

<b>Секція А5 Професійна освіта (за спеціалізаціями)</b>	
<b>УДК 378</b>	
<b>Дата першого надходження статті до видання</b>	2026-04-03
<b>Дата прийняття статті до друку після рецензування</b>	2026-04-15
<b>Дата публікації/оприлюднення</b>	2026-04-25

## **Стратегії дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності в STEM-освіті через використання віртуальних лабораторій та симуляцій**

**Федотов Вячеслав Віталійович**

Старший викладач кафедри загальної фізики

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Фізико-математичний факультет, Київ, Україна

fedotovv1@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7821-0989>

**Нодь Єлизавета Андріївна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теоретичної фізики, Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет", Фізичний факультет,

Ужгород, Україна

elizabeth.nagy@uzhnu.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0006-7908-5925>

**МагдаОлена Вікторівна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Фізико-математичний факультет, Київ, Україна

magda.olenal@kpi.ua

<https://orcid.org/0000-0002-4732-004X>

**Анотація.** Інтенсивний поступ інформаційно-комунікаційних технологій трансформує середовище вищої освіти. Не є винятком і галузь STEM-дисциплін (science, technology, engineering, mathematics). Актуальність проблеми зростає на тлі загальної тенденції віртуалізації та впровадження альтернативних форм освіти – змішаної, дистанційної. Метою дослідження є обґрунтування інноваційних стратегій дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності в STEM-освіті через використання віртуальних лабораторій та симуляцій. Методологічна основа дослідження сформована загальнонауковими синтетично-аналітичними методами аналізу, узагальнення, систематизації, порівняння. Розглянуто шляхи дистанційного залучення студентів до досліджень через віртуальні лабораторії, що базується на поєднанні гейміфікації, самостійної експериментальної роботи та інтерактивного моделювання, а також передбачає використання методів проектної діяльності, групової взаємодії, рольових сценаріїв, інструментів штучного інтелекту та хмарних сервісів. Методологічне забезпечення запропонованих у дослідженні стратегій передбачає комплексний підхід до налагодження ефективної взаємодії всіх учасників, відповідної матеріально-технічної бази, підготовку викладацького складу, фінансування та інформаційно-консультативний супровід, планування використання симуляторів.

Перевагою використання віртуальних лабораторій та симуляторів автори вбачають можливість доступу до широкого спектру моделювання й експериментів без значних ресурсних витрат. Наукова новизна дослідження вбачається у практичних пропозицій щодо стратегій на основі інтегрованого підходу, що створює стимулююче середовище активного навчання та може використовуватись для вдосконалення методологічної основи формування компетентності здобувачів вищої освіти з дисциплін STEM-циклу.

**Ключові слова:** викладання STEM-дисциплін, інноваційні технології, вища освіта, віртуальні лабораторії, віртуальні симуляції, інтерактивність, дослідницька діяльність, методи, дистанційне залучення.

## Strategies for remotely engaging students in research activities in STEM education through the use of virtual laboratories and simulations

Fedotov Viacheslav

Senior Lecturer of the Department of General Physics

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Physics and Mathematics, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-7821-0989>

**Nagy Elizabeth**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Physics

State Higher Educational Institution "Uzhhorod National University", Faculty of Physics, Uzhhorod, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0006-7908-5925>

[elizabeth.nagy@uzhnu.edu.ua](mailto:elizabeth.nagy@uzhnu.edu.ua)

**Magda Olena**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis and Probability Theory

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Physics and Mathematics, Kyiv, Ukraine

[magda.olenal@kpi.ua](mailto:magda.olenal@kpi.ua)

