

ІННОВАЦІЙНЕ ОНОВЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ-БАКАЛАВРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Корнійчук О. Е.

кандидат педагогічних наук, доцент,
викладач математичних дисциплін
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-5300-6508

Шостачук А. М.

кандидат технічних наук, доцент,
викладач загальнотехнічних дисциплін
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-4924-1222

Гармонізація вітчизняної вищої освіти з новітніми міжнародними стандартами ISCED-F та оновленим переліком спеціальностей вимагає системної трансформації змісту фундаментальних дисциплін. Особливо гостро цей виклик постає перед групою, по суті, модернізованих технологічних спеціальностей, таких як Н1 «Агрономія», Н7 «Агроінженерія», Ж8 «Автомобільний транспорт» і ГЗ «Електрична інженерія». Спільним знаменником для підготовки бакалаврів за цими напрямками є те, що самі об'єкти професійної діяльності останніми роками здійснили кардинальний технологічний стрибок.

У дослідженні застосовано системний аналіз освітніх стандартів, діагностичне вхідне тестування першокурсників, а також метод міждисциплінарного консалтингу викладачів математичних дисциплін з кафедрами загальнотехнічних і фахових випускових кафедр. На основі порівняльного аналізу сформовано матрицю модернізації змісту навчання та фокусу підготовки для інноваційних технологічних спеціальностей.

На прикладі спеціальності «Автомобільний транспорт» теоретично обґрунтовано необхідність оновлення математичних знань студентів-бакалаврів на основі STEM-підходу. Емпірично зафіксовано наявність глибокої когнітивної та мотиваційної кризи серед студентів нового набору, що виявилось у фрагментарності знань, слабких обчислювальних навичках і деструктивному зниженні інтересу до вивчення вищої математики. Зазначено, що ефективне проєктування змісту навчання можливе за умови тісної міжкафедральної співпраці, результатом якої визначено перехід від рутинних аналітичних операцій до комп'ютерного STEM-моделювання.

Для практичної реалізації такого підходу й вирішення мотиваційних проблем розроблено дидактичну матрицю STEM-орієнтованого оновлення математичних знань бакалаврів, яка передбачає розмежування прикладних кейсів за інженерним (конструкторсько-технологічним) і логістичним (організаційно-управлінським) напрямками Ж8 із застосуванням освітньо-професійних ІКТ-засобів. Перспективи подальших досліджень полягають у проєктуванні запропонованих дидактичних аспектів для модернізації освітніх програм агрономічного, агроінженерного й електротехнічного напрямів.

Ключові слова: технологічні спеціальності, вища математика, математичні знання, бакалаври автомобільного транспорту, інженерія, логістика, STEM-підхід.

Korniichuk O. E., Shostachuk A. M. Innovative updating of mathematical knowledge for undergraduate students in technological specialties

The harmonization of domestic higher education with the latest international ISCED-F standards and the updated list of specialties demands a systemic transformation of the core curriculum content. This challenge is particularly acute for a group of essentially modernized technological specialties, including H1 "Agronomy", H7 "Agricultural Engineering", J8 "Automotive Engineering", and G3 "Electrical Engineering". The common denominator in undergraduate training for these fields is that the objects of professional activity themselves have made a radical technological leap in recent years.

The study applied a systemic analysis of educational standards, diagnostic entry-level testing of first-year students, and a method of interdisciplinary consulting between mathematics faculty and departments

of general engineering and specialized graduating departments. Based on a comparative analysis, a matrix for modernizing curricular content and training focus was developed for innovative technological specialties.

Using the "Automotive Engineering" specialty as a case study, the necessity of updating the mathematical knowledge of undergraduate students based on a STEM approach was theoretically substantiated. Empirically, a profound cognitive and motivational crisis was documented among incoming students, manifesting in fragmented knowledge, weak computational skills, and a destructive decline in interest toward studying higher mathematics.

It is noted that effective curricular content design is possible only under conditions of close interdepartmental collaboration, which results in a transition from routine analytical operations to computer-based STEM modeling. For the practical implementation of this approach and to resolve motivational issues, a didactic matrix for the STEM-oriented updating of undergraduate mathematical knowledge was developed. This matrix provides for the differentiation of applied case studies into the engineering (design and technology) and logistical (organizational and management) tracks of J8, utilizing educational and professional ICT tools. Prospects for further research lie in projecting the proposed didactic aspects onto the modernization of educational programs in agronomic, agricultural engineering, and electrical engineering fields.

