



ПЕДАГОГІЧНА ОСВІТА

УДК 37.02:519.6

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.15349323>

**Індустріальна математика в STEM-освіті, як шлях
технологічного прогресу**

Алексєєва Ганна Миколаївна

к. пед.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій та інформатики
факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти
Бердянського державного педагогічного університету, тимчасово переміщеного
в м. Запоріжжя, 69000, Україна,
alekseeva@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3204-3139>

Ковба Анастасія Олексіївна

здобувачка факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної
освіти Бердянського державного педагогічного університету, тимчасово
переміщеного в м. Запоріжжя, 69000, Україна,
anastasya.kovba@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8324-2563>

Горбатюк Лариса Василівна

к. пед.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій та інформатики
факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти
Бердянського державного педагогічного університету,
тимчасово переміщеного в м. Запоріжжя, 69000, Україна,
loravas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0584-7708>



Кравченко Наталія Володимирівна

к. ф.-м.н., доцент, доцент кафедри фізики математики та методики навчання
факультету фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти
Бердянського державного педагогічного університету, тимчасово переміщеного
в м. Запоріжжя, 69000, Україна,
natalykravchenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9642-5403>

Прийнято: 18.04.2025 | Опубліковано: 29.04.2025

***Анотація.** У статті досліджено можливості інтеграції індустріальної математики в STEM-освіту для учнів 10-11 класів через використання прикладних завдань, проєктної діяльності та сучасних технологій з метою підвищення зацікавленості в математиці та підготовки молоді до професій у технічних і технологічних галузях. Для досягнення цієї мети застосовано комплексний підхід, що включає методи системного аналізу наукової літератури, компаративного аналізу підходів до розв'язання математичних задач у промислових і наукових контекстах, а також класифікації й узагальнення основних напрямів індустріальної математики. Досліджено приклади практичного застосування математичних моделей у таких сферах, як фінанси, кібербезпека, біоінформатика та інженерія, що дозволило оцінити їхню ефективність і перспективи для освітнього процесу.*

Впровадження індустріальної математики в шкільний курс сприяє не лише поглибленню теоретичних знань, а й формуванню практичних навичок, необхідних для вирішення реальних проблем. Зокрема, використання методів математичного моделювання, аналізу великих даних, оптимізаційних алгоритмів і криптографії дає змогу учням застосовувати отримані знання до актуальних сценаріїв, таких як прогнозування фінансових ризиків, оптимізація виробничих процесів або захист інформації. Наприклад, задачі з лінійного



програмування дозволяють учням моделювати економічні процеси, такі як складання оптимального розкладу роботи підприємства чи мінімізація витрат на логістику. Аналіз ймовірностей і статистики на прикладах фінансових ринків сприяє розвитку критичного мислення та вмінню працювати з великими масивами даних. Особливу увагу приділено інтерактивним методам навчання, які включають використання спеціалізованого програмного забезпечення для створення цифрових двійників, симуляцій і алгоритмів машинного навчання.

Запропоновано методичні рекомендації щодо оновлення шкільних програм, зокрема шляхом включення міждисциплінарних проєктів, які поєднують математику з програмуванням, інженерією та іншими STEM-дисциплінами.

***Ключові слова:** індустриальна математика, STEM-освіта, прикладні завдання, інтерактивне навчання, технологічний прогрес.*

Industrial Mathematics in Stem Education as a Pathway to Technological Progress

Hanna Aliexsieieva

Ph.D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Faculty of physical, mathematical, computer and technological education, Department of Informatics and Computer Technologies in Management and Learning, Berdyansk State Pedagogical University, temporarily relocated to Zaporizhzhia, 69000, Ukraine,
alekseeva@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3204-3139>

Anastasiia Kovba

student of the Faculty of Physics and Mathematics, Computer and Technological Education of the Berdyansk State Pedagogical University, temporarily relocated to the city of Zaporizhzhia, 69000, Ukraine,
anastasya.kovba@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8324-2563>



Larysa Horbatiuk

Ph.D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Faculty of physical, mathematical, computer and technological education, Department of Informatics and Computer Technologies in Management and Learning, Berdyansk State Pedagogical University, temporarily relocated to Zaporizhzhia, 69000, Ukraine,
loravas @ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0584-7708>

