



УДК 37.091.33:004(477)

DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-1\(220\)-5-11](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-1(220)-5-11)



РОСТОКА МАРИНА ЛЬВІВНА,

кандидатка педагогічних наук, старша дослідниця, завідувачка відділу наукового інформаційно-аналітичного супроводу освіти, Державна науково-педагогічна бібліотека України імені В. О. Сухомлинського НАПН України, м. Київ, Україна

Marina Rostoka,

Ph.D (in Education), Senior Researcher, Head of the Department of Scientific Information and Analytical Support of Education, V. Sukhomlynskyi State Scientific and Educational Library of Ukraine NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E-mail: marilvross@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1891-5482>



КРАВЧЕНКО ЮЛІЯ АНАТОЛІЇВНА,

наукова співробітниця відділу наукового інформаційно-аналітичного супроводу освіти, Державна науково-педагогічна бібліотека України імені В. О. Сухомлинського НАПН України, м. Київ, Україна

Julia Kravchenko,

Researcher of the Department of Scientific Information and Analytical Support of Education, V. Sukhomlynskyi State Scientific and Educational Library of Ukraine NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E-mail: krav.ju.a@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-6147-4599>

STEM-КОНЦЕПТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ: АНАЛІТИЧНЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ

A Стаття має аналітико-узагальнювальний характер, метою якої є дослідження розвитку STEM і самореалізації особистості в контексті формування майбутніх поколінь людства, бажання та здатності здобувати освіту та навчатися впродовж життя. Визначено значущість STEM-напрямку в освітньому процесі та ефективність цифрових технологій для його реалізації. Представлено огляд інформаційно-аналітичного масиву щодо дослідження STEM-концептів цифрової трансформації освіти, що охоплює її науковий, технологічний, інженерний і математичний складники. Частково викладено проміжні результати наукового дослідження «Інформаційно-аналітичне забезпечення освіти і педагогіки: вітчизняний та зарубіжний досвід» (2023–2025), яке здійснює відділ наукового інформаційного-аналітичного супроводу освіти Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В. О. Сухомлинського.

Ключові слова: цифрова трансформація; цифровий компас; трансдисциплінарний підхід; STEM-концепти; STEM-освіта

STEM-CONCEPTS IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION: AN ANALYTICAL GENERALISATION

S The article is of an analytical and generalizing nature, with the aim of studying the development of STEM and the self-realisation of the individual in the context of shaping future generations of humanity, as well as the desire and ability to receive education and lifelong learning. The significance of the STEM direction in the educational process and the effectiveness of digital technologies for its implementation are determined. The scientific achievements of scientists and practitioners on the issues of STEM education in the context of digital transformation of the educational space are analysed. An analytical review of the current scientific achievements of researchers in the field of STEM is conducted, encompassing the role of digital technologies in the implementation of STEM, and the use of digital tools that are effective in supporting a STEM-oriented educational environment. It is acknowledged that the utilization of digital technologies within the STEM context, particularly in the context of digital transformation of the educational space, necessitates systematic information and analytical support and is a matter of urgency, actively researched and developed in the scientific environment. It is emphasized that scientists are studying the issues of STEM-efficiency of STEM-management, STEM-tools, etc., i.e., they reveal the STEM-methodology of educational and research processes (use of digital tools for organising work and cooperation in distance learning), and study the main criteria for STEM-evaluation of digital technologies, etc. The main advantages of using digital technologies are highlighted and the classification of digital tools, which are important components of the successful implementation of the STEM approach, is carried out. In particular, digital STEM tools are systematised by purpose: for the

implementation of the scientific component, application of technology and engineering, creation of didactic materials, dissemination of information, evaluation of learning activities, and improvement of the implementation of Stem projects. It is emphasized that the use of digital tools is a key factor in the implementation of STEM education in the new conditions. It is emphasized that the integration of digital technologies fosters enhanced, engaging and multifaceted learning experiences, thereby generating novel opportunities for students, enhancing their motivation and cognitive engagement, and stimulating their creativity. This, in turn, enables them to develop their own independent projects.

