

STEM-освіта в США: джерела походження та тенденції розвитку

Лілія Батюк¹

Опубліковано	Секція	УДК
30.11.2023	Освіта	37.018(477+73)+378.4

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22817701>

Анотація. Мета. Стаття має на меті дослідити джерела походження, етапи становлення та сучасні тенденції розвитку STEM-освіти у США, а також окреслити значення американського досвіду для осмислення інноваційних процесів в українському освітньому просторі. Методи. Для вирішення поставлених завдань використано структурно-системний аналіз наукової літератури, історико-педагогічний і порівняльний підходи, вивчення нормативно-правових документів, стратегічних планів, урядових програм, матеріалів федеральних агентств і результатів інформаційного пошуку. Результати. Розкрито історичні передумови появи абревіатури STEM, зокрема її зв'язок із попереднім поняттям SMET, діяльністю Національного наукового фонду США, освітніми програмами NASA, університетськими та громадськими ініціативами, а також із потребами американської економіки у висококваліфікованих фахівцях. Показано, що розвиток STEM-освіти у США не був лінійним: він супроводжувався дискусіями щодо змісту поняття, неоднозначністю професійної класифікації, конкуренцією між дисциплінарними й міждисциплінарними підходами та пошуком ефективних моделей державної підтримки. Проаналізовано роль федеральних, штатних і місцевих органів влади, приватного сектору, благодійних корпорацій і конкурсних програм, які сприяли поширенню STEM-екосистем, робототехніки, інженерного проектування, цифрової грамотності й дослідницького навчання. Окреслено міжнародні варіанти розвитку STEM-підходу, зокрема MINT у Німеччині та LUMA у Фінляндії, а також описано історію появи STEM-інновацій в Україні, включаючи нормативні рішення, плани заходів, створення STEM-центрів і лабораторій. Висновки. Встановлено, що американська модель демонструє важливість чіткої державної політики, тривалого фінансування, партнерства освітніх інституцій із бізнесом та орієнтації на майбутні компетентності. Для України цінним є не механічне копіювання, а адаптація принципів системності, міждисциплінарності, практичної спрямованості та педагогічної підтримки інновацій.

Ключові слова: міждисциплінарний підхід; інженерне проектування; цифрова грамотність; освітня екосистема; федеральні програми; нормативне забезпечення; інноваційні компетентності

STEM Education in the USA: Sources of Origin and Development Trends

¹ ORCID ID 0000-0003-1863-0265

кандидат біологічних наук, доцент
Харківський національний медичний університет
(Харків, Україна)
lili.batyuk@gmail.com

Abstract. Purpose. The article aims to examine the sources of origin, stages of formation and current development trends of STEM education in the United States, and to determine the significance of American experience for understanding innovation processes in the Ukrainian educational space. Methods. The research uses structural and systemic analysis of scholarly literature, historical-pedagogical and comparative approaches, and the study of regulatory documents, strategic plans, government programs, materials of federal agencies and information search results. Results. The historical prerequisites for the emergence of the STEM acronym are revealed, including its connection with the earlier SMET concept, the activities of the U.S. National Science Foundation, NASA educational programs, university and civic initiatives, and the needs of the American economy for highly qualified professionals. The article shows that the development of STEM education in the United States was not linear: it was accompanied by discussions about the meaning of the concept, ambiguity of professional classifications, competition between disciplinary and interdisciplinary approaches, and the search for effective models of state support. The role of federal, state and local authorities, the private sector, charitable corporations and competition programs in the spread of STEM ecosystems, robotics, engineering design, digital literacy and inquiry-based learning is analyzed. International variants of STEM development, including MINT in Germany and LUMA in Finland, are outlined, and the emergence of STEM innovations in Ukraine is described through regulatory decisions, action plans and the creation of STEM centers and laboratories. Conclusions. The American model demonstrates the importance of clear public policy, long-term financing, partnerships between educational institutions and business, and orientation toward future competencies. For Ukraine, the value of this experience lies not in mechanical copying but in adapting the principles of systemic implementation, interdisciplinarity, practical orientation and pedagogical support for innovation.

Keywords: interdisciplinary approach; engineering design; digital literacy; educational ecosystem; federal programs; regulatory support; innovation competencies

Вступ

Постановка проблеми. Стрімкий технологічний прогрес XXI-го століття потребував від суспільства нових знань та вмінь, нових ринків праці, та переходу від традиційної промисловості до економіки, заснованої на інноваціях, що у підсумку призвело до створення освітнього соціального середовища, в якому всі люди повинні бути «...озброєні новим набором основних знань та навичок для вирішення складних проблем, збирання та оцінки доказів та осмислення інформації, яку вони одержують з різноманітних друкованих і, все частіше, цифрових медіа» [1], [2]. Як показують сучасні дослідження [3], [4], [5], темпи інновацій прискорюються в усьому світі, а разом із ними і конкуренція за наукові та технічні таланти. Науково-технічна та професійна освіта громадян має великий потенціал для розвитку компетентностей, щоб протистояти постійним змінам сучасності. У цифрову еру громадяни повинні вміти не лише використовувати технології всесвітньої мережі Інтернету, але й використовувати різноманітні технологічні здобутки суспільства, такі як цифрові системи взаємозв'язку, комп'ютерні програми, автоматичні системи обробки даних, та ін., що є необхідним та критичним для будь-якої професії та роботи [2], [6]. Досягнення цих цілей неможливо без осучаснення традиційної освіти. Правила, політика та освітні державні системи повинні гарантувати, що зміна освітнього середовища для дітей та молоді, а також відповідних науково-професійних структур, призведе до набуття необхідних компетентностей, затребуваних суспільством в режимі реального часу [7], [8].

