ФОРМУВАННЯ ІНЖЕНЕРНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ЗАСОБАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ

DEVELOPING ENGINEERING THINKING IN FUTURE PHYSICS TEACHERS THROUGH EDUCATIONAL PRACTIC

УДК 378.147
DOI https://doi.org/10.32782/ip/100.42
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0



Степанчиков Д.А.,
orcid.org/0000-0003-2460-512X
канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри фізики
та методики її навчання
Житомирського державного
університету імені Івана Франка

У статті розглянуто проблему формування інженерного мислення майбутніх учителів фізики в умовах модернізації вищої педагогічної освіти та впровадження STEM-орієнтованого навчання. На основі аналізу сучасних наукових досліджень і нормативних документів обґрунтовано актуальність розвитку інженерного мислення як важливої складової професійної компетентності вчителя фізики. Визначено сутність інженерного мислення як інтегративної характеристики, що поєднує системне, аналітичне, алгоритмічне, проєктне та творче мислення, здатність до моделювання, конструювання й прийняття обґрунтованих рішень. Доведено, що ефективним середовищем його формування є навчальна практика, яка забезпечує інтеграцію теоретичної підготовки з практичною діяльністю через виконання професійно орієнтованих, дослідницьких і проєктних завдань. Особливу увагу приділено досвіду організації навчальної практики (обчислювальної) та створення STEM-проєктів в Житомирському державному університеті імені Івана Франка, зміст якої ґрунтується на міждисциплінарній інтеграції фізики, інформатики, електротехніки, методики навчання фізики та сучасних цифрових технологій. Показано, що виконання STEM-проєктів із використанням цифрових вимірювальних комплексів, платформ Arduino, технологій 3D-моделювання, цифрового виробництва сприяє розвитку системного аналізу, алгоритмічного мислення, проєктувальних і конструкторських умінь, навичок експериментування, командної взаємодії та рефлексії. Обґрунтовано, що навчальна практика, побудована відповідно до логіки інженерного проєктування, створює умови для формування професійної готовності майбутніх учителів фізики до реалізації STEM-підходів, організації дослідницької діяльності учнів і використання сучасних інженерних технологій в освітньому процесі.
Ключові слова: *інженерне мислення, навчальна практика, навчальна практика (обчислювальна), STEM-освіта, проєктна діяльність, професійна підготовка.*

The article examines the problem of developing engineering thinking in future physics teachers in the context of the modernization of higher pedagogical education and the implementation of STEM-oriented learning. Based on an analysis of contemporary research and regulatory documents, the study substantiates the importance of engineering thinking as a key component of the professional competence of physics teachers. Engineering thinking is defined as an integrative characteristic that combines systems, analytical, algorithmic, design, and creative thinking, as well as the ability to model, design, and make well-founded decisions. It is argued that educational practice provides an effective environment for developing engineering thinking by integrating theoretical knowledge with practical activities through professionally oriented, research-based, and project-based tasks. Particular attention is paid to the experience of organizing Computational Educational Practice and implementing STEM projects at Zhytomyr Ivan Franko State University. The content of this practice is based on the interdisciplinary integration of physics, computer science, electrical engineering, physics teaching methodology, and modern digital technologies. The study demonstrates that the implementation of STEM projects involving digital measurement systems, Arduino platforms, 3D modeling technologies, and digital fabrication contributes to the development of systems analysis, algorithmic thinking, design and engineering skills, experimental competence, teamwork, and reflective practice. It is concluded that educational practice organized in accordance with the engineering design process creates favorable conditions for preparing future physics teachers to implement STEM approaches, organize students' research activities, and effectively apply modern engineering technologies in the educational process.
Key words: *engineering thinking, educational practice, computational educational practice, STEM education, project-based learning, professional teacher education.*

Сучасний етап розвитку освіти в Україні характеризується інтенсивною інтеграцією наукових знань, технологій і педагогічних інновацій. В умовах переходу до STEM-орієнтованої освіти, цифровізації та Industry 4.0 особливого значення набуває підготовка педагогічних кадрів, здатних формувати в учнів комплекс компетентностей, необхідних для успішної професійної самореалізації у технологічному суспільстві. У цьому контексті формування інженерного мислення майбутніх учителів фізики постає як одна з ключових педагогічних потреб сучасної вищої освіти.

Фізика, як навчальна дисципліна традиційно виступає базовою складовою інженерно-технічної підготовки майбутніх фахівців багатьох галузей економіки. Тому, вчитель фізики має готувати учнів не просто до розв'язання стандартних задач, а і до дослідницької, конструкторської й проектної діяльності. Зазначимо, що і для самого майбутнього вчителя фізики інженерне мислення має особливе значення, оскільки воно забезпечує не лише глибоке розуміння фізичних процесів, а й уміння конструювати навчальні експерименти, прилади, моделі, що роблять фізику зрозумілою та привабливою для учнів. Саме вчитель, який володіє інженерним підходом до вирішення навчальних і методичних завдань, здатен формувати в учнів компетентності XXI століття – креативність, критичне мислення,

системність та інноваційність. Це зумовлює зміни у змісті й структурі професійної підготовки вчителя фізики, відповідно до розвитку технологій.

Різним аспектам формування інженерного мислення присвячені роботи як українських, зарубіжних педагогів, так і положення сучасної нормативно-правової бази освіти в Україні. Зокрема, Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) в Україні на 2020–2027 роки акцентує увагу на необхідності підготовки педагогів, здатних ефективно реалізовувати STEM- та STEAM-підходи в освітньому процесі. Аналіз положень Концепції дає підстави стверджувати, що успішне впровадження цих підходів безпосередньо пов'язане з формуванням інженерного мислення майбутніх учителів. Саме інженерне мислення забезпечує перехід від переважно репродуктивного засвоєння знань до творчої, дослідницької та практико орієнтованої діяльності, спрямованої на розв'язання реальних проблем, проєктування інноваційних рішень і застосування наукових знань у практичних ситуаціях [6].

Серед робіт присвячених формуванню інженерного мислення у майбутніх фахівців технічних і педагогічних напрямів варто виділити дослідження С. О. Доценко, Г. В. Касянової, А. С. Кудри**,** Ю. М Сюсюкан, О. Л. Терехіної. Зокрема, О. Л. Терехіна розглядає інженерне мислення як інтегративне утворення, що поєднує технічне, конструктивне, дослідницьке та економічне мислення. Авторка наголошує, що його формування є необхідною умовою професійної підготовки фахівців і забезпечує ефективне розв'язання інженерних завдань [5]. С. О. Доценко приділяє увагу авторському визначенню поняття **«**інженерне мислення**»**, розглядаючи його як специфічний тип розумової діяльності, спрямований на проєктування, моделювання, створення й удосконалення технічних об’єктів, а також визначає його ключові характеристики та етапи формування впродовж безперервної освіти [1].

Роботи Ю. М Сюсюкана присвячені обґрунтуванню необхідності формування інженерних компетентностей учнів у процесі навчання фізики в закладах загальної середньої освіти. Автор акцентує увагу на актуальності ранньої інженерної підготовки, аналізує сучасні освітні виклики та пропонує методи й засоби розвитку інженерних компетентностей як основи професійного самовизначення учнів і підготовки до навчання за технічними спеціальностями [4]. Поряд із дослідженнями, присвяченими сутності та структурі інженерного мислення, значна увага сучасних науковців приділяється вивченню потенціалу STEM-освіти як ефективного інструменту його формування. Зокрема, в роботах Г. В. Касянової розкрито потенціал STEM-освіти у розвитку інженерного, творчого та технологічного мислення, необхідного для сучасної педагогічної діяльності [2]. А. С. Кудра наголошує на доцільності використання інженерного дизайну як основи інтеграції природничих наук, математики й технологій, що сприяє підвищенню рівня засвоєння знань, розвитку критичного мислення та практичних умінь учнів [3].

Проте, аналіз наукових джерел свідчить, що більшість досліджень зосереджено на формуванні інженерного мислення студентів технічних спеціальностей, тоді як проблема цілісного формування інженерного мислення майбутніх учителів фізики у процесі навчальної практики залишається недостатньо висвітленою.

Метою статті є теоретичне обґрунтування потенціалу навчальної практики як засобу формування інженерного мислення майбутніх учителів фізики.

Навчальна практика є важливою складовою професійної підготовки здобувачів вищої освіти. Вона забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичною діяльністю, формування професійних компетентностей, набуття досвіду педагогічної діяльності та розвиток інженерного мислення майбутнього вчителя фізики. У процесі її проходження здобувачі освіти набувають здатності застосовувати фізичні закономірності для розв'язання практичних і технічних завдань, здійснювати проєктно-конструкторську діяльність, використовувати сучасні STEM-технології, засоби моделювання й елементи цифрового виробництва та реалізовувати інженерний підхід у професійній діяльності.

Особливістю навчальної практики є її практико-орієнтований характер, що передбачає виконання професійно значущих завдань, зміст яких інтегрує фізичні, технічні та методичні знання. У процесі її проходження здобувачі освіти здійснюють аналіз навчальних і практичних проблем, проєктують та моделюють технічні об'єкти й навчальні експерименти, добирають оптимальні способи розв'язання поставлених завдань, здійснюють експериментальну перевірку отриманих результатів та оцінюють їх ефективність. Такий характер діяльності відповідає логіці інженерного проєктування й сприяє формуванню системного, аналітичного та творчого мислення, як невід’ємних складових інженерного мислення.

Водночас значний потенціал навчальної практики зумовлений можливістю організувати освітню діяльність на засадах діяльнісного та компетентнісного підходів. Під час виконання практичних завдань майбутні вчителі фізики не тільки інтегрують знання з фізики, математики, інформатики, технологій і методики навчання, а і застосовують їх для розв'язання реальних професійних завдань. Це сприяє розвитку вмінь аналізувати фізичні явища, проєктувати технічні рішення, прогнозувати результати, оцінювати їх ефективність і вдосконалювати створені моделі.

Реалізація такого підходу в Житомирському державному університеті імені Івана Франка найбільш повно виявляється у змісті окремих видів навчальної практики, зокрема навчальної практики (обчислювальної) та навчальної практики створення STEM-проекту, які мають значний потенціал для розвитку інженерного мислення майбутніх учителів фізики.

Особливістю обчислювальної практики є поєднання математичної, інформаційної та фізичної підготовки майбутніх вчителів фізики. Така інтеграція забезпечує формування системного підходу до розв'язання професійних завдань, що є однією з визначальних характеристик інженерного мислення. У процесі виконання практичних робіт здобувачі освіти навчаються переходити від опису фізичного явища до його математичної моделі, обирати доцільні методи обчислення, аналізувати результати моделювання та оцінювати їх відповідність реальним фізичним процесам.

Важливим аспектом обчислювальної практики є розвиток алгоритмічного мислення. Розв'язування фізичних задач із використанням чисельних методів, створення алгоритмів обчислення, програмування окремих етапів розрахунків та автоматизація обробки експериментальних даних формують уміння структурувати складні задачі, визначати послідовність їх виконання та оптимізувати процес пошуку розв'язку. Алгоритмічне мислення є невід'ємною складовою інженерного мислення, оскільки забезпечує здатність до проєктування ефективних способів розв'язання практичних проблем.

Суттєве значення для розвитку інженерного мислення має використання програмних засобів математичного моделювання, прикладних комп'ютерних програм для створення електронних таблиць, мов програмування, віртуальних середовищ та систем комп'ютерної математики. Використання цифрових інструментів дозволяє майбутнім учителям фізики виконувати складні розрахунки, будувати графічні моделі фізичних процесів, аналізувати великі масиви експериментальних даних та прогнозувати результати досліджень.

Виконання обчислювальних завдань передбачає постійне застосування методів аналізу, синтезу, порівняння та прогнозування. Здобувачі освіти не лише виконують математичні обчислення, а й аналізують правильність побудованої моделі, визначають межі її застосування, оцінюють похибки вимірювань і обчислень, порівнюють результати моделювання з експериментальними даними та обґрунтовують висновки. Такий підхід формує здатність приймати обґрунтовані рішення на основі кількісного аналізу, що є характерною ознакою інженерного способу мислення.

Значний потенціал для розвитку інженерного мислення мають практичні завдання, пов'язані з моделюванням фізичних процесів. Побудова математичних моделей механічних, електричних, теплових або оптичних явищ дозволяє студентам досліджувати поведінку фізичних систем за різних початкових умов, аналізувати вплив окремих параметрів на результати моделювання та прогнозувати можливі зміни досліджуваного процесу. Така діяльність розвиває системне бачення проблеми, просторову уяву, навички прогнозування та інженерного аналізу.

Зазначимо, що обчислювальна практика має виражену педагогічну спрямованість. Майбутній учитель фізики повинен не лише володіти сучасними методами чисельних обчислень і комп'ютерного моделювання, а й ефективно інтегрувати їх у процес навчання. У ході практичної підготовки формуються вміння добирати цифрові інструменти відповідно до дидактичної мети, розробляти практико-орієнтовані навчальні завдання, організовувати дослідницьку діяльність здобувачів освіти, використовувати цифрові моделі для пояснення фізичних явищ і здійснювати оцінювання результатів навчання. Таким чином, обчислювальна практика виступає важливим засобом інтеграції предметної, цифрової та педагогічної підготовки майбутнього вчителя фізики, забезпечуючи комплексний розвиток складників інженерного мислення.

Важливим чинником розвитку інженерного мислення є проєктна діяльність, що реалізується під час навчальної практики створення STEM-проекту. Робота над STEM-проєктами передбачає проходження всіх етапів інженерного дизайну: визначення проблеми, аналіз потреб і наявних ресурсів, генерування альтернативних рішень, розроблення конструкції або моделі, створення прототипу, його експериментальне тестування, оцінювання результатів і подальшу оптимізацію. Зауважимо, що навчальна практика (обчислювальна) передує навчальній практиці створення STEM-проекту, оскільки формує базові аналітичні, алгоритмічні та моделювальні вміння роботи з фізичними даними й математичними моделями.

Значний потенціал для розвитку інженерного мислення мають завдання, пов'язані з використанням сучасних цифрових технологій. Проєктування та створення демонстраційних моделей із застосуванням мікроконтролерів Arduino, цифрових датчиків, цифрових вимірювальних комплексів, програм комп'ютерного моделювання фізичних процесів забезпечує набуття майбутніми вчителями фізики практичних умінь, необхідних для розроблення навчального обладнання, організації фізичного експерименту, створення дослідницьких завдань для учнів, вибору доцільних цифрових інструментів, програмування та налагодження навчальних пристроїв, а також оцінювання їх ефективності в освітньому процесі.

Зауважимо, що процес створення STEM-проєкту передбачає інтеграцію знань, отриманих під час вивчення методики навчання фізики, інформаційно-комунікаційних технологій, основ електротехніки та радіотехніки. Такий підхід забезпечує міждисциплінарний характер професійної підготовки. Саме інтеграція природничо-наукових, технічних, інформаційних і педагогічних знань є однією з визначальних характеристик інженерного мислення сучасного вчителя фізики.

Завдання практики побудовані відповідно до логіки інженерного проєктування. Зміст етапів навчальної практики відображає повний цикл створення інженерного продукту. Ознайомчий етап забезпечує формування теоретичних основ STEM-проєктування та знайомство із сучасними технологіями, цифровими засобами й інженерними рішеннями. На організаційно-підготовчому етапі здобувачі освіти здійснюють планування майбутньої роботи, визначають послідовність виконання завдань, розподіляють функції в команді, добирають необхідне обладнання та інформаційні ресурси. Така діяльність сприяє розвитку навичок стратегічного планування, командної взаємодії та управління проєктом. Особливу роль у розвитку інженерного мислення відіграє етап створення STEM-проєктів із використанням цифрових вимірювальних комплексів.

Подальші етапи практики пов'язані зі створенням власних технічних рішень. Використання платформи Arduino забезпечує формування початкових навичок програмування, роботи з датчиками, електронними компонентами та автоматизованими системами керування. У процесі створення фізичних пристроїв студенти навчаються інтегрувати програмне забезпечення, електроніку та фізичний експеримент в єдину систему, що є характерною ознакою сучасної інженерної діяльності.

Не менш важливими є етапи, пов'язані з опануванням технологій комп'ютерного проєктування, роботи з ЧПУ-станками та тривимірним моделюванням. Використання CAD-технологій, створення цифрових моделей, розроблення керувальних програм, виготовлення деталей за допомогою 3D-друку або обладнання з числовим програмним керуванням. Такі види діяльності максимально наближені до реальної інженерної практики та формують комплекс професійних умінь, необхідних сучасному вчителю фізики. Завершальні етапи практики, пов'язані з експериментальною реалізацією та презентацією STEM-проєкту, сприяють розвитку рефлексивного компонента інженерного мислення.

Висновки. Навчальна практика є ефективним засобом формування інженерного мислення майбутніх учителів фізики, оскільки забезпечує інтеграцію теоретичної підготовки з практичною, дослідницькою та проєктною діяльністю. Її зміст, побудований на міждисциплінарній взаємодії фізики, математики, інформатики, електротехніки, методики навчання фізики та сучасних цифрових технологій, створює умови для розвитку системного, алгоритмічного, аналітичного, проєктного й творчого мислення, які становлять основу інженерного способу професійної діяльності. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням критеріїв, показників і рівнів сформованості інженерного мислення майбутніх учителів фізики та вивченням можливостей використання технологій штучного інтелекту, віртуальних лабораторій та адаптивних цифрових освітніх середовищ для розвитку інженерного мислення майбутніх вчителів фізики.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Доценко С.О., Чайка Л. Філософсько-педагогічні засади розвитку технічної творчості і формування інженерного мислення в умовах цифрової трансформації освіти. *Новий Колегіум.* 2025. Т. 3, № 119. С. 5–11. DOI: 10.34142/nc.2025.3.05.

2. Касьянова Г.В. Формування технічного мислення засобами STEM-освіти майбутнього вчителя фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна.* 2023. Вип. 29 : *Дидактичні передумови становлення майбутнього вчителя в умовах інновацій природничо-наукової освіти*. С. 64–67. DOI: 10.32626/2307-4507.2023-29.64-67.

3. Кудра А.С. Роль природничого та інженерного складників у STEM-освіті. *Український педагогічний журнал.* 2026. № 1. С. 189–195. DOI: 10.32405/2411-1317-2026-1-189-195.

4. Сюсюкан Ю.М. Розвиток інженерної компетентності на основі конструкторського мислення на уроках фізики. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка.* 2024. № 1 (32). С. 216–223. DOI: 10.33842/22195203-2024-1-32-216-223.

5. Терьохіна О.Л. Зміст і структура понятійного конструкту "інженерне мислення інженерів-машинобудівників". *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2014. Вип. 38. С. 324–330.

6. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : розпорядження Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 960-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8 (дата звернення: 15.07.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.10.2026