



УДК 373.1

[https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1\(7\)-383-396](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1(7)-383-396)

Борзик Олена Богданівна доктор філософії, старший викладач кафедри природничих дисциплін, Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія» Харківської обласної ради, пров. Руставелі, 7, м. Харків, <https://orcid.org/0000-0002-2394-9230>

Москалюк Олена Вікторівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри філології, Одеський національний морський університет, м. Одеса, <https://orcid.org/0000-0003-4956-7238>

Смець Зоя Василівна кандидат с.-г. наук, КЗ «Дергачівський ліцей № 3» Дергачівської міської ради, директор ліцею, вчитель біології і екології, вул. Сумський Шлях, 79, м. Дергачі

Височан Леся Михайлівна доктор педагогічних наук, професор кафедри початкової освіти, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано Франківськ

Ящук Олена Миколаївна кандидат педагогічних наук, доцент, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, доцент кафедри теорії початкового навчання, вул. Садова, 28, м. Умань, <https://orcid.org/0000-0002-3757-6025>

STEM ЯК ІННОВАЦІЙНА СТРАТЕГІЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ОСВІТИ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Анотація. Стаття присвячена аналізу практики та перспектив впровадження STEM- стратегії, яка є однією з інноваційних напрямків сучасної освіти та впровадження інтегрованих стратегій навчання. STEM-освіта є пріоритетом у навчальних системах багатьох країн. STEM-освіта – категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на сучасному ринку праці. У статті обговорюються підходи різних країн щодо використання технологій STEM в освіті. Актуальність дослідження пов'язана з тим, що серед навичок,

необхідних для успішної професійної діяльності в епоху цифрової індустрії, на думку фахівців та експертів, особливе місце займає здатність до художньої творчості. Було проведено аналіз досвіду різних країн у впровадженні STEM та STEAM-освіти та виявлено ефективні способи структурованих технічних дисциплін, мистецтва та творчої діяльності в єдину інтегровану програму.

STEM–освіта здійснюється через міждисциплінарний підхід у побудові навчальних програм закладів освіти різного рівня. STEM-освіта є одним із важливих трендів розвитку української освітньої системи. Вона надає можливість реалізувати інтегрований, міждисциплінарний і проєктний підхід до навчання, формувати ключові компетентності у дітей. Новий підхід до навчання посилює дослідний і науково-технологічний потенціал учнів, розвиває навички критичного, інноваційного та творчого мислення, комунікації та командної роботи.

Ключові слова: Індустрія 4.0, STEM технології в освіті, впровадження STEM та STEAM-освіти, інтегративні стратегії навчання, модернізація освіти.

Borzyk Olena Bohdanivna Doctor of Philosophy, Senior Lecturer of the Department of Natural Sciences, Communal Institution "Kharkiv Humanitarian and Pedagogical Academy" of the Kharkiv Regional Council, Kharkiv, av. Rustaveli, 7, <https://orcid.org/0000-0002-2394-9230>

Moskalyuk Olena Viktorivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Philology, Odesa National Maritime University, Odesa, <https://orcid.org/0000-0003-4956-7238>

Yemets Zoya Vasylivna candidate of rural of Sciences, «Dergachiv Lyceum No. 3» of the Dergachiv City Council, director of the lyceum, biology and ecology teacher, Sumsky Shlyach St., 79, Dergachi

Vysochan Lesya Mykhailivna Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Primary Education of Vasyl Stefanyk Prykarpattia National University, Ivano-Frankivsk

Yashchuk Olena Mykolaivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychyna, Associate Professor of the Department of Theory of Primary Education, Sadova St., 28, Uman, <https://orcid.org/0000-0002-3757-6025>



STEM AS AN INNOVATIVE STRATEGY OF INTEGRATED EDUCATION: GLOBAL EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Abstract. The article is devoted to the analysis of the practice and prospects of the implementation of the STEM strategy, which is one of the innovative directions of modern education and the implementation of the integration of objects of the natural science cycle and mathematics. STEM education is a priority in the educational systems of many countries. The article discusses the approaches of different countries to the use of STEM technologies in education. The relevance of the research is due to the fact that among the skills necessary for successful professional activity in the era of the digital industry, according to specialists and experts, the ability for artistic creativity occupies a special place. An analysis of the experience of different countries in the implementation of STEM and STEAM education was carried out and effective ways of structured technical disciplines, art and creative activities into a single integrated program were identified.

