

DOI: <https://doi.org/10.28925/2412-0774.2026.2.4>

УДК 378.147:519

Алла Савченко

<https://orcid.org/0000-0001-9309-1797>

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри фізики,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна
Alla.Savchenko@khpi.edu.ua

Олексій Галуза

<https://orcid.org/0000-0003-3809-149X>

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри «Комп'ютерна математика і аналіз даних»,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна
Oleksii.Haluza@khpi.edu.ua

Леонід Любчик

<https://orcid.org/0000-0003-0237-8915>

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри «Комп'ютерна математика і аналіз даних»,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна
Leonid.Liubchik@khpi.edu.ua

Олена Ахієзер

<https://orcid.org/0000-0002-7087-9749>

кандидат технічних наук, доцент,
завідувачка кафедри «Комп'ютерна математика і аналіз даних»,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна
Olena.Akhiiezer@khpi.edu.ua

Руслан Кривобок

<http://orcid.org/0000-0002-2334-4434>

доктор технічних наук, доцент,
завідувач науково-дослідною частиною,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна
Ruslan.Krivobok@khpi.edu.ua



ІНТЕГРАЦІЯ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ В ПІДГОТОВЦІ ПРИКЛАДНИХ МАТЕМАТИКІВ: ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ НА РІВНІ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ

У статті обґрунтовано доцільність використання проєктного навчання на рівні освітньої програми як засобу подолання фрагментації між теорією і практикою в підготовці студентів з прикладної математики. Актуальність дослідження зумовлена тим, що в традиційно організованому навчанні знання з математичних, алгоритмічних і програмних дисциплін нерідко засвоюються роз'єднано, тоді як професійна діяльність прикладного математика потребує їх узгодженого та інтегрованого застосування. Метою статті є теоретичне обґрунтування проєктного навчання на рівні освітньої програми як засобу подолання такої фрагментації, виявлення ключових механізмів інтеграції знань та ілюстрація можливостей цього підходу на прикладі досвіду Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Методологічну основу дослідження становлять аналіз, синтез, порівняння й узагальнення наукових джерел з проблем проєктного навчання, міждисциплінарної математичної освіти та перенесення знань у нові контексти, а також концептуальне моделювання і якісний кейс-аналіз. Показано, що педагогічний потенціал такого формату визначається включенням студентів у повний цикл прикладного моделювання, системним поєднанням знань з кількох дисциплін, орієнтацією на автентичну задачу та створенням відчутного результату у формі артефактів проєкту. На прикладі студентського проєкту з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку продемонстровано, що проєкт, інтегрований в освітню програму, створює умови для переходу від ізольованого засвоєння математичних методів до їх узгодженого використання під час розв'язання реальної проблеми. Зроблено висновок, що проєктне навчання на рівні освітньої програми є методично продуктивним підходом до подолання фрагментації математичної підготовки майбутніх прикладних математиків.

Ключові слова: інтеграція теорії і практики, математична підготовка, математичне моделювання, міждисциплінарне навчання, освітня програма, прикладна математика, проєктне навчання, фрагментація знань.

ВСТУП

У сучасній вищій освіті підготовка з прикладної математики вимагає не лише засвоєння математичних теорій, методів і алгоритмів, а й здатності застосовувати їх до аналізу реальних об'єктів, процесів і систем. Водночас у практиці університетського навчання така підготовка нерідко вибудовується як сукупність відносно автономних дисциплін, кожна з яких має власну логіку, зміст і систему оцінювання. За такої організації студент послідовно опановує математичний аналіз, диференціальні рівняння, теорію ймовірностей, чисельні методи, оптимізацію, аналіз даних і програмування, однак далеко не завжди отримує цілісний досвід їх спільного використання в межах однієї прикладної задачі. Унаслідок цього зв'язки між математичним змістом, моделюванням, алгоритмізацією, програмною реалізацією та інтерпретацією результатів залишаються для студентів недостатньо очевидними (Nakakoji & Wilson, 2020; Williams et al., 2016; Roth, 2020).

Проблема фрагментації між теорією і практикою в підготовці з прикладної математики має системний характер. Йдеться не лише про абстрактність окремих тем, а про те, що студент рідко проходить повний цикл роботи з реальною проблемою: від аналізу предметної області та побудови математичної моделі до вибору методу, алгоритмізації, програмної реалізації, перевірки й змістовної інтерпретації результату. Дослідження з міждисциплінарної

математичної освіти показують, що перенесення математичного навчання в нові контексти не відбувається автоматично і потребує спеціально організованих освітніх ситуацій, у яких математичні знання функціонують як ресурс розв'язання складної задачі (Nakakoji & Wilson, 2020; Williams & Roth, 2019; Goos et al., 2023). Для підготовки майбутніх прикладних математиків це особливо важливо, оскільки професійна діяльність у цій галузі передбачає системне поєднання математичних, алгоритмічних, програмних і предметно-прикладних знань.

