



УДК 37.09:37.016

[https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-5\(45\)-1534-1542](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-5(45)-1534-1542)

Шульга Альона Валеріївна кандидат педагогічних наук, доцент, асистент кафедри педагогіки та методики початкової освіти, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, <https://orcid.org/0000-0002-5469-7830>

Дідух Віталія Віталіївна доктор філософії (PhD), асистент кафедри педагогіки та методики початкової освіти, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, м. Чернівці, <https://orcid.org/0009-0009-0886-3277>

Величко Ольга Іванівна асистент кафедри педагогіки та методики початкової освіти, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, <https://orcid.org/0000-0001-7374-5634>

ДИДАКТИЧНІ РЕСУРСИ ДЛЯ STEM-ОСВІТИ: ЯК ЗРОБИТИ НАВЧАННЯ ЦІКАВИМ І ЕФЕКТИВНИМ

Анотація. Стаття присвячена актуальності впровадження сучасних дидактичних ресурсів у STEM-освіті для підвищення зацікавленості учнів та ефективності навчання в умовах науково-технічного прогресу. Розглянуто сутність STEM-освіти, її значення для розвитку ключових компетентностей та інноваційного мислення, а також особливості її впровадження в Україні. Проаналізовано сучасні наукові дослідження з даної теми, виявлено потребу в систематизації та оцінюванні дидактичних ресурсів.

У статті подано визначення дидактичних ресурсів у STEM-контексті та запропоновано їхню класифікацію (навчально-методичні, наочні, технічні, інформаційні, освітнє середовище, ігрові). Описано інноваційні методи навчання (проектна, проблемне, дослідницьке, командна, персоналізоване), що сприяють ефективному використанню цих ресурсів. Наведено приклади успішного застосування різноманітних дидактичних ресурсів в освітній практиці.

Окреслено основні виклики на шляху впровадження дидактичних ресурсів (фінансування, нерівність доступу, підготовка вчителів, узгодження з програмами, цифрова нерівність, оцінювання). Запропоновано комплекс заходів для їх подолання, включаючи покращення матеріально-технічної бази, розвиток педагогічних кадрів, оптимізацію навчальних програм та забезпечення рівного доступу до ресурсів.

У висновках наголошено на ключовій ролі дидактичних ресурсів у STEM-освіті та необхідності володіння педагогами сучасними методиками





їхнього застосування. Визначено перспективи подальших досліджень у напрямі розробки критеріїв відбору, оцінювання ефективності та методичних рекомендацій щодо інтеграції дидактичних ресурсів в освітній процес.

Ключові слова: STEM-освіта, дидактичні ресурси, захоплююче навчання, ефективне викладання, практичні заняття, цифрові інструменти, віртуальна реальність, проєктне навчання, гейміфікація, педагогічні підходи.

Shulha Alona Valeriivna candidate of pedagogical sciences, associate professor, assistant at the department of pedagogy and methods of primary education, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, <https://orcid.org/0000-0002-5469-7830>

Didukh Vitaliya Vitaliivna PhD, assistant at the department of pedagogy and methods of primary education, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, <https://orcid.org/0009-0009-0886-3277>

Velychko Olha Ivanivna assistant at the department of pedagogy and methods of primary education, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, <https://orcid.org/0000-0001-7374-5634>

DIDACTIC RESOURCES FOR STEM EDUCATION: MAKING LEARNING ENGAGING AND EFFECTIVE

Abstract. The article addresses the pressing issue of identifying, developing, and implementing modern didactic resources in STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education as a crucial factor in enhancing student engagement and learning effectiveness in the context of rapid scientific and technological advancements. It examines the theoretical foundations of STEM education, its significance for fostering key competencies and the innovative potential of future specialists, as well as the specific features of implementing STEM approaches in Ukraine. The current state of research on this topic is analyzed, revealing the need for systematization and evaluation of didactic resources.

