ПРИРОДНИЧА ОСВІТА

Освітні науки

УДК 37.016:53
DOI https://doi.org/10.32782/NSER/2024-6.01

МОЖЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ: РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Бенедисюк Марія Миколаївна
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри вищої та прикладної математики
Поліського національного університету
ORCID ID: 0000-0002-7232-0914

Вербівський Дмитрій Сергійович
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Житомирського державного університету імені Івана Франка
ORCID ID: 0000-0002-5238-1189
Scopus author ID: 57224618415
Researcher ID: ABQ-1056-2022

Карплюк Світлана Олександрівна
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри соціально-гуманітарної та фундаментальної підготовки
Житомирського інституту Приватного акціонерного товариства
«Вищий навчальний заклад «Міжрегіональна Академія управління персоналом»
ORCID ID: 0009-0007-6350-3421

Сучасний світ диктує нові вимоги до освітнього процесу, що зумовлює необхідність доповнення традиційних методів навчання інноваційними підходами. У контексті швидкого розвитку технологій та постійних суспільних змін актуальність впровадження інноваційних методик у навчання стає дедалі очевиднішою. Особливо це стосується вивчення фізики у ЗВО, де студенти стикаються зі складними теоріями та абстрактними поняттями. Використання сучасних технологій, таких як інтерактивні програми, віртуальні лабораторії та мультимедійні презентації, може суттєво підвищити ефективність навчального процесу та зацікавленість здобувачів вищої освіти у вивченні предмету. Розробка та впровадження інноваційних педагогічних підходів є необхідною умовою для забезпечення якісної освіти. Це сприяє підготовці молодого покоління до викликів сучасного світу, формуванню критичного мислення та здатності до самостійного навчання й застосування набутих знань на практиці. Стаття присвячена вивченню застосування штучного інтелекту в освітньому процесі, де виявлено суперечності між активним використанням штучного інтелекту та недосконалістю чинної правової бази, що регламентує його впровадження. Наголошується на необхідності адаптації методичного супроводу для ефективного викладання, враховуючи дисбаланс у використанні технологій штучного інтелекту між студентами та викладачами. Розглядаються функції штучного інтелекту, які можна успішно інтегрувати в освітній процес. Серед них: викладач-асистент, що підтримує навчання, адаптивне тестування, що підлаштовується під рівень знань здобувачів вищої освіти, а також автоматизована система оцінки та аналіз даних для моніторингу успішності. Окрему увагу приділено необхідності подальших досліджень впливу штучного інтелекту на інтелектуальний розвиток учнів і підготовці фахівців для створення інноваційних освітніх систем. Як приклад наведено використання штучного інтелекту під час навчання фізики у ЗВО.

Ключові слова: *штучний інтелект, технології штучного інтелекту, методика навчання фізики, адаптивне тестування, методичний супровід, система оцінки, аналіз даних.*

Benedysiuk M. M., Verbivskyi D. S., Karpliuk S. O. Possibilities of artificial intelligence in the study of physics in higher educational institutions: realities and prospects

The modern world dictates new requirements for the educational process, which necessitates the need to supplement traditional teaching methods with innovative approaches. In the context of rapid technological development and constant social changes, the relevance of implementing innovative teaching methods is becoming increasingly obvious. This is especially true for studying physics in higher education, where students are faced with complex theories and abstract concepts. The use of modern technologies, such as interactive programs, virtual laboratories and multimedia presentations, can significantly increase the effectiveness of the educational process and student interest in studying the subject. The development and implementation of innovative pedagogical approaches is a necessary condition for ensuring high-quality education. This contributes to preparing the younger generation for the challenges of the modern world, the formation of critical thinking and the ability to independently learn and apply the acquired knowledge in practice. The article is devoted to the application of artificial intelligence in the educational process. Contradictions between the active use of artificial intelligence and the imperfection of the current legal framework regulating its implementation are revealed. The need to adapt methodological support for effective teaching is emphasized, taking into account the imbalance in the use of artificial intelligence technologies between students and teachers. The functions of artificial intelligence that can be successfully integrated into the educational process are considered. Among them: an assistant teacher who supports learning, adaptive testing that adjusts to the level of knowledge of students, as well as an automated assessment system and data analysis to monitor success. Special attention is paid to the need for further research into the impact of artificial intelligence on the intellectual development of students and the training of specialists for the creation of innovative educational systems. As an example, the use of artificial intelligence in teaching physics in higher education institutions is given.