Одним із найбільш перспективних підходів до подолання такого розриву в сучасній вищій освіті вважають проєктно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning, PBL). У цьому дослідженні PBL розуміється як підхід до організації навчання, за якого засвоєння знань і формування вмінь відбуваються в процесі роботи над комплексною практично значущою задачею, що завершується створенням відчутного результату або продукту (Guo et al., 2020). Узагальнювальні огляди фіксують позитивний зв'язок PBL з когнітивними, афективними та поведінковими результатами навчання, зростанням залученості студентів і посиленням практичної спрямованості освітнього процесу (Guo et al., 2020; Sánchez-García & Reyes-de-Cózar, 2025). Дослідження в окремих галузях вищої освіти також показують, що PBL може сприяти розвитку співпраці, міжособистісних компетентностей, самооцінки та відповідальності за результат (Belwal et al., 2021; Crespi et al., 2022; Marnewick, 2023). Водночас у багатьох публікаціях проєктне навчання описано переважно як формат, реалізований у межах окремого курсу або модуля. Саме тому для прикладної математики принциповим стає питання не лише про доцільність PBL як такого, а про рівень його організації та здатність виконувати інтеграційну функцію щодо кількох дисциплін.

У STEM-, математичній та інженерній освіті потенціал PBL також зафіксовано досить виразно. Зокрема, дослідження повідомляють про його позитивний вплив на досягнення, самооцінку, проблемно-орієнтоване мислення та професійно релевантні вміння, хоча підкреслюють і наявність методичних труднощів упровадження (Bilgin et al., 2015; Othman et al., 2010; Himmi et al., 2025; Wang & Somasundram, 2025). У роботах з інженерної освіти окремо наголошується, що проєктна діяльність може реалізовуватися на різних рівнях, зокрема в межах окремого курсу, групи курсів, проєктного модуля або всієї освітньої програми, і саме цей рівень визначає функції проєкту в освітньому процесі (Chen et al., 2021; Lavado-Anguera et al., 2024; Ramírez de Dampierre et al., 2024; Van den Beemt et al., 2020). Для підготовки з прикладної математики це має принципове значення, оскільки джерело фрагментації виникає не в межах однієї дисципліни, а на стику кількох навчальних компонентів.

У попередній публікації авторів було окреслено загальну схему освітнього процесу та базові організаційні засади PBL у підготовці студентів з прикладної математики (Akhiezer et al., 2023). У цій статті фокус зосереджено на іншому аспекті: обґрунтуванні того, яким чином PBL на рівні освітньої програми може зменшувати фрагментацію між теорією і практикою в підготовці майбутніх прикладних математиків. Саме цей рівень організації видається перспективним, оскільки дає змогу розглядати проєкт не як тематичне продовження окремого курсу, а як інтеграційний освітній простір, у якому поєднуються знання з різних дисциплін відповідно до структури прикладної задачі.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні PBL на рівні освітньої програми як засобу подолання фрагментації між теорією і практикою в підготовці бакалаврів з прикладної математики та в ілюстрації педагогічних можливостей такого підходу на прикладі досвіду Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ»). Для досягнення цієї мети було поставлено такі **завдання**:

- проаналізувати наукові підходи до проблеми розриву між теорією і практикою в математичній, STEM- та інженерній освіті;

- узагальнити потенціал PBL як засобу інтеграції знань і переносу в нові контексти;
- обґрунтувати специфіку PBL на рівні освітньої програми порівняно з його реалізацією в межах окремої дисципліни;
- виокремити механізми, через які такий формат сприяє подоланню фрагментації;
- проілюструвати дію запропонованої логіки на прикладі реального студентського проєкту.

МЕТОДОЛОГІЯ

Дослідження виконано в логіці теоретико-методичного аналізу з елементами якісного кейс-аналізу. Такий дизайн обрано з огляду на мету статті, яка полягає не в статистичному вимірюванні ефективності окремої локальної педагогічної інтервенції, а в теоретичному обґрунтуванні PBL на рівні освітньої програми для підготовки з прикладної математики, виявленні механізмів його інтеграційного потенціалу та ілюстрації можливостей практичної реалізації на основі реального освітнього досвіду.

Методологічну основу дослідження становили кілька взаємопов'язаних груп методів. На теоретичному рівні використано аналіз, синтез, порівняння та узагальнення наукових джерел, присвячених проєктному навчанню у вищій освіті, інтеграції теорії і практики, міждисциплінарному навчанню, математичній освіті та переносу знань у нові навчальні й професійно наближені контексти (Guo et al., 2020; Nakakoji & Wilson, 2020; Goos et al., 2023; Chen et al., 2021). Для побудови авторської моделі використано метод концептуального моделювання, який дав змогу перейти від сукупності окремих теоретичних положень до цілісного уявлення про PBL на рівні освітньої програми як інтеграційний освітній простір. Емпірично-ілюстративний компонент дослідження реалізовано через якісний кейс-аналіз одного зі студентських проєктів, виконаних у практиці кафедри «Комп'ютерна математика і аналіз даних» НТУ «ХПІ».

Базою дослідження слугували освітній досвід кафедри, практика виконання студентських проєктів у підготовці з прикладної математики, а також матеріали, пов'язані з організацією відповідної освітньої діяльності. У фокусі аналізу перебувала не окрема навчальна дисципліна, а логіка організації проєктної діяльності на рівні освітньо-професійної програми «Інтелектуальний аналіз даних» спеціальності Прикладна математика, за якої проєкт функціонує як інтеграційний компонент щодо кількох дисциплін. Як учасників такої практики розглядали студентські проєктні команди, залучені до виконання комплексних міждисциплінарних завдань.

Процедура дослідження охоплювала кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснювався аналіз наукової літератури щодо проблеми розриву між теорією і практикою, зокрема в математичній, STEM- та інженерній освіті. На другому етапі виявлялися обмеження такого підходу до PBL, за якого проєктна діяльність реалізується переважно в межах окремої дисципліни або курсу. На третьому етапі на основі узагальнення теоретичних положень і власного освітнього досвіду було концептуалізовано логіку PBL на рівні освітньої програми у підготовці з прикладної математики. На четвертому етапі визначено ключові механізми, через які такий формат сприяє подоланню фрагментації між теорією і практикою. На п'ятому етапі проведено якісний аналіз конкретного студентського проєкту як ілюстрації дії запропонованого підходу.