The article provides an expanded definition of "didactic resources" within the STEM context and proposes their classification based on the form of presentation and method of use, including teaching materials, visual aids, technical learning tools (computers, multimedia equipment, robotics), information resources (educational websites, online platforms), the educational environment (STEM centers, laboratories), and game-based resources. Innovative teaching methods (project-based learning, problem-based learning, inquiry-based learning, teamwork, personalized learning) that facilitate the effective use of these resources are described. Examples of the successful application of various didactic resources in STEM education in Ukraine and abroad are provided.



Particular attention is paid to the challenges hindering the effective implementation of didactic resources, such as insufficient funding, unequal access, limited teacher training, the need for harmonization with educational standards, the digital divide, and assessment difficulties. A set of measures to overcome these barriers is proposed, including improving the material and technical base, developing teaching staff, optimizing educational programs, and ensuring equal access to resources.

The conclusions emphasize the key role of didactic resources in STEM education and the necessity for educators to master modern methods of their application. Prospects for further research in the area of developing selection criteria, evaluating effectiveness, and creating methodological recommendations for integrating didactic resources into the educational process are identified.

Keywords: STEM education, didactic resources, engaging learning, effective teaching, practical activities, digital tools, virtual reality, project-based learning, gamification, pedagogical approaches.

Постановка проблеми. У сучасному світі стрімкий розвиток науки і технологій зумовлює зростаючу актуальність STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics) — міждисциплінарного підходу, що покликаний сформувати в учнів ключові компетентності для успішної самореалізації в умовах цифрової економіки та інформаційного суспільства. STEM-освіта сприяє розвитку критичного мислення, дослідницьких навичок, креативності, командної роботи, а також технічної та математичної грамотності. Вона інтегрує знання з природничих наук, технологій, інженерії та математики, створюючи потужну основу для формування інноваційного потенціалу майбутніх фахівців.

Усвідомлення важливості STEM-освіти є частиною ширшої міжнародної тенденції, в межах якої такі країни, як Сінгапур, США, Ізраїль та Австралія, уже десятиліттями реалізують освітні стратегії, орієнтовані на розвиток STEM-компетентностей. Україна не є винятком: із 2015 року на державному рівні здійснюються спроби впровадження STEM-підходів у систему освіти, що відображено в низці стратегічних документів та освітніх ініціатив. Особливість українського контексту полягає в акценті на інноваційну складову, яка передбачає не лише засвоєння знань, а й створення нових технологій, рішень та підходів [1-3].

Разом із тим, впровадження STEM-освіти в українських реаліях супроводжується низкою викликів. Одним із найактуальніших є проблема недостатньої зацікавленості учнів у вивченні профільних дисциплін. Традиційні методи навчання, зосереджені переважно на репродуктивному засвоєнні теоретичного матеріалу, не відповідають вимогам сучасного освітнього процесу. У цьому контексті особливого значення набуває використання ефективних дидактичних ресурсів, здатних зробити навчання інтерактивним, наочним, практично орієнтованим і, як наслідок, більш ефективним.



Таким чином, проблема пошуку, розробки та впровадження сучасних дидактичних ресурсів для STEM-освіти є надзвичайно актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору. Саме аналізу цих ресурсів, їхньої ефективності, типології, методів застосування та перспектив подальшого розвитку присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій підтверджує цю актуальність та демонструє зростаючий інтерес науковців до різних аспектів STEM-освіти в Україні: В.В. Бойченко, О. Буряк, Н. Гончарова, Х. Ліщинська, В. Мізюк, А.П. Овчатова, Т. Олефіренко, Н.І. Поліхун, І.А. Сліпухіна, Г. Цветкова та ін., так і міжнародних науковців: W.R. Bybee, T. Dintersmith, T.J. Kennedy, M.R.L. Odell, T. Wagner та ін. Проблема дидактичних ресурсів стала предметом досліджень таких науковців: Л. І. Білоусова, Т. С. Бондаренко, С. М. Денисенко, В. В. Лапінський, Ю. Простакова, О. Рой, Н. В. Олефіренко, Л. П. Перхун та ін.