Key words: *artificial intelligence, artificial intelligence technologies, physics teaching methodology, adaptive testing, methodological support, assessment system, data analysis.*

Одним з найбільш цікавих і водночас дискусійних питань, пов'язаних із розвитком інформаційних технологій, є вплив штучного інтелекту (ШІ) на людський інтелект, а також виклики й ризики, що виникають у цьому контексті. Особливу увагу науковців привертає питання його використання в освітньому процесі та можливі загрози, пов'язані з його впровадженням.

Існують як переваги, так і потенційні загрози від застосування ШІ в освіті. З одного боку, він може підвищити ефективність навчання, персоналізувати освітній процес і допомогти у засвоєнні складних концепцій, а з іншого боку, надмірна залежність від технологій може послабити критичне мислення, творчі здібності та навички самостійного навчання у здобувачів вищої освіти, тому важливо забезпечити баланс між застосуванням ШІ та традиційними методами навчання, щоб ці технології стали інструментом для підтримки освіти, а не її заміною.

Постановка проблеми та її актуальність. На сьогодні немає однозначної відповіді на питання щодо правомірності застосування ШІ в освіті та можливих ризиків, які при цьому виникають, що вимагає всебічного вивчення та глибокого дослідження цієї сфери. Важливо визначити, як саме штучний інтелект впливає на освіту в Україні, а також які виклики можуть виникнути в процесі його інтеграції в освітню систему. Зокрема, дослідження має охоплювати такі основні аспекти, як ефективність впровадження ШІ, роль вчителя в умовах застосування ШІ, індивідуалізація та інклюзія, етичні аспекти та безпека даних, проблеми доступності та рівності. Ці напрями є ключовими для розуміння впливу штучного інтелекту на освітню сферу в Україні. Їх вивчення сприятиме ефективному управлінню процесом впровадження інновацій і стане основою для подальших досліджень та розвитку освітніх технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в освітній процес присвячено дослідження багатьох вчених, зокрема В. Бикова, Р. Гуревича, В. Бахрушина, Н. Морзе, С. Сисоєвої, В. Осадчого та інших. Проблему застосування штучного інтелекту в освіті досліджували такі науковці, як А.В. Мельник, А.М. Коломієць, О.І. Кушнір, Є.А. Тимошенко, О.В. Павлюк, С.В. Шаров, К.В. Матвєєва, М.М. Яцишина та інші. У своїх роботах вони здійснювали добір змісту навчального матеріалу, включно з основами штучного інтелекту. Зокрема, у своїй статті М.М. Яцишина звернула увагу на те, що використання ШІ для індивідуалізованого навчання є перспективною, але ще недостатньо розробленою сферою, особливо у викладанні фізики [5, с. 401]. Аналіз робіт цих вчених дав можливість виокремити такі недоліки: недосконалість правової бази, що регулює застосування ШІ в освітньому процесі; недостатність вивчення впливу ШІ на розвиток особистості студента. Також залишається невирішеною проблема цілеспрямованого добору змісту навчального матеріалу з основ штучного інтелекту, що обмежує його інтеграцію в процес навчання фізики. Саме тому важливо детальніше зупинитися на питаннях використання ШІ в освіті

та пошуку підходів до ефективної адаптації цих технологій у навчанні фізики.

Мета статті полягає в аналізі особливостей застосування штучного інтелекту в навчанні фізики в закладах вищої освіти, а також у визначенні функцій штучного інтелекту для підвищення ефективності роботи викладача фізики та освітнього процесу загалом.

Для досягнення цієї мети були визначені такі завдання:

1) проаналізувати нормативно-правову базу, що регулює використання ШІ в освітній діяльності. Це включає вивчення законодавчих актів, етичних норм і стандартів, що визначають допустимість та обмеження впровадження штучного інтелекту в освіту;

2) визначити переваги та недоліки застосування ШІ в освітньому процесі. Це завдання передбачає оцінку можливостей ШІ для підвищення ефективності навчання, а також виявлення потенційних ризиків і проблем, пов'язаних із його використанням;

3) дослідити можливості використання ШІ під час викладання фізики у ЗВО. Це охоплює розробку методик і підходів, які можуть покращити засвоєння фізичних концепцій за допомогою інноваційних технологій.