Nataliia Kravchenko

Ph.D. in Mathematical Sciences, Associate Professor, Faculty of physical, mathematical, computer and technological education, Department of Physics, Mathematics and Methods of Teaching, Berdyansk State Pedagogical University, temporarily relocated to Zaporizhzhia, 69000, Ukraine,
natalykravchenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9642-5403>

***Abstract.** The article explores the possibilities of integrating industrial mathematics into STEM education for 10th–11th-grade students through the use of applied tasks, project-based activities, and modern technologies, aiming to enhance interest in mathematics and prepare young people for careers in technical and technological fields. To achieve this goal, a comprehensive approach was employed, including methods of systematic analysis of scientific literature, comparative analysis of approaches to solving mathematical problems in industrial and scientific contexts, as well as classification and generalization of the main directions of industrial mathematics. Examples of practical applications of mathematical models in fields such as finance, cybersecurity, bioinformatics, and engineering were studied, allowing for an assessment of their effectiveness and prospects for the educational process.*

The integration of industrial mathematics into the school curriculum not only deepens theoretical knowledge but also fosters the development of practical skills necessary for solving real-world problems. Specifically, the use of mathematical



modeling, big data analysis, optimization algorithms, and cryptography enables students to apply their knowledge to relevant scenarios, such as forecasting financial risks, optimizing production processes, or securing information. For instance, linear programming tasks allow students to model economic processes, such as creating an optimal enterprise work schedule or minimizing logistics costs. Probability and statistical analysis, using examples from financial markets, promotes critical thinking and the ability to work with large datasets. Particular attention is given to interactive teaching methods, which involve the use of specialized software for creating digital twins, simulations, and machine learning algorithms.

Methodological recommendations are proposed for updating school curricula, particularly through the inclusion of interdisciplinary projects that combine mathematics with programming, engineering, and other STEM disciplines.

Keywords: *industrial mathematics, STEM education, applied tasks, interactive learning, technological progress.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. У контексті глобальної цифрової трансформації та стрімкого розвитку технологій, таких як штучний інтелект, автоматизація і великі дані, індустріальна математика стає критично важливою для вирішення складних наукових і практичних завдань. Вона забезпечує інструменти для математичного моделювання, прогнозування, аналізу даних і розробки інноваційних рішень у ключових галузях, таких як кібербезпека, біотехнології та фінанси. В Україні інтеграція індустріальної математики в STEM-освіту є стратегічним завданням, підтримуваним державними ініціативами, спрямованими на модернізацію навчальних програм і створення сучасної інфраструктури. У Концепції розвитку STEM-освіти в Україні підкреслюється важливість формування в учнів навичок розв'язання практичних проблем, критичного мислення та когнітивної гнучкості, що відповідає інтеграції



індустріальної математики в освітній процес. Впровадження математичного моделювання, аналізу даних та оптимізаційних алгоритмів сприяє підготовці учнів до реальних завдань у виробництві, інженерії та фінансах. Це забезпечує розвиток ключових STEM-компетентностей, необхідних для професійної діяльності в технічних галузях [20]. Однак недостатня адаптація освітнього процесу до сучасних викликів і обмежений доступ до практичного застосування математичних методів гальмують підготовку фахівців, здатних ефективно відповідати на потреби технологічного прогресу.

Попри широкий спектр доступних технологій і методик, інтеграція індустріальної математики в освітній процес потребує системного підходу та глибокого розуміння її прикладного потенціалу. Постає питання вибору оптимальних інструментів і підходів для навчання, які б забезпечували якісне засвоєння матеріалу, сприяли розвитку практичних навичок і підтримували мотивацію студентів. Вивчення цієї проблеми є актуальним і необхідним для вдосконалення підготовки фахівців, здатних ефективно відповідати на виклики сучасного технологічного прогресу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасної науково-педагогічної літератури свідчить про зростання уваги до інтеграції індустріальної математики в STEM-освіту як важливого чинника формування ключових компетентностей для технологічного розвитку. Українські науковці С. Бабійчук [3] та Ю. Гоцуляк [8] визначають наукову освіту як освітню модель, що сприяє популяризації науки серед учнів та формує їхню здатність самостійно здобувати знання через практичну, дослідницьку й проектну діяльність, що є основою сучасного STEM-підходу.

