.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. Тема впровадження STEM-освіти викликає значний інтерес серед українських науковців та педагогів. Окремі аспекти цієї проблематики висвітлювали у своїх працях О. В. Бутурліна, І. П. Василяшко, О. С. Воронкін, Н. О. Гончарова, Н. Ю. Давидюк, С. В. Загорулько, Б. В. Кудренко, О. С. Кузьменко, О. В. Лісовий, О. В. Лозова, Н. В. Морзе, С. В. Петренко, Т. С. Піндосова, С. В. Подлесний, І. М. Савченко, О. Є. Стрижак, О. Ф. Чернецький, Є. Б. Шаповалов та інші дослідники.

У джерелі [5] подано результати теоретико-прикладного аналізу розвитку STEM-освіти в Україні. Наголошено, що ефективно впровадження цього освітнього напрямку можливе завдяки використанню інноваційних інтерактивних методів і форм навчання, які сприятимуть формуванню у студентів навичок дослідницької та інженерної діяльності, підприємництва, винахідництва та раннього професійного самовизначення. У праці [8, с. 21] наведено алгоритм реалізації STEAM-освіти, який охоплює визначення мети впровадження, аналіз потенціалу дисципліни, вибір моделі інтеграції (аудиторна, позааудиторна чи позанавчальна діяльність; інтеграція дисциплін або наукових сфер; інтеграція окремих елементів), добір навчальної інформації, визначення рівня інтеграції, розробку завдань та критеріїв оцінювання. Зроблено висновок, що наразі у вищій технічній освіті найчастіше застосовують часткове впровадження елементів STEAM у межах окремих дисциплін.

У праці [8] розглянуто питання розвитку критичного мислення студентів засобами STEM-освіти. Автори пропонують впроваджувати в освітню практику такі інструменти, як електронний сервіс Quizlet, скрайбінг, вебквест тощо. Важливим чинником формування критичного мислення визначено розв'язання проблемних завдань, що ґрунтуються на конкретних ситуаціях [6, с. 199].

Дослідниця Т. С. Піндосова акцентує увагу на доцільності використання "кейс-методу" або методу ситуаційних вправ у процесі впровадження STEM-освіти. Цей підхід, на її думку, допомагає одночасно розвивати комунікативні

компетентності та професійні навички студентів. Авторка виокремлює такі риси цього методу: опис реальної проблемної ситуації; наявність альтернативних шляхів її вирішення; спільна мета та колективна робота над пошуком рішення; групова система оцінювання; емоційне залучення учасників [7, с. 201].

Серед праць зарубіжних науковців варто звернути увагу на роботу [10]. Автори розглядають інтеграцію природничих, технічних і математичних наук, надають систематичний аналіз розвитку інтердисциплінарних підходів. У дослідженні [11] акцентовано увагу на міжнародному досвіді STEM-освіти, питанні креативності викладачів та необхідності інноваційних методів для формування компетентностей студентів.

Аналіз наукових праць свідчить про усвідомлення науково-педагогічною спільнотою значущості STEM-освіти як інноваційного напрямку реформування освітньої системи, що сприяє сталому розвитку українського суспільства.

Мета статті – визначити напрями та особливості використання елементів STEM-освіти у викладанні математичних дисциплін, а саме: окреслити приклади практичної реалізації STEM-елементів у процесі навчання математики, проаналізувати результати впровадження STEM-методик для активізації навчання.

Методи дослідження. У статті використано системний аналіз наукових, психолого-педагогічних, навчально-методичних джерел та інтернет-джерел з проблеми дослідження; аналіз українського і зарубіжного досвіду. Використано методи синтезу, порівняння, моделювання, узагальнення.