Це зумовлює визначення оптимальних форм впровадження ШІ в освітній процес, забезпечивши збалансований підхід між традиційними методами навчання та інноваційними технологіями для підвищення якості освіти. Лише всебічний підхід до аналізу цієї проблеми дозволить оцінити потенціал і загрози впровадження штучного інтелекту в освітній процес та забезпечити його ефективне та безпечне використання для підвищення якості освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз науково-педагогічної та методичної літератури щодо застосування ШІ у вивченні фізики показує різноманітні можливості для вдосконалення освіти та досліджень у цій галузі. Окремо розглядаються такі можливості:

1) *інтерактивне навчання*, де ШІ активно інтегрується в освітні технології, створюючи інструменти для персоналізованого навчання. Наприклад, використання мобільних додатків та платформ, що включають адаптивні алгоритми, дозволяє студентам самостійно практикувати фізичні задачі з підвищеною ефективністю. Такі платформи, як LearningApps, активно застосовуються для створення інтерактивних завдань з фізики, що підвищують залученість здобувачів вищої освіти та полегшують розуміння складних наукових концепцій;

2) *розвиток квантового ШІ*: квантові обчислення відкривають нові горизонти для розв'язування складних фізичних задач. Прогнозується, що в найближчі роки квантові комп'ютери значно підвищать точність розв'язків, що стане важливим інструментом для дослідників у фізиці;

3) *цифрові інструменти для моделювання*: віртуальні та доповнені реальності, в поєднанні з ШІ, дозволяють створювати тривимірні моделі фізичних явищ, що є корисними як для навчання, так і для професійних досліджень. Це відкриває нові можливості для вивчення складних процесів, таких як атомні реакції або космічні явища;

4) *персоналізація навчання*: ШІ може допомогти в адаптації програм для різних рівнів підготовки здобувачів вищої освіти, дозволяючи створювати індивідуальні траєкторії навчання, що є корисним як для здобувачів вищої освіти, так і для викладачів. Загалом інтеграція ШІ у навчання фізики не лише робить цей процес більш інтерактивним, але й дозволяє значно розширити можливості для досліджень та розвитку нових методик навчання.

Для повноцінного розуміння впливу ШІ на різні аспекти людської діяльності необхідно проводити міждисциплінарні дослідження. У контексті навчання фізики у закладах вищої освіти такі дослідження мають включати не лише когнітивні науки та психологію, але й педагогіку та інноваційні методики викладання фізики. Це особливо важливо під час створення навчальних програм, що враховують специфіку вищої освіти та рівень підготовки здобувачів вищої освіти [3, с. 210].

Теоретичний та методичний аналіз проблеми впровадження ШІ у процес навчання фізики, а також аналіз роботи освітніх організацій, де викладачі та студенти вже використовують штучний інтелект в освітньому процесі, дав можливість виявити конкретні проблеми та виклики, які стали основою дослідження, а саме:

– юридичні й етичні аспекти застосування ШІ в освіті: необхідно створити чіткі нормативно-правові акти, що визначатимуть правомірність і обсяг використання штучного інтелекту в освітньому процесі;

– міра та обсяг застосування ШІ в освітньому процесі мають бути збалансованими, щоб не знижувати критичне й аналітичне мислення здобувачів вищої освіти;

– необхідно визначити освітні функції, що можуть бути передані ШІ;

– розмежування ролей між ШІ та викладачем: важливо чітко визначити, які функції можуть виконувати машини (наприклад, автоматизація тестування або надання індивідуальних рекомендацій), а які мають залишатись за людським фактором (наприклад, моральна підтримка, мотивація, сприяння розвитку критичного мислення) [4, с. 251; 5, с. 405].

На основі викладеного можна виділити декілька підходів до вирішення цих питань:

1) поєднання ШІ та традиційних методик навчання фізики для забезпечення комплексного розвитку здобувачів вищої освіти;

2) розвиток навичок критичного мислення та рефлексії, щоб учні вміли оцінювати інформацію, яку надає штучний інтелект;

3) етичне використання технологій для уникнення ризиків, пов'язаних із заміщенням людського інтелекту штучним.