Особливої уваги заслуговує дослідження Л. Гриневич, Н. Морзе та М. Бойко, які підкреслюють необхідність поширення наукового мислення та розвитку STEAM-компетентностей в умовах цифрової трансформації освіти. Вони наголошують на впровадженні інноваційних методик, таких як навчальні



проекти, проблемне та дослідницько-пізнавальне навчання, що забезпечують підготовку здобувачів освіти до вирішення актуальних практичних завдань із використанням сучасних технологій, включаючи математичне моделювання та аналіз даних [9].

Значний внесок у розвиток STEM-освіти в Україні зробили такі дослідники, як Н.В. Валько [5], В.В. Камишин [12], С.О. Семериков, О.В. Осадчий [21], О.Є. Стрижак [23], які висвітлюють різні аспекти інтеграції цифрових технологій, інженерного підходу та природничих наук у навчальний процес. Роботи інших українських науковців теж акцентують на важливості міждисциплінарного підходу, що охоплює математику, техніку, природничі науки та технології, що є основою індустріальної математики [15, 16, 17, 19, 37].

Іноземні вчені також активно досліджують потенціал STEM-освіти як основи підготовки молоді до викликів індустріального суспільства. Зокрема, Boon Ng Soo [34], Н. Firman [29], А.Р. Carnevale [27], С.С. Dumaresq [28], G. Siekmann [35] та М. Song [36] підкреслюють важливість використання інтегрованого підходу до навчання, який забезпечує розвиток критичного мислення, інженерного бачення та здатності до вирішення реальних прикладних задач. Вони відзначають, що проблеми сучасного світу не мають чітких дисциплінарних меж, тому STEM-освіта повинна формувати в учнів міжгалузеві компетентності, зокрема через математичне моделювання, аналіз даних, симуляції та роботу з цифровими технологіями [30, 32]. Дослідження G.M. Balslev [25] та D.K. Hendrichsen [26] присвячені розвитку місцевих STEM-екосистем, де підкреслюється роль шкільного керівництва й партнерства з науково-технологічним середовищем як ключового чинника сталого впровадження інноваційних підходів в освіту.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється питанням інтеграції індустріальної математики в STEM-освіту як інструменту розвитку практичних компетентностей учнів та підготовки їх до майбутньої професійної діяльності у



технічних сферах. Проте аналіз літературних джерел свідчить про те, що питання застосування прикладних математичних моделей, оптимізаційних алгоритмів та інструментів аналізу даних у шкільному курсі математики залишається недостатньо висвітленим. Особливо актуальним є вивчення ефективності використання індустріальної математики для формування навичок розв'язання реальних задач, що мають інженерний або економічний контекст.

У цьому контексті наше дослідження спрямоване на розроблення методичних рекомендацій щодо впровадження елементів індустріальної математики в навчання учнів 10–11 класів через інтеграцію проєктної діяльності, математичного моделювання та сучасних технологій. Запропонований підхід дозволяє заповнити наявні прогалини у наукових дослідженнях і сприяє вдосконаленню освітнього процесу, підвищуючи мотивацію учнів до вивчення математики та розширюючи їхні практичні компетентності.

Методи. У дослідженні використовувалися методи аналізу літератури, компаративного аналізу підходів до розв'язання математичних задач у промислових та освітніх контекстах, а також практичного впровадження індустріальної математики в навчальний процес. Аналіз літератури застосовувався для виявлення сучасних тенденцій та кращих практик інтеграції індустріальної математики в STEM-освіту, зокрема для розвитку критичного мислення та прикладних навичок учнів. Компаративний аналіз дозволив зіставити різні підходи до використання математичних моделей, алгоритмів оптимізації та аналізу даних у технічних галузях і шкільній освіті. Практичне впровадження включало інтеграцію прикладних задач з фінансів, кібербезпеки, біоінформатики та інженерії в уроки математики через проєктну діяльність, моделювання та аналіз великих даних. Спостереження проводилися під час цих занять з метою оцінки впливу індустріальної математики на підвищення зацікавленості учнів, формування практичних компетентностей і розвитку інженерного мислення.