STEM education is a category that defines the appropriate pedagogical process (technology) for the formation and development of mental, cognitive and creative qualities of young people, the level of which determines competitiveness in the modern labor market. STEM education is carried out through an interdisciplinary approach in the construction of educational programs of educational institutions of various levels. STEM education is one of the important trends in the development of the Ukrainian education system. It provides an opportunity to implement an integrated, interdisciplinary and project approach to learning, to form key competencies in children. The new approach to education strengthens the research and scientific and technological potential of schoolchildren, develops the skills of critical, innovative and creative thinking, communication and teamwork.

Keywords: Industry 4.0, STEM technologies in education, introductions of STEM and STEAM-educations, strategies of studies, modernization of education.

Постановка проблеми. В останні 20 років у світі все більша увага приділяється пошуку підходів і шляхів, що дозволяють подолати в освіті існуючу фрагментацію, розрізненість знань і вузьку спеціалізованість навичок учнів. Перспективи формування у школярів, а потім у студентів цілісного бачення і розуміння дійсності у взаємозв'язку галузей знань, що вивчаються, розвиток у них не тільки спеціальних, вузькопрофесійних, а й універсальних способів діяльності

сьогодні прийнято пов'язувати з реалізацією інтегративних стратегій навчання. Незважаючи на наявні термінологічні відмінності (у зарубіжній педагогічній теорії це мульти-, інтер- і трансдисциплінарність, в вітчизняному трактуванні це полідисциплінарність, між-і метапредметність), всі ці стратегії, по суті, являють собою різні варіанти втілення інтегративної ідеї, способи з'єднання «частин» змісту освіти, що транслюється за допомогою численних навчальних предметів (дисциплін) в деяку по-різному пов'язану цілісність.

Інтегративна ідея, незважаючи на свою привабливість і перспективність, у шкільній освіті майже скрізь у світі стикається зі значними труднощами інституалізації та практичного впровадження [1]. Однак, реалізуючись повільно і хвилеподібно, ця ідея поступово знаходить все більшого поширення в освітніх системах різних країн (Канада, США, Фінляндія, Південна Корея та ін.) та міжнародних організаціях (найвідомішою з них є ІВ - Міжнародний бакалавр).

В даний час одним з перспективних інноваційних варіантів реалізації інтегративної ідеї в шкільній освіті є STEM-стратегія. Розроблена в США, ця стратегія є інтеграцією навчальної діяльності в таких галузях, як природні науки (science), технологія (technology), інженерія (engineering) і математика (mathematics).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз науково-методичної літератури показує, що до теперішнього часу визначилася низка підходів до організації STEM/STEAM-стратегії у вітчизняній шкільній освіті. Так, серед основних авторами виділяється чотири підходи:

- перший передбачає розширення навчального досвіду учнів в окремих STEM-предметах за допомогою використання проблемно орієнтованої навчальної діяльності, в ході якої аналітичні концепції застосовуються до реальних проблем з метою кращого розуміння школярами складних концепцій;

- другий орієнтований на інтегрування знань STEM-предметів з метою створення більш глибокого розуміння їх змісту, що в результаті має призвести до розширення можливостей тих, хто навчається в питанні майбутнього вибору ними технічного або наукового спрямування кар'єри;

- третій націлений на використання інтегративності в навчанні STEM-дисциплін у тому вигляді, як це робиться в реальних виробничих умовах (учні можуть застосувати свої знання в умовах проблемно орієнтованої навчальної діяльності на основі методу проєктів, технічного проєктування або у межах окремого шкільного предмета, що



забезпечує високий рівень освоєння STEM-предметів);

- четвертий передбачає інтегративність і такий спосіб впровадження інновацій у методикку навчання кожному з окремих STEM-предметів, при якому основні поняття природознавства, технології, інженерії та математики перенесені в одну навчальну програму, названу STEM [2].

Наведені підходи намічають чотири основні перспективні напрямки використання STEM/STEAM-стратегії та організації міжпредметної взаємодії у шкільній освіті. Кожен із зазначених напрямів є перспективним і може бути успішно реалізовано школою. Однак у зв'язку з цим важливо відзначити, що в даний час ще важко говорити про те, які пріоритети шкіл при виборі зазначених напрямків.