Таким чином, ШІ має потенціал посилювати освітній процес, але його застосування повинно бути виваженим і контрольованим, щоб сприяти інтелектуальному розвитку здобувачів вищої освіти, а не замінювати їхню здатність мислити та аналізувати.

Дискусія щодо впливу ШІ на природний людський інтелект є особливо актуальною в сучасному освітньому середовищі. Безумовно, ШІ вже впливає на мислення людини, оскільки він змінює спосіб обробки інформації, отримання зворотного зв'язку та взаємодії зі знаннями. Як нове явище цифрової ери ШІ стає інтегрованою частиною суспільного мислення та впливає на когнітивні процеси особистості.

В умовах стрімкого впровадження ШІ у різні сфери життя освітній сектор не є винятком, проте актуальна проблема полягає в недостатньо розробленому юридичному регулюванні цього процесу. Правомірність застосування ШІ в освіті залишається не врегульованою на державному рівні, а межі його використання визначаються керівниками та викладачами на їхній власний розсуд, що може призводити до недосконалого впровадження та несанкціонованих практик.

Дослідження впливу онлайн-взаємодії вказують на суттєві відмінності в тому, як мозок людини реагує на навчання в онлайн-середовищі порівняно з безпосереднім спілкуванням з іншою людиною. Спілкування через екран має певні обмеження в плані зворотного зв'язку, що може знижувати ефективність навчання, адже воно не забезпечує повноцінної емоційної взаємодії. Роль зворотного зв'язку або спілкування з роботом-помічником чи інтелектуальною системою може мати свої переваги у виконанні рутинних завдань, таких як пошук інформації чи оцінювання, але таке спілкування часто не вимагає глибокого інтелектуального навантаження. Натомість взаємодія з живою людиною стимулює більшу активність критичного мислення, емоційне включення та можливість отримати живий, адаптований зворотний зв'язок, що є важливим компонентом ефективного навчання. ШІ може значно покращити освітній процес, проте він не здатний замінити людський контакт, який є необхідним для розвитку емоційного інтелекту та соціальних навичок здобувачів вищої освіти, тому важливо розуміти межі та потенціал застосування ШІ в освітньому процесі та забезпечити його ефективне поєднання з традиційними методами навчання, де головну роль відіграє саме взаємодія між людьми.

Однак важливо пам'ятати, що асистент ШІ не має свідомості або емоцій, а його здатність до розуміння чи творчості суворо обмежена заданими алгоритмами та математичними моделями. Замість того, щоб розуміти контекст ситуації так, як це робить людина, асистент ШІ просто оперує вхідними даними, щоб обчислити найбільш імовірні відповіді чи рішення відповідно до заданих алгоритмів. Це визначає обмеженість функцій ШІ в освіті чи інших сферах: він може бути потужним інструментом для автоматизації завдань та обробки даних, але не здатний до глибокої емпатії, креативності або соціальної взаємодії, що є необхідним компонентом у багатьох ситуаціях, особливо в освітньому процесі.

Нейронні мережі, моделі машинного навчання та ШІ базуються на математичних моделях, що використовують теорію ймовірності та математичну статистику для обробки й аналізу даних. Основною метою цих моделей є виявлення патернів (шаблонів) в даних, що дозволяє робити прогнози, класифікацію або оптимізацію в процесах навчання, обробки інформації та прийняття рішень.

Штучний інтелект активно застосовується на заняттях з фізики, зокрема через використання віртуальних лабораторій. Такі лабораторії створюють безпечне цифрове середовище для проведення експериментів, дозволяючи здобувачам вищої освіти відтворювати фізичні явища, які можуть бути складними або небезпечними в реальних умовах. За допомогою ШІ ці лабораторії здатні адаптувати сценарії досліджень до рівня їх знань, забезпечуючи персоналізований підхід до навчання. Крім того, штучний інтелект допомагає моделювати складні фізичні процеси, автоматично аналізує результати експериментів і сприяє більш глибокому розумінню теми, що не лише підвищує зацікавленість у вивченні фізики, але й розширює можливості здобувачів вищої освіти у засвоєнні матеріалу.