Keywords: *technological specialties, higher mathematics, mathematical knowledge, automotive engineering undergraduate students, engineering, logistics, STEM approach.*

Вступ. Перехід вищої освіти України на оновлений перелік галузей і спеціальностей за міжнародним стандартом ISCED-F 2013 – це не косметична зміна шифрів, а радикальне *переформатування змісту навчання*. За філософією ISCED-F оцінюється саме предметна галузь, тобто сутнісне наповнення і спрямування освітньо-професійної підготовки.

Особливо гостро цей виклик постає перед групою новітніх, по суті, модернізованих технологічних спеціальностей, таких як Н1 «Агрономія», Н7 «Агроінженерія», J8 «Автомобільний транспорт» і G3 «Електрична інженерія». Спільним знаменником для підготовки бакалаврів за цими напрямками є те, що самі об'єкти професійної діяльності останніми роками здійснили кардинальний технологічний стрибок. Сучасний аграрний комплекс трансформується у високотехнологічний *AgTech* із супутниковим моніторингом полів, енергетика перейшла до концепції інтелектуальних децентралізованих мереж *Smart Grids*, а автомобільний транспорт перетворився із суто механічних пристроїв на кіберфізичні системи – складні «комп'ютери на колесах» з алгоритмами штучного інтелекту й автономного керування. Аналіз оновлення змісту навчання та спрямування підготовки для цих інноваційних технологічних спеціальностей наведено в таблиці 1.

Найбільш показовим і водночас критичним елементом цієї модернізації є фундаментальна математична підготовка, яка традиційно визначає якість технологічної освіти. Проте

в умовах переходу на нові стандарти зміст вищої математики та вимоги до знань у багатьох ЗВО залишаються незмінним десятиліттями, відірваним від практичних вимог нових сфер технологій.

Для детального аналізу цієї проблеми доцільно сфокусуватися на підготовці бакалаврів за спеціальністю J8 «Автомобільний транспорт». Саме тут трансформація самого об'єкта дослідження – перехід від чистої механіки ДВЗ до систем штучного інтелекту, електромобільності – вимагає оновлення математичних знань студентів і зміни вектора у їхньому формуванні.

Код J8 об'єднує дві спеціальності: 274 «Автомобільний транспорт» і 275.03 «Транспортні технології». Спеціальність 274 є класичною інженерією, де студенти вивчають конструкцію, проектування, технічне обслуговування та ремонт автомобіля, його двигунів і систем. Спеціальність 275.03 орієнтована на управління, логістику й безпеку, тобто в основі професійної підготовки лежать ефективна організація перевезень, розрахунок маршрутів і керування транспортними потоками.

Модернізація змісту вищої математики для бакалаврів спеціальності J8 вимагає чіткого розуміння: ми більше не готуємо класичного «інженера-механіка». Об'єкт його майбутньої професійної діяльності кардинально змінився. Як наслідок, класичний академічний курс вищої математики, який десятиліттями залишається незмінним, увійшов у глибоку