The document partially describes the interim results of the generalizing stage of the applied research 'Information and Analytical Support of Education and Pedagogy: Domestic and Foreign Experience' (2023–2025), carried out by the Department of Scientific Information and Analytical Support of Education of the V. Sukhomlynskyi State Scientific and Educational Library of Ukraine. The article provides a synopsis of the information and analytical array on the study of STEM-concepts of digital transformation in education, encompassing its scientific, technological, engineering and mathematical components.

Keywords: Digital Transformation; Digital Compass; Transdisciplinary Approach; STEM-concepts; STEM-education

Актуальність проблеми. У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрової трансформації освітнього процесу все більшого значення набуває STEM-освіта. Саме STEM-підхід стає ключовою методологією підготовки молоді до викликів цифрового світу, сприяючи формуванню наукового світогляду, інноваційного (трансдисциплінарного) мислення та набуттю технологічних компетенцій і вмій математичного обґрунтування і прорахунку інженерних процесів тощо. Швидке оновлення та поява новітніх технологій потребує професіоналів у будь-якій сфері, а ринок праці вимагає підготовку фахівців нової якості, які вміють швидко орієнтуватися в сучасному інформаційному просторі, володіють комплексом компетентностей і навичок відповідно до вимог XXI століття.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій дає змогу стверджувати, що проблематика STEM-освіти, а використання цифрових технологій для її реалізації зокрема, в освітньо-дослідницькій практиці є актуальною. Теоретичні засади STEM-освіти досліджують такі українські науковці, як-от: С. Доценко (STEM-концепт у початковій та базовій школі) [4], Л. Гриневич, Н. Морзе, В. Вембер і М. Бойко (розвиток екосистем STEM-освіти засобами цифровізації) [13], О. Топузов, Л. Калініна і В. Рогоза (реалізація STEM-освіти й модернізація українського шкільного куррикулуму у ракурсі досягнення цілей PISA) [18], М. Швардак (цифрові технології в STEM-освіті) [19] та ін. Також STEM-аспекти цифровізації освіти знайшли своє відображення й у публікаціях зарубіжних дослідників таких, як-от: Р. Байбі, Дж. Браун, К. Гайот, М. Гаррісон, І. Декойто, М. Джон, А. Кім, Д. Лендгон, Ю. Карретеро, Дж. Конфрі, А. Ніколас, Ю. Пуні, Дж. Уолтер, Ф. Хеес, Д. Шаффер та ін.

Проте інформаційно-аналітичному супроводу STEM-освіти та аналітичному узагальненню STEM-концептів цифрової трансформації освіти приділено недостатню увагу дослідниками цієї проблематики.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Не зважаючи на ґрунтовні дослідження у галузі STEM, активний розвиток відповідних технологій і вже існуючий досвід вітчизняних і зарубіжних дослідників, поза увагою залишаються важливі кластери з упровадження і досліджень STEM. Недостатньо досліджено науково-методологічні засади інформаційно-аналітичного супроводу STEM-освіти та аспекти аналітичного узагальнення STEM-концептів цифрової трансформації освіти. Отже, нині потребує уточнення багато питань, що пов'язано

з аналітичним узагальненням Stem-концептів і розвитком освітнього STEM-напряму, зокрема – STEM-управління знаннями [22] – узгодженість поняттєвого апарату, STEM-моніторинг, STEM-психологія управління тощо.

Метою статті є аналітичне узагальнення та упровадження проміжних результатів прикладного наукового дослідження «Інформаційно-аналітичний супровід цифрової трансформації освіти і педагогіки: вітчизняний і зарубіжний досвід», що спрямовані на вивчення наукового доробку дослідників STEM-концептів цифрової трансформації освіти та використання цифрових технологій у STEM-орієнтованому освітньому середовищі.

Викладення основного матеріалу. У 2020 році уряд України ухвалив Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на 2020–2027 роки в Україні, яку спрямовано на широкомасштабне впровадження на всіх складниках і рівнях освіти, встановлення партнерства із працедавцями і науковими установами та їхнє залучення до розвитку природничо-математичної освіти STEM. Адже саме STEM обґрунтовано розвиває здібності до аналітичної, дослідницької роботи, експериментування та критичного мислення, вміння застосовувати науково-технічні знання у реальному житті, активізує розвиток креативності та інноваційного потенціалу здобувачів освіти [10]. Зазначимо, що нині STEM-підхід упроваджується майже на кожному рівні освіти – дошкільної, початкової, загальної середньої, професійної (професійно-технічної), вищої.