Багато розвинених країн, таких як США, Китай, Фінляндія, Австралія, Великобританія, Ізраїль, Корея, Сінгапур, проводять державні програми в галузі застосування STEM-освіти. Однак думки сучасних дослідників щодо технології STEM неоднозначно і представлені різними варіаціями даного підходу в системах освіти різних країн світу. Так, на офіційному сайті уряду США у відкритому доступі опубліковано документ розроблений управлінням науково-технічної політики адміністрації президента та комітетом з політики в галузі STEM-освіти США під назвою «Шлях до успіху: американська стратегія STEM-освіти», в якому відзначені основні напрямки щодо впровадження та використання STEM технологій як науково-технічний потенціал який визначає економічний розвиток країни [3].

Мета статті – аналіз практики та перспектив впровадження STEM-стратегії, що є однією із інноваційних напрямків у сучасній освіті, та вивчення підходів різних країн до застосування STEM технологій в освіті.

Виклад основного матеріалу. Сучасні темпи інформатизації, всебічна цифровізація системи освіти та перетворення її парадигми призводять до невід'ємних змін самих підходів до навчання. Швидко мінливі тенденції освіти та активний розвиток нових інформаційно-комунікаційних технологій актуалізують комплексні підходи до навчання.

Одним із способів вирішення сформованих викликів та потреб стає освітня технологія STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), яка представляє собою нові підходи до навчання учнів, засновані на комплексному підході до вивчення певної проблеми чи явища. Аббревіатура «STEM» була вперше запропонована американським бактеріологом Р. Колвеллом в 1990-х роках, але активно

почала використовуватися з 2011 року і пов'язана з ім'ям біолога Джудіт А. Рамалі, яка, як керівник Інституту природничих наук США, відповідала за розробку нових освітніх програм [2].

STEM - це адаптація акроніму від англійської (S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics). Існує також інші напрямки STEM, які крім всіх перерахованих напрямів включають A (Art) мистецтво - (STEAM), R (Reading + wRiting) читання і письмо - (STREAM). STREAM-технологія у великій мірі орієнтована на науково-дослідну діяльність за допомогою розвитку навичок читання та письма. Існують також різні варіації STEAM побудовані на інших супутніх методах PBL (Problem Based Learning), PhBL (Phenomenon-based learning) та ін (табл. 1).

Використавши аббревіатуру STEM, що з'явилася ще в 2001 році, і взявши за основу ідею інтеграції чотирьох навчальних предметів, безпосередньо пов'язаних з науково-технічною сферою, протягом 2010-х років у США було здійснено низку заходів, орієнтованих на розробку спеціальної (єдиної) STEM-орієнтованої шкільної навчальної програми. Проте до цього часу цей процес розвивається досить суперечливо.

З одного боку, вироблені деякі загальні підходи до розуміння та реалізації даного освітнього напрямку. На рівні Конгресу США в 2011 році було визначено специфіку STEM-освіти: це викладання та навчання в галузі природничих наук, технології, інженерії та математики, що включають в себе освітні заходи на всіх рівнях - від дошкільної до післявузівської освіти як у формальних (уроки), так і у неформальних (після школи) умовах [4]. На рівні палати представників конгресу було внесено пропозицію про необхідність розширення змісту STEM-освіти через прийняття програми «STEM to STEAM». Намір включити до федеральних програм плани навчання мистецтву та дизайну (Art+Design) виходив із визнання їх фундаментальної ролі у вирішенні нагальних проблем - від охорони здоров'я до відродження міст і глобального потепління [5].

Під егідою національних комісій, комітетів та академій видавалися і видаються наукові доповіді та розробки [7], що дають школі не лише загальні орієнтири, а й рекомендації щодо організації діяльності, зокрема:

- інтегроване навчання STEM може поєднувати концепції з більш ніж однієї дисципліни (наприклад, математика та природничі науки або наука, технологія та інженерія);
- STEM-навчання може пов'язати концепцію одного суб'єкта з



практикою іншого, наприклад застосування властивостей геометричних фігур (математика) до інженерного проектування;

- STEM може поєднувати дві практики, такі як наукове дослідження (наприклад, проведення експерименту) та інженерне проектування (у якому можуть застосовуватися дані з наукового експерименту);

- в інтегрованій освіті STEM один із предметів може відігравати домінуючу роль, у цьому випадку явна або неявна мета проекту, програми чи школи - розвиток знань чи навичок учнів, в основному, в одній галузі контенту;

- включення концепцій (понять) чи практик з інших предметів STEM може бути призначено для підтримки чи поглиблення навчання і розуміння в цільовому предметі [8] та ін.