<https://orcid.org/0000-0002-4732-004X>

**Abstract.** The intensive progress of information and communication technologies is transforming the higher education environment. The field of STEM disciplines (science, technology, engineering, mathematics) is no exception. Teachers are faced with the primary task of endowing the educational process with maximum content, clarity, personalization, interactivity, which requires the development and implementation of new pedagogical ideas, alternative forms and technologies of learning. The relevance of the problem is growing against the background of the general trend of virtualization and the implementation of alternative forms of education - blended, distance. The purpose of the study is to substantiate innovative strategies for remote involvement of students in research activities in STEM education through the use of virtual laboratories and simulations. The research methodology is composed of theoretical methods of analysis, synthesis, comparison, generalization, and systematization. The study substantiates that the use of virtual simulators and laboratories in educational practice, which are interactive computer programs for simulating real or model processes and phenomena, opens up new opportunities for increasing the effectiveness of teaching STEM

disciplines. The study considers ways to remotely involve students in research through virtual laboratories, which is based on a combination of gamification, independent experimental work and interactive modeling, and also involves the use of project methods, group interaction, role-playing scenarios, artificial intelligence tools and cloud services. The scientific novelty of the study lies in the development of practical proposals for the implementation of strategies for remotely involving students in research activities in STEM education based on an integrated approach that creates a stimulating environment for active learning. The proposed concept can be used in practical educational activities to improve the methodological basis for the formation of competence of higher education applicants in STEM disciplines.

Keywords: teaching STEM disciplines, innovative technologies, higher education, virtual laboratories, virtual simulations, interactivity, research activities, methods, remote engagement.

### Вступ

**Актуальність проблеми.** Стрімка цифровізація та науково-технічний розвиток стимулюють до апгрейду та вдосконалення методів, засобів та інструментів навчання. Власне, такі інструменти, зокрема, з-поміж прогресивних інноваційних рішень особливим функціоналом наділені технології віртуалізації – симулятори, тренажери, і навіть цілі лабораторії, що являють собою інтерактивні комп'ютерні програми, які максимально реалістично імітують змодельовані або реальні явища, ситуації, процеси, дозволяючи повністю інтегруватись у віртуальне середовище, в межах якого можна успішно моделювати різноманітні процеси, досліджувати характеристики певних явищ, прогнозувати наслідки процесів.

Використання цифрових технологій дозволить зробити процес викладання дисциплін STEM-циклу більш захопливим та сучасним, надасть індивідуальної спрямованості для максимального розкриття потенціалу кожного здобувача освіти. При цьому пошуку потребують стратегічні рішення з активного дистанційного залучення здобувачів освіти до дослідницької діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інноваційна трансформація середовища STEM-освіти авторами В. Дуганець та ін. [1], V. Potkonjak [2] розглядається як об'єктивна вимога розвитку сучасного інформаційно-комунікаційного прогресу, при цьому забезпечення ефективності інновацій потребує відповідного технічного забезпечення. На переконання зазначених дослідників, технології віртуальної та змішаної реальності не лише підвищують навички самостійного розв'язання навчальних завдань та залученість студентів до вивчення STEM-дисциплін, а й відкривають нові можливості для взаємодії з викладачем у ході навчального процесу.

Як стверджують R. West та ін. [3], у сучасному освітньому середовищі віртуальні симулятори, тренажери та лабораторії позиціонуються не просто технологічним додатком, а й невід'ємною компонентою навчального процесу, розширюючи можливості розроблення та впровадження інтерактивних занять та експериментальних досліджень у рамках віртуальних симуляцій, які максимально відображають реальні лабораторні умови.

Проблематиці приділена увага вчених S. Atchia, A. Rumjaun [4], M. Tsakeni [5], в роботах яких розглянуто потенціал технологій віртуальної реальності у контексті впровадження адаптивних систем індивідуалізованої освіти, підвищення мотивації студентів до навчання. Водночас науковцями M. Prince та ін. [6], A. Van den Beemt та ін.

[7] запропоновано застосовувати інтерактивні елементи для досягнення основної мети STEM-освіти – розвитку та вдосконалення окремих навичок не фрагментарно, а комплексно, взаємопов'язано, у єдності та взаємозв'язку змісту, цілей, форм і методів навчання.

Дослідниками M. Kier, L. Johnson [8], B. Venton, R. Pompano [9] було доведено, що STEM-освіта має розглядатись як перетворення навчального процесу на креативне дослідницьке середовище, де розвиваються не лише технічні навички, а й універсальні компетентності – логічне мислення, креативність, винахідливість. Вчені розглядають дидактичні можливості віртуальних лабораторних практикумів.