Аналіз останніх досліджень свідчить про значний інтерес науковців до проблем STEM-освіти та використання різноманітних дидактичних ресурсів у цьому контексті. Проте, недостатньо дослідженими залишаються питання систематизації та класифікації дидактичних ресурсів для STEM-освіти, визначення критеріїв їхнього відбору та оцінювання ефективності. Також потребує подальшого вивчення проблема інтеграції різних видів дидактичних ресурсів у навчальний процес з метою забезпечення максимальної зацікавленості та ефективності навчання.

Мета статті – дослідження дидактичних ресурсів, які можуть бути ефективно використані в STEM-освіті для підвищення зацікавленості та результативності навчального процесу. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких завдань:

Виклад основного матеріалу. STEM-освіта являє собою інтегрований підхід до навчання, який поєднує природничі науки, технології, інженерію та математику в єдину навчальну парадигму. Основною метою STEM-освіти є розвиток у учнів здатності застосовувати знання з різних предметних областей для розв'язання реальних проблем і завдань [4; 5].

У словнику IGI Global з освіти дидактичні ресурси визначаються як «будь-який матеріал або інструмент, що використовується для сприяння процесу навчання та викладання». [6].

У праці I. Szőköl, D. Kučerka, L. Krištofiaková «матеріальні дидактичні засоби» (які використовуються як синонім «дидактичних ресурсів») визначаються як (технічні засоби та навчальні посібники) матеріальної природи, що є важливим компонентом освіти та засобом досягнення цілей освітнього процесу і є частиною інженерної педагогіки. Вони служать засобом досягнення освітніх цілей. Автори розрізняють «технічні засоби» (матеріальні ресурси, що створюють умови для доставки навчальної програми учням) та «дидактичні посібники» (матеріальні засоби, що безпосередньо несуть інформацію). [7].



Отже, «дидактичні ресурси» можна широко визначити як будь-які матеріали, інструменти або технології, що використовуються педагогами та учнями для полегшення процесу навчання та викладання та досягнення конкретних освітніх цілей. Ці ресурси можуть бути фізичними або цифровими, а їхня конкретна природа та визначення можуть варіюватися залежно від освітнього контексту, предметної галузі, а також лінгвістичного та культурного походження. Всебічне розуміння вимагає врахування як загальних принципів полегшення навчання та досягнення цілей, так і конкретних характеристик та можливостей різних типів ресурсів у різноманітних навчальних середовищах.

Дидактичні ресурси в контексті STEM-освіти розуміються як будь-які засоби навчання, які використовуються педагогом для організації навчально-пізнавальної діяльності учнів, стимулювання їхньої зацікавленості та забезпечення ефективного засвоєння навчального матеріалу. Залежно від форми представлення та способу використання, дидактичні ресурси для STEM-освіти можна класифікувати наступним чином:

Навчально-методичні матеріали: підручники, навчальні посібники, методичні рекомендації, дидактичні картки, роздаткові матеріали, практикуми тощо. У контексті STEM-освіти ці матеріали повинні мати інтегрований характер, відображати міжпредметні зв'язки та орієнтувати учнів на практичне застосування знань.

Наочні засоби навчання: схеми, таблиці, графіки, діаграми, моделі, макети, реальні об'єкти та явища. Використання наочних засобів навчання сприяє кращому розумінню абстрактних наукових концепцій та формуванню образного мислення учнів [8].

Технічні засоби навчання: комп'ютери, мультимедійні проектори, інтерактивні дошки, цифрові лабораторії, робототехнічні комплекси, 3D-принтери, сканери, віртуальні та доповнені реальності [9-11]. Ці засоби навчання відкривають широкі можливості для проведення експериментів, моделювання складних процесів, візуалізації даних та організації інтерактивної взаємодії учнів з навчальним матеріалом.

Інформаційні ресурси: освітні веб-сайти, онлайн-енциклопедії, електронні бібліотеки, відеолекції, інтерактивні симуляції, мобільні додатки [12-14]. Доступ до різноманітних інформаційних ресурсів дозволяє учням самостійно досліджувати навчальний матеріал, розширювати свій кругозір та розвивати інформаційну компетентність.