Як джерела збирання даних використано тексти сучасних наукових публікацій, нормативні та освітньо-методичні документи, матеріали проєктної практики кафедри, а також опис структури, змісту та підзадач ілюстративного проєкту. Оброблення даних здійснювалося

шляхом якісного тематичного аналізу, логічного зіставлення положень наукових джерел з практикою організації проєктного навчання та подальшого узагальнення результатів у формі концептуальної моделі. Такий підхід дав змогу зберегти методологічну прозорість дослідження і водночас уникнути штучного розширення емпіричної частини там, де метою статті є насамперед теоретичне осмислення й методичне структурування освітнього досвіду.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Фрагментація між теорією і практикою як системна проблема підготовки з прикладної математики. У межах підготовки з прикладної математики розрив між теоретичним навчанням і практичним застосуванням знань виявляється не стільки в «надмірній абстрактності» окремих дисциплін, скільки в тому, що студент рідко працює з цілісною задачею, структура якої вимагає одночасного залучення кількох навчальних компонентів. У традиційно організованому навчанні знання накопичуються за дисциплінами, тоді як професійна задача постає як комплексна система обмежень, параметрів, моделей, алгоритмів і критеріїв якості результату. Через це студент часто опановує математичні інструменти коректно на рівні навчальних вправ, але не набуває достатнього досвіду їх зіставлення, комбінування та доречного вибору в умовах відкритої прикладної проблеми (Nakakoji & Wilson, 2020; Williams et al., 2016; Williams & Roth, 2019).

Фрагментація проявляється принаймні у п'яти взаємопов'язаних вимірах. Перший вимір стосується роз'єднаності дисциплінарного змісту: математичний аналіз, диференціальні рівняння, ймовірнісні методи, оптимізація, чисельні методи, програмування та інші освітні компоненти вивчаються послідовно, але не обов'язково збираються в єдину інтелектуальну дію. Другий пов'язаний з переважанням задач із наперед заданою математичною формою, коли студенту не потрібно самостійно переходити від опису реального об'єкта до формалізованої моделі. Третій вимір виявляється в труднощах переносу: знання з одного курсу не завжди актуалізуються під час розв'язання нової задачі, якщо сам формат навчання не створює ситуації такого переносу. Четвертий полягає в слабкій включеності предметного контексту, через що математичний апарат сприймається як самодостатній, а не як інструмент дослідження реальних систем. П'ятий вимір пов'язаний з мотиваційною площиною: якщо навчальний матеріал не включено в діяльність із помітним практичним результатом, знижується відчуття його професійної значущості (Goos et al., 2023; Roth, 2020).

З огляду на це проблему доцільно трактувати не як окрему методичну ваду певного курсу, а як наслідок такої організації освітнього процесу, за якої зв'язки між дисциплінами залишаються переважно імпліцитними. Для підготовки майбутнього прикладного математика це критично, оскільки його професійна діяльність передбачає не відтворення ізольованих процедур, а побудову узгодженого ланцюга дій: від аналізу проблемної ситуації до математичної моделі, алгоритму, програмної реалізації та інтерпретації результатів. Відтак подолання фрагментації потребує не локального «додавання практичних прикладів», а такої організації навчання, у якій інтеграція знань є не побічним ефектом, а обов'язковою умовою успішного виконання завдання.

PBL на рівні освітньої програми як концептуальна модель подолання фрагментації. Запропонована концептуальна модель виходить із того, що проєктне навчання може виконувати різні функції залежно від рівня його організації. Якщо проєкт існує в межах однієї дисципліни, він переважно поглиблює або прикладно розгортає саме її зміст. Якщо ж проєкт організовано на рівні освітньої програми, він починає виконувати інтеграційну функцію: не ілюструє окремий курс, а зводить у спільне поле знання з кількох курсів, які

студенти вже опанували або опановують паралельно. Саме цю різницю між рівнями реалізації проєктного навчання наголошують сучасні огляди інженерної освіти, у яких окремо розрізняються формати, реалізовані в межах окремого курсу, групи взаємопов'язаних курсів, окремого проєктного модуля та освітньої програми загалом (Chen et al., 2021; Lavado-Anguera et al., 2024; Ramírez de Dampierre et al., 2024).

У такій моделі проєкт не є частиною конкретної дисципліни й не обмежується її дидактичними межами. Навпаки, він задається як окремо організований освітній простір, у якому структура практичної задачі визначає набір потрібних математичних, алгоритмічних, програмних і предметних засобів. Завдяки цьому логіка роботи студента змінюється: замість руху від теми курсу до прикладу він рухається від проблеми до добору та поєднання інструментів, необхідних для її розв'язання. Такий підхід узгоджується із ширшим баченням міждисциплінарної освіти, де інтеграція має стосуватися не лише змісту, а й структури навчальної діяльності та організації підтримки студентів (Van den Beemt et al., 2020).