Водночас, як зауважують Ю. Білик [10], О. Барна, О. Кузьмінська [11], І. Найдюк та ін. [12] у нинішніх умовах розвитку вищої освіти необхідність стимулювання здобувачів освіти до дослідницької діяльності зумовлена процесами глобалізації та інтеграції, цифровим розвитком та загальною зміною освітньої парадигми. При цьому перевагою використання віртуальних лабораторій та симуляторів автори вбачають можливість доступу до широкого спектру моделювання й експериментів без значних ресурсних витрат.

**Виділення невирішеної частини проблеми.** Разом з тим постає питання перегляду педагогічних стратегій, які застосовуються для підвищення залученості студентів до віртуального середовища у STEM-освіті.

**Метою статті** є обґрунтування ключових стратегій дистанційного залучення студентів до експериментально-дослідницької діяльності в STEM-освіті через використання віртуальних лабораторій та симуляцій.

**Наукова новизна.** Наукова новизна полягає у пропозиції підходів до залучення студентів до дослідницької діяльності у закладах вищої освіти за посередництвом віртуальних симуляцій, що дозволяє успішно впроваджувати інтегрований освітній підхід із залученням цифрових інноваційних інструментів та забезпечує формування індивідуальної освітньої траєкторії для кожного здобувача освіти.

**Практичне значення.** Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання викладачами STEM-дисциплін закладів вищої освіти для оптимізації системи викладання.

### Методологія

**Методи дослідження.** Методологія дослідження складена теоретичними методами аналізу, синтезу, моделювання, узагальнення. Порівняльно-узагальнюючий аналіз дозволив зібрати, вивчити та зіставити різні інноваційні підходи до викладання STEM-дисциплін в сучасному середовищі вищої освіти. Метод систематизації та інтерпретації був використаний для узагальнення результатів проведеного аналізу та визначення основних напрямів удосконалення методики викладання STEM-дисциплін у закладах вищої освіти за посередництвом віртуальних лабораторій та симуляцій, а також для формування ефективної стратегії дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності.

**Джерела даних.** Основними матеріалами дослідження були відібрані галузеві публікації, проіндексовані у провідних наукових базах даних (Web of Science, Scopus).

Перевага надавалась вибірці – 2020-2025 роки. Для оцінки ризику упередженості включених досліджень використовувався метод мозкового штурму.

**Інструменти аналізу.** Візуалізацію результатів реалізовано за допомогою інструментів Microsoft Excel.

**Обмеження дослідження.** Дослідження має певні обмеження, такі як складність проведення експериментальної перевірки отриманих результатів.