Таблиця 1.

Порівняння різних напрямків STEM-технологій

№	Найменування	Акронім від англійської	Визначення технології
1.	STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics	освітня технологія, призначена для об'єднання науки і технології, інженерії та математики, які є життєво важливими для розуміння законів
2.	STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics	освітня технологія, призначена для об'єднання науки і технології, інженерії разом з мистецтвом та математикою, які є життєво важливими для розуміння
3.	STREAM	Science, Technology, Reading + WRiting Engineering, Arts, and Mathematics	освітня технологія, призначена для об'єднання науки і технології, інженерії разом з мистецтвом та математикою, які є життєво важливими для розуміння законів
4.	STEM PhBL	Science, Technology, Engineering, Mathematics through Phenomenon-based learning	освітня технологія, призначена для об'єднання науки і технології, інженерії та математики, які є життєво важливими для розуміння законів світу, заснована на дослідженні явищ.
5.	STEM PBL	Science, Technology, Engineering, Mathematics through Problem-based learning	освітня технологія, призначена для об'єднання науки і технології, інженерії та математики, які є життєво важливими для розуміння законів світу, заснована на дослідженні проблем.

*Джерело: складено за даними[6]

З іншого боку, з огляду на переважно рекомендаційний характер багатьох документів американської освітньої політики, практика STEM/STEAM-освіти в країні продовжує залишатися неоднорідною та варіативною. У школах одних штатів навчання здійснюється протягом одного року, в інших - протягом кількох років, деś втілюється в рамках окремого курсу, деś у масштабах школи, деś у формі уроків, деś охоплює позакласні заняття. Іншими словами, цей напрямок американської освіти - далеко не єдиний та чітко визначений досвід. І все ж, незважаючи на певну протирічливість, що реалізується в шкільній освітній системі США інтегроване навчання STEM/STEAM є все більш поширеним і значущим явищем. Більш того, здійснюваний у формі практико-орієнтованих проєктів і досліджень цей вид міждисциплінарної взаємодії набуває все більшого міжнародного поширення: в даний час STEM-орієнтовані навчальні програми реалізуються в освітніх системах багатьох країн світу, серед них Австрія, Англія, Ірландія, Франція, Південна Корея, Китай, Тайвань та ін.

Згідно з даними опитування, наведеними на сайті міжнародної компанії Equal Ocean, що займається інвестиційними дослідженнями та наданням інформаційних послуг у Китаї, технологія STEAM є найбільш популярною серед усіх представлених у системі освіти Китаю [9]. У статті вісника департаменту реклами комуністичної партії Китаю наводяться слова директора Центру навчання STEM, Ван Су про важливість STEM у системі освіти Китаю. Також у рамках розвитку STEM-освіти міжнародний технологічний гігант IBM запустив освітню програму в Китаї, в якій 200 співробітників працюють як викладачі-добровольці з STEM у початкових і середніх школах Китаю, використовуючи свій досвід [10]. STEM у Китаї розглядається як важливий елемент національної стратегії розвитку талантів.

Німеччина обрала свій акронім для опису STEM-підходу - це MINT, що в перекладі означає математика, інформатика, природничі науки і техніка. Німеччина, як країна, яка вперше оголосила світові про настання ери 4-ої промислової революції, робить багато для реалізації цього підходу в школах країни. Так згідно з даними ресурсу <https://www.mint-regionen.de/> існує 120 регіонів, які впроваджують на практиці цей освітній тренд. Національний MINT-портал виділяє вектори розвитку та точки зростання: дигітальна трансформація шкіл, цифрові компетенції молоді, MINT для дівчаток, техніка [11].