Сполучені Штати Америки є однією з домінуючих націй на мировій дошці світу; націй, яка зберегла свою нинішню позицію завдяки науці, технологіям, інженерії та математиці [1], [9]. Зараз, як ніколи раніше, інноваційний потенціал Сполучених Штатів, а також їхнє процвітання та безпека, залежать від ефективності освітньої системи STEM [10], [11]. Освітня система STEM, придумана для визнання широкої концепції інтеграції

між наукою, технологією, інженерією та математикою може забезпечити фахівців компетентностями, які необхідні для реалізації ери суспільства 5.0. не лише з точки зору середньої, професійної та вищої освіти, але й з точки зору історичного погляду на міждисциплінарне навчання у школах, коледжах та університетах [12]. Відстеження коріння появи STEM-освіти до кінця 1960-х років свідчить, що заклик до міждисциплінарності в освіті, вперше набув популярності у 1970 році, з поштовхом до розвитку «екологічної освіти» [13]. У період між першою публікацією в Журналі екологічної освіти (The Journal of Environmental Education) у 1969 році, (засновник Кларенс “Клей” Шенфельд) [14], журналі, який охоплює формальну, неформальну та інформальну освіту на всіх рівнях (дитячу, початкову, середню та вищу освіту), і Конференцією ООН у Стокгольмі, у 1972 році [15], освітяни сформулювали переконання, що розуміння «загального навколишнього середовища» або взаємозв'язку між природними, економічними і соціальними явищами, вимагає міждисциплінарного підходу. Це переконання не втратило своєї актуальності і в теперішній час в контексті освіти для сталого розвитку, сформульованого серед іншого в Боннській декларації в 1999 році [16] та Цілях сталого розвитку ООН в 2015 році [17], став домінуючою частиною освітнього дискурсу, й дав напрям лідерській позиції STEM-освіти у всьому світі.

Освіта STEM є робочою дошкою для вивчення природничих наук. Це дозволяє організувати роботу учня з конкретними інструментами, такими як: інженерні проекти, сенсорні технології та цифрові системи взаємозв'язку, програмним забезпеченням для обробки/спеціальної обробки даних, які дозволяють розробляти фізичні, хімічні та біологічні моделі. STEM-освіта активно розвивається в країнах Євросоюзу, Австралії, Китаю, Великобританії, Ізраїлю, Кореї, Сінгапуру, Тайваню. Але вперше використання аббревіатури STEM можна відшукати саме у спільному проекті NASA, Товариства іспаномовних професійних інженерів та Амхерстській організації STEM для навчання вчителів (STEMTEC) Массачусетського університету Сполучених Штатів Америки у 1992 році [18].

Наука, технології, інженерія та математика (STEM) є джерелом надихаючих відкриттів та перетворюючих технологічних досягнень, які допомогли та допомагають Сполученим Штатам розвивати найбільш конкурентоспроможну економіку у світі та зберегти першість завдяки своєму потенціалу.

Соціальні та технологічні процеси, які протікають в Україні, формують специфічні вимоги до викладачів природничо-математичних дисциплін в структурі освіти України та здобувачів освіти [19]. Концепція розвитку природничо-математичної освіти, в Україні, базується на трансдисциплінарному підході до навчання, практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань для розв'язання практичних проблем, та закріплена в нормативно-правових засадах впровадження STEM-освіти в Україні, зокрема в Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), реалізація якої передбачена до 2027 року урядом України [20], [21], [22]. Цей новий підхід в освіті включає викладання академічних дисциплін через додатки у реальному світі та поєднує формальне та неформальне навчання у школах, спільноті та на робочому місці. Він прагне прищепити такі навички, як критичне мислення та вирішення проблем, а також такі гнучкі навички, як співпраця та адаптивність.

STEM-освіта останнім часом привернула значну глобальну увагу викладачів, політиків та дослідників. Дійсно, системи освіти не може стояти на місці. Учням/студентам потрібні навички як для управління, так і для просування технологічних розробок. Індивідуальний успіх фахівця XXI-го століття дедалі більше залежить від грамотності в галузі STEM – щоб функціонувати як поінформований споживач і громадянин у світі складних технологій, потрібне вміння використовувати цифрові пристрої та навички STEM з набору дисциплін, що перетинаються та

інтегровані в міждисциплінарний підхід до навчання та розвитку. Тому не дивно, що ми спостерігаємо зростання кількості статей та книг, присвячених освіті та дослідженням STEM, що сприяє багатьом перспективам та суперечкам, щодо проектів пов'язаних зі STEM, оцінювання навчання учнів, озброєння вчителів «педагогічним капіталом» [23], [24]. Автори надають цінні пропозиції, від нових концептуальних підходів та залучення педагогічного партнерства [25], [26] до створення комплексного ефективного навчального середовища STEM у початкової, середньої та вищої освіти [27], [28], [29]. Деякі автори стверджують, що STEM-освіта поєднує в собі лише науку та математику, інші вважають, що освіта STEM – це різноманітні види діяльності, де дослідницькі та проектні стратегії навчання заміняють традиційні академічно-лекційні підходи [30]. З ширшої точки зору освіту STEM можна описати як систематичний процес викладання та/або навчання в галузях STEM [31]. Отже, не існує певного класичного визначення, оскільки акронім по-різному сприймається зацікавленими сторонами; тому для найкращого розуміння концепції необхідно зосередитися на історії розвитку та цілях STEM-освіти.

Огляд літератури

Огляд літератури. Сучасні дослідження STEM-освіти зосереджуються на її історичних витоках, змісті поняття, державній підтримці, інфраструктурі та впливі на професійну підготовку майбутніх фахівців. Праці Р. Байбі окреслюють виклики й можливості освітнього напрямку [23], дослідження Breiner та співавторів висвітлює різні тлумачення STEM у партнерствах освіти й науки [30], а звіт Honey, Pearson і Schweingruber визначає перспективи інтеграції STEM у системі K-12 [24]. У публікації McComas і Burgin STEM розглядається критично як феномен, що потребує точнішого змістового визначення [32]. Tytler аналізує STEM-освіту як виклик для XXI століття [33], а Yamada пов'язує міждисциплінарну підготовку з компетентностями суспільства 5.0 [12], [4].

У документах і дослідженнях, оприлюднених до часу виходу статті, акцент поступово переноситься з популяризації аббревіатури STEM на системну координацію освітньої політики, розвиток цифрової грамотності та поєднання формальної і неформальної освіти. Звіт Національних академій про розвиток STEM-освіти у вищій школі [10] і федеральний п'ятирічний стратегічний план США [34] підкреслюють роль державної координації, партнерства й доступності. Звіт Національної дослідницької ради щодо успішної K-12 STEM-освіти [27] узагальнює ознаки результативних шкільних підходів. Паралельно рамка DigComp 2.0 [2] пояснює, чому цифрова компетентність стала невід'ємною умовою міждисциплінарної підготовки. Праці Jang [12] і Bybee [4] доповнюють це бачення акцентом на компетентностях XXI століття, дослідницькому мисленні, здатності працювати з даними та міжпредметній інтеграції.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість праць, у яких висвітлено джерела появи STEM та приклади його використання у США, недостатньо узагальненими залишаються часові межі становлення поняття, взаємозв'язок державної політики й приватних ініціатив, а також можливість застосування американського досвіду в Україні з урахуванням національних освітніх реформ, ресурсних обмежень і потреби у підготовці педагогів до міждисциплінарного навчання.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Мета статті – дослідити інтеграцію STEM-освіти в освітнє середовище США в рамках інтегрованого аббревіатурного поняття «STEM» у різноманітності його тлумачень і трактувань та проаналізувати теоретичні та практичні цілі STEM-освіти в освітній системі США.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувався комплекс взаємозамінних методів: структурно-системні методи для систематизації джерельної бази з метою теоретико-методологічного аналізу наукової літератури з досліджуваної проблеми; вивчення документів і нормативних матеріалів, що визначають зміст STEM-освіти в США; аналіз і синтез результатів пошуку в інформаційних системах.

Результати дослідження

Вплив економіки знань у глобалізованому світі в останні роки стає все більшим очікуваним із зростаючим попитом на відповідні інновації в освіті. У цій ситуації наука, технології, інженерія та математика, що є взаємопов'язаними галузями, відіграють важливу роль у дослідженнях і розробках, створюючи майбутні робочі місця та підвищуючи світові рейтинги університетів. З 2010 року в Сполучених Штатах, Японії, Австралії, Великобританії, Китаї, Сінгапурі та інших країнах, спостерігається тенденція вдосконалення освіти STEM, від системи K-12, відомої, як середня освіта, що включає в себе період навчання дитини від дитячого садочка (K – kindergarten) до останнього, 12 класу, до вищої освіти. Однак, до введення поточної аббревіатури «STEM» Національний науковий фонд (NSF) використовував аббревіатуру «SMET»: наука, математика, інженерія та технології [35].

Витоки аббревіатури SMET, здається, втрачені в історії. Перший термін, який вдалось знайти, датований 1993 роком [36]. Цей документ відображає освітню спрямованість SMET у документах Національного наукового фонду (NSF) у таких словах: «Однією з головних цілей NSF є підвищення якості національної освіти з науки, математики, інженерії та технологій (SMET)». Термін SMET був додатково висвітлений громадськістю під час серії слухань Конгресу США в 1997 році [37].

Неофіційно, аббревіатура «STEM» (Science, Technology, Engineering and Mathematics), вперше з'явилась у 1999 р., в роботах американської вченої Ріти Колуелл, фахівця із морської мікробіології. Її ранні дослідження в бактеріології, пролили важливе світло на глобальні інфекційні захворювання та холеру, поєднуючи в собі науку та математичні й інженерні дослідження. Доктор Колуелл присвятила свою кар'єру просуванню освітніх можливостей у галузі науки, техніки та математики для студентів різного віку, усвідомлюючи необхідність сильної освіти, міждисциплінарного зв'язку цих галузей, а саме взаємозв'язку між наукою, технікою, інженерією та математикою (STEM). Обіймаючи посаду директора Національного наукового фонду (NSF) США з 1998 по 2004 роки (Р. Колуелл стала першою жінкою, яка зайняла цю посаду), вчена зробила значний внесок у розвиток освіти STEM в Сполучених Штатах, подвоївши фінансування ключової ініціативи Національного наукового фонду під назвою ADVANCE, направленої на підтримку жінок в академічній науці та інженерії, та на розвиток освіти STEM [38].

Як термін, STEM набув найбільш значного поширення в США з 2001 року [30], із появою організації «Ініціативна наука» (у подальшому – багатонаціональна освітня компанія «STEM.org»), і саме в цьому році, вперше використано поняття STEM у документах незалежного наукового агентства «Національний науковий фонд при уряді США» для позначення сукупності складових: науки (Science), технології (Technology), інженерного проектування (Engineering) та математики (Mathematics). Деякі дослідники стверджують, що саме аббревіатуру STEM, у 2001 році, придумала доктор Джудіт Рамалей, тодішній помічник директора відділу Людських ресурсів Національного наукового фонду США [33], [32], [39]; цитуючи її вислів, Дж. Рамалей писала наступне: «Неможливо приймати мудрі особисті рішення, проявляти громадянську позицію, конкурувати в умовах все більш глобальної економіки або розпочати вирішення величезних проблем, з якими ми стикаємося при здійсненні управління навколишнім середовищем, без знання науки, інженерії чи математики, та здатності застосовувати ці знання вдумливо та належним чином» [33]. З 2001 по 2010 рік широкі дискусії, на теми STEM-освіти, STEM-

інтеграції, та ін., часто заплутували суспільство, не проясняючи, що саме вивчає STEM. Відсутність чітко визначеного поняття STEM сприяло виникненню філософської і практичної плутанини. Наприклад, корпорації, яких досить багато в Сполучених Штатах, вибирали те визначення STEM, яке більше підходило, щоб просувати більше працівників-технологів на надлишок пропозицій, тоді як інженери та вчені дослідних інститутів, залишались без фінансування.

Існуюча в Сполучених Штатах федеральна урядова організація Бюро статистики праці (BLS) за Системою стандартної класифікації професій (2010 SOC) в 2010 році (останнє оновлення класифікатора професій офіційно відбулось в 2016 році) класифікувала всіх працівників в Сполучених Штатах за 840 професіями [40]. У липні 2011 року Адміністративно-бюджетне управління Білого дому США доручило Комітету з політики стандартної класифікації професій BLS (SOCPC) та сукупності федеральних агенцій, надати рекомендації щодо визначення професій в області STEM на основі SOC 2010 року «для покращення порівнянності статистичних даних» агентства та організації, які досліджують данні про робочі місця та працівників в Сполучених Штатах і вивчають робочу силу STEM для цілей розробки політики, включно з освітніми та кадровими планувальниками».

Робоча група SOCPC надала свої рекомендації в серпні 2012 року [41] і ця рекомендація надійшла у формі таблиці з чотирма стовпцями «домен» і двадцятьма рядками «види занять» (до 80 можливих перетинів). Таблиця занадто велика, щоб включити її в статтю, але той факт, що міжвідомче визначення STEM є таким складним, підкреслює думку про те, що формальна спроба визначення STEM сприйнятлива до об'єднання занадто багатьох різномірних дисциплін. Зважаючи на те, що наповнення і зміст STEM був погано визначені до серпня 2012 року, Рахункова палата США (GAO), федеральне агентство, яке є аудиторським, оцінним і аналітично-наслідковим органом Конгресу США [42], переглянула федеральні програми, які, зокрема, свідчать, що у 2010 фінансовому році (з 1 жовтня 2009 року по 30 вересня 2010 року), 13 федеральних агентств інвестували понад 3 мільярди доларів США в 209 програм, спрямованих на розширення знань у галузях науки, техніки, інженерії та математики (STEM) і досягнення видатних здобутків у STEM, що було край важливим стратегічним планом для всього уряду, кроком в майбутнє держави, необхідною умовою для того, щоб агентства могли краще узгодити свої плани ефективності та звіти з новими цілями уряду США [43]. Агентства підтримали розвиток повного спектру наукових, технічних, інженерних та математичних навичок у студентів, включаючи деякі навички, які потім стали частиною STEAM-освіти (A-art – мистецтво) та STEMM-освіти (M medicine – медицина). Занепокоєння Уряду Сполучених Штатів щодо вітчизняної наукової, технічної, інженерної та математичної освіти так само давнє, як і країна, що дуже добре прописано в документах 1-го Конгресу США (яке проходило у Федерал-хол у Нью-Йорку та у Залі Конгресу у Філадельфії з 4 березня 1789 року по 4 березня 1791 року, у період перших двох років президентства Джорджа Вашингтона), а саме в Законі про авторське право 1790 року (Copyright Act of 1790), де основним завданням стало «заохочення навчання» [44], та в деяких історичних законодавчих актах [45].

Серед сучасних зусиль федеральних агентств Сполучених Штатів, варто відмітити конкурс, відомий як «Задля натхнення та визнання науки й технологій» або FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), заснований відомим винахідником Діном Кейменом, організатором некомерційної публічної благодійної корпорації [46], [47].

Корпорація була створена Діном Кейменом та Вуді Флауерсом у 1989 році; офіс розташований у Манчестері, Нью-Гемпшир, США. Її заявлена мета – розробка способів надихнути студентів у галузі інженерії та технологій. Її філософія виражена як «Співпраця та високий професіоналізм»; займається підтримкою та популяризацією

наукових досліджень та винахідництва, насамперед серед молоді; проводить освітні програми, денні табори для студентів та вчителів.

FIRST – це конкурс, які пропонує шляхетне бачення майбутнього та має на меті ознайомити з практичними навичками та поділитися захопленням від змагання з робототехніки (FIRST Robotics Competition), змагання в лізі Лего-виклик (FIRST Lego League Challenge), в лізі Лего-дослідження (FIRST Lego League Explore), Лего-відкриття (FIRST Lego League Discover) та в Першому Технічному виклику (FIRST Tech Challenge) на емоційна зарядженій публічній арені [46].

У 2010–2015 рр. STEM став поширеним поняттям у використанні американських дослідників, педагогів, корпорацій та уряду США, а також у багатьох країнах світу [30]. Дисциплінарний склад предметів STEM у секторі вищої освіти може бути різним [48], [49]. Незважаючи на популярність поняття, у визначенні STEM існує декілька різних аббревіатур, що призводить до неоднозначності, а саме STEAM, STREM, STREAM, STEMLE, ISTEM, GEMS, eSTEM, METALS, MINT. Вони демонструють поєднання базових природничо-математичних дисциплін з мистецтвом, читанням і письмом, логікою, правом, інноваційною педагогікою, гендерними питаннями, екологією або сільським господарством. Неоднозначність призвела до різних професійних застосувань поняття STEM у програмах наукових спільнот США залежно від фінансування та чинників, які визначають професійну спрямованість STEM-освіти. У Великій Британії, Німеччині, Фінляндії та Австралії функціонують власні моделі підтримки STEM-ініціатив, що підтверджує міжнародний характер цього напрямку [50], [51], [52], [53].

В Україну STEM-освіта прийшла у 2015 році, коли у Міністерстві освіти і науки України відбувся присвячений STEM-освіті круглий стіл, що призвело до утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні [54]. У 2016 році Міністерство затвердило план дій, який окреслював нормативно-правові зміни, передбачав проведення конференцій, розроблення інтегрованих програм спецкурсів, факультативів і гуртків [55] та створював підґрунтя для концепції Нової української школи [56]. Методичні рекомендації Інституту модернізації змісту освіти конкретизували напрями роботи закладів загальної середньої і позашкільної освіти [57]. Основними осередками STEM-освіти стали центри та лабораторії, обладнані конструкторами, дослідними приладами, 3D-принтерами, тренажерами і засобами цифрового моделювання. Їхні провідні напрями діяльності охоплюють робототехніку, IT-технології, інженерію, тривимірне комп'ютерне моделювання, конструювання, лазерні технології та мехатроніку.

Національна дослідницька рада (NRC) Сполучених Штатів визначає STEM як «культурні досягнення, які відображають людяність людей, силу економіки та становлять фундаментальні аспекти нашого життя як громадян, працівників, споживачів і батьків» [58].

У звіті про Американську стратегію STEM освіти США за 2018 р. стверджується [59], що чотири елементи працюють разом як єдина концепція завдяки їх пересічному використанню. Американська стратегія STEM-освіти зосереджена на діях, які піднімають базові навички учнів у сферах навчання STEM, розвивають математичну, науково-технічну грамотність, і сприяють розвитку цифрових навиків XXI століття для вирішення проблем, критичного аналізу та творчості мислення. Можливо, широкомасштабний звіт STEM «Integration in K-12 Education» за 2014 рік [60], був першим офіційно визнаним звітом, який надав найкраще резюме стану досліджень у STEM-освітньому середовищі. Автори пропонують кілька причин, чому інтеграція STEM у освітню систему США є важливою, завершують звіт чітким твердженням про те, що зв'язки між інтеграцією дисциплін значно покращують навчання студентів, утримання уваги, досягнення кращих результатів. Даний законодавчий документ визнає важливість зосередження на STEM-освіті у перші роки навчання учнів та збереження

цього фокусу протягом усього навчання в школі. Наприклад, процес інженерного проектування в старших класах базується на наукових емпіричних даних [61], [24].

STEM-освіта в США дає учням ширші фундаментальні знання, та забезпечує збалансовану програму навчання.

Цілі Американської стратегії STEM-світи США наступні:

Забезпечити всім учням можливість закінчити школу з сильними фундаментальними знаннями в STEM та опанувати суміжні навички співпраці, навчитись критичному мисленню, креативності та вирішенню проблем. Мати фундаментальний рівень зі STEM-грамотності, який дозволяв би взаємодіяти, і досягти успіху у світі за шкільними воротами. Це потребує відновлення уваги в школі до «будівельних блоків» STEM, особливо до математики; до ефективної міждисциплінарної навчальної програми та педагогічних підходів, що формують інтерес учнів

та продуктивність у навчанні STEM.

Переконатись, що учні натхненні обирати складніші предмети STEM для подальшої освіти. Головна мета стратегії STEM-освіти полягає в підтримці всіх молодих людей у формуванні базової природничо-математичної грамотності, а додаткова мета — у зростанні участі старшокласників у поглибленому вивченні складних STEM-предметів. Шкільні системи США відіграють важливу роль у партнерстві з сектором вищої освіти та промисловістю, щоб заохотити учнів до подальшого навчання у закладах вищої освіти та до кар'єри, пов'язаної із STEM. Базові концепції STEM найкраще вивчати у початковій та середній школі, оскільки вони є необхідними передумовами для професійної технічної підготовки, навчання у коледжі, аспірантурі та підвищення технічних навичок на робочому місці [62], [63], [49].

Для отримання якісної освіти за останні декілька десятиліть в Сполучених Штатах ухвалено кілька законів. Незважаючи на те, що кілька актів спеціально зосереджено на освіті STEM, основні акти про початкову та середню освіту створили інфраструктуру для розробки більш конкретних актів для освіти STEM. Це Закон про вдосконалення американських шкіл (IASA), який був підписаний президентом Вільямом Джефферсоном Клінтоном у 1994 році. Закон «Жодна дитина не залишиться позаду» (NCLB), підписаний президентом Джорджем Бушем у 2002 році. Закон про успіх кожного студента (ESSA), підписаний президентом Бараком Обамою в 2015 році, та ін.

Системне посилення STEM-освіти та цифрової грамотності американців було покладено в основу стратегічних документів, підготовлених Національною науково-технічною радою США до часу виходу статті [59], [34]. У цих документах STEM-освіта розглядається як національний пріоритет, що потребує міжвідомчої координації, партнерства школи, університету, бізнесу та громади, а також регулярного оцінювання результатів. Федеральний уряд США відіграє ключову роль у просуванні STEM, однак ефективність залежить від участі штатів, місцевих органів управління освітою, університетів, приватного сектору й неформальних освітніх середовищ. Саме така модель дає змогу поєднати доступність, якість і конкурентоспроможність, не зводячи STEM до набору окремих дисциплін.

Висновки

Освіта в галузі науки, техніки, інженерії та математики, відома, як STEM-освіта, економічне процвітання та могутність нації, є важливими елементами сучасного суспільства, тісно пов'язаними в глобалізованому світі. Це інноваційний напрям освітнього середовища низки країн (США, Великобританії, Китаю, Австралії, Кореї, Японії та ін.), з яким співпрацюють викладачі та здобувачі освіти, які вивчають природничі та математичні дисципліни. Плутанина тем та політики використання STEM походить з її історії. Визначення, засноване на агломерації різних технічних навичок і практиці неналежного застосування освітніх концепцій, дає заплутану картину. Така

плутанина неминуча, коли намагаються вирішити будь-яку неправильно сформульовану проблему в науці, технології, інженерії чи математиці. Ідея про те, що потрібно знати джерело походження, перш ніж його зрозуміти, виникла ще у грецького філософа Арістотеля майже 2400 років тому.

Як показало дослідження, яке було проведено Рахунковою палатою США (GAO), коли державна політика є чіткою і правильно визначеною, цілком ймовірно, що вона буде ефективною. Дін Кейман найкраще розвіяв туман навколо STEM плутанини та основної проблеми, прямо висловлюючись про культурні та емоційні аспекти причини та наслідки, пов'язані з тим, чому багато американських студентів, до появи STEM-освітнього середовища, уникали науки, технологій, інженерії та математики як майбутньої кар'єри: «У вільному суспільстві ви не отримаєте того, що треба, якщо увесь час святкуєш».

Освіта та наукові дослідження STEM все більше визнаються основними рушійними силами національного розвитку в Сполучених Штатах, важелем економічної продуктивності та суспільного добробуту. Майже всі зацікавлені сторони (уряд та освітяни) погоджуються, що STEM-освіта – це створення більш кваліфікованих викладачів, студентів і робочої сили, направленої на те, щоб зберегти та отримати конкурентну перевагу на мировій арені. STEM-освіта – це нова дорожня карта, якою повинні йти вчителі та здобувачі освіти, та яка базується на отриманні знань за допомогою нових стратегій навчання, а саме наукового та видимого мислення, керування експериментальними даними, їх упорядкуванням, та подальшим розвитком. Слід зазначити, що майбутній професійній діяльності громадян, службовців, випускникам різних шкіл та університетів загрожує невпинний розвиток науки та технологічний прогрес суспільства. Єдиний спосіб впоратися з цією небезпекою – мати міцну наукову культуру, та відповідні наукові та цифрові компетентності, чітку та продуману концепцію STEM-освіти.

Поряд з цим, тенденції розвитку STEM-освіти, зокрема STEM-освіти у первинному освітньому середовищі, а саме в Сполучених Штатах, бажано досліджувати дотично до аспектів впровадження STEM-освіти в Україні, у розрізі теоретичних й методичних засад розвитку STEM-освітнього середовища для здійснення інноваційної освітньої діяльності в Україні, з метою створення умов задля впровадження сучасних реформ, спроектованих у концепції Нової української школи та концепції інноваційного освітнього проекту на всеукраїнському рівні за темою STEM-освіта (STEM-центри) в закладах освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. U.S. Department of Education, Office of Innovation and Improvement. 2016. STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education. Washington, DC: Author. 2016. 73 p.
2. Vuorikari R., Punie Y., Carretero Gomez S., Van den Brande G. DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. 44 p. doi: 10.2791/11517.
3. Machi E. Improving US competitiveness with K-12 STEM education and training. Heritage special report. SR-57. A report on the STEM education and National Security Conference, October 21-23, 2008. Washington, DC: Heritage Foundation. 2009. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED505842.pdf>
4. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington, VA : National Science Teachers Association Press, 2013. 116 p.
5. Batyuk L., Zhernovnykova O. Strategy for the development of digital competence in the national education system of Ukrainian society. Journal of Education, Health and Sport. 2018. 8(11). 912–921. doi: 10.12775/JEHS.2018.8.11.087

6. Batyuk L. The European structure of digital competences in Ukrainian society: challenges and innovations. *Journal of Education, Health and Sport*. 2017. 7(11). 481–494. doi: 10.12775/JEHS.2017.7.11.044
7. Neelakantan S. Successful AI examples in higher education that can inspire our future. EdTech. Accessed January 20, 2020, URL: <https://www.facts-and-arts.com/index.php/essays/bureaucracy-and-power-american-higher-education>
8. Batyuk L., Zhernovnykova O. Education of students in higher educational medical universities of Ukraine taking into account competence-oriented educational technologies. *Journal of Education, Health and Sport*. 2016. 6(2). 375–390. doi: 10.12775/JEHS.2016.6.02.032
9. Ozfidan B., de Miranda M. A. K12 Teacher Credentialing Containing Engineering Content in the USA. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2017. 14(1). 3–13. <https://doi.org/10.12973/ejmste/76888>
10. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Graduate STEM Education for the 21st Century. Washington, DC : National Academies Press, 2018. 203 p. doi: 10.17226/25038.
11. STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education. American Institutes for Research, U.S. Department of Education and Office of Innovation and Improvement. 2015. URL: https://www.ed.gov/sites/ed/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf
12. Jang H. Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*. 2015. Vol. 25, no. 2. P. 284–301. doi: 10.1007/s10956-015-9593-1.
13. The Guardian: Origins of the EPA. EPA Historical Publication-1. Spring 1992. URL: <https://www.epa.gov/archive/epa/aboutepa/guardian-origins-epa.html>
14. The Journal of Environmental Education. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Journal_of_Environmental_Education
15. United Nations Conference on the Human Environment, 5–16 June 1972, Stockholm. URL: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>
16. Fifth Session of the UNFCCC Conference of the Parties (COP5). Bonn, Germany, 25 October - 5 November, 1999. URL: <https://unfccc.int/cop5/>
17. UN Sustainable Development Goals. 2015. URL: <https://sdgs.un.org/goals>
18. Raupp A.B. STEM education's lost decade and tenor. Forbes technology council, July 25, 2019. URL: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/07/25/stem-educations-lost-decade-and-tenor/#43f6101260c8>.
19. Batyuk L., Zhernovnykova O. Education of students in higher educational medical universities of Ukraine taking into account competence-oriented educational technologies. *Journal of Education, Health and Sport*. 2016. Vol. 6, no. 2. P. 375–390. doi: 10.12775/JEHS.2016.6.02.032.
20. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 5 серпня 2020 р. № 960-р. Київ. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Документ 960-2020-р, чинний, поточна редакція — Прийняття від 05.08.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
21. Наказ МОН України № 188 від 29.02.2016. Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0188729-16#Text>.
22. Наказ МОН України № 1041, від 29.09.2021р м. Київ. Про реалізацію інноваційного освітнього проєкту «Нова українська школа, університет, громада, влада - координація взаємодії на інтелектуальній платформі TeachHub» на вересень 2021

- квітень 2026 роки. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/uploads/public/661/692/42a/66169242ab846373875908.pdf>
23. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities, National Science Teachers Association. 2013. 116 p.
 24. Honey M., Pearson G., Schweingruber H. (Eds.). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: National Academies Press. 2014. 181 p. doi: 10.17226/18612
 25. National Research Council. 2011. Successful STEM Education: A Workshop Summary. Washington, DC: The National Academies Press. 94 p. doi: 10.17226/13230.
 26. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. Graduate STEM Education for the 21st Century. Washington, DC: The National Academies Press. 203 p. doi: 10.17226/25038.
 27. National Research Council. Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Washington, DC : National Academies Press, 2011. 44 p. doi: 10.17226/13158.
 28. National Research Council. 2011. Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Washington, DC: The National Academies Press. 44 p. doi: 10.17226/13158.
 29. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. Minority Serving Institutions: America's Underutilized Resource for Strengthening the STEM Workforce. Washington, DC: The National Academies Press. 254 p. doi: 10.17226/25257.
 30. Breiner J. M., Harkness S. S., Johnson C. C., Koehler C. M. What Is STEM? A Discussion about Conceptions of STEM in Education and Partnerships. School Science and Mathematics. 2012. 112. 3–11. doi: 10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x
 31. Ntemngwa C., Oliver S. The implementation of integrated science technology, engineering and mathematics (STEM) instruction using robotics in the middle school science classroom. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology. 2018. 6(1). 12–40. doi: 10.18404/ijemst.380617
 32. McComas W. F., Burgin S. R. A Critique of “STEM” Education. Revolution-in-the-Making, Passing Fad, or Instructional Imperative? Science & Education. 2020. 1–25. doi: 10.1007/s11191-020-00138-2
 33. Tytler R., STEM Education for the Twenty-First Century. In book: Integrated Approaches to STEM Education. 2020. 1–25. doi: 10.1007/978-3-030-52229-2_3
 34. Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: 5-Year Strategic Plan. A Report from the Committee on STEM Education, National Science and Technology Council. Washington, DC, 2013. 143 p.
 35. Sanders M. E. STEM, STEM education, STEMmania. The Technology Teacher. 2009. 68(4). 20–26.
 36. NSF 93-143 Guide to Programs in the Division of Research, Evaluation and Dissemination with specific guidelines for individual programs, September 1993. URL: <https://www.nsf.gov/pubs/1997/nsf9730/nsf9730.htm>
 37. The state of science, math, engineering, and technology (SMET) education in America, parts I-IV, including the results of the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) : hearings before the Committee on Science, U.S. House of Representatives, One Hundred Fifth Congress, first session, July 23, September 24, October 8 and 29, 1997. United States. Congress. House. Committee on Science. Washington: U.S. G.P.O.: For sale by the U.S. G.P.O., Supt. of Docs., Congressional Sales Office, 1998. 313 p. URL: <https://lawcat.berkeley.edu/record/498973>