Мета дослідження – дослідити можливості використання STEM-методів для вивчення індустріальної математики у школі, зокрема через прикладні завдання та проєктну діяльність.

Практична значущість: Результати дослідження можуть бути використані вчителями математики у процесі викладання в класах середньої школи для інтеграції елементів індустріальної математики в навчальний процес. Запропоновані підходи та завдання також можуть ефективно застосовуватись у позакласній роботі з учнями, зокрема під час гурткової діяльності, підготовки до конкурсів і проєктних заходів, що сприятиме формуванню практичних навичок, розвитку інженерного мислення та зацікавленості в технічних і технологічних спеціальностях.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів спираються на аналіз сучасних досліджень щодо впровадження індустріальної математики в освітній процес [1, 14, 18]. Особливу увагу приділено вивченню думок учнів щодо ролі математики у формуванні практичних навичок [31]. Згідно з опитуванням, проведеним серед учнів, 40% вважають вивчення математики необхідним для набуття практичних навичок у майбутньому, 25% відзначають розвиток логічного мислення та аналітичних здібностей, 15% прагнуть отримати високі оцінки, а 10% отримують задоволення від самого процесу навчання. Однак, лише 10% учнів постійно користуються додатковими джерелами для вивчення математики, такими як підручники, відеоуроки чи додаткові завдання; 36% звертаються до них час від часу, а 52% обмежуються лише шкільними матеріалами [6]. Це свідчить про необхідність інтеграції індустріальної математики в шкільну програму, щоб підвищити інтерес учнів та продемонструвати практичне застосування математичних знань [4, 7]. Використання інноваційних технологій та інтерактивних методів навчання може значно покращити ставлення учнів до



математики [11]. Впровадження таких методик дозволяє змінити підхід до навчання, роблячи його більш захоплюючим та практично орієнтованим [2].

Індустріальна математика є важливим напрямом у сучасній освіті, який можна інтегрувати у шкільний курс математики для 10-11 класів. Вона поєднує класичні математичні методи з новітніми технологіями, що дозволяє учням не лише розв'язувати абстрактні задачі, а й застосовувати знання на практиці. Особливу увагу слід приділити використанню математичного моделювання, аналізу великих даних та алгоритмів оптимізації у реальних сценаріях [13, 22, 24].

Однією з тем, яка безпосередньо пов'язана з індустріальною математикою, є оптимізаційні методи, де учні можуть вивчати задачі лінійного програмування, знаходити мінімальні витрати або максимальний прибуток у різних економічних моделях. Наприклад, завдання може полягати у складанні оптимального розкладу роботи підприємства або мінімізації витрат на перевезення товарів.

Використання математичних моделей у фінансах – ще один важливий аспект [33]. У курсі математики можна розглянути теми ймовірності та статистики на прикладах аналізу біржових котирувань. Учні можуть створювати прості моделі прогнозування цін акцій, розраховувати середньозважену дохідність або оцінювати фінансові ризики, що навчить їх критично мислити та аналізувати великі масиви даних [3].

Розглянемо на прикладі аналізу фінансової стійкості компанії [3].

Приклад 1. Компанія працює протягом 5 років, і її прибутки (у тис. грн) за кожен рік становили: перший рік - 500 тис. грн, другий - 620 тис. грн, третій - 700 тис. грн, четвертий - 750 тис. грн., а п'ятий рік прибуток становив 900 тис. грн.

Середній прибуток компанії за 5 років становитиме:

$$(500+620+700+750+900)/5=694 \text{ тис. грн}$$



Регресійний аналіз – дозволяє передбачати, як інвестиції вплинуть на прибуток. Великі корпорації використовують статистику для прогнозування банкрутств за кілька років наперед.

Ймовірність і ризику – бухгалтери часто працюють з ризик-менеджментом.

Приклад 2. Компанія має загальний річний бюджет у розмірі 5 000 000 грн. Основні статті витрат розподіляються наступним чином: заробітна плата працівників – 40%, оренда приміщень – 20%, податки – 15%, матеріали – 15% та інші витрати – 10%.