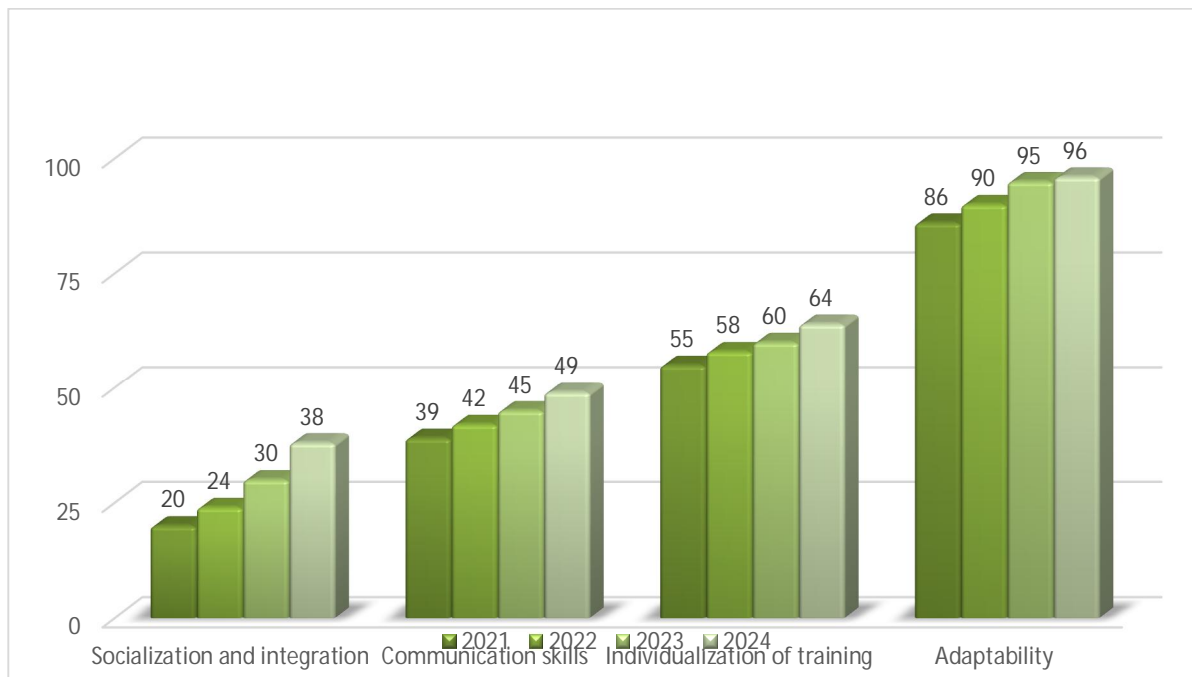
### Результати

Віртуальна лабораторія являє собою інтерактивне середовище, представлене цільовими програмами або ж освітніми платформами, що дозволяють реалізувати віртуальні аналоги реальних експериментів, досліджень та лабораторних робіт [10]. Зокрема, такі лабораторії можуть успішно імітувати різноманітні технічні, фізичні, інженерні явища та процеси, що є особливо ефективним у процесі вивчення STEM-дисциплін:

- забезпечуються інтерактивність та наочність;
- з'являється можливість візуалізації та моделювання складних процесів, які складно відтворити в реальних умовах через ризики, масштаби або вартість обладнання;
- підтримується активна взаємодія з згенерованою моделлю, надається можливість змінювати параметри моделювання та отримувати миттєвий зворотний зв'язок;
- віртуальні моделі дозволяють вивчати певні процеси у прискореному або уповільненому темпі відтворення, чого не можна досягнути в реальному часі;
- забезпечується можливість проведення «небезпечних» досліджень без ризику завдання шкоди майну чи здоров'ю;
- відбувається максимальна індивідуалізація процесу навчання, обираються оптимальні темп та графік, забезпечується миттєвий зворотний зв'язок, що сприяє формуванню навичок самоорганізації та підвищує ефективність освоєння навчального матеріалу;
- підвищення вмотивованості та залученості студентів;
- віртуальні симулятори можуть бути доступні цілодобово, без просторово-часових обмежень, що дозволяє проводити експерименти у віддалених умовах дистанційного навчання, забезпечує гнучкість та сприяє розвитку самостійної роботи здобувачів [3; 12].

Ефективне використання віртуальних лабораторій та симуляцій потребує реалізації основних дидактичних принципів навчання: наочності, системності та послідовності, доступності, міцності засвоєння знань, активності та свідомості, принципу зв'язку теорії з практикою. Їх використання у STEM-освіті активно практикується в провідних закладах вищої освіти світу. При цьому, як правило, застосовується міждисциплінарний підхід до вивчення STEM- дисциплін, адже опанування студентами предметних компетентностей через розв'язування інтегрованих практичних завдань за допомогою інженерних рішень, математичних моделей, цифрових інструментів сприяє розвитку інноваційного мислення і формуванню готовності здобувачів освіти до опанування нових професій.

Як показано на рис. 1, цифрове навчальне середовище суттєво впливає на аспекти адаптивності та індивідуалізації навчання, а також на навички соціалізації та інтеграції студентів.