Освітнє середовище: навчальні лабораторії, STEM-центри, майстерні, технопарки, музеї науки та техніки [15, 16]. Створення спеціалізованого освітнього середовища, оснащеного сучасним обладнанням та матеріалами, сприяє залученню учнів до дослідницької та конструкторської діяльності.



Ігрові ресурси: навчальні ігри, квести, головоломки, конструктори, ігри-симулятори [17, 18]. Використання ігрових елементів у навчальному процесі підвищує мотивацію учнів, сприяє розвитку логічного мислення, креативності та вміння працювати в команді.

Ефективність використання дидактичних ресурсів у STEM-освіті значною мірою залежить від методичного підходу педагога. Для активізації пізнавальної діяльності учнів та формування ключових компетентностей рекомендується застосовувати такі інноваційні методи навчання, як:

Проектна діяльність: передбачає виконання учнями самостійних дослідницьких або конструкторських проєктів, що інтегрують знання з різних предметних областей STEM.

Проблемне навчання: базується на створенні проблемних ситуацій, які спонукають учнів до самостійного пошуку рішень, застосовуючи наукові знання та дослідницькі навички.

Навчання через дослідження: передбачає залучення учнів до проведення експериментів, спостережень, збору та аналізу даних для формулювання висновків та узагальнень.

Командна робота: сприяє розвитку комунікативних навичок, вміння співпрацювати, розподіляти обов'язки та спільно досягати поставленої мети.

Персоналізоване навчання: враховує індивідуальні особливості та навчальні потреби кожного учня, забезпечуючи диференційований підхід до навчання.

Приклади успішного використання дидактичних ресурсів у STEM-освіті можна знайти як в Україні, так і за кордоном. У багатьох школах створюються STEM-лабораторії, оснащені сучасним обладнанням, таким як 3D-принтери, лазерні гравери, мікроконтролери Arduino та Raspberry Pi. Учні беруть участь у різноманітних STEM-проєктах, наприклад, розробляють моделі розумних будинків, програмують роботів, створюють екологічні проєкти.

Активно використовуються також інформаційні ресурси, такі як онлайн-платформи для вивчення програмування (Codecademy, Scratch), віртуальні лабораторії (PhET Interactive Simulations), навчальні відеоролики (Khan Academy). Наприклад, використання віртуальних лабораторій дозволяє учням проводити складні та небезпечні експерименти в безпечному віртуальному середовищі, що значно розширює їхні дослідницькі можливості.

Навчальні ігри та робототехнічні конструктори, такі як LEGO Education, використовуються для навчання дітей основам програмування, інженерії та математики в ігровій формі. Це сприяє підвищенню їхньої зацікавленості та мотивації до навчання.

Незважаючи на різноманітність та потенціал дидактичних ресурсів, їх ефективне впровадження у навчальний процес стикається з низкою серйозних викликів. Одним із ключових бар'єрів на шляху впровадження дидактичних ресурсів у STEM-освіті є недостатнє фінансування, що обумовлює нерівність



доступу до сучасного обладнання та навчальних матеріалів між міськими та сільськими школами, а також між регіонами. Ця проблема посилюється обмеженою підготовкою вчителів до роботи з інноваційними технологіями та методиками, що ускладнює їх ефективне використання в освітньому процесі. Важливою залишається також необхідність гармонізації дидактичних ресурсів із навчальними стандартами та програмами, аби їх застосування було змістовним, а не формальним.

Додатковим викликом є цифрова нерівність, яка позбавляє частину учнів, особливо з віддалених районів, доступу до онлайн-ресурсів. Оцінювання результатів навчання за допомогою новітніх інструментів також залишається складним, оскільки традиційні методи часто не відповідають специфіці інтерактивного навчання. Особливої уваги потребують умови в Україні, де військовий конфлікт спричинив серйозні перебої в освітньому процесі та обмежив доступ до STEM-ресурсів українською мовою, що ще більше ускладнює реалізацію освітніх ініціатив у цьому напрямі [19, 20].