Таблиця 1

**Матриця модернізації змісту навчання та фокусу підготовки
за новітньою класифікацією ISCED-F**

Філософія зміни змісту навчання	Крос-галузева та міждисциплінарна інтеграція	Цифровізація контенту (ІКТ та STEM-інструменти)	Зменшення/вилучення застарілого матеріалу
H1 Агрономія			
Перехід від ізольованого вирощування польових культур до концепції єдиного біологічно-технологічного циклу сучасного фермерського господарства.	Інтеграція рослинництва з базовим тваринництвом (кормовиробництво, утилізація відходів, органічні добрива), агрохімією та екологічним менеджментом.	Упровадження технологій AgTech: супутниковий моніторинг полів, аналіз вегетаційних індексів (NDVI), робота з ГІС-системами та картографування врожайності.	Скорочення обсягу застарілих описових курсів традиційного суцільного хімічного обробітку полів. Відмова від «чистої» академічної ботаніки та фітопатології, що відірвані від економіки й реальних бізнес-показників фермерських господарств.
H7 Агроінженерія			
Руйнування бар'єру між механікою та біологією. Трансформація інженера з «ремонтника комбайна» на системного архітектора процесів Smart Farming.	Наскрізний зв'язок важкого машинобудування з біологічними процесами агросектору, агротехнологіями, сенсорикою та автоматизацією процесів.	Інтеграція систем точного землеробства: робота з ISOBUS-протоколами, бортовими комп'ютерами, датчиками, GPS-навігацією та агродронами. Моделювання в Mathcad/MATLAB.	Повне вилучення технологій капітального ремонту й відновлення деталей у майстернях (наплавлення, розточування вузлів) – ринок праці перейшов на блочну/агрегатну заміну. Відмова від паперового інженерного креслення на користь наскрізного цифрового 3D CAD-моделювання.
J8 Автомобільний транспорт			
Автомобіль як кіберфізична система («комп'ютер на колесах»). Чітке розмежування й паралельний розвиток інженерного (сервіс) і логістичного (поток) блоків.	Інженерний блок: зв'язок механіки з мікропроцесорною технікою та високовольними системами. Логістичний блок: інтеграція транспорту з теорією графів, топологією мереж та економікою.	Інженерний блок: тестування електронних систем (ADAS, ESP), діагностика CAN-шин, симуляція в Maple. Логістичний блок: обробка Big Data хмарної GPS-телематики в MS Excel, оптимізація потоків.	Максимальне скорочення навчальних годин на термодинаміку та механіку класичних двигунів внутрішнього згоряння. Вилучення методик ручного відновлення деталей, а також застарілих курсів з токарно-фрезерної ручної обробки металів.
G3 Електрична інженерія			
Перехід від обслуговування монолітних централізованих енергосистем до управління гнучкими, децентралізованими, екологічними й інтелектуальними мережами (Smart Grids)	Синергія сировинної енергетики із силовою електронікою, кліматичним менеджментом, декарбонізацією й технологіями «зеленого переходу».	Замість класичних аналогових реле, фокус на мікропроцесорний захист, цифрові підстанції, частотно-регульовані електроприводи (інвертори, конвертори). Символьні обчислення в Maple.	Максимально скорочуються ручні математичні розрахунки режимів мереж на папері – цей зміст переноситься в спеціалізоване програмне забезпечення.

суперечність із реальними інженерно-логістичними завданнями.

З іншого боку, головний дидактичний виклик перемістився в площину критично низької вхідної підготовки та специфічної

деформації мотивації першокурсників. Проведений нами первинний моніторинг свідчить, що понад 85% вступників мають лише фрагментарні шкільні знання: вони «десь щось чули» про базові математичні поняття й фор-

мули, але не володіють ними на практичному рівні. Щодо професійної мотивації ситуація є ще складнішою: близько 95% студентів не розуміють, навіщо їм знати тригонометрію, похідну, інтеграл чи математичну статистику.

У свідомості першокурсників домінує стійкий застарілий стереотип, що робота в автомобільній галузі – це виключно репродуктивна праця, яка зводиться до вміння «крутити гайки» та вручну ремонтувати двигуни. Багато з них уже мають власні автомобілі, володіють базовими навичками автослюсаря й вважають, що для успіху їм потрібен лише диплом, а будь-які інженерні чи логістичні розрахунки в майбутньому за них може виконати штучний інтелект. Виникає парадоксальна суперечність: занижена професійна самооцінка студентів, які бачать себе лише технічними виконавцями, блокує розуміння того, що сучасний автомобільний транспорт – це складна інтелектуальна система, управління якою неможливе без володіння методами математичного моделювання та критичного осмислення результатів.

Аналіз навчальних посібників і матеріалів, що забезпечують освітній процес укрупненої спеціальності J8 «Автомобільний транспорт», засвідчує, що сучасний профільний матеріал насичений складним прикладним математичним апаратом, математичними моделями транспортних засобів і систем перевезень, розв'язання яких вимагає застосування цифрових технологій. Зокрема, інженерний блок експлуатації автомобільного транспорту спирається на стохастичні моделі, диференціальні рівняння й теорію ймовірностей для оцінки надійності технічних систем. Цей напрям підкріплений дослідженнями з моделювання робочих процесів транспортних засобів В. О. Богомолу та Д. М. Леонтьєва [1]. Своєю чергою, економіко-логістичний блок дисциплін для спеціальності J8 забезпечується колективною працею з моделювання в транспортних технологіях за редакцією А. В. Сохацького [11]. Тут задіяні матриці, теорія графів, теорія оптимізації транспортних потоків, математична статистика.

Проте, попри глибоке вивчення окремих технічних чи логістичних аспектів, синергетичний ефект від об'єднання цих знань

в інтегрованій галузі J8, де математичне моделювання пов'язує надійність «заліза» з ефективністю логістичних потоків, досі потребує додаткового дослідження й формалізації.