STEM-концепт у початковій та базовій школі розкрито С. Доценко, а також проаналізовано наукові підходи у цьому ключі, представлено результати дослідження освітніх практик щодо розроблення та викладання STEM-предметів, наведено приклади реалізації STEM-освіти у науково-педагогічному проєкті «Інтелект України» через навчальні дисципліни «Еврика», «Я пізнаю світ» та «Математика». Автором зазначено, що «майбутнє економічного зростання багато в чому залежить від наявності кваліфікованих STEM-спеціалістів, початок формування яких має бути покладено на рівні початкової школи, а потім у базовій і профільній школі через активне впровадження STEM-освіти» [4].

Дослідниками Інституту педагогіки НАПН України акцентовано увагу на потребах у розробленні науково-методичного і навчального забезпечення STEM-освіти, зокрема інтеграції відповідного змісту у підручники і посібники з предметів природничо-математичного циклу. Автори спираються на результати проведеного ними

дослідження серед учителів «Українські підручники з предметів природничо-наукового циклу і математики в ракурсі цілей PISA», у якому проаналізовано зміст й апарат сучасного підручника на предмет кореляції з завданнями та досягненням цілей PISA [18]. Актуалізація наукових досліджень у векторі STEM-підручникотворення має стати реальним напрямом дослідницької освітньо-наукової практики.

Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 н. р., які підготовлено Державною установою «Інститут модернізації змісту освіти» спрямовано на реалізацію STEM-концепту підвищення якості освіти, її інтеграції до європейського освітнього простору; оновлення її змісту з урахуванням досягнень науки, розвитку технологій та орієнтації на попит ринку праці, а також на формування і розвиток STEM-компетентностей у молоді на всіх складниках та рівнях освіти». Підкреслено, що STEM-освіта забезпечує підготовку молоді до майбутньої кар'єри [5]. Тому активізація напрямку досліджень побудови STEM-кар'єри, що вже є з десяток років предметом обговорень закордонних дослідників, забезпечуватиме реалізацію зазначеного STEM-концепту.

Дослідниками Київського столичного університету імені Бориса Грінченка звернено увагу на необхідність розвитку екосистеми STEM-освіти в умовах неперервної зміни ринку праці, ризиків четвертої світової промислової революції, визначення її впливу на освітній процес у реаліях сьогодення. Авторами розкрито особливості методу навчальних проєктів як одного із ефективних у системі наукової освіти, а також виділено групи цифрових інструментів, які сприяють розбудові екосистеми та уможливають підвищення рівня якості освітнього процесу [13].

На нашу думку, вагомий внесок у реалізації відкритих екосистем STEM-освіти займають адаптивні цифрові середовища та цифрові інструменти.

Зазначимо, що у 2018 році схвалено Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки, де затверджено план заходів з її реалізації. Концепція анонсувала основні напрями цифровізації освіти, якими є створення освітніх ресурсів і цифрових платформ із підтримкою інтерактивного та мультимедійного контенту для загального доступу закладів освіти та здобувачів освіти, зокрема інструментів автоматизації головних процесів роботи закладів освіти; розроблення та впровадження інноваційних комп'ютерних, мультимедійних і комп'ютерно орієнтованих засобів навчання та обладнання для створення цифрового навчального середовища (мультимедійні класи, науково-дослідних STEM-центрів лабораторії, інклюзивні класи, класи змішаного навчання); організація широкомасштабованого доступу до Інтернету здобувачів освіти у навчальних класах та аудиторіях в закладах освіти всіх рівнів; розвиток дистанційної форми освіти з використанням когнітивних і мультимедійних технологій [9]. У 2020 році затверджено Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні до 2030 року, метою якої є визначення пріоритетних

напрямів і основних завдань розвитку технологій штучного інтелекту для задоволення прав і законних інтересів фізичних та юридичних осіб, побудови конкурентоспроможної національної економіки, вдосконалення системи публічного управління [11]. У 2021 році Кабінет Міністрів України схвалює Концепцію розвитку цифрових компетентностей на період до 2025 року, основною метою якої є визначення пріоритетних напрямів і основних завдань із питань розвитку цифрових навичок і цифрових компетентностей, підвищення рівня цифрової грамотності населення, зокрема працездатних осіб, громадян похилого віку, малозабезпечених сімей, осіб з інвалідністю, інших вразливих груп населення, в умовах розвитку цифрової економіки та цифрового суспільства [12]. Зазначимо, що Національною економічною стратегією на період до 2030 року визначено одним із бар'єрів досягнення цілі «Трансформація сфер життя в ефективні, сучасні та комфортні» напрямку «Цифрова економіка» – відсутність комплексних підходів до здійснення цифрових трансформацій, а також питанням освіти і науки відведено ключові, наскрізні позиції економічного розвитку, зокрема у напрямі «Інформаційно-комунікаційні технології» в частині запровадження ІТ-освіти та STEM-освіти [6].

Отже, підтримка розбудови цифрового освітнього простору на рівні держави спрямовує освітянську спільноту до реалізації завдань, представлених у зазначених документах, зокрема й розвитку STEM-освіти.

Тим самим, у низці наукових розвідок учені акцентують увагу на перевагах застосування цифрових технологій у STEM-освіті. Так, з М. Швардак однією з основних переваг цифрових технологій визначає здатність зробити STEM-освіту доступнішою та цікавішою для її здобувачів [19]. Науковці Л. Гриневич, Н. Морзе, В. Вембер і М. Бойко зауважують, що правильно підібрані цифрові інструменти для підтримки освітньої екосистеми дозволяють зробити процес STEM-навчання максимально вмотивованим і ефективним, у той час як неухвага до них призводить до одноманітності, незацікавленості та витрати зайвих ресурсів (сил, енергії та часу) усіх учасників освітнього процесу [13].

Дослідниця Н. Сороко окреслює критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEM-орієнтованого освітнього середовища та наводить класифікацію і приклади цифрових інструментів, що підтримують STEM-орієнтоване освітнє середовище, включаючи системи для керування навчанням, інструменти для забезпечення колективної роботи, інструменти для оцінювання навчальної діяльності здобувачів освіти, інструменти для поширення інформації, а також інструменти для створення педагогом дидактичного матеріалу та для дослідницької діяльності здобувачів у STEM-проєктах. Основними критеріями оцінювання цифрових технологій, на думку вченої, є інтерактивність, інтеграція, доступність, підтримка взаємодії, адаптивність, безпека та конфіденційність, функціональність, вартість і відгуки користувачів. Авторка зазначає, що цифрові технології значно вдосконалюють ведення STEM-проєктів (віртуальна та доповнена реальності, що є наразі дуже актуальними в освіті). Для того, щоб продемонструвати

унікальні можливості цих технологій занурення в управління проєктами та необхідність їхнього використання педагогами, автор детально розглядає функції AR і VR та зазначає на таких особливостях організації освітніх проєктів STEM із використанням імерсивних технологій, як-от: розширення поля творчості за допомогою AR та VR, занурення в наукові концепції та проведення експериментів через віртуальні лабораторії, візуалізація абстрактних концепцій через AR, командна робота в імерсивних середовищах тощо [16; 17].

Утім А. Гаращенко і О. Пшенична виділяють групи онлайн-інструментів, які окреслюються сукупністю STEM-концептів таких, як-от: технології (Technologies) та інженерія (Engineering): моделювання та робототехніка; природничі науки (Science): віртуальні лабораторії та симулятори; вивченням математики (Math): системи динамічної математики, доступ до яких здійснюється онлайн. На їхню думку, ключовим інструментом для організації роботи та співпраці в умовах дистанційного навчання є інструменти управління проєктами, які уможливають структурування завдань, встановлення «дедлайнів», відстеження процесу та забезпечення прозорості у роботі, що сприяє обміну ідеями [3].

Дослідники виділяють групи цифрових інструментів, які необхідні для розвитку екосистеми та підвищення ефективності освітнього процесу, зробити STEM-навчання цікавим і продуктивним. Вони акцентують, що за результатами проведеного опитування педагогів найбільшу зацікавленість при проведенні STEM-уроків освітяни виявляють до використання віртуальної, змішаної та доповненої реальності, віртуальних лабораторій, 3D-принтерів, робототехнічних наборів і засобів для моделювання об'єктів і процесів і створення анімації. Вказано на переваги віртуальних лабораторій, які використовують технологію онлайн-моделювання явищ і процесів. Саме віртуальні лабораторії є сучасними інструментами для проведення навчального експерименту, що є важливим складником наукової освіти [13].