1. Обчислимо абсолютні витрати на кожну категорію:

$(0,4 \times 5000\ 000) = 2000\ 000$ (грн) - витрати на зарплати;

$(0,2 \times 500\ 000) = 1000\ 000$ (грн) - витрати на оренду;

$(0,15 \times 5000\ 000) = 75\ 0000$ (грн) - витрати на податки;

$(0,15 \times 5000\ 000) = 75\ 0000$ (грн) - витрати на матеріали.

$(0,1 \times 5000\ 000) = 500000$ (грн) - інші витрати

2. Якщо шанси зростання акцій – 60%, а падіння – 40%, то очікуваний прибуток:

$(0,6 \times 50000) + (0,4 \times (-30000)) = 18000$ грн.

Для демонстрації практичного застосування індустріальної математики в аналізі фінансових процесів розглянуто приклад розподілу бюджету компанії та розрахунку очікуваного прибутку від акцій (табл. 1).

Розподіл бюджету компанії та очікуваний прибуток від акцій

Категорія	Частка (%)	Сума (грн)	Примітки
Витрати			
Заробітна плата	40%	2 000 000	Найбільша стаття витрат у бюджеті компанії
Оренда приміщень	20%	1 000 000	Друга за величиною стаття витрат
Податки	15%	750 000	
Матеріали	15%	750 000	
Інші витрати	10%	500 000	Найменша стаття витрат
Загальний бюджет	100%	5 000 000	
Очікуваний прибуток від акцій			
Сценарій зростання акцій	60%	30 000	Ймовірність зростання акцій ($0.6 \times 50 000$ грн)
Сценарій падіння акцій	40%	-12 000	Ймовірність падіння акцій ($0.4 \times -30 000$ грн)
Очікуваний прибуток	-	18 000	Розрахунок: $(0.6 \times 50 000) + (0.4 \times -30 000) = 30 000 - 12 000 = 18 000$ грн

Таблиця 1 узагальнює розподіл річного бюджету компанії в розмірі 5000000 грн за основними статтями витрат, представленими у відсотках і гривнях, а також розрахунок очікуваного прибутку від акцій. У першій частині

відображено, як бюджет розподіляється між заробітною платою, орендою приміщень, податками, матеріалами та іншими витратами, причому кожна сума розрахована шляхом множення відповідної частки на загальний бюджет. Стовець «Примітки» підкреслює ключові спостереження, зокрема те, що заробітна плата становить найбільшу частку витрат. Друга частина таблиці ілюструє розрахунок очікуваного прибутку від акцій з урахуванням ймовірностей їх зростання (60%) та падіння (40%), показуючи внесок кожного сценарію (30000 грн і -12000 грн відповідно) у кінцевий результат – 18000 грн. Формула розрахунку, наведена в примітках, забезпечує прозорість обчислень.

На основі прикладу розподілу бюджету компанії та розрахунку очікуваного прибутку від акцій створено рисунок, який ілюструє застосування індустріальної математики в аналізі фінансових процесів (рис.1.).