Важливою ознакою цієї моделі є її динамічність у межах усієї освітньої програми. На різних етапах навчання проєкти можуть спиратися на різний обсяг дисциплінарної бази, що дає змогу поступово ускладнювати і самі задачі, і способи їх розв'язання. На молодших курсах проєкт може інтегрувати базові засоби математичного моделювання, елементи програмування та прості чисельні процедури. На старших курсах до нього природно залучаються багатовимірні оптимізація, аналіз даних, складніші моделі, робота з обмеженнями та більш вимоглива програмна реалізація. Така побудова дозволяє не просто урізноманітнити навчання, а створити послідовну траєкторію інтеграції знань у межах усієї освітньої програми. І в такому розумінні проєкт є не допоміжною формою активізації навчання, а центральним інтеграційним механізмом освітньої програми.

Механізми подолання фрагментації в межах запропонованої моделі. Інтеграційний потенціал PBL на рівні освітньої програми реалізується через сукупність взаємопов'язаних механізмів. Першим із них є включення студента в повний цикл прикладного моделювання. У такому форматі математичні знання перестають функціонувати як ізольовані елементи навчального матеріалу, оскільки кожен із них набуває місця в загальній логіці розв'язання задачі: аналіз вихідної ситуації, побудова моделі, вибір методу, алгоритмізація, програмна реалізація, перевірка та інтерпретація. Саме цілісність цього ланцюга створює умови для осмисленого використання теорії та узгоджується з підходами, що пов'язують глибоке навчання з роботою над змістовними проєктними задачами (Miller & Krajcik, 2019).

Другий механізм полягає в системному поєднанні знань з кількох дисциплін. Йдеться не про формальне згадування різних курсів у межах одного завдання, а про таку організацію проєкту, за якої жоден окремий предметний блок не є достатнім для досягнення результату. Студент змушений не лише пригадати вивчене, а й співвіднести різні інструменти, оцінити їх доречність і побудувати між ними робочі зв'язки. У цій ситуації міждисциплінарність виступає не декларацією, а операційною умовою діяльності, що відповідає сучасному трактуванню STEM-PBL та міждисциплінарної математичної освіти (Sahin, 2013; Goos et al., 2023).

Третій механізм пов'язаний з автентичністю задачі та наявністю матеріалізованого результату. Коли навчальна діяльність завершується не лише відповіддю на умовну вправу, а створенням програмного продукту, моделі, звіту чи презентації для публічного представлення, підвищується значущість коректності рішень, аргументованості вибору та якості виконання. У такому форматі студент працює не лише на засвоєння змісту, а й на досягнення результату, який має бути придатним для демонстрації, обговорення та оцінювання. Цю логіку підтримують дослідження PBL у консалтингових, виробничих, інженерних і математичних контекстах, де видимий продукт посилює відповідальність студентів та їхню взаємодію (Belwal

et al., 2021; Castaldi & Mimmo, 2019; Caridade & Pimenta, 2023; Marnewick, 2023).

Четвертий механізм пов'язаний із самим рівнем організації проекту. Винесення проектної діяльності за межі однієї дисципліни дозволяє уникнути ситуації, коли проект автоматично зводиться до тематичного продовження певного курсу. Натомість він набуває ролі інтегратора, який природно об'єднує ті знання, що справді потрібні для розв'язання задачі на певному етапі підготовки. Узагальнення цих механізмів подано в Таблиці 1.

Таблиця 1

Механізми подолання фрагментації між теорією і практикою у підготовці з прикладної математики

Проблема	Елемент моделі	Педагогічний ефект
Знання засвоюються як ізольовані дисциплінарні блоки	Проект організовано на рівні освітньої програми, а не окремого курсу	Формується цілісне бачення професійної задачі та зв'язків між дисциплінами
Теоретичні методи сприймаються поза логікою їх практичного застосування	Повний цикл прикладного моделювання	Посилюється розуміння функції математичних методів, умов і меж їх використання
Студенти зазнають труднощів у перенесенні знань у нові контексти	Комплексна задача, що вимагає добору й поєднання різних інструментів	Розвивається здатність до переносу, порівняння й комбінування знань
Навчальна діяльність не завжди має відчутний професійний сенс	Автентична задача, артефакти проекту, презентація та публічний захист	Підвищується мотивація, відповідальність і усвідомлення професійної значущості дисциплін

Складено авторами особисто

Як видно з Таблиці 1, педагогічний ефект запропонованого підходу визначається не окремим елементом PBL самим по собі, а узгодженою дією кількох механізмів, які разом перетворюють проект на засіб інтеграції дисциплінарно роз'єднаних знань у цілісний досвід розв'язання прикладної задачі.

Ілюстративний кейс: проект з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку. Проілюструємо запропонований підхід на прикладі одного з виконаних студентами II курсу проектів з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку. Перед студентською командою було поставлено завдання розробити програмне забезпечення, яке за заданою конфігурацією веж дає змогу визначити такий розподіл потужностей передавачів, за якого площа покриття мережі є максимальною. Уже на рівні первинного формулювання видно, що ця задача не збігається зі структурою жодної окремої дисципліни і не допускає розв'язання за допомогою одного готового методу.

Зміст проекту вимагав поєднання принаймні чотирьох типів дисциплінарного ресурсу. Радіофізичні знання були необхідні для опису залежності між потужністю передавача та параметрами зони покриття. Обчислювальна геометрія була потрібна для коректного обчислення сумарної площі за наявності перетинів між окремими зонами. Багатовимірною оптимізацією забезпечувала постановку задачі пошуку найкращого розподілу потужностей. Програмування було потрібне для реалізації алгоритмів, тестування та отримання працездатного інструменту. Логіка саме такого типу проектів уже окреслювалася в попередніх

методичних напрацюваннях авторів щодо організації PBL у підготовці з прикладної математики (Akhiezer et al., 2023).