Іншим прикладом є використання симуляторів, які дають здобувачам вищої освіти можливість досліджувати фізичні явища без ризику для їх безпеки. Вони можуть змінювати параметри, такі як маса або швидкість, і в реальному часі можна спостерігати, як це впливає на систему. Це створює умови для проведення віртуальних експериментів, які було б важко реалізувати в традиційній лабораторії. Завдяки ШІ такі симулятори стають більш точними та реалістичними порівняно з традиційними підходами, що дозволяє краще моделювати складні процеси та явища, які важко відтворити у звичайних умовах.

Ще одним важливим напрямом є впровадження адаптивного навчання, яке дозволяє нада-

вати студентам завдання та навчальні матеріали, що відповідають їх індивідуальному рівню знань і навичок. Штучний інтелект сприяє створенню таких адаптивних навчальних програм, що забезпечує більш ефективне засвоєння матеріалу та врахування особистих потреб кожного студента. Системи ШІ дозволяють персоналізувати освітній процес. Вони аналізують успішність студента, визначають складні для нього теми та пропонують індивідуальні завдання. Це допомагає їм опановувати фізику в своєму темпі, приділяючи більше часу аспектам, які потребують додаткового роз'яснення. Під час моніторингу рівня засвоєння знань на заняттях з фізики, де часто використовуються стандартні завдання з відомими відповідями, система адаптивного тестування на основі ШІ може перевіряти роботи не тільки на відповідність шаблонам, а й на оригінальність виконання. Завдяки алгоритмам аналізу тексту та порівняння рішень з базами даних, інтелектуальна система здатна виявити списування або подібні до інших відповідей розв'язки [3, с. 251].

Візуалізація складних концепцій стала ще доступнішою завдяки можливостям ШІ. Для пояснення таких тем, як квантова механіка чи теорія відносності, використовуються інтерактивні графіки або анімації. Вони дозволяють здобувачам не лише слухати або читати, а й буквально бачити фізичні явища.

Інтерактивні помічники, такі як чат-боти, також активно застосовуються. Вони можуть відповідати на запитання здобувачів вищої освіти у режимі реального часу, пояснювати складні теми чи пропонувати методи розв'язання задач. Це робить навчання більш доступним і зручним навіть поза межами закладу освіти.

На сьогодні здобувачі вищої освіти випереджають викладачів у роботі зі штучним інтелектом і нейромережами, і не враховувати цього не можна так само, як і неможливо зупинити впровадження самого штучного інтелекту в освітній процес. Застосування генеративних чатів, таких як ChatGPT, в освіті стало популярним інструментом для допомоги студентам у виконанні завдань та написанні текстів. Проте аналіз робіт, виконаних за їх допомогою, вказує на низький рівень самих завдань, а також на нерозуміння студентами змісту роботи, яку вони виконують. Генеративні чати хоч і можуть швидко створювати тексти, проте не здатні передати глибоке розуміння теми, яке є необхідним для глибокого засвоєння матеріалу. Студенти, що покладаються на такі інструменти, часто не здобувають необхідного знання та навичок, оскільки процес навчання зводиться лише до автоматичного генерування відповідей без власного осмислення і пошуку інформації. ШІ може виявляти найбільш слабкі місця здобувачів вищої освіти у процесі навчання та надавати рекомендації, що допоможуть покращити результативність освітнього процесу. Проте важливо зауважити, що, попри всі технічні переваги, робота штучного інтелекту відрізняється від роботи викладача. Штучний інтелект не здатен відтворити людську поведінку, соціально-емоційні складники, такі як емпатія, підтримка або натхнення. Викладач може мотивувати здобувачів вищої освіти, підтримувати їх у моменти невдач, ділитися радістю від процесу пізнання.

У галузі вищої освіти, особливо в таких складних дисциплінах, як фізика, штучний інтелект надає викладачам нові можливості як під час підготовки до занять, так і у процесі навчання.

На основі викладеного вище можна зробити **висновки**.

Аналіз нормативно-правової бази засвідчив потребу у створенні додаткових законодавчих актів, які визначатимуть правила та порядок застосування ШІ у сфері освіти. При цьому залишаються нерозв'язаними питання правомірності використання штучного інтелекту, а також етичні аспекти його впровадження. Застосування штучного інтелекту передбачає використання технологій, здатних впливати на психічне й емоційне здоров'я здобувачів вищої освіти. У зв'язку з цим впровадження таких інструментів потребує максимально обережного підходу за відсутності доказової бази щодо безпечності створюваних продуктів, а також підтвердженої надійності та валідності відповідних технологій. Крім того, необхідність правового регулювання їх використання є невід'ємною умовою для забезпечення етичного та безпечного впровадження.