Представлений на освітньому семінарі «Integration of STEM Subjects through Phenomenon-based Learning professional development programme» фінський досвід впровадження STEM-технології



демонструє важливість міждисциплінарних зв'язків всередині даної технології заснованій на явищах. Основою даної технології виступає філософія освіти Джона Дьюї, в якій він розглядає сутність і природу всіх явищ у освітньому процесі. Основними організаціями, що реалізують ідеї STEM освіти у Фінляндії, є Innovation & Outreach EduCluster Finland та Central Finland LUMA Centre University of Jyväskylä. Основною відмінністю фінського підходу є об'єднання дисциплін навколо одного явища з реального життя, причому детальність дослідження того самого явища може збільшуватися з кожним класом загальноосвітньої школи. Ця технологія буде відмінно інтегруватися з оновленим змістом освіти, де також використовується спіралеподібна форма навчання, яка передбачає повторне вивчення матеріалу протягом усього шкільного навчання.

Незважаючи на відмінність у підходах та значенні STEM у межах реалізації державних програм різних країн, більшість з них згодні в тому, що STEM це освіта майбутнього.

Розглянемо деякі корисні онлайн-сервіси та ресурси для вчителів, які реалізують ідеї STEM у своїй педагогічній практиці (таблиця 2) [12].

Аналізуючи досвід країн, що працюють зі STEM, можна зробити висновок про те, що дана технологія є дуже цікавою та корисною з точки зору розвитку навичок майбутнього 4К (комунікація, кооперація, критичне мислення, креативність) необхідних учням вже сьогодні. У той самий час під час впровадження цієї технології, не слід забувати про цілі освіти і значимості кожного предмета у процесі підготовки учнів. STEM це не просто поєднання різних предметів в одному проекті, це спроба розвитку ефекту синергії при пізнанні законів навколишнього світу. Деякі дослідники розглядають STEM як окрему філософію розуміння законів всесвіту через призму конкретних предметів. Інші як спосіб запобігання відокремленню науки від реального світу. У зв'язку з чим у процесі впровадження STEM-технологій може виникнути проблеми визначення пріоритетів та обліку всіх цілей предметів, включених у певний проект. Різні варіації акцентів даної освітньої технології такі як (явища, контекст, дослідження, проект, проблема) можуть тільки заплутати учнів у досягненні поставлених цілей.

У 2015 році Міністерство освіти і науки України, Інститут модернізації змісту освіти спільно з представництвом компанії Intel почали впровадження напрямів STEM-освіти в навчальних закладах України. Кабінетом Міністрів України схвалено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (5 серп. 2020 р. № 960-р.) [13] та

затверджено «План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року» (13 січ. 2021 р. № 131-р.) [14].

Нині в Україні створено Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр, одним із завдань якого є розроблення методичного забезпечення STEM-освіти. Водночас, аналіз відповідного сайту (<https://imzo.gov.ua/>), засвідчив, що розділ навчально-методичне забезпечення містить лише методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти на 2016, 2017/2018, 2018/2019 та 2019/2020 навчальні роки, розроблені Міністерством освіти і науки України, які мають загальний рамковий характер, тоді як конкретні пропозиції практичного характеру на державному рівні (на рівні Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру) відсутні. У цьому контексті вважаємо за доцільне зауважити, що з метою оптимізації процесу запровадження STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти необхідним є створення робочих груп, до яких слід залучити, крім співробітників Інституту модернізації змісту освіти, відповідальних за розвиток STEM-освіти в Україні та функціонування Всеукраїнського науково-методичного STEM-центру, науково-педагогічних працівників закладів вищої освіти, насамперед, педагогічних закладів вищої освіти, та педагогів-практиків, які впроваджують STEM-освіту на рівні своїх інституцій.

Таблиця 2.

Онлайн сервіси та ресурси зі STEM навчання

№	Найменування	Посилання	Опис
1.	STEM academia	https://stem-academia.com/	Віртуальна лабораторія по STEM-освіті (підвищення кваліфікації, олімпіади, ресурси та ін.)
2.	Європейська платформа для вчителів природничих наук	https://www.science-on-stage.eu/	Найбільша в Європі (більше 30 країн) спільнота вчителів STEM
3.	Навчальна робототехніка для STEM	http://er4stem.acin.tuwien.ac.at/	Портал з навчальної робототехніки для STEM (новини, ресурси, проєкти та ін.)