Для подолання окреслених бар'єрів необхідно вживати комплексних заходів, спрямованих як на підвищення матеріально-технічного забезпечення закладів освіти, так і на розвиток кадрового потенціалу. Зокрема, важливим напрямом є залучення додаткових джерел фінансування через грантові програми, партнерства з бізнесом та оптимізацію використання доступних ресурсів, включаючи відкриті освітні платформи та саморобні матеріали. Одночасно з цим слід посилювати систему професійного розвитку вчителів через тренінги, семінари та міжшкільну співпрацю.

Іншою важливою умовою є вдосконалення навчальних програм із урахуванням можливостей інтеграції дидактичних ресурсів та міждисциплінарного підходу. У контексті цифрового розриву доцільно розвивати інфраструктуру в регіонах, забезпечуючи рівний доступ до технічних засобів і мережевих ресурсів. Також слід адаптувати підходи до оцінювання, включаючи альтернативні форми, які відповідають завданням STEM-освіти. В умовах України особливої уваги потребують розробка україномовних матеріалів, забезпечення психологічної підтримки учасників освітнього процесу та впровадження дистанційного навчання для збереження безперервності освіти.

Висновки. Проведене дослідження дозволило виявити ключову роль дидактичних ресурсів у підвищенні зацікавленості та ефективності STEM-освіти. Різноманіття сучасних дидактичних ресурсів, від традиційних навчально-методичних матеріалів до інтерактивних технологій та спеціалізованого обладнання, створює широкі можливості для організації цікавого та практично орієнтованого навчального процесу.

Ефективне використання дидактичних ресурсів у STEM-освіті передбачає не лише їх наявність, але й володіння педагогами сучасними методиками навчання, здатність інтегрувати різні види ресурсів у навчальний процес, стимулювати пізнавальну активність учнів та розвивати їхні ключові компетентності.



Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі пов'язані з розробкою науково обґрунтованих критеріїв відбору та оцінювання ефективності дидактичних ресурсів для STEM-освіти, вивченням особливостей їхнього застосування на різних етапах навчання, а також з розробкою методичних рекомендацій для педагогів щодо інтеграції дидактичних ресурсів у навчальний процес з метою забезпечення максимальної зацікавленості та ефективності навчання.

Література:

1. Сярі Д., Большакова К., Ковалевська Г., Кучерявий В. STEM-освіта в українських школах: як зацікавити дітей і що для цього потрібно змінити. KUNSHT. 2023. URL: <https://kunsht.com.ua/articles/stem-osvita-v-ukrayinskykh-shkolakh-iak-zatsikavyty-ditey-i-shcho-dlia-tsyoho-potribno-zminyty>
2. Поліхун Н. І., Сліпучіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2017. №3 (58). С. 5–9.
3. Олефіренко Т., Цветкова Г. Концептуальні засади розвитку STEM-освіти в Україні. Вища освіта України. 2020. №1. С. 61–67.
4. Bybee R. W. The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington, VA: NSTA Press, 2013.
5. Xie Y., Fang M., Shauman K. STEM education. Annual Review of Sociology. 2015. Vol. 41(1). P. 331–357.
6. IGI Global. Didactic Resources. Encyclopedia of Information Science and Technology. URL: <https://www.igi-global.com/dictionary/didactic-resources/111521>
7. Szökö I., Kučerka D., Křištofiaková L. Material Didactic Resources in Education. In: Encyclopedia of Education and Information Technologies. Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-52667-1_44
8. Закон України «Про освіту». 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>
9. The LEGO Foundation. LEGO Education: Building Tomorrow's Confidence. 2015. URL: <https://www.lego.com/en-us/aboutus/news-room/2015/november/lego-education>
10. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. URL: <https://phet.colorado.edu/>
11. Arduino. Official Website. URL: <https://www.arduino.cc/>
12. Codecademy. Learn to Code Interactively. URL: <https://www.codecademy.com/>
13. Scratch. Imagine, Program, Share. URL: <https://scratch.mit.edu/>
14. Khan Academy. Free Online Courses. URL: <https://www.khanacademy.org/>
15. STEM Education Coalition. Official Website. URL: <https://www.stemedcoalition.org/>
16. Maker Ed. The Nation of Makers. URL: <https://makered.org/>
17. Prensky M. Digital game-based learning. Computers in Entertainment (CIE). 2001. Vol. 1, №1. P. 1.
18. Gee J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. New York: Palgrave Macmillan, 2003.
19. 9 Challenges of Teaching STEM & How to Overcome Them. STEM Sports. Retrieved April 3, 2025. URL: <https://stemsports.com/8-challenges-of-teaching-stem/>
20. Бирка М. Ф. Бар'єри і виклики на шляху успішного впровадження STEM-освіти в Україні. STEM в освіті: проблеми і перспективи. 2017. С. 9–13.