Визначено переваги та недоліки застосування ШІ в освітньому процесі, а також досліджено можливості його використання під час викладання фізики у ЗВО. Застосування штучного інтелекту при навчанні фізики у закладах освіти може виконувати безліч функцій: автоматизувати перевірку завдань, персоналізувати навчання, допомагати викладачеві розробляти різну документацію та створювати інтерактивні курси. Але розробка навчальних продуктів самим ШІ потребує обов'язкової корекції.

Отримані результати можуть бути використані для розробки методичних рекомендацій щодо ефективного впровадження штучного інтелекту в освітній процес; навчання викладачів для підвищення їх компетентності у використанні інноваційних технологій; оптимізації освітніх програм з урахуванням сучасних технологічних реалій та формування індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів вищої освіти.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні особливостей застосування цифрових інноваційних технологій у процесі навчання фізики у закладах вищої освіти.

Література:

1. Innovative approaches in higher education in Ukraine: Trends and prospects / Р. Бліновська, О. Кудря, Ю. Лінь, Л. Чалий, Д. Вербівський. *Eduweb-Revista de Tecnologia de Informacion Y Comunicacion en Educacion* (18). Валенсія, 2024. С. 110–123.
2. Мар'єнко М.В., Шишкіна М.П., Коновал О.А. Методологічні засади формування хмаро орієнтованих систем відкритої науки у закладах вищої педагогічної освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. № 89 (3). С. 209–232.
3. Мельник А.В. Застосування штучного інтелекту в освітньому середовищі: потенціал та виклики. *Розвиток педагогічної майстерності майбутнього педагога в умовах освітніх трансформацій* : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Глухів, 7 квітня 2023 р. Глухів, 2023. С. 250–253.
4. Яцишина М.М., Федчишин О.М. Використання штучного інтелекту для індивідуалізованого навчання з фізики. Збірник тез матеріалів XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*. Тернопіль, 2023. С. 94–96.
5. Approaches to the choice of tools for adaptive learning based on highlighted selection criteria / Y.B. Sikora, O.Y. Usata, O.O. Mosiiuk, D.S. Verbivskyi, E.O. Shmeltser. CEUR Workshop Proceedings. 2020. P. 398–410.

References:

1. Blinovska, R., Kudria, O., Yitong, L., Chalii, L., & Verbivskyi, D. (2024). Innovative approaches in higher education in Ukraine: Trends and prospects. Revista Eduweb, 18(1), 109–123. [in Venezuela]
2. Maryenko, M.V., Shyshkina, M.P., & Konoval, O.A. (2020). Metodolohichni zasady formuvannya khmaro oriyentovanykh system vidkrytoyi nauky u zakladakh vyshchoyi pedahohichnoyi osvity [Methodological principles of forming cloud-oriented open science systems in higher pedagogical education institutions]. *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannya*, No 89 (3), s. 209–232. [in Ukrainian]
3. Melnyk, A.V. (2023). Zastosuvannya shtuchnoho intelektu v osvitn′omu seredovyshchi: potentsial ta vyklyky [Application of artificial intelligence in the educational environment: potential and challenges]. *Rozvytok pedahohichnoyi maysternosti maybutn'oho pedahoha v umovakh osvitnikh transformatsiy*: materialy III Vseukrayins′koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Hlukhiv, s. 250–253. [in Ukrainian]
4. Yatsyshyna, M.M., & Fedchyshyn, O.M. (2023). Vykorystannya shtuchnoho intelektu dlya indyvidualizovanoho navchannya z fizyky [Using artificial intelligence for individualized learning in physics]. Zbirnyk tez materialiv XI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi. *Suchasni tsyfrovi tekhnolohiyi ta innovatsiyni metodyky navchannya: dosvid, tendentsiyi, perspektyvy*. Ternopil, s. 94–96. [in Ukrainian]
5. Sikora, Y.B., Usata, O.Y., Mosiiuk, O.O., Verbivskyi, D.S., & Shmeltser, E.O. (2020). Approaches to the choice of tools for adaptive learning based on highlighted selection criteria. *CEUR Workshop Proceedings*, P. 398–410. [in Ukrainian]