Виклад основного матеріалу. Одним із сучасних напрямів освітніх реформ є впровадження STEM-освіти, що передбачає об'єднання у єдину систему чотирьох складових: Science (наука), Technology (технології), Engineering (інженерія) та Math (математика). Згодом цей спектр було розширено завдяки додаванню напрямів Robotics (робототехніка) та Art (мистецтво). Важливим кроком у становленні STEM-освіти в Україні стало ухвалення розпорядження Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 960-р "Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)". Документ, розроблений до 2027 року, спрямовано на широке впровадження STEM-освіти на всіх рівнях освітньої системи, залучення роботодавців та наукових інституцій до її розвитку. У Концепції наголошено, що STEM-освіта є цілісною системою, метою якої є формування компетентностей, наукової картини світу, ціннісних орієнтацій і світогляду з використанням трансдисциплінарного підходу, що базується на практичному застосуванні математичних, технічних та інженерних знань для розв'язання реальних проблем і подальшого їх використання у професійній діяльності.

Розглянемо значення STEM-освіти у викладанні математики. STEM-підхід змінює традиційний підхід до викладання математики. Абстрактні поняття набувають прикладного змісту, коли студент може використати формули та методи для моделювання реальних процесів у фізиці, інженерії чи

інформаційних технологіях. Така інтеграція сприяє глибшому розумінню матеріалу, активізації пізнавальної діяльності та розвитку дослідницьких навичок. Наведемо приклади використання STEM-елементів.

1. Математичне моделювання та симуляції. Використання MATLAB, GeoGebra, Python для аналізу процесів, що мають технічне або військово-прикладне значення.

2. Проектна діяльність. Виконання міждисциплінарних завдань, де математика є інструментом для розв'язання задач оптимізації, прогнозування чи побудови алгоритмів.

3. Інтерактивні технології. Використання віртуальних лабораторій, онлайн-платформ і 3D-моделювання для візуалізації абстрактних понять.

4. Прикладні задачі професійної спрямованості. Розрахунок траєкторій руху, аналіз даних, оптимізація логістичних процесів.

Результати застосування STEM-підходу:

- зростання мотивації до вивчення математичних дисциплін;
- розвиток аналітичного й критичного мислення;
- формування вмінь працювати з сучасними технологіями;
- підготовка до реальних професійних викликів;
- активізація самостійної роботи через проектні завдання.

Наведемо приклад завдання, яке можна запропонувати студентам, які вивчають вищу математику та економіко-математичні методи в логістиці. Для його виконання потрібно вміти застосовувати методи математичного аналізу та оптимізації, працювати з матрицями та похідними функцій двох змінних, а також будувати й інтерпретувати графіки обмежень і цільової функції за допомогою цифрових інструментів для візуалізації та обчислень.

Задача. Логістична компанія організовує доставку вантажів двома маршрутами, причому витрати на один рейс на маршруті *A* становить 4 тис. грн, а на маршруті *B* – 3 тис. грн. Однак зі зростанням кількості рейсів витрати зростають нелінійно (через перевантаження складу, додаткові затримки тощо). Загальні витрати описуємо функцією:

$$C(x, y) = 4x + 3y + 0,1x^2 + 0,2y^2 - 0,05xy.$$

При цьому компанія повинна виконати замовлення на перевезення не менше ніж 40 одиниць вантажу, де один рейс *A* перевозить 2 одиниці, а один рейс *B* перевозить одну одиницю. Також не можна зробити більше ніж 20 рейсів на маршруті *A* і 30 – на маршруті *B*.

Постановка задачі. Маємо функцію витрат:

$$C(x, y) = 4x + 3y + 0,1x^2 + 0,2y^2 - 0,05xy,$$

де змінні x і y – кількість рейсів, відповідно, на маршрутах *A* та *B*.

Обмеження:

$$2x + y \geq 40, 0 \leq x \leq 20, 0 \leq y \leq 30.$$

Потрібно знайти x , y , які мінімізують функцію $C(x, y)$ за заданих обмежень.

Спочатку знайдемо для функції витрат матрицю Гессе H (матриця других похідних):

$$\frac{\partial C}{\partial x} = 4 + 0,2x - 0,05y, \quad \frac{\partial C}{\partial y} = 3 + 0,4y - 0,05x,$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = 0,2, \quad \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0,4, \quad \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial y} = -0,05,$$

$$H = (0,2 \quad -0,05 \quad -0,05 \quad 0,4).$$

Перевіримо, чи є вона додатньо визначена:

- головний мінор $0,2 > 0$;
- визначник $\det H = 0,2 \cdot 0,4 - (-0,05)^2 = 0,0775 > 0$.