4.	LUMA Centre Finland	https://www.luma.fi/en/centre/	Сайт національного наукового освітнього центру LUMA з STEM (конкурси, курси, навчально-методичні матеріали та ін.)
5.	Навчальний інститут STEM Массачусетського Університету Науки, Технології, Інженерії та Математики (STEM Ed)	https://scholarworks.umass.edu/stem/	На порталі розміщені у відкритому доступі різні матеріали по STEM від MIT, посилання на конференції та конкурси
6.	Онлайн курс «STREAM - підхід в освіті: теорія і практика»	https://novator.team/group/13/stream	Онлайн курс складається з трьох модулів за STEM-STEAM-STREAM-підходу у навчанні
7.	Найкрупніший німецький портал по роботі з жінками в MINT	https://www.cybermentor.de/	Тут зібрана інформація про школи, які працюють у цьому напрямі, про досягнення жінок у MINT-сфері

**Джерело: складено за даними[12]*

У нормативно-правовому аспекті доцільним буде розроблення місцевими органами управління освітою положень щодо впровадження STEM-освіти в закладах дошкільної, загальної середньої, вищої та позашкільної освіти, а також положення щодо створення спеціалізованих шкіл. Зокрема, Планом заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, такі повноваження і покладаються на обласні державні адміністрації та Київську міську державну адміністрацію: «сприяння утворенню закладів спеціалізованої освіти наукового спрямування».

Висновки. По суті, зростаючий у світі інтерес до STEM/STEAM-освіти є своєрідною відповіддю на потреби сучасного інформаційного суспільства, що змінюється, на швидкі економічні, наукові та технологічні досягнення XXI століття. Зростання потреб у програмістах, IT-спеціалістах, інженерах і фахівцях високотехнологічних виробництв об'єктивно вимагають від системи шкільної освіти впровадження технологій міжпредметного навчання з тим, щоб учні були краще

підготовлені до подальшого навчання та кар'єри, щоб відповідати змінам та викликам у сучасному світі. В Україні ідеї інтеграції та міжпредметної взаємодії також стають все більш актуальними та затребуваними в системі шкільної освіти. Зокрема, ці ідеї представлені у вимогах державних освітніх стандартів та рекомендаціях зразкових основних освітніх програм загальної освіти в таких аспектах, як формування міжпредметних понять, організація полідисциплінарної проектно-дослідницької навчальної діяльності, здійснення комплексу міжпредметних зв'язків. Що стосується STEM-стратегії, то вона, поряд з іншими варіантами реалізації інтегративної ідеї, знаходить все більш широке поширення, визнається перспективним напрямом оновлення освіти, отримує все більшу підтримку та стимулювання з боку держави.

Література:

1. Єльнікова Г. STEM-освіта в контексті адаптивного підходу. Адапт. упр.: теорія і практика. Серія «Педагогіка»/ Укр. інж.-пед. акад. Харків, 2018. Вип. 4. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adupped_2018_4_6
2. Листопад В. Г. STEM-освіта: проблеми та напрямки впровадження : метод. розробка. На урок : освіт. проект. Україна. 2020. URL: <https://naurok.com.ua/metodichna-rozrobka-stem-osvita-problemi-ta-napryamki-vprovadzhennya-172761.html>
3. Шлях до успіху: американська стратегія STEM-освіти. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>
4. Gonzalez H. B., Kuenzi J. J. (2012) Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Congressional Research Service Report for Congress. August 1, 2012.
5. Xanthoudaki M. (2017) From STEM to STEAM (education): A necessary change or «the theory of what-ever»? URL: <https://www.researchgate.net/publication/>
6. Гончарова Н. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. Зб. наук. пр. НАН України, Нац. центр «Мала акад. наук України». Київ, 2017. Вип. 10. С. 104–114. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2017_10_14
7. STEM Teachers in Professional Learning Communities: From Good Teachers to Great Teaching (2011). National Commission on Teaching and America's Future, Washington.
8. STEM Integration in K-12 Education (2014) Status, Prospects, and an Agenda for Research. The national academies press. Washington D.C.
9. The Trend of STEAM in China's Education Industry. URL: <https://equalocean.com/education/20190425-the-trend-of-steam-in-chinas-education-industry>
10. Experts say STEM education is the key to nurturing necessary talent. URL: <https://www.chinadaily.com.cn/a/201901/14/WS5c3bf77aa3106c65c34e43f6.html>
11. Національний форум STEM Німеччини. URL: <https://www.nationalesmintforum.de/themen/aktuelles/aktuelle-studien-zur-mint-bildung/>
12. Кушнір Н. О. Відкриті освітні ресурси для організації навчання у контексті STEM-освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучас. ун-ту : електрон. наук. журн. Київ, 2017. Вип. 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2017_3_41



13. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): розпорядження Кабінету Міністрів України від 05 серп. 2020 р. № 960-р. URL :<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>

14. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 січ. 2021 р. № 131-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>

References:

1. Yel'nykova, H. (2018). STEM-osvita v konteksti adaptivnoho pidkhodu [STEM education in the context of an adaptive approach]. *Adapt. upr.: teoriia i praktyka. Seriya «Pedagogika» - Adapt. example: theory and practice. Series "Pedagogy", 4*. Kharkiv: Ukr. inzh.-ped. akad. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adupped_2018_4_6 [in Ukrainian].

2. Lystopad, V. H.(2020). STEM-osvita: problemy ta napriamky vprovadzhennia [STEM education: problems and directions of implementation]: *metod. rozrobka . Na urok : osv. proekt.Ukraina - method. development For the lesson: education. project. Ukraine*. Retrieved from: <https://naurok.com.ua/metodichna-rozrobka-stem-osvita-problemi-ta-napriamki-vprovadzhennya-172761.html> [in Ukrainian].

3. Shliakh do uspihu: amerykanska stratehiia STEM-osvity [The path to success: the American strategy for STEM education]. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> [in Ukrainian].

4. Gonzalez, H. B., Kuenzi, J. J. (2012) Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Congressional Research Service Report for Congress. August 1, 2012. [in English].

5. Xanthoudaki, M. (2017) From STEM to STEAM (education): A necessary change or «the theory of what-ever»? Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/> [in English].

6. Honcharova, N. (2017). Poniatjino-katehorial'nyj aparat z problemy doslidzhennia aspektiv STEM-osvity [Conceptual and categorical apparatus on the problem of researching aspects of STEM education]. *Zb. nauk. pr. NAN Ukrainy, Nats. tsentr «Mala akad. nauk Ukrainy» - Coll. of science pr. NAS of Ukraine, Nat. Center "Mala Acad. Sciences of Ukraine", 10*, 104–114. Kyiv. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2017_10_14 [in Ukrainian].

7. STEM Teachers in Professional Learning Communities: From Good Teachers to Great Teaching (2011). National Commission on Teaching and America's Future, Washington. [in English].

8. STEM Integration in K-12 Education (2014) Status, Prospects, and an Agenda for Research. The national academies press. Washington D.C. [in English].

9. The Trend of STEAM in China's Education Industry. Retrieved from <https://equalocean.com/education/20190425-the-trend-of-steam-in-chinas-education-industry> [in English].

10. Experts say STEM education is the key to nurturing necessary talent. Retrieved from <https://www.chinadaily.com.cn/a/201901/14/WS5c3bf77aa3106c65c34e43f6.html>[in English].

11. Natsional'nyj forum STEM Nimechchyny [National STEM Forum of Germany]. Retrieved from <https://www.nationalesmintforum.de/themen/aktuelles/aktuelle-studien-zur-mint-bildung/>[in Ukrainian].

12. Kushnir, N. O. (2017). Vidkryti osvitni resursy dlia orhanizatsii navchannia u konteksti STEM-osvity [Open educational resources for the organization of training in the context of STEM education]. *Vidkryte osv. e-seredovysche suchas. un-tu : elektron. nauk. zhurn. - Open educational e-environment today. university: electron. of science journal, 3*. Kyiv Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2017_3_41 [in Ukrainian].

13. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 05 serp. 2020 r. № 960-r. [On the approval of the Concept of Development of Science and Mathematics Education (STEM Education) Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 5 2020 No. 960] Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

14. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv schodo realizatsii Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 sich. 2021 r. № 131-r. [On the approval of the plan of measures for the implementation of the Concept of the Development of Science and Mathematics Education (STEM-education) until 2027 Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 13. 2021 No. 131] Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian].