

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В НАВЧАННІ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В КОНТЕКСТІ STEM

Ольга Кузьменко¹, orcid.org/0000-0003-4514-3032, e-mail: Kuzimenko12@gmail.com
Ірина Кобилянська², orcid.org/0000-0002-3430-5879, e-mail: irishakobilanska@gmail.com

1. Донецький державний університет внутрішніх справ, Кропивницький
2. Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Стаття присвячена аналізу використання штучного інтелекту у навчанні фізико-технічних дисциплін у контексті STEM-освіти. Розглядаються сучасні інструменти та технології, такі як віртуальні лабораторії (Labster), обчислювальні платформи (Wolfram Alpha), адаптивні навчальні системи (Cognitive Tutor) та моделі глибокого навчання. Особливу увагу приділено перевагам ШІ, включаючи персоналізацію навчання, автоматизацію оцінювання, моделювання складних фізичних процесів та інтеграцію експериментальних даних у освітній процес закладів освіти різного типу та профілю.

У статті висвітлено практичні кейси, зокрема використання нейронних мереж для прогнозування динаміки фізичних систем, застосування симуляцій для вивчення різних розділів фізики, а також підтримку самостійної роботи здобувачів вищої освіти через інтерактивні платформи. Узагальнено переваги ШІ для підвищення ефективності навчання, розвитку аналітичного мислення в суб'єктів навчання та формування навичок вирішення реальних технічних задач.

Запропоновані рекомендації щодо інтеграції ШІ в освітні програми фізико-технічного профілю спрямовані на вдосконалення міждисциплінарного підходу, розширення доступу до сучасних навчальних ресурсів та розвиток soft skills за напрямками STEM у суб'єктів навчання.

Ключові слова: ШІ, освітній процес, STEM, інноваційні платформи, здобувачі вищої освіти, фізико-технічні дисципліни.

Постановка проблеми. У сучасному світі цифровізація змінює всі аспекти людської діяльності, і освіта не є винятком. STEM відіграє ключову роль у підготовці майбутніх фахівців, здатних вирішувати складні міждисциплінарні завдання. Фізико-технічні дисципліни є основою для розвитку інноваційних технологій, але їх складність нерідко викликає труднощі у навчанні для здобувачів вищої освіти. Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчання. Завдяки інтеграції ШІ у освітні процеси можна не лише персоналізувати навчання з фізико-технічних дисциплін, але й зробити його більш цікавим і доступним. Відмітимо, що внаслідок зростаючої популярності STEM, складності засвоєння фундаментальних, генеруючих наскрізних понять з фізики, механіки, електроніки, електротехніки, а також обмежений доступ до лабораторного обладнання часто стають причинами низької мотивації в здобувачів вищої освіти до вивчення фізико-технічних дисциплін та їхнього нерівномірного засвоєння матеріалу в реаліях сьогодення. Враховуючи вищезазначене, відмітимо те, що традиційні методи викладання не завжди відповідають вимогам сучасного світу, зокрема:

- теоретична спрямованість навчання недостатньо розвиває практичні навички здобувачів вищої освіти на засадах STEM;
- відсутність адаптивності в освітньому процесі ускладнює роботу з різними рівнями підготовки здобувачів вищої освіти у вивченні фізико-технічних дисциплін на основі STEM-технологій;
- відсутність цифрових інструментів та платформ в закладах освіти різного типу та профілю призводить до нерівності в доступі до якісної освіти.

Отже, ШІ, як одна з провідних технологій XXI століття, має значний потенціал для вирішення зазначених проблем. Завдяки алгоритмам машинного навчання, симуляціям та аналітичним інструментам, ШІ може зробити навчання адаптивним, доступним, інтерактивним в умовах розвитку STEM-освіти.

Тому в нашому дослідженні акцентовано увагу на впровадженні технологій ШІ на засадах

STEM-освіти, що буде сприяти вирішенню зазначених викликів, його перевагам і ризикам під час впровадження, а також потрібним крокам для ефективної інтеграції ІІІ в процесі навчання фізико-технічними дисциплінами в контексті STEM.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. У світовій практиці використання ІІІ у навчанні фізико-технічних дисциплін активно досліджується та впроваджується у рамках STEM-освіти. Окреслимо основні напрями та досягнення таких досліджень:

1) *Адаптивне навчання та персоналізація* – створення адаптивних навчальних платформ (Coursera та Khan Academy – пропонують персоналізовані рекомендації, що допомагають краще засвоювати фізико-технічні теми, такі як електромагнетизм, механіка та ін.; Cognitive Tutor – допомагає здобувачам вищої освіти вивчати математичні та фізичні дисципліни).

2) *Симуляції та віртуальні лабораторії* – використання ІІІ для створення симуляцій фізичних явищ або віртуальних лабораторій дає змогу вивчати складні процеси без необхідності доступу до реального обладнання (Labster (<https://www.labster.com/simulations>) – дозволяє проводити експерименти у віртуальному середовищі, зокрема дослідження законів Ньютона; PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>) – інтерактивні симуляції для вивчення фізичних процесів).

3) *Автоматизовані системи оцінювання знань* – використовуються технології ІІІ для автоматизації оцінювання завдань, особливо у дисциплінах, де є стандартні методи розв'язання задач (програми ASSISTments (<https://new.assistments.org/>) студенти розв'язують задачі з фізики чи математики, а система ІІІ автоматично оцінює їх рішення, пропонуючи підказки у разі помилок; проекти на основі Wolfram Alpha (<https://www.wolframalpha.com/>) дозволяють перевіряти розв'язання задач з механіки, електродинаміки тощо в автоматичному режимі).

Метою цієї статті є аналіз можливостей застосування ІІІ в процесі вивчення фізико-технічних дисциплін у контексті STEM.

Виклад основного матеріалу. В США дефініція ІІІ визначається як «здатність комп'ютерних систем виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту (сприйняття, розмова, прийняття рішень тощо)» (David, Nielsen, 2016). Науковцями Інституту когнітивних систем Фраунгофера, ІІІ розглядається як підгалузь інформатики, яка «імітує когнітивні здібності людини шляхом розпізнавання і сортування інформації з вхідних даних. Цей інтелект може базуватися на запрограмованих процесах або генеруватися за допомогою машинного навчання» (Fraunhofer IKS, 2023).

ІІІ в освіті (AIEd) являє собою міждисциплінарну галузь, яка застосовує технології ІІІ в освіті для трансформації та сприяння розробці, процесу й оцінюванню навчання та навчання (Chen, L., Chen, P., Lin, 2020; Holmes, Bialik, Fadel, 2019; Hwang, Xie, Wah, Gašević, 2020 та інші). Застосування ІІІ в STEM (AI-STEM), як підгалузь AIEd, зосереджується на розробці та впровадженні програм ІІІ для підтримки STEM-освіти. Автоматизовані технології ІІІ (інтелектуальне навчання, автоматизоване оцінювання, інтелектуальний аналіз даних і аналітика навчання), використовувалися в STEM-освіті для підвищення якості викладання та навчання фізико-технічних дисциплін (Chen, L., Chen, P., Lin, 2020; Hwang, Xie, Wah, Gašević, 2020; McLaren, Scheuer, Mikšátko, 2010 та інші).

Отже, STEM є складною системою, що складається з взаємозалежних елементів, включаючи предмет, інформацію та інноваційно-освітнє середовище в закладі освіти різного типу та профілю (Raporort, 1986; Von Bertalanffy, 1968). Застосування ІІІ як важливого технологічного елемента має ретельно враховувати ці складні фактори, щоб досягти високоякісної STEM-освіти (Burne, Callaghan, 2014; Xu та Ouyang, 2022). Даний огляд має на меті визначити різні елементи, включаючи технології ІІІ та середовище в системі AI-STEM, щоб отримати цілісне розуміння застосування та інтеграції технологій ІІІ в контексті STEM-освіти.

Зокрема, науковці Chen D., Stroup W. (1993) запропонували застосувати GST як базову теоретичну базу для керівництва реформою наукової освіти та підкреслили інтеграцію природничої навчальної програми, щоб уникнути розділеного вивчення фізики, біології та хімії. Дотримуючись цієї філософії, поділяємо думку Chen D., Stroup W. (1993), що GST може надати нову, цілісну перспективу для розуміння інтеграції технологій ІІІ та освіти STEM.

З точки зору GST, AI-STEM презентована на рисунку 1 як органічна система, що складається з п'яти основних елементів, а саме *суб'єкт, інформація, середовище, навколишнє середовище та технологія* (Von Bertalanffy, 1968). По-перше, *суб'єкт* визначається як люди в освітній системі, і різні категорії цих людей, зокрема інструктор, студент та інші можуть взяти на себе свободу дій для постійної та адаптивної взаємодії один з одним. По-друге, *інформація* відноситься до знань, які

поширюються між суб'єктами та створюються суб'єктами в освітній системі в контексті STEM, як-от: зміст навчання, навчальні матеріали, артефакти знань тощо. По-третє, *середовище* – це спосіб (носій) для передачі інформації та зв'язку суб'єктів у системі STEM-освіти. По-четверте, *навколишнє середовище* є основним контекстом освітньої STEM-системи, який впливає на функціонування всієї освітньої системи. По-п'яте, *технології* (зокрема, методи ШІ, STEM та інші) зазвичай виступають як зовнішній елемент для впливу на функції освітньої системи в закладах освіти різного типу та профілю. Ґрунтуючись на GST, впровадження ШІ здійснюється в контексті інтеграційних процесів як зовнішнього технологічного елемента в освітню STEM-систему.

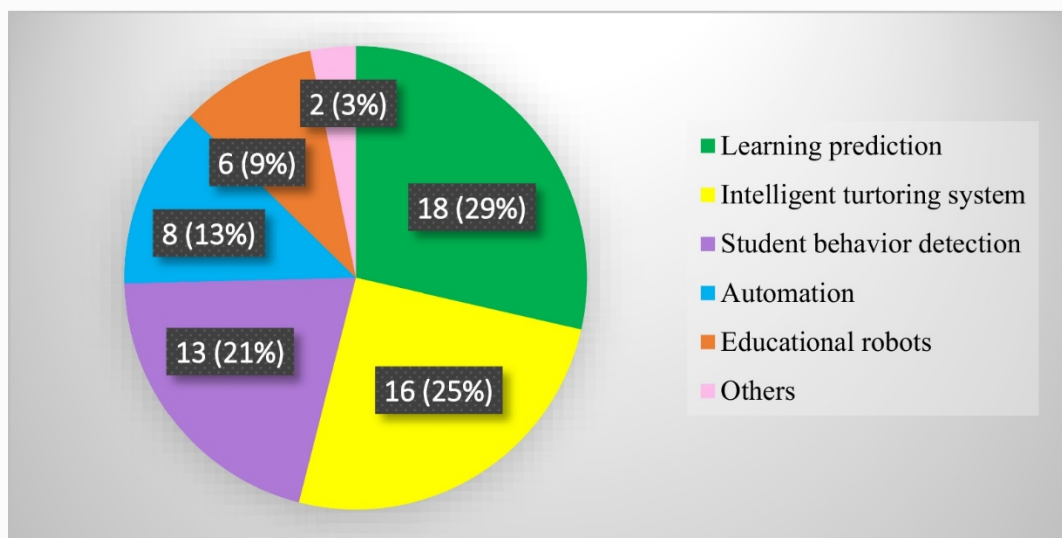


Рисунок 1. Категорії STEM в яких застосовуються елементи ШІ (Xu, Ouyang, 2022)

Розглянемо використання ШІ у навчанні фізико-технічних дисциплін на засадах STEM, за допомогою яких буде розв'язано безліч задач, а саме:

- застосування нейронних мереж для моделювання фізичних процесів в контексті STEM;
- використання віртуальних лабораторій;
- автоматизація перевірки знань;
- використання елементів доповненої та віртуальної реальності.

Застосування нейронних мереж у навчанні фізико-технічних дисциплін на засадах STEM, орієнтоване на:

1) моделювання складних фізичних явищ (турбулентні потоки, електромагнітні хвилі, теплопередача та ін.), персоналізацію навчання та покращення дослідницьких навичок здобувачів вищої освіти;

2) аналіз експериментальних даних (точність формулювання висновків, що є важливим для розуміння складних фізичних явищ, таких як нелінійна динаміка чи хаотичні системи);

3) використання віртуальних лабораторій з елементами ШІ (дослідження поведінки електронів у магнітному полі або процесів горіння);

4) розв'язування інженерних задач (задачі з багатьма змінними, наприклад, розрахунки у механіці чи термодинаміці; апроксимація складних функцій, що застосовуються в інженерних проектах);

5) адаптивне навчання та оцінювання (визначення прогалів у знаннях здобувачів вищої освіти, адаптація навчального контенту і автоматизація щодо оцінювання).

Розглянемо платформу Cognitive Tutor, яка заснована на моделі адаптивного навчання, що використовує ШІ для персоналізації навчального досвіду здобувачів освіти. Її ефективність полягає у викладанні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, завдяки інтерактивному підходу до розв'язання задач і формуванню розуміння базових концепцій з фізики.

У процесі вивчення фізико-математичних дисциплін на основі платформи Cognitive Tutor акцентується увага на індивідуальному підході, використанні реальних контекстів (практичне використання математичних концепцій), навчання через помилки, розвиток аналітичного мислення, моделювання процесів (наприклад, рух тіл під дією сил, графіки, анімації), інтерактивні симуляції

(експериментування з параметрами фізичних систем, досліджуючи вплив зміни маси, швидкості, прискорення тощо), формування зв'язку між теорією та практикою (закони Ньютона чи термодинаміка та їх реальні проявами), розв'язання складних задач (навчає студентів щодо структурування складних проблем, розділяючи їх на підзадачі, що полегшує пошук рішень).

Відмітимо, що використання вищезазначеної платформи в процесі вивчення STEM дисциплін забезпечує ефективне навчання для здобувачів вищої освіти за різними рівнями складності, надає миттєвий зворотній зв'язок, розв'язання задач фізико-математичного та інженерно-технічного профілю без постійної допомоги викладача.

Отже, Cognitive Tutor є ефективним інструментом STEM-освіти, що розвиває аналітичне мислення та забезпечує глибоке розуміння фундаментальних концепцій математики, фізики та інженерно-технічних дисциплін.

Розглянемо платформу Labster, яка активно використовується для вивчення фізико-технічних дисциплін на засадах STEM-освіти. Дане інтерактивне середовище надає здобувачам освіти можливість виконувати експерименти, що імітують реальні лабораторні умови, без потреби в фізичному обладнанні. У процесі вивчення фізико-технічних дисциплін Labster допомагає здобувачам вищої освіти вивчати складні явища, експериментувати з технологіями та отримувати практичні навички (таблиця 1).

Таблиця 1 – Використання віртуальної лабораторії Labster у процесі вивчення фізико-технічних дисциплін

№ з/п	Дисципліна/розділ дисципліни	Використання Labster
1	Фізика	Вивчення фундаментальних наскрізних генеруючих понять, моделювання фізичного експерименту.
2	Інженерна механіка	Використання інтерактивних модулів для вивчення напружень і деформацій у матеріалах, можливість розраховувати міцність конструкцій.
3	Електроніка	Використання симуляцій, а саме робота з електричними схемами, вимірювання струму, напруги, опору та дослідження їх взаємозв'язку. Проведення експериментів з напівпровідниками, транзисторами та іншими компонентами.
4	Оптика та фотоніка	Дослідження розсіювання світла, рефракції, інтерференції та інших оптичних явищ. Використання модулів з лазерними технологіями або експерименти з лінзами.
5	Енергетичні системи	Використання симуляцій дозволяють аналізувати ефективність перетворення енергії, досліджувати сонячні панелі, турбіни, а також інші джерела енергії.

Розглянемо платформу Wolfram Alpha, яка використовується для обчислень і аналізу даних у процесі вивчення фізико-технічних дисциплін. Завдяки своєму інтегрованому алгоритмічному ядру та базі знань, Wolfram Alpha дозволяє розв'язувати складні задачі, моделювати явища та надавати глибокий аналіз потрібних даних. У контексті STEM-освіти платформа має кілька ключових напрямів застосування:

1) вивчення фізики: обчислення фізичних величин (механіки, електромагнетизму, термодинаміки, квантової фізики та ін.); автоматичний підбір одиниць вимірювання та конвертація між ними; аналіз фізичних законів; моделювання та симуляція;

2) вивчення технічних дисциплін: розв'язування інженерних задач (обчислення напруги, деформації та інших параметрів для аналізу міцності конструкцій); робота з формулами електроніки (аналіз електричних ланцюгів, обчислення опору, напруги, струму); аналіз матеріалів (густина, теплопровідність, коефіцієнти розширення та ін.); оптимізація процесів (розв'язання рівнянь щодо оптимізації теплових процесів та управління системами);

3) вивчення математики (розв'язування диференціальних рівнянь, інтегралів, систем рівнянь, що є фундаментальними для математичного опису фізичних явищ); побудова графіків та візуалізація складних функцій.

Висновки та перспективи наукових досліджень. Отже, впровадження ІІІ значно розширює можливості навчання здобувачів вищої освіти, завдяки персоналізованим підходам, автоматизації рутинних процесів та доступу до складних моделей і симуляцій, що сприяє глибшому розумінню фундаментальних концепцій з фізико-технічних дисциплін на засадах STEM-освіти.

У результаті впровадження ІІІ в освітній процес закладів освіти різного типу та профілю на засадах STEM-освіти можна очікувати значне підвищення ефективності навчання з фізико-технічних дисциплін, а також розвиток нових форм навчальних методик і технологій, які зроблять освіту більш сучасною, доступною та інтерактивною.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні методики навчання фізико-технічних дисциплін з використанням технологій ІІІ на засадах STEM-освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Byrne, D., & Callaghan, G. (2014). *Complexity theory and the social sciences*. Routledge.
- Chen, D., & Stroup, W. (1993). General system theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 447–459. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00694427>.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>.
- David, Ruth A.; Nielsen, Paul. (2016). Defense Science Board Summer Study on Autonomy. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1017790>.
- Fraunhofer IKS. (2023). URL: <https://www.iks.fraunhofer.de/en/publications/publications/2023.html>.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>.
- McLaren, B. M., Scheuer, O., & Mikšátko, J. (2010). Supporting collaborative learning and e-discussions using artificial intelligence techniques. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 20(1), 1–46. <https://doi.org/10.3233/JAI-2010-0001>.
- Rapoport, A. (1986). *General system theory: Essential concepts & applications*. CRC Press.
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*, 27, 4195–4223. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y>.
- Xu, W., Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *IJ STEM Ed* 9, 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>.

REFERENCES

- Byrne, D., & Callaghan, G. (2014). *Complexity theory and the social sciences*. Routledge. [in English].
- Chen, D., & Stroup, W. (1993). General system theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 447–459. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00694427> [in English].
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510> [in English].
- David, Ruth A.; Nielsen, Paul. (2016). Defense Science Board Summer Study on Autonomy. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1017790>. [in English].
- Fraunhofer IKS. (2023). URL: <https://www.iks.fraunhofer.de/en/publications/publications/2023.html> [in English].
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. [in English].
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001> [in English].
- McLaren, B. M., Scheuer, O., & Mikšátko, J. (2010). Supporting collaborative learning and e-discussions using artificial intelligence techniques. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 20(1), 1–46. <https://doi.org/10.3233/JAI-2010-0001> [in English].

- Rapoport, A. (1986). *General system theory: Essential concepts & applications*. CRC Press. [in English].
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller. [in English].
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*, 27, 4195–4223. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y> [in English].
- Xu, W., Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *IJ STEM Ed* 9, 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5> [in English].

Ольга Кузьменко – д. пед. н., професор, учений секретар секретаріату Вченої ради Донецького державного університету внутрішніх справ, провідний науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання Національного центру «Мала академія наук України», Кропивницький, e-mail: Kuzimenko12@gmail.com.

Ірина Кобиланська – к. пед. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: irishakobilanska@gmail.com.

USING AI IN TEACHING PHYSICAL AND TECHNICAL DISCIPLINES IN THE STEM CONTEXT

Olha Kuzmenko – D. Sc. in Pedagogy, Professor, Academic Secretary of the Secretariat of the Academic Council of the Donetsk State University of Internal Affairs, Leading researcher of the Department of Information and Didactic Modelling of the National Center «Junior Academy of Sciences of Ukraine», Kropyvnytskyi, e-mail: Kuzimenko12@gmail.com.

Iryna Kobylianska – Candidate of Sc. (Pedagogical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: irishakobilanska@gmail.com.

The article is devoted to the analysis of the use of artificial intelligence in teaching physical and technical disciplines in the context of STEM education. Modern tools and technologies are considered, such as virtual laboratories (Labster), computing platforms (Wolfram Alpha), adaptive learning systems (Cognitive Tutor), and deep learning models. Particular attention is paid to the advantages of AI, including personalization of learning, automation of assessment, modelling of complex physical processes, and integration of experimental data into the educational process of educational institutions of various types and profiles.

The article highlights practical cases, in particular, the use of neural networks to predict the dynamics of physical systems, the use of simulations to study optics and thermodynamics, and the supporting independent work of higher education students through interactive platforms. The advantages of AI for increasing the effectiveness of learning, developing analytical thinking in subjects of study, and forming skills for solving real technical problems are summarized.

The proposed recommendations for integrating AI into educational programs of the physical and technical profile are aimed at improving the interdisciplinary approach, expanding access to modern educational resources, and developing STEM soft skills in subjects of study.

Keywords: AI, educational process, STEM, innovative platforms, higher education students, physical and technical disciplines.

Дата надходження статті до редакції: 12 лютого 2024 р.