Матриця Гессе додатньо визначена (отже, $C(x, y)$ – строго опукла функція) та має локальний мінімум, який є також глобальним мінімумом.

Розв'яжемо рівняння $\nabla C = 0$ (не беручи поки до уваги обмеження):

$$\begin{cases} 4 + 0,2x - 0,05y = 0, \\ 3 + 0,4y - 0,05x = 0. \end{cases}$$

$$\text{Матимемо: } x = -700/31 \approx -22,5806, \quad y = -320/31 \approx -10,3226.$$

Ця точка лежить за межами допустимої області, оскільки має від'ємні координати. Для візуалізації отриманого результату можна запропонувати студентам побудувати задану поверхню. Зручними, досить потужними та безкоштовними інструментами для побудови графіків функції двох змінних онлайн є спеціалізовані онлайн-калькулятори, такі як GeoGebra [14], Desmos [15] або Wolfram Alpha [16].

Увівши функцію витрат $C(x, y)$ у відповідне поле GeoGebra та обравши режим побудови 3D-графіків, отримаємо графік цієї функції (рис. 1).

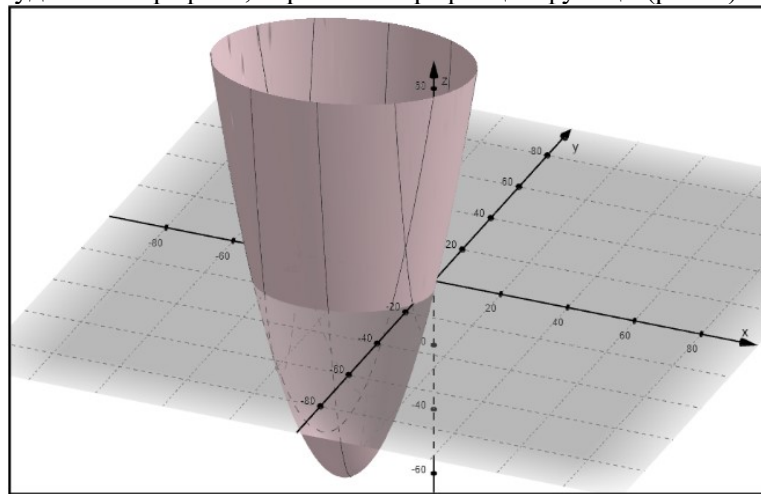


Рис. 1. Графік функції витрат $C(x, y)$.

Аналогічну побудову можна виконати за допомогою програми Desmos – вдосконаленого графічного калькулятора, реалізованого як веб- і мобільний застосунок. Desmos надає можливості для візуалізації математичних концепцій, зокрема дає можливість побудувати графік функції двох змінних разом з обмеженнями у вигляді нерівностей, які пов'язують ці змінні. Для задачі, яку розглядають, таку побудову зображено на рис. 2.

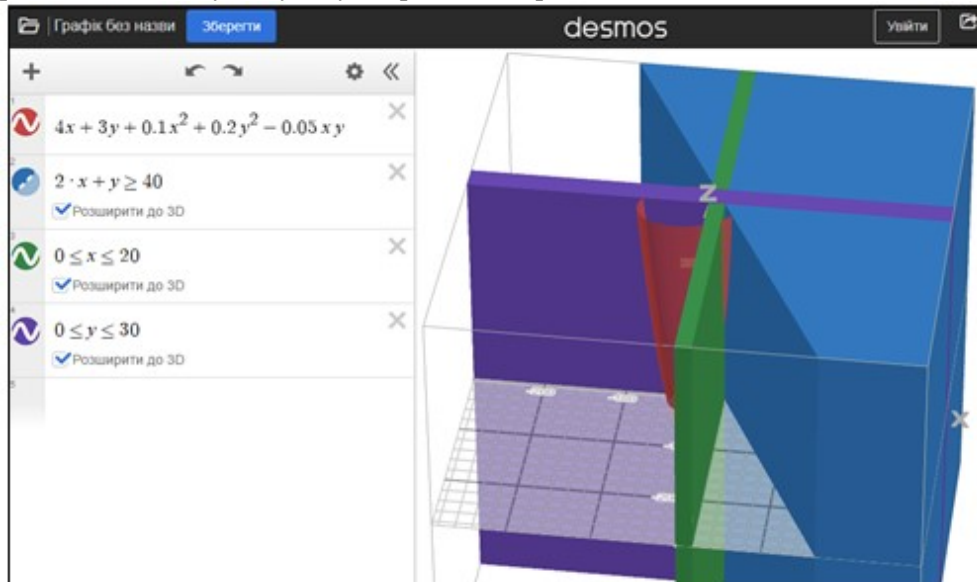


Рис. 2. Графік функції витрат з обмеженнями, що накладаються на змінні

Проаналізуємо допустиму множину, яку задано за допомогою обмежень: $2x + y \geq 40, 0 \leq x \leq 20, 0 \leq y \leq 30$. Для наочності також побудуємо її за допомогою будь-якого зі згаданих вище спеціалізованих онлайн-калькуляторів та переконаємося, що ця область є трикутником з вершинами $A = (20,0)$, $B = (5,30)$, $C = (20,30)$ (рис. 3).

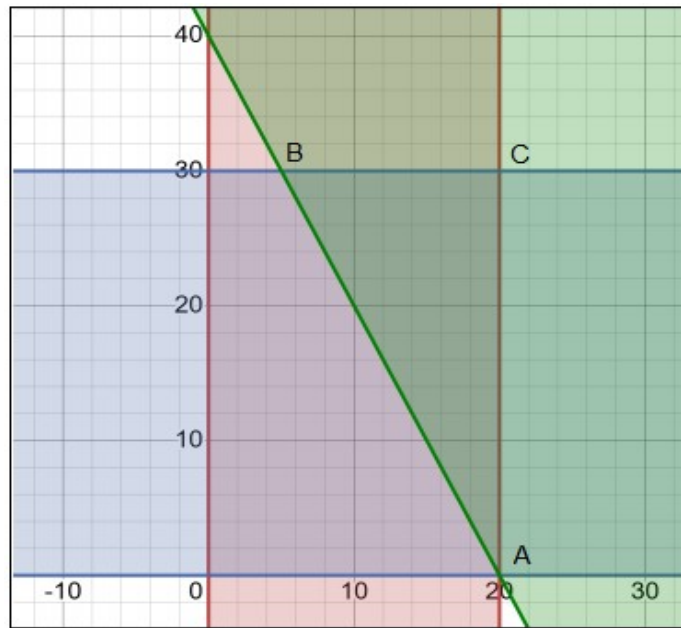


Рис. 3. Допустима множина значень змінних задачі

Оскільки $C(x,y)$ – строго опукла функція, то точка мінімуму розташована або в середині цього трикутника, або на його ребрі.

Знайдемо мінімум за заданих обмежень, скориставшись методом множників Лагранжа. Введемо множник λ для рівності $2x + y - 40 = 0$. Тоді Лагранжіан матиме вигляд: $L(x, y, \lambda) = C(x, y) + \lambda(2x + y - 40)$, а систему необхідних умов запишемо так:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial x} = 4 + 0,2x - 0,05y + 2\lambda = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial y} = 3 + 0,4y - 0,05x + \lambda = 0, \\ 2x + y - 40 = 0. \end{cases}$$

Розв'язавши систему, отримаємо $x = 18, y = 4$, отже, стаціонарна точка має координати $(18,4)$, при цьому $\lambda = -3,7$. Щоб упевнитися, що це точка мінімуму, перевіримо значення функції $C(x,y)$ у вершинах трикутника ABC і в критичній точці:

- 1) вершина $A = (20,0)$: $C(20,0) = 4 \cdot 20 + 0 + 0,1 \cdot 400 = 80 + 40 = 120$;
- 2) вершина $C = (20,30)$: $C(20,30) = 360$;
- 3) вершина $B = (5,30)$: $C(5,30) = 285$;

4) на ребрі $2x + y = 40$ можемо підставити $y = 40 - 2x$ і отримати функцію однієї змінної: $C_1(x) = x^2 - 36x + 440$. Її похідна $2x - 36$ дає внутрішній мінімум при $x = 18$, і $C_1(18) = 116$.

Отже, найменше значення функції $C(18,4) = 116$, тому мінімум на допустимій множині досягається у точці $(18,4)$ зі значенням мінімальних витрат $C_{min} = 116$.

Інтерпретація отриманих результатів у логістичному контексті дає підстави визначити оптимальну стратегію перевезень: 18 рейсів маршрутом A і 4 рейси маршрутом B . Мінімальні загальні витрати за цієї стратегії 116 тис. грн.

Окрім того, інтуїтивно помічаємо, що маршрут A дешевший у початковому лінійному коефіцієнті (4 проти 3), однак має вищі квадратичні витрати. Квадратичні доданки створюють нелінійність, тому оптимум “балансує” між лінійною вигодою і наростаючими додатковими витратами за збільшення кількості рейсів. Тому вигідно переважно використовувати маршрут A (18 рейсів) і невелику кількість B (4 рейси), щоб задовольнити вимогу $2x + y \geq 40$.

Знайдений для рівності $2x + y - 40 = 0$ множник Лагранжа $\lambda = -3,7$ також має у цій задачі певний зміст. У стандартному тлумаченні для задачі з рівністю похідна оптимального значення цільової функції за правою частиною рівності дорівнює $-\lambda$. Тобто якщо збільшити вимогу по вантажу (праву частину нерівності $2x + y \geq 40$) на одиницю (з 40 до 41), то мінімальні витрати зростуть приблизно на $-\lambda \approx 3,7$ тис. грн. Отже, кожна додаткова одиниця перевезення за поточних умов збільшує мінімальні витрати $\approx 3,7$ (у тих самих грошових одиницях).

Наведена задача є прикладом STEM-завдання, оскільки поєднує одразу кілька напрямів: математику, економіку та технології. Вона потребує використання математичного аналізу (похідні, метод Лагранжа), лінійної алгебри (матриця Гессе) та економіко-математичних методів для оптимізації витрат у логістиці. При цьому реальна інтерпретація задачі (мінімізація витрат на рейси) формує у студентів розуміння практичного застосування теоретичних знань. Використання програмних інструментів допомагає інтегрувати інженерно-технологічний компонент. Візуалізація області допустимих рішень і цільової функції сприяє розвитку просторового мислення та навичок моделювання. Крім того, студенти можуть будувати графіки функції та обмежень онлайн у GeoGebra, Desmos чи Wolfram Alpha, що робить навчання інтерактивним і наближеним до сучасної цифрової практики. Таким чином, завдання комплексно реалізує підхід STEM, коли знання з різних галузей інтегруються для розв’язання практично значущої проблеми.

У статті проведено педагогічний експеримент. Його мета – перевірити вплив STEM-інтеграції на формування математичних компетентностей студентів-логістів після вивчення теми «Екстремум функції багатьох змінних».

Опитування студентів проводили у двох відібраних групах освітньо-професійної програми “Логістика” (групи були однаковими за успішністю з цього предмета): для першої групи після звичайних лекційно-практичних занять (pre), для другої – після спеціально організованого STEM-заняття, описаного

вище. Студентам обох груп було запропоновано тест та отримано дві вибірки обсягом $n=30$. Оцінки компетентності – числова шкала 0–100 (рис. 4).