**Рисунок 1. Вплив цифрових інструментів на якість освіти в ЄС, % студентів із середнім та високим рівнем навичок**

Джерело – [16]

Зокрема, у Массачусетському технологічному інституті активно використовуються віртуальні симулятори Reactor Simulator, що відтворюють роботу ядерного реактора, дозволяючи студентам здійснювати моделювання, змінювати окремі параметри та спостерігати за наслідками. Серед інших університетів США, де активно використовуються віртуальні симулятори – Каліфорнійський та Стенфордський університети, Університет Джонса Гопкінса [9].

У Німеччині ряд технічних закладів вищої освіти, зокрема, Мюнхенський технічний університет і Технічний університет Дармштадта, використовують віртуальні симулятори у підготовці студентів інженерних спеціальностей з метою більш досконалого вивчення робототехніки, автоматизованих виробничих систем. Токійський університет і Кіотський університет технологій у Японії у числі піонерів інтегрували віртуальні лабораторії для підготовки майбутніх фахівців з інженерних та інформаційних технологій.

Дистанційне залучення здобувачів освіти до дослідницької діяльності в STEM-освіті через використання віртуальних лабораторій та симуляцій базується на синергії напрямків гейміфікації, самостійної експериментальної роботи та інтерактивного моделювання [7]. Ключові стратегії зусиль викладача у даній сфері зосереджуються на проєктному навчанні, індивідуалізації, рольових сценаріях, груповій роботі та залученні потенціалу штучного інтелекту та хмарних сервісів. Доцільно розглянути основні стратегії детальніше.

*Проєктно-орієнтований підхід* – основна стратегія, що передбачає формування викладачем відкритого дослідницького завдання. Віртуальні симуляції та лабораторії при цьому відіграють роль практичного навчального інструменту для перевірки висунутих учасниками освітнього процесу гіпотез.

*Групова діяльність* – підхід, в рамках якого проводяться колаборативні дослідницькі проєкти, студенти мають змогу взаємодіяти у груповому форматі досліджень та експериментів у спільних віртуальних лабораторіях. При цьому, як

правило, кожен учасник має відповідальність за власний, попередньо визначений етап експерименту.

*Гейміфікація та рольові сценарії* – підхід, що передбачає застосування елементів ігрових технік, коли віртуальний досвід (наприклад, симуляція фізичного процесу) є безпосереднім ключем до вирішення поставленої задачі.

*Стратегія індивідуалізації (створення індивідуальної освітньої траєкторії)* – підхід, що передбачає максимальну адаптацію програми дослідницької навчальної діяльності до потреб, можливостей та запитів здобувача освіти. При цьому студенти можуть обирати рівень складності віртуального експерименту, або ж програма робить це автоматично, виходячи з результатів попередніх спроб.

*Стратегія співтворчості* – підхід до дистанційного залучення студентів, що передбачає можливість створення студентами власного контенту, доповнення до традиційних сценаріїв експерименту чи моделей, використовуючи конструктори віртуальних лабораторій.

Необхідно зауважити, що ефективне впровадження запропонованих стратегій потребує ретельного відбору оптимальних програмних продуктів згідно визначених критеріїв:

- зручність використання та ергономічність – простота та інтуїтивна зрозумілість для більшості користувачів, уникнення додаткових труднощів, сприяння максимально швидкому та якісному засвоєнню навчального матеріалу;
- відповідність навчальним цілям та змісту вивчення конкретної STEM-дисципліни для формування необхідних професійних компетентностей студентів;
- адаптивність та розширені можливості налаштування, що дозволяє викладачам коригувати складність, сценарії, параметри симуляцій відповідно до навчальних цілей;
- високий рівень деталізації та реалістичності віртуальних моделей, можливість взаємодіяти з об'єктами, максимально наближеними до їхніх реальних прототипів;
- можливість максимально реалістичного моделювання реальних явищ, процесів, ситуацій, що найбільш характерні для конкретної галузі STEM;
- можливість якісної технічної підтримки та доступність для практичного використання студентами та викладачами.