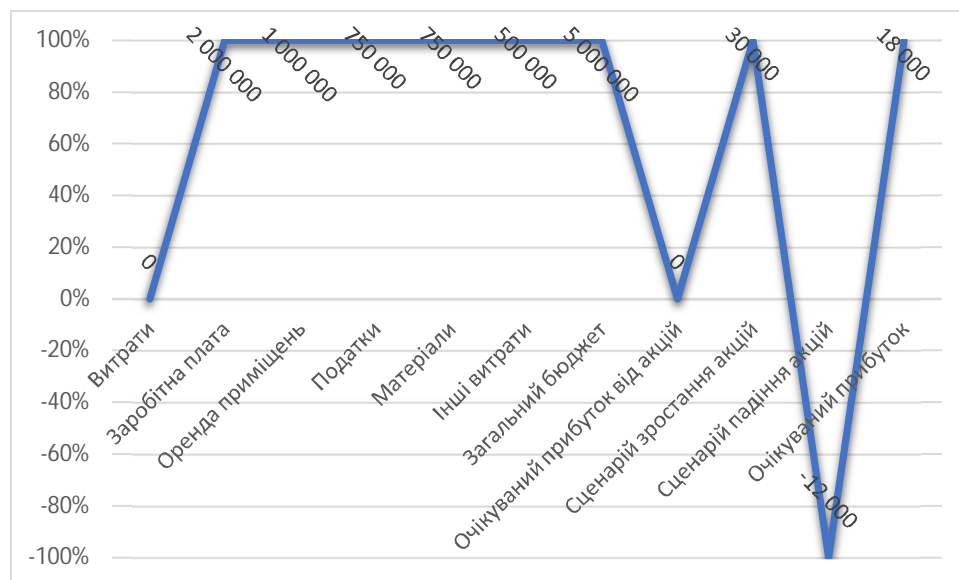


Рис.1. Візуалізація розподілу бюджету компанії та очікуваного прибутку від акції

Машинне навчання також може бути інтегроване у шкільний курс через знайомство з алгоритмами класифікації та регресії. Наприклад, учні можуть працювати над завданнями, що передбачають розпізнавання цифр або аналіз



текстових даних. Такі завдання не лише розширюють математичні знання, а й знайомлять школярів із програмуванням та сучасними технологіями [19].

Цифрові двійники – ще одна цікава тема для вивчення. Учні можуть створювати моделі геометричних фігур у спеціалізованих програмах і використовувати їх для аналізу будівельних конструкцій або фізичних процесів. Такі завдання допомагають зрозуміти, як математика використовується в інженерії, архітектурі та фізиці [12].

Кібербезпека може бути представлена через математичні методи шифрування та криптографії. Наприклад, учні можуть реалізувати шифр Цезаря або дослідити властивості простих чисел у криптографії. Це дає змогу краще зрозуміти принципи захисту інформації та їх практичне застосування в сучасному цифровому світі [9].

Висновки. Інтеграція індустріальної математики у викладання математики для учнів 10-11 класів, відповідно до мети дослідження, значно збагачує їхні знання та сприяє формуванню практичних навичок, необхідних для майбутніх технічних професій. Використання прикладних завдань і проєктної діяльності на основі STEM-методів не лише підвищує інтерес школярів до математики, а й розвиває їхнє аналітичне мислення, здатність вирішувати реальні проблеми та застосовувати математичні моделі в сучасних технологічних контекстах. Таким чином, цей підхід робить навчальний процес більш динамічним, інтерактивним і орієнтованим на практичні результати, готуючи учнів до успішного навчання у вищих навчальних закладах і кар'єри в інноваційних галузях.

Подальші дослідження в галузі інтеграції індустріальної математики в STEM-освіту можуть зосередитися на розробці конкретних методичних рекомендацій для впровадження прикладних завдань і проєктної діяльності в шкільні програми 10-11 класів. Особливу увагу варто приділити створенню міждисциплінарних курсів, які поєднують індустріальну математику з програмуванням, машинним навчанням і цифровими технологіями, такими як



цифрові двійники та криптографія. Перспективним напрямом є вивчення впливу інтерактивних технологій, зокрема симуляцій і спеціалізованого програмного забезпечення, на підвищення мотивації учнів і ефективність засвоєння матеріалу. Крім того, доцільно дослідити можливості співпраці між школами, університетами та промисловими підприємствами для створення реальних кейсів, які дозволять учням застосовувати математичні моделі до практичних задач. Аналіз гендерних аспектів і розробка стратегій залучення більшої кількості дівчат до STEM-дисциплін також є важливим напрямом для подальших розвідок, що сприятиме формуванню інклюзивного освітнього середовища.

Список використаних джерел

1. Алексеева Г.М., Антоненко О.В., Жадан К.О., Лифенко М.В. Досвід використання засобів електронного навчання у інклюзивному освітньому ВНЗ. *Фізико-математична освіта: науковий журнал*, 2018. № 4 (18). С. 17–25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-018-4-003>
2. Алексеева Г.М., Кравченко Н.В., Антоненко О.В., Горбатюк Л.В. Використання ігрових технологій в процесі професійної підготовки студентів педагогічних закладів вищої освіти. *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського. Серія : Педагогіка*. Одеса : ПНПУ імені К. Д. Ушинського, 2017. № 6 (119). С. 7–14.
3. Бабійчук С.М. Наукова освіта як педагогічний концепт. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія : Педагогічні науки*, 2019. № 1. С. 33–39.
4. Буга Н.Ю., Гавриленко Н.В. До и после 1 апреля 2011 г. *Бизнес Информ*, 2011. № 10. С. 103–106.
5. Валько Н.В. Формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів в умовах цифровізації освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Т. 78, № 4. С. 77–88. <https://doi.org/10.33407/itlt.v78i4.3987>