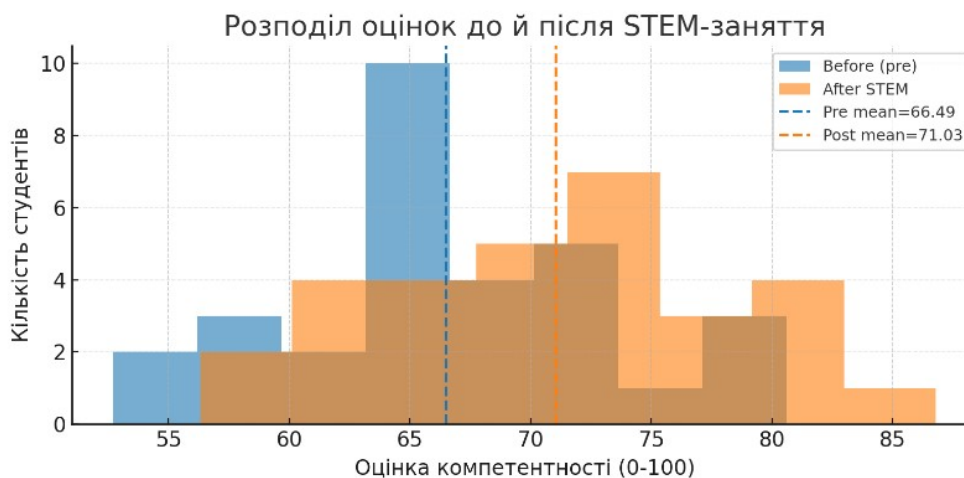


Рис. 4. Гістограми розподілу оцінок студентів двох груп

Завдяки статистичній обробці даних отримано дані:

- для першої групи (pre): $n=30$, $x_{pre}=66,49$, $s_{pre}=7,20$, медіана $\approx 66,1$.
- для другої групи (post): $n=30$, $x_{post}=71,03$, $s_{post}=7,45$, медіана $\approx 71,5$.

Різниця вибірових середніх: $\Delta = x_{post} - x_{pre} = 4,5467$.

На основі розрахованих числових характеристик вибірок було висунуто статистичні гіпотези:

- нульова гіпотеза про рівність середніх, $H_0: x_{pre} = x_{post}$;
- альтернативна гіпотеза про те, що після STEM-заняття середнє вище, $H_1: x_{post} > x_{pre}$.

Для перевірки висунутих статистичних гіпотез було проведено незалежний t-тест.

Отримано такі результати перевірки:

- t-статистика: $t=2,404$;
- двостороннє p-значення: $p_{двостор} = 0,01944$;
- одностороннє p-значення: $p_{одностор} = 0,00972$.

За рівня значущості $\alpha=0,05$ маємо $p_{одностор} = 0,00972 < 0,05 \Rightarrow$ відхиляємо H_0 . Отже, статистично обґрунтованим є підвищення середнього студентських оцінок після STEM-заняття.

Висновки

Використання елементів STEM-освіти у викладанні математичних дисциплін є ефективним засобом модернізації освітнього процесу. Воно дає змогу поєднати абстрактні математичні знання з їхнім практичним

застосуванням, формує у здобувачів освіти компетентності, необхідні для успішної професійної діяльності.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методичних матеріалів для проєктного навчання, апробації цифрових освітніх платформ та вивченні впливу STEM-підходу на формування ключових компетентностей студентів і курсантів.

1. Коваль Т. І. Використання STEM-технологій у навчанні математичних дисциплін у закладах вищої освіти. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2020. № 5(99). С. 45–54.

2. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

3. Кудзіновська І. П., Трофименко В. І., Олійник О. П. Використання елементів STEM-освіти у викладанні теорії ймовірностей та математичної статистики майбутнім фахівцям з транспортних технологій та логістики. Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2023. Вип. 211. С. 302–307.

4. Ляшенко О. І., Жук Ю. О., Соколюк О. М. STEM-освіта в Україні: стан і перспективи розвитку. Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2018. № 3(70). С. 10–15.