References:

1. Siarki, D., Bolshakova, K., Kovalevska, H., & Kucheriavyyi, V. (2023). STEM-osvita v ukrainskykh shkolakh: yak zatsikavyty ditey i shcho dlia toho potribno zminyty [STEM education in Ukrainian schools: How to interest children and what needs to be changed]. KUNSHT. Retrieved from <https://kunsht.com.ua/articles/stem-osvita-v-ukrayinskykh-shkolakh-iak-zatsikavyty-ditey-i-shcho-dlia-tyoho-potribno-zminyty> [in Ukrainian].
2. Polikhun, N. I., Slipukhina, I. A., & Chernetskyi, I. S. (2017). Pedahohichna tekhnolohiia STEM yak zasib reformuvannia osvitnoi systemy Ukrainy [STEM pedagogical technology as a means of reforming Ukraine's educational system]. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti – Education and Development of Gifted Personality*, 3(58), 5–9 [in Ukrainian].
3. Olefirenko, T., & Tsvietkova, H. (2020). Kontseptualni zasady rozvytku STEM-osvity v Ukraini [Conceptual foundations of STEM education development in Ukraine]. *Vyshcha osvita Ukrainy – Higher Education of Ukraine*, 1, 61–67 [in Ukrainian].
4. Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
5. Xie, Y., Fang, M., & Shauman, K. (2015). STEM education. *Annual Review of Sociology*, 41(1), 331–357. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-071312-145659>
6. IGI Global. (n.d.). Didactic resources. In *Encyclopedia of Information Science and Technology*. Retrieved from <https://www.igi-global.com/dictionary/didactic-resources/111521>
7. Szőköl, I., Kučerka, D., & Křištofiaková, L. (2024). Material didactic resources in education. In *Encyclopedia of Education and Information Technologies*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52667-1_44
8. Zakon Ukrainy "Pro osvitu" [Law of Ukraine "On Education"]. (2017). zakon.rada.gov.ua. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> [in Ukrainian].
9. The LEGO Foundation. (2015). LEGO Education: Building Tomorrow's Confidence. Retrieved from <https://www.lego.com/en-us/aboutus/news-room/2015/november/lego-education>
10. PhET Interactive Simulations. (n.d.). University of Colorado Boulder. Retrieved from <https://phet.colorado.edu/>
11. Arduino. (n.d.). Official Website. Retrieved from <https://www.arduino.cc/>
12. Codecademy. (n.d.). Learn to Code Interactively. Retrieved from <https://www.codecademy.com/>
13. Scratch. (n.d.). Imagine, Program, Share. Retrieved from <https://scratch.mit.edu/>
14. Khan Academy. (n.d.). Free Online Courses. Retrieved from <https://www.khanacademy.org/>
15. STEM Education Coalition. (n.d.). Official Website. Retrieved from <https://www.stemedcoalition.org/>
16. Maker Ed. (n.d.). The Nation of Makers. Retrieved from <https://makered.org/>
17. Prensky, M. (2001). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1145/950566.950596>
18. Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave Macmillan.
19. STEM Sports. (2025). 9 challenges of teaching STEM & how to overcome them. Retrieved April 3, 2025, from <https://stemsports.com/8-challenges-of-teaching-stem/>
20. Byrka, M. F. (2017). Bar'yery i vyklyky na shliakhu uspishnoho vprovadzhennia STEM-osvity v Ukraini [Barriers and challenges to successful implementation of STEM education in Ukraine]. In *STEM v osviti: problemy i perspektyvy – STEM in Education: Problems and Prospects*, 9–13 [in Ukrainian].