У процесі виконання проєкту студенти мали побудувати не одну, а кілька взаємопов'язаних моделей: модель зони покриття окремої вежі; модель зв'язку між потужністю передавача та радіусом покриття; модель сумарної зони покриття мережі як цільової функції оптимізації. Навчальна складність полягала не лише в наявності цих моделей, а в потребі узгодити їх у межах спільної обчислювальної логіки, обрати спосіб обчислення, врахувати обмеження та перевести математичний опис у програмну реалізацію.

Особливу цінність кейсу становить наявність прихованих нетривіальних підзадач, які не є очевидними з первинного запиту замовника. До них належать формалізація конфігурації мережі, вибір способу подання зон покриття, обчислення площі об'єднання кількох зон у разі їх перекриття, побудова цільової функції, вибір методу пошуку екстремуму та перевірка працездатності програмного рішення. Саме такі інтелектуальні переходи й створюють ситуацію, у якій студент мусить зібрати розрізнені знання в цілісну конструкцію.

Міждисциплінарну структуру кейсу узагальнено в Таблиці 2.

Таблиця 2

Етапи і міждисциплінарне наповнення проєкту з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку

Етап проєкту	Потрібні дисципліни	Тип знань	Очікуваний результат
1. Формалізація задачі та параметрів мережі	Математичне моделювання, програмування	Виокремлення змінних, параметрів, обмежень	Узгоджене формулювання задачі та структура вхідних даних
2. Побудова моделі зони покриття окремої вежі	Радіофізика, математичне моделювання	Ідеалізація об'єкта, вибір параметрів моделі	Математичний опис зони покриття
3. Встановлення залежності між потужністю і радіусом покриття	Радіофізика, елементи функціонального аналізу	Інтерпретація фізичних параметрів, побудова залежності	Функція або алгоритм визначення радіуса покриття
4. Обчислення сумарної площі покриття	Обчислювальна геометрія, чисельні методи	Робота з геометричними об'єктами, обчислювальні процедури	Процедура обчислення цільової функції
5. Оптимізація розподілу потужностей	Багатовимірна оптимізація, чисельні методи	Побудова цільової функції, вибір методу пошуку оптимуму	Алгоритм пошуку оптимального розподілу
6. Програмна реалізація та перевірка	Програмування, тестування	Реалізація алгоритмів, перевірка коректності	Працездатне програмне забезпечення
7. Представлення результатів	Проектна діяльність, технічна комунікація	Інтерпретація, аргументація, візуалізація	Звіт, презентація, публічний захист

Складено авторами особисто

Цей кейс показує, що інтеграція теорії і практики досягається не за рахунок спрощення математичного змісту, а через включення його в реальну проблемну ситуацію, де кожен елемент знання отримує конкретну функцію в спільному рішенні. Саме тому PBL на рівні освітньої програми можна розглядати як дієвий засіб подолання фрагментації в підготовці з прикладної математики.

ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати загалом узгоджуються із сучасними уявленнями про PBL як підхід, що посилює зв'язок навчання з реальними контекстами, підвищує залученість студентів і створює кращі умови для осмисленого застосування знань (Guo et al., 2020; Sánchez-García & Reyes-de-Cózar, 2025). Водночас проведений аналіз дає підстави уточнити це загальне положення стосовно підготовки з прикладної математики. Для неї принциповим є не сам факт використання PBL, а той рівень, на якому він організований, а також внутрішня структура проєкту. Якщо проєкт зводиться до прикладного розширення окремої дисципліни, він може підсилювати мотивацію та активність студентів, проте не обов'язково долає системну роз'єднаність знань, що виникає між кількома навчальними компонентами програми.

У цьому сенсі запропонований підхід конкретизує той напрям, який у сучасних дослідженнях окреслюється як перехід від локальних форм PBL до ширших форматів його реалізації. Наявні праці вже показують, що проєктне навчання може існувати на різних рівнях, зокрема в межах окремого курсу, групи курсів або цілісної освітньої конструкції, але рівень освітньої програми досі описано менш чітко, ніж реалізації на рівні окремого курсу (Chen et al., 2021; Lavado-Anguera et al., 2024; Ramírez de Dampierre et al., 2024). Саме тому новизна запропонованого підходу полягає не в повторному твердженні про корисність PBL, а в акценті на його інтеграційній функції в межах усєї освітньої програми з прикладної математики.

Важливим є й те, що результати дослідження дозволяють інакше подивитися на роль математичного знання в міждисциплінарному навчанні. У частині сучасних STEM-підходів математика фактично розглядається як інструментальна підтримка для інших галузей. Запропонований підхід, навпаки, виходить з того, що в підготовці прикладної математики математичний компонент не має розчинятися у загальній міждисциплінарності. Його роль полягає в забезпеченні логіки формалізації, побудови моделі, вибору методу, обґрунтування алгоритму та інтерпретації результату. Саме тому інтеграція в цій моделі не означає послаблення математичної строгості, а передбачає включення математичних знань у повний цикл роботи з реальною проблемою, що узгоджується з теоретичними підходами до міждисциплінарної математичної освіти (Williams et al., 2016; Williams & Roth, 2019; Roth, 2020; Goos et al., 2023).