5. Патрикеева О., Горбенко С., Лозова О., Василяшко І. Проблема розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Проблеми освіти : зб. наук. праць ДНУ “Інститут модернізації змісту освіти”. Київ, 2021. Вип. 2 (95). С. 53–67. DOI: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.04>.

6. Петренко С. В., Загорулько С. В. Впровадження елементів STEM-освіти для формування навичок критичного мислення у здобувачів освіти сектору безпеки. STEM-освіта: наук.-практ. аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти : Всеукр. наук.-пед. підвищ. кваліфікації, 18.10–26.11.2021 р. Одеса : Вид. дім “Гельветика”, 2021. С. 198, 199.

7. Піндосова Т. С. Використання “кейс-методу” на заняттях з “морської англійської мови” у процесі впровадження STEM-освіти у вищій школі. STEM-освіта: наук.-практ. аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти : Всеукр. наук.-пед. підвищ. кваліфікації, 18.10–26.11.2021 р. Одеса : Вид. дім “Гельветика”, 2021. С. 200–203.

8. Сліпчишин Л., Стечків О. Особливості впровадження STEAM підходу у вищу освіту. Молодь і ринок. 2022. № 2. С. 17–22.

9. Федоренко О. В. Інтеграція STEM-освіти у процес вивчення вищої математики у технічному університеті. Вища школа. 2021. № 2. С. 67–73.

10. Li Y., Wang K., Xiao Y., Froyd J. Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*. 2020. No. 7(11).
11. Anderson J. Creative teachers for STEM education: a framework for innovation. *Australian Journal of Teacher Education*. 2014. No. 39(6). P. 45–61.
12. Honey M., Pearson G., Schweingruber H. *STEM Integration in Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC : National Academies Press, 2014.
13. Marginson S., Tytler R., Freeman B., Roberts K. *STEM: Country Comparisons. Final Report*. Melbourne : Australian Council of Learned Academies, 2013.
14. GeoGebra. URL: <https://www.geogebra.org/3d?lang=uk>.
15. Desmos. URL: <https://www.desmos.com/3d?lang=uk>.
16. Wolfram Alpha. URL: <https://www.wolframalpha.com>.

References

1. Koval, T. I. (2020). Vykorystannia STEM-tekhnologii u navchanni matematychnykh dystsyplin u zakladykh vyshchoi osvity. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii* [The use of STEM technologies in teaching mathematical disciplines in higher education institutions]. *Pedagogical Sciences: Theory, History, Innovative Technologies*, 5(99), 45–54 [in Ukrainian].
2. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020, August 5). Kontseptsiiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [Concept for the development of science and mathematics education (STEM education)] (Order No. 960-r). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
3. Kudzinovska, I. P., Trofymenko, V. I., & Oliinyk, O. P. (2023). Vykorystannia elementiv STEM-osvity u vykladanni teorii ymovirnostei ta matematychnoi statystyky maibutnim fakhivtsiam z transportnykh tekhnologii ta lohistyky [The use of STEM elements in teaching probability theory and mathematical statistics to future specialists in transport technologies and logistics]. *Scientific Notes. Series: Pedagogical Sciences*, 211, 302–307 [in Ukrainian].
4. Liashenko, O. I., Zhuk, Yu. O., & Sokoliuk, O. M. (2018). STEM-osvita v Ukraini: stan i perspektyvy rozvytku [STEM education in Ukraine: State and prospects of development]. *Education and Development of Gifted Personality*, 3(70), 10–15 [in Ukrainian].
5. Patrykeieva, O., Horbenko, S., Lozova, O., & Vasyllashko, I. (2021). Problema rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [The problem of STEM education development]. *Problems of Education: Collection of Scientific Works of the Institute for the Modernization of Education Content*, 2(95), 53–67. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.04> [in Ukrainian].