6. Гавриленко Н., Грищенко О., Козіцька Н. Вплив цифрових трансформацій на зміст фіскального адміністрування. *Економіка та суспільство*, 2022. № 41. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-41-38> (дата звернення: 15.04.2025).
7. Гавриленко Н.В. Податкова система. Львів : Новий Світ-2000, 2007. 328 с.
8. Гоцуляк Ю.В. Педагогічні технології формування наукової освіти в закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія : Педагогічні науки*, 2020. № 2. С. 45–51.
9. Гриневич Л.М., Морзе Н.В., Бойко М.А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Т. 77, № 3. С. 1–26. <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980> (дата звернення: 17.03.2021).
10. Гриневич Л.М., Морзе Н.В., Бойко М.А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Т. 77, № 3. С. 1–26. <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980> (дата звернення: 15.04.2025).
11. Закидальська І.М., Швай О.Л. *Інтерактивні методи навчання математики в базовій середній школі із застосуванням комп'ютерних технологій*. Луцьк : Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2024. С. 26–36.
12. Камишин В.В. STEM-освіта як складова інноваційного розвитку освітньої галузі в Україні. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Серія : Педагогічні науки*, 2018. № 4. С. 54–58.
13. Корнага, Я. І. (2022). Звенігородський ОС, Зінченко ОВ, Чичкар'ов ЄА, Кисіль ТМ Штучний інтелект. Вступний курс: Навчальний посібник. К.: ДУТ, 2022. 193 с.
14. Несторенко Т. Економічний вплив іноземних студентів на приймаюче місто: випадок Університету економіки в Братиславі. В: *3-тя конференція з викладання та освіти*. Міжнародний інститут соціальних та економічних наук,



28 червня – 1 липня 2016 р., Барселона. URL:
<https://ideas.repec.org/p/sek/itepro/3906577.html> (дата звернення: 15.04.2025).

15. Несторенко Т., Дубровіна Н., Пеліова Й. Місцевий економічний вплив вітчизняних та іноземних студентів: випадок Університету економіки в Братиславі. В: *Європейські фінансові системи 2016. Труды 13-ї Міжнародної наукової конференції.* 2016. С. 496–501. URL:
[http://is.muni.cz/do/econ/sborniky/2016/EFS2016-
Proceedings_final_September_19_final.pdf](http://is.muni.cz/do/econ/sborniky/2016/EFS2016-Proceedings_final_September_19_final.pdf) (дата звернення: 15.04.2025).

16. Несторенко Т.А. Економіка суперзірок: можливості та загрози для сфери освіти. *Український журнал прикладної економіки*, 2020. Т. 7, № 2. С. 8–15.
<https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-1>

17. Несторенко Т.П. «Економіка суперзірок»: можливості та загрози для сфери освіти. *Український журнал прикладної економіки і технологій*, 2020. Т. 7, № 2. С. 8–15. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-1>

18. Овсянніков О.С., Алексеева Г.М. Комп'ютерне середовище науково-дослідної роботи студентів інженерно-педагогічних спеціальностей комп'ютерного профілю як об'єкт проектування. *Молодь і ринок : Науково-педагогічний журнал.* Дрогобич : Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2019. № 9 (176). С. 107–112.

19. Осадчий В.В., Семериков С.О., Тріус Ю.В. Методичні основи впровадження STEM-освіти в Україні. *Кібернетика та обчислювальна техніка*, 2021. № 212. С. 38–52.

20. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 960-р. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/kolegiya-ministerstva/2021/12/Rish.12.5-19-08.12.2021.STEM-osvita.pdf> (дата звернення: 15.04.2025).

21. Семериков С.О., Осадчий В.В., Тріус Ю.В., Шокалюк С.В., Струтинська О.В. STEM-освіта в Україні: Стан, проблеми, перспективи розвитку.



Інформаційні технології і засоби навчання, 2020. Т. 77, № 3. С. 1–19.