Показовим у цьому аспекті є ілюстративний кейс з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку. Його аналіз підтверджує, що освітня цінність проєкту визначається не лише тематичною близькістю до професійної практики, а передусім тим, що він примушує студентів здійснювати серію переходів між різними типами знання: від предметного опису до математичної моделі, від моделі до обчислювальної процедури, від алгоритму до програмного продукту, а від результату до його пояснення та публічного захисту. Саме ці переходи найчастіше випадають із традиційної дисциплінарної організації навчання, хоча вони є центральними для реальної діяльності прикладної математики. У цьому сенсі кейс підтверджує не просто прикладну цінність PBL, а його здатність формувати професійно релевантний досвід інтегрованого застосування знань. Таке тлумачення узгоджується з даними про позитивний вплив PBL на проблемно-орієнтоване мислення, самооцінку та готовність до

практичної діяльності в математичних та інженерних контекстах (Bilgin et al., 2015; Othman et al., 2010; Wang & Somasundram, 2025).

Разом із тим запропоновані положення мають певні **обмеження**. По-перше, ця стаття має теоретико-методичний характер, тому її висновки не слід інтерпретувати як статистичне доведення ефективності підходу. По-друге, використаний кейс виконує ілюстративну, а не репрезентативну функцію, тому не дає підстав для широких емпіричних узагальнень. По-третє, підхід осмислюється на основі досвіду однієї освітньої програми, а отже, подальші дослідження мають показати, якою мірою він відтворюється в інших інституційних і дисциплінарних контекстах.

Отже, проведене дослідження дозволяє стверджувати, що основний потенціал PBL у підготовці з прикладної математики пов'язаний не лише з активізацією навчання, а передусім із можливістю перебудувати саму логіку взаємодії між дисциплінами, задачами та результатами. Саме на цьому рівні проєктний формат, інтегрований в освітню програму, може розглядатися як засіб подолання фрагментації між теорією і практикою.

ВИСНОВКИ

У підготовці з прикладної математики проєктно-орієнтоване навчання на рівні освітньої програми доцільно розглядати як дієвий засіб подолання фрагментації між теорією і практикою. На відміну від локального використання проєктів у межах окремих дисциплін, такий формат виконує інтеграційну функцію: поєднує зміст кількох курсів, включає студента в повний цикл прикладного моделювання та забезпечує перехід від теоретичних знань до створення практично значущого результату.

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що джерело фрагментації полягає не лише у предметній розмежованості навчальних курсів, а насамперед у відсутності таких освітніх ситуацій, у яких інтеграція знань є необхідною умовою розв'язання задачі. Саме тому локальне посилення практичної складової в межах окремих дисциплін не усуває проблему повною мірою, тоді як проєктно-орієнтоване навчання на рівні освітньої програми створює умови для системного поєднання математичних, алгоритмічних, програмних і предметно-прикладних знань.

Ключовими механізмами реалізації цього потенціалу є повний цикл прикладного моделювання, міждисциплінарне поєднання знань, орієнтація на автентичну задачу та створення відчутного результату у формі артефактів проєкту. У сукупності ці механізми змінюють сам характер навчальної діяльності: студент не лише відтворює окремі методи, а вчиться добирати, узгоджувати й застосовувати їх відповідно до структури комплексної прикладної проблеми.

Аналіз ілюстративного кейсу з оптимізації покриття мережі мобільного зв'язку підтвердив, що в межах проєктно-орієнтованого навчання на рівні освітньої програми знання з різних дисциплін починають функціонувати як взаємопов'язані ресурси розв'язання реальної задачі, а не як ізольовані навчальні блоки. Це дає підстави розглядати запропонований підхід не лише як концептуальну конструкцію, а як методично продуктивний спосіб організації підготовки майбутніх прикладних математиків.

Перспективи подальших досліджень пов'язані передусім із емпіричним зіставленням проєктно-орієнтованого навчання на рівні освітньої програми з моделями, у яких проєктна діяльність реалізується лише в межах окремих дисциплін. Окремого вивчення потребують розроблення інструментів оцінювання рівня інтеграції знань у студентських проєктах, а також дослідження того, як змінюється характер міждисциплінарних зв'язків і складність проєктів

упродовж усієї освітньої програми. Перспективним є також аналіз впливу такої моделі на перенесення знань у нові контексти, на формування професійно релевантного мислення та на готовність студентів до роботи з комплексними прикладними задачами. Ці напрями дозволять уточнити межі застосовності запропонованого підходу та поглибити його методичне обґрунтування.

Список використаної літератури

1. Akhiezer O. B., Haluza O. A., Savchenko A. O., Protsay N. T., Aslandukov M. O. Methodology of project-based learning for training junior students in applied mathematics: General scheme of the educational process. *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. Vol. 2611. № 1. Art. 012005. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012005>
2. Belwal R., Belwal S., Sufian A. B., Al Badi A. Project-based learning (PBL): Outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. *Education + Training*. 2021. Vol. 63. № 3. P. 336–359. DOI: <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>
3. Bilgin I., Karakuyu Y., Ay Y. The effects of project based learning on undergraduate students' achievement and self-efficacy beliefs towards science teaching // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2015. Vol. 11. № 3. P. 469–477. DOI: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1015a>
4. Caridade C. R. M., Pimenta C. Project-based learning in a collaborative environment: A math study. *The Barcelona Conference on Education 2023: Official Conference Proceedings*. 2023. P. 421–432. DOI: <https://doi.org/10.22492/issn.2435-9467.2023.33>
5. Castaldi P., Mimmo N. An experience of project based learning in aerospace engineering. *IFAC-PapersOnLine*. 2019. Vol. 52. № 12. P. 484–489. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.290>
6. Chen J., Kolmos A., Du X. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education*. 2021. Vol. 46. № 1. P. 90–115. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615>
7. Crespi P., García-Ramos J. M., Queiruga-Dios M. Project-based learning (PBL) and its impact on the development of interpersonal competences in higher education. *Journal of New Approaches in Educational Research*. 2022. Vol. 11. № 2. P. 259–276. DOI: <https://doi.org/10.7821/naer.2022.7.993>
8. Goos M., Carreira S., Namukasa I. K. Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM – Mathematics Education*. 2023. Vol. 55. № 7. P. 1199–1217. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
9. Guo P., Saab N., Post L. S., Admiraal W. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*. 2020. Vol. 102. Art. 101586. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
10. Himmi N., Armanto D., Amry Z. Implementation of project based learning (PjBL) in mathematics education: A systematic analysis of international practices and theoretical foundations. *Science Insights Education Frontiers*. 2025. Vol. 26. № 2. P. 4305–4321. DOI: <https://doi.org/10.15354/sief.25.or699>
11. Lavado-Anguera S., Velasco-Quintana P.-J., Terrón-López M.-J. Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14. № 6. Art. 617. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
12. Marnewick C. Student experiences of project-based learning in agile project management education. *Project Leadership and Society*. 2023. Vol. 4. Art. 100096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100096>
13. Miller E. C., Krajcik J. S. Promoting deep learning through project-based learning: A design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. 2019. Vol. 1. Art. 7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>
14. Nakakoji Y., Wilson R. Interdisciplinary learning in mathematics and science: Transfer of learning for 21st century problem solving at university. *Journal of Intelligence*. 2020. Vol. 8. № 3. Art. 32. DOI: <https://doi.org/10.3390/jintelligence8030032>
15. Othman H., Buntat Y., Sulaiman A., Mohd Salleh B., Herawan T. Applied mathematics cans

enhance employability skills through PBL. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2010. Vol. 8. P. 332–337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.046>

16. Ramírez de Dampierre M., Gaya-López M. C., Lara-Bercial P. J. Evaluation of the implementation of project-based-learning in engineering programs: A review of the literature. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14. № 10. Art. 1107. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14101107>

17. Roth W.-M. Interdisciplinary approaches in mathematics education // *Encyclopedia of mathematics education* / ed. by S. Lerman. 2nd ed. Cham : Springer, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_82

18. Sahin A. STEM project-based learning. *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* / R. M. Capraro, M. M. Capraro, J. R. Morgan (Eds.). Rotterdam: SensePublishers, 2013. P. 177–183. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_7

19. Sánchez-García R., Reyes-de-Cózar S. Enhancing project-based learning: A framework for optimizing structural design and implementation. A systematic review with a sustainable focus. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. № 11. Art. 4978. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17114978>

20. Van den Beemt A., MacLeod M., Van der Veen J., Van de Ven A., van Baalen S., Klaassen R., Boon M. Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of Engineering Education*. 2020. Vol. 109. № 3. P. 508–555. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20347>

21. Wang J., Somasundram P. Effect of STEM-PBL advanced mathematics course on engineering students' problem-solving ability in higher vocational college. *Frontiers in Education*. 2025. Vol. 10. Art. 1628482. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1628482>

22. Williams J., Roth W.-M. Theoretical perspectives on interdisciplinary mathematics education. *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art and beyond* / B. Doig, J. Williams, D. Swanson, P. Drake, R. Borromeo Ferri (Eds.). Cham: Springer, 2019. P. 13–34. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_3

23. Williams J., Roth W.-M., Swanson D., Doig B., Groves S., Omuvwie M., Borromeo Ferri R., Mousoulides N. *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art*. Cham: Springer, 2016. 38 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42267-1>

References

Akhiiezer, O. B., Haluza, O. A., Savchenko, A. O., Protsay, N. T., Lyubchik, L. M., & Aslandukov, M. O. (2023). Methodology of project-based learning for training junior students in applied mathematics: General scheme of the educational process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611 (1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012005>

Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A. B., & Al Badi, A. (2021). Project-based learning (PBL): Outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. *Education + Training*, 63 (3), 336–359. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>

Bilgin, I., Karakuyu, Y., & Ay, Y. (2015). The effects of project based learning on undergraduate students' achievement and self-efficacy beliefs towards science teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11 (3), 469–477. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1015a>

Caridade, C. R. M., & Pimenta, C. (2023). Project-based learning in a collaborative environment: A math study. In *The Barcelona Conference on Education 2023: Official Conference Proceedings* (pp. 421–432). <https://doi.org/10.22492/issn.2435-9467.2023.33>

Castaldi, P., & Mimmo, N. (2019). An experience of project based learning in aerospace engineering. *IFAC-PapersOnLine*, 52 (12), 484–489. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.290>

Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education*, 46 (1), 90–115. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615>

Crespí, P., García-Ramos, J. M., & Queiruga-Dios, M. (2022). Project-based learning (PBL) and its impact on the development of interpersonal competences in higher education. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 11 (2), 259–276. <https://doi.org/10.7821/naer.2022.7.993>