Сучасна філософія стандарту ISCED-F вимагає не просто заміни однієї теорії іншою, а повного оновлення методології викладання вищої математики. У цьому контексті базовим вектором модернізації змісту навчання має стати STEM-підхід, де математичний апарат (*Mathematics*) є інтегруючим стрижнем природничо-наукової бази (*Science*), новітніх автомобільних і цифрових технологій (*Technology*) та основ інженерного проектування й логістичного менеджменту (*Engineering*).

Різні аспекти розбудови освітнього простору ЗВО в STEM-напрямі розглядаються в багатьох сучасних публікаціях вітчизняних дослідників.

Основні проблеми й труднощі впровадження STEAM-освіти в систему професійного навчання, зацікавлення молоді природничо-математичними дисциплінами розкрито в праці І. Ю. Шахіної та О. А. Подзигун [6]. Своєю чергою, інноваційні й інтерактивні методи навчання, STEM-технології й сучасні цифрові інструменти як дієвий механізм підготовки майбутніх інженерів розглянуто Т. Ю. Мітяшкіною та ін. [4], а вплив ІТ на якість, ефективність і доступність STEM-навчання, важливість використання хмарних обчислень, штучного інтелекту (ШІ), доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR) у навчальному процесі обґрунтовано Т. В. Серденко та її колегами [5].

Проблеми формування позитивного ставлення студентів до математичного аналізу та подолання бар'єрів у навчанні за допомогою інтегрованих STEM-проектів детально розкриваються в працях європейських фахівців А. Бреди [7] і П. Гарсії-Льямас [9].

Попри наявність значної кількості наукових праць, теоретичну привабливість новітніх стандартів ISCED-F і STEM-підходу, залишаються відкритими механізми міждисциплінарної взаємодії для інтегрованої спеціальності J8, оновлення математичного контенту, його адаптації до умов гострої мотиваційної та когнітивної кризи студентів-першокурсників технологічних спеціальностей.

Мета статті – теоретичне обґрунтування та практична апробація інноваційних підходів до оновлення змісту математичної підготовки бакалаврів технологічних спеціальностей (на прикладі J8 «Автомобільний транспорт») відповідно до філософії стандарту ISCED-F, шляхом інтеграції прикладного STEM-підходу й сучасного ІКТ-інструментарію.

Методи та методики дослідження. Для досягнення поставленої мети використано комплекс взаємопов'язаних методів дослідження:

– **теоретичні:** системний і порівняльний аналіз нормативно-правової бази вищої освіти, міжнародного стандарту ISCED-F 2013 та освітньо-професійних програм інженерно-аграрного профілю – для визначення розбіжностей між класичним змістом математики й вимогами цифрової індустрії; абстрагування й моделювання – для побудови STEM-орієнтованої матриці математичних знань бакалаврів; узагальнення й систематизація – для формулювання концептуальних висновків дослідження;

– **емпіричні (діагностико-прогностичні):** педагогічне спостереження й моніторинг освітнього процесу (аналіз результатів вхідного контролю знань першокурсників) – для виявлення рівня сформованості їхнього базового математичного інструментарію; методи міжкафедрального консалтингу (цільові бесіди, інтерв'ювання, експертне оцінювання серед викладачів) – для верифікації реальних інформаційних запитів загально-технічних і спеціальних дисциплін до математичного апарату, а також визначення оптимальних траєкторій інтеграції засобів цифрових технологій.

Експериментально-діагностичну базу дослідження становили результати моніторингу вхідного контролю знань студентів-бакалаврів (загальна вибірка – 90 осіб) і міжкафедрального консалтингу для спеціальності J8.

Оцінювання дидактичної системи й учасників освітнього процесу здійснювалося за такими характеристиками, критеріями та показниками:

1. Предметно-когнітивний критерій.

Показник: рівень залишкових знань базових математичних понять (тригонометрія, стереометрія, функції).

Параметр оцінювання: кількість правильно розв'язаних концептуальних задач під час вхідного тестування (виявлено фрагментарність бази у понад 85% вступників).

2. Професійно-мотиваційний критерій.

Показник: розуміння студентами ролі математичного моделювання як «інженерно-логістичного провідника» в майбутній діяльності за спеціальністю J8; відхід від сприйняття предмета як абстрактного селективного бар'єра.