Оптимальний відбір віртуальних лабораторій та симуляторів для викладання STEM-дисциплін враховувати необхідність розроблення методичних рекомендацій, чіткого визначення навчальних цілей та очікуваних результатів, органічної інтеграції в навчальні програми, поєднання самостійної роботи здобувачів із віртуальними моделями, спільного аналізу результатів, забезпечення моніторингу та зворотного зв'язку [10]. Методика використання має передбачати наближеність до реальних професійних ситуацій, можливість інтеграції з іншими інноваційними технологіями (наприклад, інтерактивними дошками чи хмарними обчисленнями) та поступове ускладнення завдань, що дозволить формувати комплексні компетентності, необхідні для майбутньої фахової діяльності, підвищити рівень інтерактивності та наочності навчального процесу.

Створення належних організаційно-технічних умов для реалізації стратегій дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності передбачає відповідне матеріально-технічне забезпечення, підтримку ефективної взаємодії та підготовку викладацького складу, налагодження ефективної взаємодії всіх учасників.

## Обговорення

**Інтерпретація результатів.** У рамках проведеного дослідження було обґрунтовано, що практичний потенціал інноваційних засобів віртуальних лабораторій та симуляцій у STEM-освіті для успішної реалізації потребує використання низки ефективних стратегій дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності: проектно-орієнтованої, стратегії групової діяльності чи гейміфікації, співтворчості або створення індивідуальної освітньої траєкторії.

**Порівняння з іншими дослідженнями.** Отримані результати дослідження узгоджуються з висновками роботи І. Чупрій [13], де звертається особлива увага на важливість розвитку в процесі STEM-освіти критичного мислення, навичок взаємодії, емоційного інтелекту, чого можна досягнути за допомогою технологій віртуалізації. Порівнюючи висновки V. Priedols, A. Jansone [14] з результатами поточного дослідження, можна переконатись у необхідності поєднання цифрових інструментів та особистісного потенціалу студентів для кращої взаємодії за дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності.

Отримані результати, разом з тим, в окремих концептах суперечать висновкам публікацій M. Greenwald [15], де досліджено виклики надмірного впливу цифрового освітнього поля на особистісний та професійний розвиток сучасних здобувачів освіти, що має відношення і до STEM-освіти. Зазначене зумовлює необхідність підвищеної уваги до забезпечення балансу між інноваційною та традиційною формами здобуття освіти в процесі побудови стратегій дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності.

**Наукова новизна (розгорнуто).** У дослідженні сформовано практичні пропозиції щодо успішного впровадження інноваційних стратегій дистанційного залучення студентів до дослідницької діяльності, що створює стимулююче середовище для активного усвідомленого STEM-навчання через використання віртуальних лабораторій та симуляцій. Методологічне забезпечення запропонованих у дослідженні стратегій передбачає комплексний підхід до налагодження ефективної взаємодії всіх учасників, відповідної матеріально-технічної бази, підготовку викладацького складу, фінансування та інформаційно-консультативний супровід, планування використання симуляторів.

**Практичне значення (розгорнуто).** Практичне значення результатів дослідження полягає у можливості їх подальшого використання у закладах вищої освіти при викладанні STEM-дисциплін. Також можливе використання науково-педагогічними працівниками під час розробки відповідних освітніх програм. Окрім цього, у процесі підготовки працівників сектору безпеки та оборони до участі в міжнародних навчаннях, операціях чи миротворчих місіях.

## Висновки

У сучасному освітньому середовищі віртуальні симулятори, тренажери та лабораторії позиціонуються не просто технологічним додатком, а й невід'ємною компонентою навчального процесу, розширюючи можливості розроблення та впровадження інтерактивних занять та експериментальних досліджень у рамках віртуальних симуляцій, які максимально відображають реальні лабораторні умови.