<https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3981>

22. Скорук О. В., Грудзевич Ю. І. Інтеграція цифрових технологій та економіко-математичного моделювання в бізнес-процесах підприємств. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. №. 6 (15). С. 81-85.

23. Стрижак О.Є., Семериков С.О. Підготовка майбутніх учителів до використання STEM-орієнтованих технологій у професійній діяльності. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019. Т. 72, № 4. С. 144–156.

<https://doi.org/10.33407/itlt.v72i4.3008>

24. Хомич О. М., Пивоварова Г. С. Технології електронного навчання в практиці вищої освіти. *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Педагогічні науки*. 2016. №. 6 (1). С. 93-99.

25. Balslev G.M. *Innovating Science Education at a National Level*. In: *Creative Pragmatics through Active Learning in STEM Education*. Springer, 2024.

26. Balslev G.M., Hendrichsen D.K., Ribers B., Svabo C. Education for sustainability through STEM ecosystems: STEM in lower secondary and primary education with the SchoolWeavers Tool as a network perspective. *Educational Researcher*, 2021.

27. Carnevale A.P., Smith N., Melton M. *STEM*. Georgetown University Center on Education and the Workforce, 2011. 112 p. – Режим доступу: <https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/stem-complete.pdf> (дата звернення: 15.04.2025).

28. Dumaresq C.C. *The framework for integrative science, technology, engineering & mathematics (STEM) education endorsement guidelines*. Pennsylvania Department of Education, 2013. – Режим доступу: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7WE18yrl/> (дата звернення: 15.04.2025).

29. Firman H. Pendidikan sains berbasis STEM: Konsep, pengembangan, dan peranan riset pascasarjana. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2017. Vol. 6, No. 2. –



Режим доступу: <https://journal.unnes.ac.id/nju/jpii/article/view/19252> (дата звернення: 15.04.2025).

30. Havrylenko N. An analytical support methodology for transformational processes. In: *Digital Technologies in the Contemporary Economy*. Vilnius: Mykolas Romeris University, 2022. pp. 186–197. Available at: www.cutt.ly/e86kkxU (дата звернення: 15.04.2025).

31. Hurenko O., Alekseeva H., Lopatina H., Kravchenko N. Use of computer typhlotecnologies and typhlodevices in inclusive educational space of university. *Information Technologies and Learning Tools*, 2017. Vol. 61, No. 5. pp. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.33407/ITLT.V61I5.1782>.

32. Kravchenko N.V., Alyeksyeyeva H.M., Gorbatyuk L.V. Curriculum optimization by the criteria of maximizing professional value and the connection coefficient of educational elements, using software tools. In: *ICTERI 2018: 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications*. CEUR Workshop Proceedings, Kyiv, Ukraine, 2018. pp. 365–378. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2105/10000365.pdf> (дата звернення: 15.04.2025).

33. Lavrik V., Cortez L., Alekseeva A., García G.T., Juarez P.G., Poblano J. Development of the CAD system for designing non-standard constructions from elastomers. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2014. Vol. 3, Issue 3. pp. 10717–10726.

34. Ng S.B. Exploring STEM competences for the 21st century [Електронний ресурс]. – ЮНЕСКО, 2017. – Режим доступу: <https://unesdoc.unesco.org/ark%3A/48223/pf0000368485> (дата звернення: 15.04.2025).

35. Siekmann G., Korbel P. *Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature*. Adelaide: NCVER, 2016. 50 p. – Режим доступу: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570655.pdf> (дата звернення: 15.04.2025).



36. Song M., Jang H. Teaching integrated STEM in Korea: structure of teacher competence. *European Journal of Educational Research*, 2020. Vol. 9, No. 3. – Режим доступу: <https://www.eu-jer.com/integrated-stem-education-competence-framework-for-university-lecturers> (дата звернення: 15.04.2025).

37. Yuzyk O., Honcharuk V., Pelekh Y., Bilanych L., Sirenko P., Voitovych I., Roienk L., Bilanych H., Makukh D., Zidens J., Yuzyk M., Yuzyk M. Research on generative artificial intelligence technologies in education: Opportunities, challenges, and ethical aspects. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 2025. Vol. 16, No. 1 Sup1 (April). pp. 139–151. DOI: <https://doi.org/10.70594/brain/16.S1/12>