Параметр оцінювання: коефіцієнт усвідомлення практичної цінності математики за результатами первинного анкетування (зафіксовано початковий бар'єр у 95% першокурсників, орієнтованих суто на репродуктивні механічні операції).

3. Технологічно-інструментальний критерій.

Показник: здатність викладачів і студентів здійснювати людино-машинну синергію в умовах Індустрії 5.0; готовність до наскрізного використання засобів ІКТ та СКМ для оновлення математичних знань.

Параметр оцінювання: рівень інтеграції динамічних середовищ (*GeoGebra, MS Excel, Mathcad, Maple*) у структуру практичних занять і вміння аналізувати «кінематичні/бізнес похибки» цифрових моделей.

Результати. Реалізація визначеної мети дослідження та розв'язання окресленої науково-методичної проблеми вимагають кардинального переосмислення організаційних і змістових засад навчання вищої математики. Першим кроком у практичній реалізації трансформації математичної підготовки студентів спеціальності J8 «Автомобільний транспорт» стало впровадження *інтегративно-кооперативної моделі* взаємодії між викладачами фундаментальних, загальнотехнічних дисциплін і випускової кафедри. Ефективне проектування оновленого змісту навчання виявилось можливим лише за умови тісної міжкафедральної співпраці.

Ситуація, у якій 85% вступників демонструють повну несформованість фундаментальних математичних знань, а 96% від цієї кількості не знають таблицю множення, робить класичне академічне читання лекцій з вищої математики абсолютно абсурдним. Проте знання шкільного курсу є критично

затребуваними на перших же заняттях з механіки й теорії двигунів.

Проведений нами моніторинг та експертне опитування викладачів загальнотехнічних і спеціальних дисциплін дали змогу конкретизувати перелік базових математичних інструментів, без яких неможливе подальше засвоєння професійного складника підготовки.

Головним концептуальним висновком нашої співпраці стало стратегічне рішення: перевести фокус вищої математики з рутинних аналітичних операцій на комп'ютерне STEM-моделювання, чітко розмежувавши прикладні кейси під інженерний і логістичний профілі майбутньої діяльності бакалавра.

Для практичної реалізації запропонованого підходу й надання викладачам-математикам методичного інструментарію ми сформуливали дидактичну матрицю інтегративно-контекстного оновлення математичних знань студентів (таблиця 2). Ця матриця безпосередньо пов'язує трансформаційні цілі підготовки бакалаврів спеціальності І8, необхідний математичний апарат і процесуальну реалізацію завдань на основі STEM-технологій і засобів ІКТ.

Представлена матриця (таблиця 2) дає змогу відійти від лінійного викладу чистої теорії та структурувати кожне практичне заняття як міні-проект. При цьому перехід від шкільних інструментів (*MS Excel*, *GeoGebra*) до складніших інженерних середовищ (*Mathcad*, *Maple*) має відбуватися природно – через потребу розв'язати конкретне професійне завдання, яке перед студентом ставить його майбутня спеціальність І8.

Коли студент наочно бачить, що диференціальне рівняння в середовищі *Mathcad* описує не відірваний від життя графік функції, а реальну плавність ходу підвіски автомобіля й теорія ймовірностей в *MS Excel* оптимізує чергу на СТО, де він планує працювати, бар'єр неприйняття зникає. Математика стає наочним, сервісним інструментом, який доводить: сучасний бакалавр автомобільного профілю має бути високотехнологічним оператором високотехнологічних інженерних систем.

Дослідження є продовженням нашої раніше проведеної наукової роботи, зокрема впровадження науково-технічних досліджень у процес навчання математичних дисциплін [2],

формування інженерного мислення засобом прикладних математичних знань [3] і взагалі історично складного шляху трансформації української технологічної освіти [10].

Концептуальним орієнтиром для інноваційного оновлення математичних знань студентів-бакалаврів технологічних спеціальностей є провідний міжнародний тренд: «*Математика як шлюз, а не бар'єр: переосмислення інженерної підготовки для 21 століття*» [8]. Ця ідеологія дидактичної стратегії вимагає рішучої відмови від сприйняття математичної науки як ізольованого селективного фільтра («*gatekeeper*»), спрямованого на відсіювання студентів через перевірку їхньої рутинної процедурної витривалості на папері. У межах дослідження цей підхід трансформується у вимогу надання математичному ядру статусу інженерно-технологічного й економіко-логістичного провідника («*gateway*»).