Водночас, в рамках дистанційної чи змішаної форми освітнього процесу виникає необхідність більшого залучення студентів, належного матеріально-технічного забезпечення, підготовки викладачів, налагодження ефективної взаємодії учасників освітнього процесу. Стратегії залучення базуються на синергії напрямків гейміфікації, самостійної експериментальної роботи та інтерактивного моделювання. Ключові стратегії зусиль викладача у даній сфері мають зосереджуватись на проектному навчанні, індивідуалізації, рольових сценаріях, груповій роботі та залученні потенціалу штучного інтелекту та хмарних сервісів. Перспективним напрямом подальшого наукового розвитку проблематики вбачається поглиблення інтеграції віртуальних лабораторій та симуляторів із сучасними технологіями, зокрема з штучним інтелектом і хмарними можливостями.

### Список використаних джерел

1. Дуганець В. І., Федірко П. П., Оленюк О. А. Особливості інтеграції віртуальних симуляторів у навчальний процес. *Професійно-прикладні дидактики*. 2023. № 1. С. 23–28. <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2023-1-4>.
2. Potkonjak V. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*. 2016. Vol. 95. Pp. 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>.
3. West R. E., Sansom R., Nielson J., Wright G., Turley R. S., Jensen J., Johnson M. Ideas for supporting student-centered stem learning through remote labs: A response. *Educational Technology Research and Development*. 2021. Vol. 69(1). Pp. 263–268. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09905-y>
4. Atchia S. M. C., Rumjaun A. The Real and Virtual Science Laboratories. *Contemporary Issues in Science and Technology Education*. Cham, 2023. Pp. 113–127. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5_9).
5. Tsakeni M. STEM education practical work in remote classrooms: Prospects and future directions in the post-pandemic era. *Journal of Culture and Values in Education*. 2022. Vol. 5(1). Pp. 144–167. <https://doi.org/10.46303/jcve.2022.11>
6. Prince M., Felder R., Brent R. Active student engagement in online STEM classes: Approaches and recommendations. *Advances in Engineering Education*. 2020. Vol. 8(4). Pp. 1–25.
7. Van den Beemt A., Groothuijsen S., Ozkan L., Hendrix W. Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy. *Journal of Computing in Higher Education*. 2023. Vol. 35(2). Pp. 320–340. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>
8. Kier M. W., Johnson L. L. Exploring how secondary STEM teachers and undergraduate mentors adapt digital technologies to promote culturally relevant education during COVID-19. *Education Sciences*. 2022. Vol. 12(1), 48. <https://doi.org/10.3390/educsci12010048>
9. Venton B. J., Pompano R. R. Strategies for enhancing remote student engagement through active learning. *Anal Bioanal Chem*. 2021. Vol. 413. Pp. 1507–1512. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03159-0>
10. Білик Ю. Теоретичні аспекти реалізації STEM-освіти в умовах дистанційного навчання. Збірник матеріалів XI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Наукова молодь-2023» (Київ, 21 листопада 2023 р.). К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2023. 338 с.

11. Барна О., Кузьмінська О. Моделі та ресурсне забезпечення навчання STEM-дисциплін в умовах пандемії Covid-19. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*. 2021. №1(1). С. 224–232.
12. Найдюк І. С., Оксана П. К., Тіберій Т. Р. Роль інтерактивних методів навчання в процесі розвитку міжнародної STEAM-діяльності. *Академічні візії*. 2023. №23. <https://www.academyvision.org/index.php/av/article/view/582>.
13. Чупрій І. К. Аналіз особливостей дистанційного навчання та можливість його повноцінної інтеграції у навчальний процес. *Art of Medicine*. 2021. С. 135–139. <https://doi.org/10.21802/artm.2020.4.16.135>.
14. Priedols V., Jansone A. Virtual laboratories in science and engineering. Society. Technology. Solutions. *Proceedings of the International Scientific Conference*. 2019. Vol. 1. P. 15. <https://doi.org/10.35363/via.sts.2019.11>.
15. Greenwald M. Alcator C-Mod and the high magnetic field approach to fusion. *Magnetic Fusion Energy*. 2016. Pp. 295–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100315-2.00010-6>
16. Global Education Monitoring Report. UNESCO, 2021-2024. <https://www.unesco.org/reports/gem-report/en>