- Goos, M., Carreira, S., & Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM – Mathematics Education*, 55 (7), 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
- Himmi, N., Armanto, D., & Amry, Z. (2025). Implementation of project based learning (PjBL) in mathematics education: A systematic analysis of international practices and theoretical foundations. *Science Insights Education Frontiers*, 26 (2), 4305–4321. <https://doi.org/10.15354/sief.25.or699>
- Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P.-J., & Terrón-López, M.-J. (2024). Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. *Education Sciences*, 14 (6), 617. <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
- Marnewick, C. (2023). Student experiences of project-based learning in agile project management education. *Project Leadership and Society*, 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100096>
- Miller, E. C., & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: A design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1, 7. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>
- Nakakoji, Y., & Wilson, R. (2020). Interdisciplinary learning in mathematics and science: Transfer of learning for 21st century problem solving at university. *Journal of Intelligence*, 8 (3), 32. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8030032>
- Othman, H., Buntat, Y., Sulaiman, A., Mohd Salleh, B., & Herawan, T. (2010). Applied mathematics cans enhance employability skills through PBL. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 8, 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.046>
- Ramírez de Dampierre, M., Gaya-López, M. C., & Lara-Bercial, P. J. (2024). Evaluation of the implementation of project-based-learning in engineering programs: A review of the literature. *Education Sciences*, 14 (10), 1107. <https://doi.org/10.3390/educsci14101107>
- Roth, W.-M. (2020). Interdisciplinary approaches in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (2nd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_82
- Sahin, A. (2013). STEM project-based learning. In R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. R. Morgan (Eds.), *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (pp. 177–183). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_7
- Sánchez-García, R., & Reyes-de-Cózar, S. (2025). Enhancing project-based learning: A framework for optimizing structural design and implementation. A systematic review with a sustainable focus. *Sustainability*, 17 (11), 4978. <https://doi.org/10.3390/su17114978>
- Van den Beemt, A., MacLeod, M., Van der Veen, J., Van de Ven, A., van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of Engineering Education*, 109 (3), 508–555. <https://doi.org/10.1002/jee.20347>
- Wang, J., & Somasundram, P. (2025). Effect of STEM-PBL advanced mathematics course on engineering students' problem-solving ability in higher vocational college. *Frontiers in Education*, 10, 1628482. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1628482>
- Williams, J., & Roth, W.-M. (2019). Theoretical perspectives on interdisciplinary mathematics education. In B. Doig, J. Williams, D. Swanson, P. Drake, & R. Borromeo Ferri (Eds.), *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art and beyond* (pp. 13–34). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_3
- Williams, J., Roth, W.-M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., Borromeo Ferri, R., & Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42267-1>

Стаття надійшла до редакції 16.03.2026

Прийнято до друку 18.06.2026

Опубліковано 24.06.2026

INTEGRATION OF THEORY AND PRACTICE IN THE TRAINING OF APPLIED MATHEMATICIANS: PROJECT-BASED LEARNING AT THE EDUCATIONAL PROGRAM LEVEL

Alla Savchenko

<https://orcid.org/0000-0001-9309-1797>

PhD (Physics & Mathematics), Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Physics,
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
2 Kyrpychova Str., 61002, Kharkiv, Ukraine
Alla.Savchenko@kphi.edu.ua

Oleksii Haluza

<https://orcid.org/0000-0003-3809-149X>

Doctor of Sciences (Physics & Mathematics), Professor,
Professor of the Department of Computer Mathematics and Data Analysis,
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
2 Kyrpychova Str., 61002, Kharkiv, Ukraine
Oleksii.Haluza@kphi.edu.ua

Leonid Lyubchik

<https://orcid.org/0000-0003-0237-8915>

Doctor of Sciences (Technical Sciences), Professor,
Professor of the Department of Computer Mathematics and Data Analysis,
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
2 Kyrpychova Str., 61002, Kharkiv, Ukraine
Leonid.Liubchik@kphi.edu.ua

Olena Akhiezer

<https://orcid.org/0000-0002-7087-9749>

PhD (Technical Sciences), Associate Professor,
Head of the Department of Computer Mathematics and Data Analysis,
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
2 Kyrpychova Str., 61002, Kharkiv, Ukraine
Olena.Akhiezer@kphi.edu.ua

Ruslan Kryvobok

<http://orcid.org/0000-0002-2334-4434>

Doctor of Sciences (Technical Sciences), Associate Professor,
Head of the Research Department,
National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”,
2 Kyrpychova Str., 61002, Kharkiv, Ukraine
Ruslan.Krivobok@kphi.edu.ua

The article substantiates the expediency of using project-based learning at the educational program level as a means of overcoming the fragmentation between theory and practice in the training of applied mathematics students. The relevance of the study stems from the fact that, in traditionally organized instruction, knowledge from mathematical, algorithmic, and programming disciplines is often acquired in a fragmented manner, whereas the professional activity of an applied mathematician requires its coordinated and integrated use. The purpose of the article is to provide a theoretical justification for project-based learning at the educational program level as a means of overcoming this fragmentation, to identify the key mechanisms of knowledge integration, and to illustrate the potential of this approach through the experience of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». The methodological framework combines analysis, synthesis, comparison, and generalization of scholarly sources on project-based learning, interdisciplinary mathematics education, and transfer of learning to new contexts, as well as conceptual modeling and qualitative case analysis. The study shows that the pedagogical potential of this format is determined by involving students in the full cycle of applied modeling, by the systematic combination of knowledge from several disciplines, by orientation toward an authentic task, and by the creation of a tangible outcome in the form of project artifacts. Using the example of a student project on optimizing mobile network coverage, it is demonstrated that a project integrated into the educational program creates conditions for moving from the isolated mastery of mathematical methods to their coordinated use in solving a real-world problem. It is concluded that project-based learning at the educational program level is a methodologically productive approach to overcoming the fragmentation of the mathematical training of future applied mathematicians.

Keywords: *applied mathematics, educational program, interdisciplinary learning, knowledge fragmentation, mathematical modelling, mathematical training, project-based learning, theory-practice integration.*