Висновки. У статті запропоновано інноваційну модель модернізації фундаментальної освіти для технологічних спеціальностей:

1. Нова парадигма інтегрованої підготовки студентів за спеціальністю І8 «Автомобільний транспорт» вимагає формування синергетичних компетентностей. Сучасний бакалавр має одночасно володіти конструкторсько-технологічним апаратом автомобільної інженерії та інструментами логістичного менеджменту великих транспортних систем. Це зумовлює перехід від традиційно ізольованого викладання вищої математики до її обов'язкової міждисциплінарної трансформації.

2. Запропоновано дидактичну матрицю STEM-орієнтованого оновлення математичних знань бакалаврів, яка є дієвим інструментом міжкафедральної співпраці. Вона має забезпечувати прямий зв'язок між запитами випускових кафедр та оновленим змістом вищої математики. Передбачається, що завдяки такій методиці вдасться подолати 85%-й бар'єр математичної невідповідності вступників шляхом їхньої адаптації до вимог технічних і логістичних модулів.

3. Теоретично обґрунтовано ефективність STEM-підходу в поєднанні з сучасними засобами ІКТ для усунення абстрактності вищої математики. Наскрізне використання динамічних та інструментальних комп'ютерних сис-

Таблиця 2

**Дидактична матриця STEM-орієнтованого оновлення математичних знань бакалаврів
(спеціальність J8)**

Розділ ВМ	Оновлені цілі навчання	Ключові знання	Трансформація в STEM-контекст інтегрованого коду J8
Лінійна та векторна алгебра	Формування готовності до оптимізації соціотехнічних мереж і розрахунку статичної рівноваги елементів конструкцій.	• Матриця • Визначник • Системи лінійних рівнянь (СЛР) • Скалярний і векторний добуток • Елементи теорії графів	Інженерний вектор (залізо): розкладання просторових сил, розрахунок навантажень на важелі підвіски та раму колісних машин. Логістичний вектор (потоки): матричне моделювання матеріально-технічного постачання АТП; матриці суміжності для оптимізації маршрутів перевезень. ІКТ: Mathcad: розв'язання СЛР; MS Excel (надбудова «Пошук рішення»/Solver): автоматизація транспортної задачі мережевої оптимізації.
Аналітична геометрія	Розвиток здатності до просторового (3D) моделювання та геометричного проєктування об'єктів транспорту.	• Лінії на площині й у просторі • Площини • Поверхні другого порядку	Інженерний вектор (залізо): математичне моделювання контурів кузовів, профілювання елементів ДВЗ (кулачків розподільного вала). Логістичний вектор (потоки): геометричне проєктування елементів дорожньої інфраструктури, топологія доріг, розрахунок радіусів кривизни поворотів. ІКТ: Mathcad: аналіз геометричних параметрів колісних машин; GeoGebra: динамічна тривимірна візуалізація, перерізи; Maple: побудова високоточних геометричних шаблонів.
Диференціальне числення	Формування навичок градієнтного пошуку оптимальних параметрів і кінематичного аналізу систем.	• Похідна першого порядку • Похідна вищих порядків • Екстремум функції двох і більше змінних	Інженерний вектор (залізо): дослідження швидкостей і прискорень деталей КШМ двигуна, визначення точок критичного зносу вузлів колісних машин. Логістичний вектор (потоки): обчислення миттєвої інтенсивності транспортного потоку; пошук екстремумів для мінімізації витрати палива на маршруті. ІКТ: символічне диференціювання складних аналітичних моделей у Mathcad/Maple, графічний аналіз екстремумів, точок перегину в GeoGebra.
Інтегральне числення	Розвиток здатності до обчислення інтегральних геометричних, енергетичних і кількісних характеристик систем.	• Визначений інтеграл • Кратні інтеграли	Інженерний вектор (залізо): обчислення площі міделя кузова для аеродинамічного розрахунку; визначення об'ємів камер згоряння складної форми. Логістичний вектор (потоки): розрахунок сумарної витрати палива за їздовий цикл; інтегрування функцій щільності пасажиро- та вантажопотоків. ІКТ: Mathcad/Maple: обчислення кратних інтегралів складних інженерних профілів і силових епюр.
Диференціальні рівняння	Формування готовності до дослідження й імітаційного моделювання складних динамічних процесів транспортної галузі.	• Звичайні ДР другого порядку • Лінійні неоднорідні ДР вищих порядків	Інженерний вектор (залізо): моделювання плавності ходу автомобіля, розрахунок демпфування амортизаторів, перехідні процеси в електроніці. Логістичний вектор (потоки): диференціальні моделі гідродинамічної теорії транспортних потоків (моделювання утворення «хвиль заторів»); ІКТ: чисельне інтегрування нелінійних моделей підвіски через блок Given/Odesolve в Mathcad, аналітичні дослідження в Maple.
Теорія ймовірностей і математична статистика	Розвиток імовірнісного мислення для оцінки надійності технічних засобів і проєктування систем масового обслуговування.	• Закон розподілу випадкової величини • Статистична вибірка • Елементи теорії масового обслуговування (ТМО)	Інженерний вектор (залізо): оцінка залишкового ресурсу деталей за законом Вейбулла, статистичне прогнозування відмов агрегатів автомобіля. Логістичний вектор (потоки): моделювання пропускну здатності й оптимізація кількості постів на СТО, АЗС, митних терміналах. ІКТ: статистична обробка емпіричних вибірок і перевірка гіпотез за допомогою пакета «Аналіз даних» у MS Excel.