## References

1. Duhanets, V. I., Fedirko, P. P., & Oleniuk, O. A. (2023). Osoblyvosti intehratsii virtualnykh symulatoriv u navchalnyi protses [Peculiarities of integrating virtual simulators into the educational process]. *Profesiino-prykladni dydaktyky – Professional and applied didactics*, 1, 23–28. <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2023-1-4>. [in Ukrainian]
2. Potkonjak, V. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>.
3. West, R. E., Sansom, R., Nielson, J., Wright, G., Turley, R. S., Jensen, J., & Johnson, M. (2021). Ideas for supporting student-centered stem learning through remote labs: A response. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 263-268. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09905-y>
4. Atchia, S. M. C., & Rumjaun, A. (2023). The Real and Virtual Science Laboratories. *Contemporary Issues in Science and Technology Education*. Cham, 113–127. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5_9).
5. Tsakeni, M. (2022). STEM education practical work in remote classrooms: Prospects and future directions in the post-pandemic era. *Journal of Culture and Values in Education*, 5(1), 144-167. <https://doi.org/10.46303/jcve.2022.11>
6. Prince, M., Felder, R., & Brent, R. (2020). Active student engagement in online STEM classes: Approaches and recommendations. *Advances in Engineering Education*, 8(4), 1-25.
7. Van den Beemt, A., Groothuijsen, S., Ozkan, L., & Hendrix, W. (2023). Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy. *Journal of Computing in Higher Education*, 35(2), 320-340. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>
8. Kier, M. W., & Johnson, L. L. (2022). Exploring how secondary STEM teachers and undergraduate mentors adapt digital technologies to promote culturally relevant education during COVID-19. *Education Sciences*, 12(1), 48. <https://doi.org/10.3390/educsci12010048>

9. Venton, B.J., & Pompano, R.R. (2021). Strategies for enhancing remote student engagement through active learning. *Anal Bioanal Chem*, 413, 1507–1512. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03159-0>
10. Bilyk, Yu. (2023). Teoretychni aspekty realizatsii STEM-osvity v umovakh dystantsiinoho navchannia [Theoretical aspects of implementing STEM education in distance learning]. *Zbirnyk materialiv Khl Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh «Naukova molod-2023» (Kyiv, 21 lystopada 2023 r.) – Collection of materials of the XI All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists "Scientific youth-2023" (Kyiv, November 21, 2023)*. TsP «KOMPRYNT». [in Ukrainian]
11. Barna, O., & Kuzminska, O. (2021). Modeli ta resursne zabezpechennia navchannia STEM-dystyplin v umovakh pandemii Covid-19 [Models and resource provision of STEM disciplines in the context of the Covid-19 pandemic]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: pedahohika – Scientific notes of the Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University. Series: Pedagogy*, 1(1), 224–232. [in Ukrainian]
12. Naidiuk, I. S., Oksana, P. K., & Tiberii, T. R. (2023). Rol interaktyvnykh metodiv navchannia v protsesi rozvytku mizhnarodnoi STEAM-diialnosti [The role of interactive teaching methods in the process of developing international STEAM activities]. *Akademichni vizii – Academic Visions*, 23. <https://www.academyvision.org/index.php/av/article/view/582>. [in Ukrainian]
13. Chuprii, I. K. (2021). Analiz osoblyvosti dystantsiinoho navchannia ta mozhlyvist yoho povnotsinnoi intehratsii u navchalnyi protses [Analysis of the features of distance learning and the possibility of its full integration into the educational process]. *Art of Medicine*, 135–139. <https://doi.org/10.21802/artm.2020.4.16.135>. [in Ukrainian]
14. Priedols, V., & Jansone, A. (2019). Virtual laboratories in science and engineering. Society. Technology. Solutions. *Proceedings of the International Scientific Conference*, 1, 15. <https://doi.org/10.35363/via.sts.2019.11>.
15. Greenwald, M. (2016). Alcator C-Mod and the high magnetic field approach to fusion. *Magnetic Fusion Energy*, 295–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100315-2.00010-6>
16. Global Education Monitoring Report. (2001-2024). UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/gem-report/en>