38. Bryson E. Former Director of NSF Rita Colwell to deliver the Graduate School Commencement Address. URL: <https://graduateschool.nd.edu/news/former-director-of-nsf-rita-colwell-to-deliver-the-graduate-school-commencement-address/>
39. Chute E. STEM education is branching out. Pittsburgh Post-Gazette Feb 9, 2009. URL: <https://www.post-gazette.com/news/education/2009/02/10/STEM-education-is-branching-out/stories/200902100165> Accessed on 2 Jan 2020.
40. U.S. Bureau of Labor Statistics. Standard Occupational Classification. URL: <https://www.bls.gov/soc/2010/#classification>
41. US BLS, Options for Defining STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Occupations Under the 2010. Standard Occupational Classification System. August 2012. URL: <https://data.bls.gov/cgi-bin/print.pl/soc/home.htm>.
42. Government Accountability Office (GAO). URL: <https://www.gao.gov/about/workforce/ocg.html>
43. GAO-13-529T, Science Technology, Engineering, and Mathematics Education: Government-wide Strategy Needed to Better Manage Overlapping Programs, Apr 10, 2013. URL: <https://www.gao.gov/products/gao-13-529t>
44. Copyright Act of 1790. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Copyright_Act_of_1790
45. Gonzalez H., Kuenzi J. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM), Education: A Primer, Congressional Research Service, August 1, 2012.
46. FIRST. URL: <https://www.firstinspires.org/>
47. Dean Kamen: U.S. Must Focus on STEM to Regain Innovative Spirit. URL: <https://www.usnews.com/opinion/articles/2012/06/21/without-focus-on-stem-fields-us-is-losing-its-innovative-spirit>
48. Marginson S. Global stratification in higher education. In S. Slaughter and B. Taylor (eds.), Higher Education, Stratification and Workforce Development: Competitive advantage in Europe, the US and Canada. pp. 13–34. Cham: Springer (2016). doi: 10.1007/978-3-319-21512-9_2
49. United States Higher Education Commission Advancing Higher Education Excellence in America. URL: <https://ushecgov.org/>
50. Federal Ministry of Education and Research. MINT education (STEM). URL: https://www.bmbf.de/EN/Education/EarlyEducation/MINT-STEM/mint-stem_node.html
51. LUMA Centre Finland. URL: <https://www.luma.fi/en/>
52. Marginson S., Tytler R., Freeman B., Roberts K. STEM: Country Comparisons International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Canberra: Australian Council of Learned Academies. 2013. URL: <https://acola.org.au/wp/project-2/>
53. Straw S., Hart R., Harland J. (2011), An evaluation of the impact of STEMNET's services on pupils and teacher (PDF), Slough: National Foundation for Educational Research. 116 p.
54. Наказ МОН України № 188 від 29.02.2016. Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні. Документ v0188729-16, поточна редакція — Прийняття від 29.02.2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0188729-16#Text>
55. Міністерство Освіти і Науки України. Інститут Модернізації Змісту Освіти. 13.07.2017 № 21.1/10-1470. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік. Документ v1470777-17, поточна редакція —

- Прийняття від 13.07.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1470777-17#Text>
56. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 14 грудня 2016 р. № 988-р. Київ. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти “Нова українська школа” на період до 2029 року. Документ 988-2016-р, чинний, поточна редакція – Редакція від 22.08.2018, підстава – 592-2018-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80#n8>
57. Міністерство освіти і науки України. Інститут модернізації змісту освіти. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік. Лист № 21.1/10-1470 від 13.07.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1470777-17#Text>.
58. The NRC Report. URL: <https://successfulstemeducation.org/about/nrc-report>
59. Charting a Course for Success: America’s Strategy for STEM Education. A Report by the Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council. 2018. URL: <https://stemtlnet.org/resources/charting-course-success-americas-strategy-stem-education-0.html>
60. National Research Council. 2014. STEM integration in K–12 education: status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: National Academies Press.
61. Shin J. E. L., Levy S. R., London B. Effects of role model exposure on STEM and non-STEM student engagement. Journal of Applied Social Psychology. 2016. 46. 410–427. doi: 10.1111/jasp.12371
62. Madden L., Beyers J., O’Brien, S. The importance of STEM education in the elementary grades: Learning from pre-service and novice teachers’ perspectives. Electronic Journal of Science Education. 2016. 20(5). 1–18.
63. Olson S. O., Gerardi D. R. (February 2012). Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Report to the President. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED541511>