тем (*MS Excel, GeoGebra, Mathcad, Maple*) зміщує акцент із рутинних ручних обчислень на математичне моделювання прикладних інженерних задач. При цьому математика трансформується в прикладний сервісний інструмент, що прибирає 95%-й бар'єр неприйняття математичних знань.

4. На основі порівняльного аналізу сформовано матрицю модернізації змісту навчання та фокусу підготовки за новітньою класифікацією ISCED-F в умовах технологічного

стрибка галузей: Н1 «Агрономія», Н7 «Агроінженерія» та G3 «Електрична інженерія». Отримані результати експерименту, а саме оновлення математичних знань для автомобілістів, є універсальним базисом для переосмислення й модернізації змісту навчання для зазначених технологічних напрямів підготовки майбутніх бакалаврів.

Інформація про використання штучного інтелекту. Під час підготовки статті інструменти штучного інтелекту не використовувалися.

Список використаних джерел

1. Богомолів В. О., Леонтьєв Д. М. Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навчальний посібник. Харків : ФОП Бровін О. В., 2025. 240 с.
2. Корнійчук О. Е. Особливості впровадження науково-технічних досліджень у процес навчання математичних дисциплін. *Фізико-математична освіта*. 2020. Вип. 4 (26). С. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-026-4-010>.
3. Корнійчук О. Е. Розвиток інженерного мислення в процесі вивчення прикладної математики. *Вісник науки та освіти*. 2022. № 1(1). С. 181–192. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2022-1\(1\)-181-192](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2022-1(1)-181-192).
4. Мітяшкіна Т. Ю., Міленіна А. М., Кісь-Коркіщенко Л. В. Інноваційні методи та STEM-технології в навчанні студентів інженерних спеціальностей. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2026. Т. 28. С. 149–155. URL: <https://tsafts.btu.kharkiv.ua/tsafts/uk/article/view/325/345>.
5. Серденко Т. В., Рейс Т. Т., Панченко О. Д. Інформаційні технології як ключовий інструмент у STEM-освіті: сучасний стан і перспективи. *Таврійський науковий вісник. Серія «Технічні науки»*. 2024. № 6. С. 99–105. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.11>.
6. Шахіна І. Ю., Подзигун О. А. Особливості впровадження STEAM-освіти в систему професійного навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2025. Вип. 78. С. 396–409. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-78-396-409>.
7. Breda A., Neves A., Dos Santos J., Lavicza Z. Utilising a STEAM-based Approach to Support Calculus Students' Positive Attitudes Towards Mathematics and Enhance their Learning Outcomes. *Open Education Studies*. 2023. Vol. 5, Iss. 1. P. 20220210. DOI: <https://doi.org/10.1515/edu-2022-0210>.
8. Carpenter J. P., Klingbeil N. W., Bertoline G. R. Mathematics as a gateway, not a barrier: Reimagining engineering preparation for the 21st century. *Education Sciences*. 2026. Vol. 16, Iss. 5. Art. no. 785. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci16050785>.
9. García-Llamas P., Taboada A., Sanz-Chumillas P., Pereira L. L., Alvarez R. B. Breaking barriers in STEAM education: Analyzing competence acquisition through project-based learning in a European context. *International Journal of Educational Research Open*. 2025. Vol. 8. Art. no. 100449. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100449>.
10. Krugliak M., Shostachuk A. Higher special state educational institutions of sub-Russian Ukraine (the end of the 19th – the beginning of the 20th century): formation and development. *Eminak*. 2026. № 2 (54). P. 273–289. DOI: [https://doi.org/10.33782/eminak2026.2\(54\)](https://doi.org/10.33782/eminak2026.2(54)).
11. Моделювання в транспортних технологіях. Частина I : монографія / А. В. Сохацький та ін. ; за ред. А. В. Сохацького. Дніпро : УМСФ, 2022. 180 с. URL: <http://biblio.umsf.dp.ua/xmlui/handle/123456789/4793>.

References

1. Bohomolov, V. O., & Leontiev, D. M. (2025). Matematychnе modeliuвання robochykh protsesiv kolisnykh ta husenychnykh transportnykh zasobiv – Mathematical modeling of working processes of wheeled and tracked vehicles: Training manual. FOP Brovin O. V. [in Ukrainian].
2. Breda, A., Neves, A., Dos Santos, J., & Lavicza, Z. (2023). Utilising a STEAM-based Approach to Support Calculus Students' Positive Attitudes Towards Mathematics and Enhance their Learning Outcomes. *Open Education Studies*, 5(1), 20220210. <https://doi.org/10.1515/edu-2022-0210>.
3. Carpenter, J. P., Klingbeil, N. W., & Bertoline, G. R. (2026). Mathematics as a gateway, not a barrier: Reimagining engineering preparation for the 21st century. *Education Sciences*, 16(5), Article 785. <https://doi.org/10.3390/educsci16050785>.

4. García-Llamas, P., Taboada, A., Sanz-Chumillas, P., Pereira, L. L., & Alvarez, R. B. (2025). Breaking barriers in STEAM education: Analyzing competence acquisition through project-based learning in a European context. *International Journal of Educational Research Open*, 8, Article 100449. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100449>.
5. Korniiichuk, O. E. (2020). Osoblyvosti vprovadzhennia naukovo-tekhnichnykh doslidzhen u protses navchannia matematychnykh dystsyplin [Features of the implementation of scientific and technical research in the process of teaching mathematical disciplines]. *Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 4(26), 56–60. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-026-4-010> [in Ukrainian].
6. Korniiichuk, O. E. (2022). Rozvytok inzhenerenoho myslennia v protsesi vyvchennia prykladnoi matematyky [Development of engineering thinking in the process of studying applied mathematics]. *Visnyk nauky ta osvity – Bulletin of Science and Education*, (1), 181–192. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2022-1\(1\)-181-192](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2022-1(1)-181-192) [in Ukrainian].
7. Krugliak, M., & Shostachuk, A. (2026). Higher special state educational institutions of sub-Russian Ukraine (the end of the 19th – the beginning of the 20th century): formation and development. *Eminak*, (2), 273–289. [https://doi.org/10.33782/eminak2026.2\(54\)](https://doi.org/10.33782/eminak2026.2(54)).
8. Mitiashkina, T. Yu., Milenina, A. M., & Kis-Korkishchenko, L. V. (2026). Innovatsiini metody ta STEM-tekhnologii v navchanni studentiv inzhenernykh spetsialnostei [Innovative methods and STEM technologies in teaching engineering students]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv* [Technical Service of Agriculture, Forestry and Transport Systems], 28, 149–155. Retrieved from: <https://tsafts.btu.kharkiv.ua/tsafts/uk/article/view/325/345> [in Ukrainian].
9. Serdenko, T. V., Reis, T. T., & Panchenko, O. D. (2024). Informatsiini tekhnologii yak kliuchovi instrument u STEM-osviti: suchasnyi stan i perspektyvy [Information technologies as a key tool in STEM education: Current state and prospects]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky – Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, (6), 99–105. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.11> [in Ukrainian].
10. Shakhina, I. Yu., & Podzyhun, O. A. (2025). Osoblyvosti vprovadzhennia STEAM-osvity v systemu profesiinoho navchannia [Features of STEAM-education implementation in the vocational training system]. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems*, (78), 396–409. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-78-396-409> [in Ukrainian].
11. Sokhatskyi, A. V. (Ed.). (2022). *Modeliuvannia v transportnykh tekhnolohiiakh. Chastyna I* [Modeling in transport technologies. Part I: Monograph]. UMSF. Retrieved from: <http://biblio.umsf.dp.ua/xmlui/handle/123456789/4793> [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 05.08.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 29.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 14.10.2026