



Фролов Д. Генеза STEM діяльності в закладах освіти. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2026. Том 14, № 4. С. 128-135. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i4-015>.

Frolov D. Heneza STEM diialnosti v zakladdakh osvity [The genesis of STEM activities in educational institutions]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2026. Vol. 14, No 4. S. 128-135. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i4-015>.

УДК 373.5.091.31

DOI: 10.31110/2616-650X-vol14i4-015

Дмитро ФРОЛОВ

Комунальний заклад «Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти» Запорізької обласної ради, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4539-9903>
f0968279387@gmail.com

ГЕНЕЗА STEM ДІЯЛЬНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Анотація. У статті здійснено попередню розвідку виникнення й трансформації STEM в закладах загальної середньої освіти України з урахуванням досвіду Запорізької області. Досліджено еволюцію нормативно-правової бази та практичного впровадження STEM-технологій від умовного старту в 2016 році до стратегічних планів на 2029 рік. У цій праці акцентується увага на доцільності для наукової оцінки STEM-освіти диференціювати етапи розвитку на три ключові, а саме «доковідний» (етап фундації, розробки стандартів та розбудови мережі), «ковідний» (період вимушеної цифрової трансформації та адаптації до дистанційних форм навчання) та період воєнного стану (етап формування освітньої стійкості). У роботі вперше проведено чітку диференціацію п'яти напрямів сучасної STEM-діяльності: використання робототехніки, впровадження цифрових вимірвальних комплексів (цифрова лабораторія), 3D-друк та моделювання, застосування AR/VR-технологій, а також розвиток «Low-tech STEM» (картонно-паперового інжинірингу). Окрему увагу приділено методологічному обґрунтуванню кожного з напрямів, аналізу їхнього впливу на формування «навичок XXI століття» (4C: критичне мислення, креативність, комунікація, колаборація) та професійне самовизначення молоді. Окрему увагу приділено результатам емпіричного дослідження 2026 року (N=742 особи), яке виявило збереження дефіциту технологічного забезпечення (середня оцінка вчителями бази 3D-принтерів та цифрових лабораторій становить 2,68 із 5 балів). Попри інфраструктурні обмеження, встановлено позитивний вплив STEM-проектів на психоемоційний стан та мотивацію учнів в умовах війни (3,55 бала). З'ясовано, що в умовах воєнного стану STEM-підхід трансформується зі складної інфраструктурної моделі у стратегічний інструмент збереження інтелектуального капіталу промислових регіонів. Визначено, що в умовах сучасних викликів STEM-підхід є не лише освітньою методикою, а й стратегічним інструментом формування стійкості та збереження інтелектуального потенціалу промислових регіонів. Встановлено спроможність простих та «малобюджетних» STEM-проектів як засобу забезпечення рівного доступу до якісної освіти в кризових умовах. Детально розглядається динаміка змін в освітній парадигмі, що відбулися під впливом глобальних викликів, та обґрунтовується необхідність переходу від епізодичних заходів до системної STEM-діяльності як засобу подолання технологічних розривів.

Ключові слова: STEM-освіта; генезис; робототехніка; цифрова; лабораторія; 3D-друк; Low-tech STEM; Нова українська школа.

Dmytro FROLOV

Municipal Institution «Zaporizhzhia Regional Institute of the Postgraduate Pedagogic Education» of Zaporizhzhia Regional Council, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4539-9903>
f0968279387@gmail.com

THE GENESIS OF STEM ACTIVITIES IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Abstract. The article provides a preliminary study of the emergence and transformation of STEM in general secondary education institutions in Ukraine, taking into account the experience of the Zaporizhzhia region. It examines the evolution of the regulatory framework and practical implementation of STEM technologies from their conditional start in 2016 to strategic plans for 2029. This study focuses on the advisability of differentiating the stages of development for the scientific evaluation of STEM education, into three key stages, namely “pre-COVID” (the stage of foundation, development of standards, and network expansion), “COVID” (the period of forced digital transformation and adaptation to remote forms of learning), and the martial law period (the stage of forming educational resilience). The study clearly differentiates between five areas of modern STEM activities for the first time: the use of robotics, the implementation of digital measuring systems (digital laboratories), 3D printing and modeling, the application of AR/VR technologies, and the development of “low-tech STEM” (cardboard and paper engineering). Particular attention is paid to the methodological justification of each of these areas, analysis of their impact on the formation of “21st century skills” (4Cs: critical thinking, creativity, communication, collaboration) and the professional self-determination of young people. Particular attention is paid to the results of the 2026 empirical study (N = 742), which revealed a persistent deficit in technological resources, with the average teacher rating of 3D printers and digital laboratories being 2.68 out of 5 points. Despite infrastructural constraints, a positive impact of STEM projects on students’ psycho-emotional well-being and motivation under wartime conditions was identified (3.55 points). It has been determined that, in the context of modern challenges, the STEM approach is not only an educational methodology but also a strategic tool for building resilience and preserving the intellectual potential of industrial regions. The capacity of simple and low-cost STEM projects to ensure equitable access to quality education in crisis conditions has been demonstrated. The dynamics of changes in the educational paradigm that have occurred under the influence of global challenges are examined in detail and justify the need to move from episodic measures to systematic STEM activities as a means of overcoming technological gaps.

Keywords: STEM education; genesis; robotics; digital; laboratory; 3D printing; Low-tech STEM; New Ukrainian School.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток технологічного укладу суспільства та глобальна цифровізація економіки висувають нові вимоги до підготовки людського капіталу. В умовах розбудови Нової української школи (НУШ) особливого значення набуває STEM-освіта як інтегрований підхід, що забезпечує формування критичного мислення, винахідливості та здатності до розв'язання складних практичних задач в реальному житті [2]. Стратегічна необхідність реалізації «Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» до 2027 року вимагає від регіональних систем освіти гнучкої адаптації до мінливих умов, що є критично важливим для промислових регіонів, таких як Запорізька область. Для реалізації концепції розвитку в Запорізькій області діє наказ Департаменту освіти і науки Запорізької облдержадміністрації від 03 червня 2021 року № 274 «Про затвердження Плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року у Запорізькій області».

У Запорізькій області нами на постійній основі здійснюються моніторингові дослідження. Останній збір даних та їхній аналіз проводився з січня 2025 по березень 2025 року методом дистанційного анкетування через Google Forms, охопивши 113 учителів закладів загальної середньої освіти. Результати показують високий рівень обізнаності вчителів щодо STEM-концепції, 100% обізнані зі акронімом STEM, а 92,9% інтегрують елементи або мініпроекти STEM в освітній процес. Водночас активна участь у шкільних та позашкільних STEM-заходах залишається обмеженою (41,6% та 30,1% відповідно). Вчителі відзначають позитивний вплив STEM-освіти на зацікавленість учнів, комплексне пізнання природних явищ та розвиток загальних компетентностей. Разом із тим, задоволеність матеріальною базою та підтримкою держави низька, лише 18,8% повністю виявили задоволення. Питання «Чи вважаєте Ви достатньою підтримку держави у сфері розвитку дистанційної освіти в особливий період?» мало найбільшу частку вчителів, які не визначились з відповіддю 38,1%, частка повністю згодних та згодних сягала 35,4% та 4,4% відповідно, а 8% та 14,2% припали на категорично незгоден та незгоден. Але відміну картину спостерігаємо при відповідях на питання «Чи вважаєте Ви, що в воєнний період розвиток STEM-освіти потрібно згорнути, а зосередитись слід на розширеному викладанні базових дисциплін (фізики, біології, хімії, географії)», на яке негативну відповідь дали 21,2% і 24,8% категорично незгоден та незгоден відповідно, 25,7% була частка вчителів які не визначились з відповіддю, а 25,7% та 2,7% склали частки повністю згодних та згодних. Також під час дослідження виявлено два ключові тренди: великий потенціал STEM у підвищенні якості природничої освіти та повільне накопичення дидактичного матеріалу і ресурсів [7].

Таким чином, зараз простежується розрив між стратегічним державним вектором на розбудову високонаукової STEM-інфраструктури (дорогі лабораторії, робототехніка) та реальними можливостями прифронтових регіонів на прикладі Запорізької області, де безпекові виклики змусили систему освіти перейти у дистанційний формат.

Адаптація до кризових умов та необхідність переосмислення STEM-технологій у форматах дистанційного та змішаного навчання, що стало викликом під час пандемії та набуло життєвої необхідності в умовах воєнного стану для підвищення освітньої стійкості (resilience) [4].

Тому розвиток та систематизація напрямів STEM-діяльності в сучасних умовах є на сьогодні стратегічним кроком до збереження та відновлення інтелектуального потенціалу регіону. Технологічні розриви та потреба в диференціації STEM-напрямів були порушені ще Sneider C., Burke J у статті «The Growing Popularity of STEM» де підіймаються питання стосовно того, що STEM-освіта не завжди потребує складних, дорогих та вартісних лабораторій чи обладнання, а може розпочинатися з простих завдань, які вимагають лише логіки, творчості та базових матеріалів [12].

На сьогодні бракує наукового обґрунтування того, як саме трансформувався зміст та інструментарій STEM-діяльності в умовах переходу від «розбудови інфраструктури» до «забезпечення освітньої стійкості». Невизначеним залишається питання ефективності низькотехнологічних (Low-tech) рішень як альтернативи в умовах обмеженого доступу до якісних та технологічних шкільних лабораторій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попри відносно нетривалий період розвитку STEM-освіти в Україні, у науковому доробку вже з'явилася значна кількість дослідників, які присвятили цій темі увагу: В. Андрієвська, О. Антонова, А. Атамась, Л. Березівська, Л. Білоусова, О. Бутурліна, О. Валько, Я. Василенко, Н. Гончарова, С. Дембіцька, О. Лозова, С. Матюх, Н. Муқан, Н. Поліхун, І. Сліпучиною, О. Стрижак, Т. Уманська, Р. Шаповал, Т. Яровенко та інші.

Питання впровадження та розвитку STEM-освіти перебувають у центрі уваги широкого кола науковців. Теоретико-методологічні засади розвитку природничо-математичної освіти в Україні та стратегії її нормативної розбудови висвітлено у працях Н. Балик, О. Барни, Г. Шмигер та В. Олексюка, які акцентують увагу на моделях професійної перепідготовки вчителів на основі розвитку STEM-компетентностей [8]. Роль історичного ретроспективного аналізу та еволюції STEM-підходів у трансформації освітнього простору досліджено у праці Г. Кузьменко [1].

Окремий масив досліджень присвячено функціонуванню освітньої галузі в кризових умовах. Зокрема, аналітичні матеріали ДНУ «Інститут освітньої аналітики» дають змогу оцінити вплив

воєнного стану на цифровізацію та загальну стійкість (resilience) вітчизняної школи [4]. Проблематика технологічних розривів та доцільність використання «малобюджетних» рішень (Low-tech) знаходить своє відображення у концепціях С. Sneider та J. Burke, які доводять, що розвиток інженерного мислення може розпочинатися з простих проєктів, що не потребують складного обладнання [12]. Питання інтеграції STEM-технологій у підготовку майбутніх фахівців та методичні аспекти викладання робототехніки в умовах НУШ розглядалися у працях І. Сокол та О. Ченцова.

У контексті міжнародного досвіду особливої ваги набувають роботи R. Tytler, який обґрунтовує STEM-освіту як стратегічний чинник економічної конкурентоспроможності держави та наголошує на важливості міждисциплінарних підходів [15]. Значний внесок у розуміння компетентнісного підходу та оцінювання навичок ХХІ століття зробили закордонні дослідники, такі як D. S. Rychen та L. H. Salganik, чий праці заклали фундамент для визначення ключових компетенцій у сучасному освітньому просторі. Питання взаємодії школи та промислового сектору досліджували А. Mann та А. Oldknow [9], а вплив мотивації та інтересу учнів до природничих наук аналізували S. Sjöberg та С. Schreiner.

Водночас, попри значну кількість розвідок, питання трансформації змісту STEM-діяльності в умовах переходу від інфраструктурного накопичення до забезпечення освітньої стійкості на сьогодні вимагає більш глибокого емпіричного обґрунтування.

Мета дослідження. полягає в обґрунтуванні та аналізі розвитку STEM-діяльності в освітньому просторі на прикладі досвіду Запорізької області, а також в перевірці стану впровадження п'яти ключових STEM-напрямів у практику закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) в умовах воєнного стану для формування моделі освітньої стійкості (resilience).

Методи дослідження. Для досягнення мети було використано теоретико-науковий аналіз сучасної психолого-педагогічної, наукової, методичної та нормативної літератури останніх 10 років (2016-2026 рр.). Критерії добору джерел були наступні: аналізу підлягали нормативні акти накази МОН, постанови КМУ, наукові публікації розміщені в базах Scopus, Web of Science та Google Scholar за ключовими словами (тегами): STEM-освіта, цифрова трансформація, освітня стійкість (resilience).

Застосовано історико-генетичний метод аналізу літератури для виокремлення трьох періодів трансформації освітньої парадигми STEM: «доковідний», «ковідний», «воєнний».

Поняття «генеза» у межах нашої роботи ми пропонуємо розглядати через призму комплексної трансформації, що охоплює три взаємопов'язані площини, а саме: нормативна генеза – еволюція від рамкових наказів 2016 року до регіональних програм стійкості 2025–2029 роках.; інфраструктурно-технологічна генеза: перехід від фізичних STEM-лабораторій до віртуальних середовищ (AR/VR) та адаптивних Low-tech моделей.; методична генеза: Зміна ролі вчителя від «інструктора з обладнання» до «фасилітатора інженерного мислення» в умовах дистанційного навчання.

Виклад основного матеріалу дослідження. STEM його розуміння та сутність вже не є чимось новітнім або не знайомим для освітянської спільноти у світі та в Україні [1]. Але зараз практичне застосування в освіті STEM має значну поліваріативність форм впровадження у світовій практиці. Інколи акцент ставиться на просуванні математики та наук природничого циклу у відповідь на результати досліджень, у яких доведено, що ці предмети викликають меншу зацікавленість у здобувачів освіти [11]. У світовій літературі зустрічається фокус спрямований на просування навчальних програм з інженерного проектування, пов'язаних з математикою та науками природничого циклу як у США Next Generation Science Standards [10].

Інший підхід базується на сприянні впровадження цифрових технологій, як окремого предмета чи інтегрованої навчальної програми. Або міждисциплінарні проєктні роботи предмети засновані на «автентичному» контексті та зосереджені на вирішенні практичних проблем [14]. Дуже часто в інформаційному полі можна побачити посилений акцент у навчальній програмі на сферу професійної роботи включаючи партнерства або зв'язки з професійними напрямками, наприклад: Австралійська рада з питань освіти, 2018 або у Великій Британії чи проєкт Siemens-Siftung «Experimento» у Німеччина [13]. Також можна спостерігати збільшення навчального акценту саме на «навичках STEM» відповідно до потреб підготовки здобувачів освіти до швидкозмінного світу та праці у 21 столітті [9]. Відмінний від професійного підходу можна вважати поєднання дисциплін STEM з «мистецтвом» в ініціативах «STEAM», що наголошують на креативності та дизайн-мисленні [14].

Аналіз світових тенденцій свідчить, що Україна не лише синхронізувалася з глобальним вектором розвитку STEM-освіти, а й пройшла шлях від декларативного визнання STEM-підходів до їхньої системної та нормативної адаптації. Так всього 10 років минуло після умовного офіційного старту впровадження STEM-освіти в Україні, відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України від 29.02.2016 р. No 188 «Про утворення робочої групи з питань упровадження STEM-освіти в Україні»). Напрацюваннями цієї групи відобразилось у Плані заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки, затвердженого Міністерством освіти і науки України 05.05.2016 року та рішення Колегії Міністерства освіти і науки України від 21.01.2016 року - протокол No1/1-4 «Про форсайт соціо-

економічного розвитку України на середньострокову (до 2020 року) і довгострокову (до 2030 року) часових горизонтах (у контексті підготовки людського капіталу) [3, с.1].

Звертаючи погляд крізь призму часу, ці події можна вважати сингулярним початком розбудови та розгалуженням STEM-освіти в шкільних закладах України. З 2020 року в Україні запроваджена Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), реалізація якої розрахована до 2027 року, спонукає освітянську спільноту подальшій активній розбудові STEM-освіти. STEM діяльність всебічно розвиває якості здобувача освіти, необхідні для успішної реалізації особистості в майбутньому, та передбачає розвиток винахідливості, критичного мислення, прагнення експериментувати і досліджувати, вміння творчо розв'язувати задачі, навчання впродовж усього життя та співпраці (як одна з ключових компетенцій «навичок XXI століття» (4C: Critical thinking, Creativity, Communication, Collaboration) [14].

Однією із наочних та відчутних змін стала поява типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій наказ МОН №574 від 29.04.2020 (Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства освіти і науки № 1324 від 16.09.2024, та № 1201 від 01.09.2025). В якому з'явилось таке поняття як STEM-лабораторій та технологічний опис обладнання яке може використовуватись для STEM-освіти [6].

Нажаль на зараз Запорізька область функціонує в умовах особливого періоду й подальший розвиток STEM-освіти регламентується розпорядженням голови запорізької обласної державної адміністрації, начальника обласної військової адміністрації від 04.12.2025 №1227 «Програма розвитку освіти Запорізької області, на 2026-2029». Враховуючи те, що успіх у STEM у школах є ключовим визначальним фактором майбутнього міжнародного економічно-конкурентоспроможного економічного зростання за поглядами Tytler R [16].

Аналізуючи вище зазначене та застосовуючи історично-генетичний метод ми можемо стверджувати, що генезис STEM в закладах освіти Запорізької області та України доцільно поділяти на три періоди: доковідний (становлення та розбудови) – режим запровадження та розбудови STEM; ковідний (цифрової та дистанційної адаптації) – перехід усіх систем освіти до всезагальної форми дистанційного викладання на теренах всієї України; період воєнного стану (освітньої стійкості (Resilience) та функціонування системи освіти в умовах війни, де всі зусилля направлені на підвищення стійкості освітньої галузі (Табл. 1.).

Таблиця 1.

Періоди трансформації STEM-освіти в Україні та Запорізькій області

Періоди	I. Доковідний період	II. Ковідний період	III. Період воєнного стану
Сутність періоду	Становлення та розбудови	Цифрової та дистанційної адаптації	Освітньої стійкості (Resilience)
Фокус періоду	Створення нормативної бази та формування первинної мережі STEM-освіти	Вимушена трансформація та перехід у онлайн/гібридний формат.	Збереження інтелектуального потенціалу та інклюзивність
Нормативні документи	– Наказ МОН №188 (створення робочої групи); План заходів щодо впровадження STEM-освіти на 2016–2018 рр. Розпорядження КМУ №960-р «Концепція розвитку STEM-освіти до 2027 року»; Наказ МОН №574 (Типовий перелік обладнання для STEM-лабораторій).	– Про запобігання поширенню на території України гострої респіраторної хвороби COVID-19, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2 : Постанова Кабінету Міністрів України від 11 берез. 2020 р. № 211 [5]; – Наказ Департаменту освіти Запорізької ОДА №274 (Регіональний план заходів STEM до 2027 року);	– Дослідження впливу війни на освіту (Інститут освітньої аналітики) – Розпорядження голови Запорізької ОВА №1227 «Програма розвитку освіти на 2026-2029 роки»; Оновлення наказу МОН №574 (зміни №1201 та №1324)
Практики:	– Початок популяризації акроніму STEM; перші кроки робототехніки (LEGO, Arduino) у ліцеях та гімназіях. – Публікація міжнародних моделей професійної перепідготовки вчителів (напр. Balyk N. та ін.). – Масштабування проєктів 3D-модельювання (Tinkercad, Fusion 360)	– Поширення використання цифрових вимірювальних комплексів (Vernier, Pasco) для дистанційних лабораторних робіт. – Активізація Low-tech STEM («картонно-паперового інжинірингу») як засобу виконання проєктів учнями вдома з підручних матеріалів та проведення в дистанційному форматі фестивалю STEM-весна з презентацією проєктів.	– STEM як інструмент психологічного розвантаження та підтримки інтересу до науки в умовах кризи. Створення STEM-хабу на базі КЗ «ЗОШПО» ЗОР; закупівля VR-комплектів для імерсивного навчання – Перехід від епізодичних заходів до системної діяльності; підготовка кадрів для післявоєнної відбудови промислового потенціалу регіону

Аналіз діяльності закладів освіти, дозволяє нам тепер диференціювати STEM за таким критерієм, як напрям або спрямованість діяльності. За напрямками діяльності STEM у закладах освіти можна виокремити п'ять напрямів: використання робототехніки та механотроніки; використання цифрових вимірювальних комп'ютерних комплексів; використання 3D-друку та використання AV та VR технологій; запровадження проєктів «Картоно-паперового STEM (Low-tech)».

Робототехніка та механотроніка є фундаментом сучасного STEM-напрямку, з якого розпочинає свою діяльність більшість ліцеїв та гімназій області. На сьогодні цей сегмент є найбільш розповсюдженим завдяки широкому використанню таких освітніх платформ, як LEGO Education, Arduino та VEX, Micro:bit. У процесі навчання учні не обмежуються механічним складанням конструкторів; вони опановують програмування складних алгоритмів поведінки роботів, що безпосередньо сприяє розвитку логічного мислення та інженерних навичок. Водночас серйозним викликом для масового впровадження цього напрямку, особливо в сільських школах, залишається висока вартість оригінальних навчальних наборів, що створює суттєві бар'єри для рівного доступу до технологічної освіти. Також залишається значною проблемою й методична підготовка фахівців, які будуть займатись даним напрямком. Не зважаючи на виклики сьогодні в Запорізькій області реалізується підготовка вчителів які викладають модельну програму «Робототехніка» на основі micro:bit. авторів: І. Сокол та О.Ченцов. Слід зазначити, що автори програми на зараз є активними провайдерми цієї програми, які здійснюють свою діяльність в закладах міста Запоріжжя.

Цифрові вимірювальні комп'ютерні комплекси (ЦВКК) стали інструментом докорінного осучаснення уроків природничого циклу – фізики, хімії, біології, географії. Завдяки цільовим державним закупам, зокрема в межах реалізації концепції НУШ, значна частина кабінетів була укомплектована сучасними комплектами провідних брендів типу Vernier, Einstein, Pasco та інші. Практичне застосування цих комплексів дозволяє відійти від застарілої методики побудови статичних графіків: тепер учні мають можливість спостерігати за динамічними змінами температури, тиску чи рівня рН у реальному часі безпосередньо на екранах планшетів або ноутбуків. Такий підхід не лише підвищує точність експериментів, а й значно посилює залученість школярів до дослідницької діяльності, активізації проєктної діяльності наприклад збільшення науково-дослідних робіт МАН. Починаючи з 2019 року, на курсах підвищення кваліфікації, а потім з 2023 року у STEM-хабі на базі КЗ «ЗОІППО»ЗОР існує спеціальний курс для вчителів природничої галузі «Використання цифрових лабораторій».

3D-друк та моделювання є прогресивним напрямом, що гармонійно поєднує інженерну думку з елементами цифрового мистецтва. Останнім часом цей сектор стрімко набирає обертів, стимулюючи заклади освіти до створення власних «FabLabs – інноваційних мікромайстерень, оснащених сучасним обладнанням. Завдяки опануванню прикладного програмного забезпечення, як-от Tinkercad або Fusion 360, учні мають змогу пройти через усі етапи реального виробничого процесу: від виникнення абстрактної ідеї до створення цифрового макета та в подальшому отримання фізичного прототипу. Можливість уже за лише підвищує мотивацію школярів, а й формує чітке розуміння сучасного циклу розробки продукту. Незважаючи на те, що розвиток STEM-освіти відбувався в таких складних і непрогнозованих та змінних умовах у 2026 році ми провели додаткове опитування педагогічних працівників закладів загальної середньої освіти Запорізької області (N= 742 особи). На питання оцінка забезпечення обладнанням (3D-принтери, цифрові лабораторії) відповіді вчителів демонструють певні дефіцити із забезпеченням їх оцінка дорівнювала 2,68 із 5 балів. Це безпосередньо впливає на можливість системної реалізації технологічних STEM-проєктів, які в свою чергу мають вплив на емоційний стан учнів та мотивацію в умовах війни, такий ефект вчителі оцінили на 3,55 бали.

Технології доповненої (AR) та віртуальної (с) реальності на сьогодні є найсучаснішим та найбільш захопливим вектором розвитку STEM-освіти. Попри високий інтерес, на даному етапі цей напрям найчастіше використовується як потужний інструмент візуалізації готового навчального матеріалу, а не як середовище для створення власного контенту учнями. Практичне застосування AR та VR дозволяє організувати унікальні віртуальні екскурсії, наприклад, «занурення» всередину людської клітини, інтерактивні подорожі до планет Сонячної системи або детальні історичні реконструкції. Такий імерсивний підхід забезпечує максимальний рівень наочності, дозволяючи школярам досліджувати об'єкти та явища, які неможливо відтворити у звичайних лабораторних умовах. У 2025 році в STEM-хабі КЗ «ЗОІППО» ЗОР були придбані комплекти VR для проведення занять із дітьми та педагогами Запорізької області.

«Картоно-паперовий» STEM (Low-tech STEM) є фундаментальною складовою усіх освітніх галузей у контексті впровадження проєктної технології на засадах діяльнісного підходу. Цю складову STEM-освіти часто недооцінюють через її на перший погляд простоту. Насправді ж це найдоступніший варіант впровадження інженерного мислення, який можна успішно реалізувати в будь-якому закладі освіти навіть за відсутності спеціального бюджету. Практичне застосування цього напрямку включає створення моделей мостів із макаронів, веж із паперу чи функціонуючих катапульти із паличок для

морозива. Такі проекти дозволяють учням опанувати базові принципи статички, динаміки та опору матеріалів наочно, без використання дорогого програмного забезпечення чи складних комп'ютерних систем. Саме Low-tech STEM розвиває винахідливість та здатність бачити інженерне рішення у звичайних побутових речах. Low-tech STEM показав свою значну ефективність в дистанційних умовах, коли здобувачі освіти здійснюють інжиніринговий проект лише за написаними інструкціями чи технологічними картами. Цей напрям є найбільш життєздатним для дистанційного навчання, оскільки вирівнює можливості учня в діяльнісному підході, що перебуває в укритті чи вдома, з учнем у добре обладнаному класі. Починаючи з 2019 року на курсах підвищення кваліфікації викладається спеціальний фаховий курс STEM метою якого є орієнтація вчителів на популяризацію STEM-освіти та пропаганду Low-tech STEM діяльності.

Отже, сучасний стан STEM-освіти в Запорізькій області відображає складний процес адаптації глобальних стратегій до специфічних регіональних реалій та в умовах безпрецедентних безпекових викликів, де технологічна еволюція від «Low-tech» рішень, як базових практично орієнтованих елементів STEM в межах урочної та дистанційної форми освіти до VR-технологій. Таке багатовекторне впровадження STEM не лише закладає фундамент для майбутньої економічної конкурентоспроможності здобувачів освіти, а й виступає стратегічним чинником стійкості та відновлення інтелектуального капіталу регіону в повоєнний період.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Генезис STEM-освіти в Україні, зокрема на прикладі Запорізької області, демонструє стрімку еволюцію від поодиноких ініціатив 2016 року до статусу стратегічного державного пріоритету. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що генезис STEM-освіти в Україні, зокрема на прикладі Запорізької області, є динамічним процесом, який доцільно диференціювати на три ключові етапи: «доковідний» (фундація та розбудова мережі), «ковідний» (вимушена цифрова трансформація) та «воєнний» (формування освітньої стійкості). Встановлено, що ця генеза реалізується у трьох взаємопов'язаних площинах: нормативній (еволюція від рамкових наказів до регіональних програм стійкості 2026–2029 рр.), інфраструктурно-технологічній (перехід до віртуальних середовищ та адаптивних моделей) та методичній (трансформація вчителя у фасилітатора інженерного мислення).

У роботі вперше проведено системну диференціацію п'яти напрямів сучасної STEM-діяльності: робототехніки, цифрових вимірювальних комплексів, 3D-моделювання, AR/VR технологій та низькотехнологічного напрямку (Low-tech STEM). Емпіричне дослідження (березень 2025 р.) підтвердило наявність суттєвого технологічного розриву: при високій зацікавленості педагогів (92,9% впроваджують STEM-елементи), лише 18,8% задоволені матеріальною базою. Це дало змогу констатувати пріоритетність методичної генези над інфраструктурною в кризових умовах.

Встановлено, що впровадження простих інженерних проектів та імерсивних технологій є не лише засобом адаптації, а стратегічним інструментом збереження інтелектуального капіталу промислового регіону. Такий підхід повністю узгоджується з концепцією Р. Тітлера щодо ролі STEM у забезпеченні міжнародної економічної конкурентоспроможності. Практична значущість роботи полягає в доведенні ефективності моделі «гібридного STEM», яка через поєднання хмарних сервісів та доступного інжинірингу дозволяє підготувати кадровий потенціал для майбутньої післявоєнної відбудови країни.

Перспективи подальших досліджень полягають у аналізі стратегій підвищення кваліфікації вчителів природничої, математичної, інформатичної та технологічної галузі у бік опанування методик «гібридного STEM» та розробки малобюджетних інженерних кейсів Low-tech STEM та активізацію діяльності вчителів в освітніх проектах STEM за «межами» школи.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Доступність даних. Це дослідження не передбачало використання окремих наборів даних.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Під час підготовки цієї роботи автори не використовували інструменти штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Кузьменко Г. В. Від STEM – до STEAM-освіти: ключові аспекти на прикладі ініціатив уряду США. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2020. Вип. 4 (79). С. 18-24. [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-4\(79\)-18-24](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-4(79)-18-24)
2. *Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)* : розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
3. *Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти в навчальних закладах України* : навч. вид. / Відділ STEM-освіти Ін-ту модернізації змісту освіти. 2016. 4 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKS0prcU1OUFZ2cTQ/view?resourcekey=0-y2R22FTMuslW99cyQzrEIA>

4. *Освіта України в умовах воєнного стану*: Інформаційно-аналітичний збірник / ДНУ «Інститут освітньої аналітики». Київ, 2023. 164 с.
5. *Про запобігання поширенню на території України гострої респіраторної хвороби COVID-19, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2* : Постанова Кабінету Міністрів України від 11 берез. 2020 р. № 211. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/211-2020-%D0%BF#Text>
6. *Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій* : наказ Міністерства освіти і науки України від 29 квіт. 2020 р. № 574 (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-20#Text>
7. Фролов, Д. О., & Гаращенко, А. П. Емпіричний аналіз візії педагогів природничих дисциплін запорізької області щодо стану та перспектив stem-освіти. *Педагогічні науки: теорія та практика*, 2025. Вип. 3. С. 35-41. <https://doi.org/10.26661/2786-5622-2025-3-03>
8. Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. *ICTERI 2018*. Kyiv, 2018. Pp. 318–331. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf
9. Mann A., Oldknow A. *School-industry STEM links in the UK*. Futurelab. 2012. URL: https://www.educationandemployers.org/wp-content/uploads/2012/03/future_lab_-_school-industry_stem_links_in_the_uk.pdf
10. National Research Council. *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC : The National Academies Press, 2012. 384 p. <https://doi.org/10.17226/13165>
11. Prinsley R., Baranyai K. *STEM skills in the workforce: What do employers want?* Canberra : Office of the Chief Scientist, 2015. URL: https://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/OPS09_02Mar2015_Web.pdf
12. English L.D. STEM education K-12: perspectives on integration. *IJ STEM Ed*, 2016. Vol. 3, Article number 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
13. STEM: Country Comparisons. International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education / *Marginson S. et al. Canberra* : ACOLA, 2013. URL: <https://acola.org.au/wp/project-2/>
14. Taylor P. Why is a STEAM curriculum perspectives crucial to the 21st century? *ACER Research Conference. Camberwell*, 2016. Pp. 89–93. URL: https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1299&context=research_conference
15. Tytler R. *STEM Education for the Twenty-First Century*. STEM Education for the 21st Century. *Springer, Cham*, 2020. Pp. 21–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
16. Tytler R., Swanson D. M., Appelbaum P. Subject matters of science, technology, engineering, and mathematics. *The Sage Guide to Curriculum in Education*. Thousand Oaks, CA : Sage, 2015. Ch. 4. P. 27–35.

References

1. Kuzmenko H. V. Vid STEM - do STEAM-osvity: ključovi aspekty na prykladi initsiatyv uriadu SShA. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystost*. 2020. Vyp. 4 (79). S. 18-24. [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-4\(79\)-18-24](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-4(79)-18-24) (in Ukrainian)
2. *Kontseptsiiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity)* : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 serp. 2020 r. № 960-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (in Ukrainian)
3. *Metodychni rekomendatsii shchodo vprovadzhennia STEM-osvity v navchalnykh zakladakh Ukrainy* : navch. vyd. / Viddil STEM-osvity In-tu modernizatsii zmistu osvity. 2016. 4 s. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKS0prcU10UFZ2cTQ/view?resourcekey=0-y2R22FTMusIW99cyQzrEIA> (in Ukrainian)
4. *Osvita Ukrainy v umovakh voiennoho stanu*: Informatsiino-analitychnyi zbirnyk / DNU «Instytut osvitnoi analityky». Kyiv, 2023. 164 s. (in Ukrainian)
5. *Pro zapobihannia poshyrenniu na terytorii Ukrainy hostroi respiratornoi khvoroby COVID-19, sprychynenoi koronavirusom SARS-CoV-2* : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11 berez. 2020 r. № 211. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/211-2020-%D0%BF#Text> (in Ukrainian)
6. *Pro zatverdzhennia Typovoho pereliku zasobiv navchannia ta obladnannia dlia navchalnykh kabinetiv i STEM-laboratorii* : nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 29 kvit. 2020 r. № 574 (zi zminamy). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-20#Text> (in Ukrainian)
7. Frolov, D. O., & Harashchenko, A. P. Empyrychnyi analiz vizii pedahohiv pryrodnychych dystsyplin zaporizkoi oblasti shchodo stanu ta perspektyv stem-osvity. *Pedahohichni nauky: teoriia ta praktyka*, 2025. Vyp. 3. S. 35-41. <https://doi.org/10.26661/2786-5622-2025-3-03> (in Ukrainian)
8. Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. *ICTERI 2018*. Kyiv, 2018. Pp. 318–331. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf
9. Mann A., Oldknow A. *School-industry STEM links in the UK*. Futurelab. 2012. URL: https://www.educationandemployers.org/wp-content/uploads/2012/03/future_lab_-_school-industry_stem_links_in_the_uk.pdf
10. National Research Council. *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC : The National Academies Press, 2012. 384 p. <https://doi.org/10.17226/13165>
11. Prinsley R., Baranyai K. *STEM skills in the workforce: What do employers want?* Canberra : Office of the Chief Scientist, 2015. URL: https://www.chiefscientist.gov.au/wp-content/uploads/OPS09_02Mar2015_Web.pdf
12. English L.D. STEM education K-12: perspectives on integration. *IJ STEM Ed*, 2016. Vol. 3, Article number 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
13. STEM: Country Comparisons. International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education / *Marginson S. et al. Canberra* : ACOLA, 2013. URL: <https://acola.org.au/wp/project-2/>
14. Taylor P. Why is a STEAM curriculum perspectives crucial to the 21st century? *ACER Research Conference. Camberwell*, 2016. Pp. 89–93. URL: https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1299&context=research_conference

15. Tytler R. STEM Education for the Twenty-First Century. STEM Education for the 21st Century. *Springer, Cham*, 2020. Pp. 21–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
16. Tytler R., Swanson D. M., Appelbaum P. Subject matters of science, technology, engineering, and mathematics. *The Sage Guide to Curriculum in Education*. Thousand Oaks, CA : Sage, 2015. Ch. 4. P. 27–35.

| Матеріал надійшов до редакції: 22.02.2026 р. | Прийнято до друку: 29.03.2026 р. | Опубліковано: 30.04.2026 р. |



This work is licensed under a Creative Commons License Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).