6. Petrenko, S. V., & Zahorulko, S. V. (2021, October–November). Vprovadzhennia elementiv STEM-osvity dlia formuvannia navychok krytychnoho myslennia u zdobuvachiv osvity sektoru bezpeky [Implementation of STEM education elements to form critical thinking skills of learners in the security sector]. In *STEM education: Scientific-practical aspects and prospects for the development of the modern education system*. Odesa: Helvetica Publishing House, 198, 199 [in Ukrainian].
7. Pindosova, T. S. (2021, October–November). Vykorystannia “keis-metodu” na zaniattiakh z “morskoi anhliiskoi movy” u protsesi vprovadzhennia STEM-osvity u vyshchii shkoli [Using the case method in marine English classes during STEM education implementation in higher school]. In *STEM education: Scientific-practical aspects and prospects for the development of the modern education system*. Odesa: Helvetica Publishing House, 200–203 [in Ukrainian].
8. Slipchyshyn, L., & Stechkevych, O. (2022). Osoblyvosti vprovadzhennia STEAM pidkhodu u vyshchu osvitu [Features of implementing the STEAM approach in higher education]. *Youth and Market*, 2, 17–22 [in Ukrainian].
9. Fedorenko, O. V. (2021). Intehratsiia STEM-osvity u protses vyvchennia vyshchoi matematyky u tekhnichnomu universyteti [Integration of STEM education in the process of teaching higher mathematics in a technical university]. *Higher School*, 2, 67–73 [in Ukrainian].
10. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(11) [in English].
11. Anderson, J. (2014). Creative teachers for STEM education: A framework for innovation. *Australian Journal of Teacher Education*, 39(6), 45–61 [in English].
12. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press [in English].
13. Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons. Final report*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies [in English].
14. GeoGebra. (2025, September 26). Retrieved from <https://www.geogebra.org/3d?lang=uk> [in English].
15. Desmos. (2025, September 26). Retrieved from <https://www.desmos.com/3d?lang=uk> [in English].
16. Wolfram Alpha. (2025, September 26). Retrieved from <https://www.wolframalpha.com> [in English].

Стаття: надійшла до редколегії 25.09.2025

доопрацьована 11.10.2025

прийнята до друку 26.10.2025

USING ELEMENTS OF STEM EDUCATION IN TEACHING MATHEMATICS

Viktoriia Trofymenko¹, Inna Kudzinovska²¹*Kruty Heroes Military Institute of Telecommunications and Information Technology,
Ostrozkyh Knyaziv Str., 45/1, Kyiv, Ukraine, UA-01011**viktoriia.trof@gmail.com;*²*State University "Kyiv Aviation Institute",
Huzar Lubomyr Avenue, 1, Kyiv, Ukraine, UA-03058**kudzinovskaya@ukr.net*

The article examines the possibilities of using elements of STEM education (Science, Technology, Engineering, Mathematics) in teaching mathematical disciplines. The importance of integrating theoretical knowledge with practical tasks is substantiated, and examples of their use are given.

This paper analyses scientific and methodological publications devoted to the experience of implementing elements of STEM education in higher education institutions, as well as outlines a vision of the prospects for the development of this area in the reform of higher education.

The methodological aspects and challenges of using STEM education in teaching mathematical disciplines are considered. It is concluded that the use of STEM elements contributes to the development of critical and analytical thinking, stimulates students to realize their own creative potential, and increases motivation to study mathematical disciplines.

In addition, the article combines several areas: mathematics, economics, and technology. The problem uses mathematical analysis (derivatives, Lagrange method), linear algebra (Hessian matrix), and economic-mathematical methods for optimization. At the same time, the real interpretation of the problem (minimization of flight costs) forms in students an understanding of the practical application of theoretical knowledge. The use of software tools allows integration of the engineering and technological components. Visualizing the feasible solution domain and the objective function helps develop spatial thinking and modeling skills. In addition, students can graph the function and constraints online in GeoGebra, Desmos, or Wolfram Alpha, making learning interactive and closer to modern digital practice.

Further research consists of developing methodological materials for project-based learning, testing digital educational platforms, and studying the impact of the STEM approach on the formation of key competencies in students and cadets.

Keywords: STEM education, mathematical disciplines, integration, project activities, digital technologies, methodological aspects, challenges in applying STEM education.