Автори методичного посібника «Цифрові інструменти для впровадження STEM-освіти» розкривають можливості використання комп'ютерного моделювання для дослідницької діяльності здобувачів освіти з використанням різних цифрових гаджетів, розглянуто платформи, цифрові ресурси та мобільні застосунки для досліджень на уроках природничо-математичного циклу, ідеї використання цифрових інструментів для реалізації діяльнісно-компетентісного підходу у STEM-навчанні [20].

У низці наукових праць дослідниками акцентовано на актуальності використання в STEM-освіті різноманітних віртуальних лабораторій і симуляторів, які можуть зробити навчання інтерактивнішим, наблизити теоретичні знання до реального життя та підвищити мотивацію здобувачів до навчання. Дослідниками О. Оленюк, М. Семенишена і В. Дуганець зауважено на застосуванні віртуальних симуляторів у STEM-освіті та визнано, що віртуальні симулятори як складники віртуальних лабораторій є ефективним засобом інноваційного навчання. Це дозволяє забезпечити наочність, інтерактивність та індивідуалізацію

освітнього процесу, а також формування практичних умінь і навичок здобувачів освіти у безпечному середовищі. Вони наголошують, що їх використання в освітньому процесі створює сприятливі умови для поглибленого вивчення STEM-дисциплін. Проте зауважено, що постає необхідність уважного підбору оптимальних форм, методів і засобів STEM-навчання та створення необхідного навчально-методичного супроводу [7].

До того ж, на нашу думку, нині відбувається стрибок розвитку інтелектуальних технологій, зокрема – штучного інтелекту в STEM-освіті, що уможливорює адаптацію навчальних програм до стилів викладання та темпів навчання кожного здобувача освіти. Підкреслимо, що саме у STEM-освіті низка цифрових інструментів має у підґрунті технологію штучного інтелекту. Важливо те, що завдяки штучному інтелекту індивідуалізується процес STEM-навчання та забезпечуються адаптивні умови для кожного здобувача освіти.

Відтак дослідники виділяють кілька ключових можливостей штучного інтелекту в контексті STEM-освіти. Ними зазначено, що адаптивні освітні платформи у змозі аналізувати успішність кожного із здобувачів освіти та отримувати дані про їхню успішність, а штучний інтелект надає рекомендації щодо використання додаткових ресурсів і вправ, долучення інтелектуальних репетиторів і помічників (чат-ботів), які пропонують відповіді на питання здобувачів освіти та пояснюють частину навчального матеріалу, є вже певною нормою взаємообміну інформацією «людина-машина-людина». Тобто штучний інтелект орієнтовано на забезпечення миттєвого зворотного зв'язку. Крім того, імерсивні навчальні середовища, які створено з використанням віртуальної (VR), доповненої (AR) або змішаної реальності (MR), забезпечують для здобувачів освіти високий рівень занурення у навчальний матеріал та використання у цьому сенсі спеціальних інструментів і ресурсів для здобувачів освіти з особливими потребами, роблячи ці середовища інклюзивним простором для здобуття освіти для них [8]. Отже, враховуючи STEM-концепти цифрової трансформації освіти та проводячи аналітичне узагальнення є сенс у представленні певної бази цифрових інструментів, які вважаємо за доцільне використовувати в освітній STEM-практиці, а саме такі STEM-концепти: науковий: PhET (Physics Education Technology), Go-Lab, SimPop, Virtual Urchin та ін.); технологічний та інжиніринговий (дидактичний, інформаційний): VEXcode VR, SketchUp, Tinkercad, Scratch; Dropbox, RTutor, CoSpaces Edu, Google Drive, Blippar, MetaverseStudio; YouTube, SoundCloud, Google Docs; математичний (діагностичний, статистичний, кваліметричний): Google Forms, Kahoot!, Edmodo, Socrative, Flipgrid; Quizizz, Mentimeter та ін.; футурореалістичний (проєктний – інструменти управління проєктами): Miro, Microsoft Teams, Google Workspace, Slack, Infinite Canvas, Padlet тощо.

Відповідно до цього, засобами контент-аналізу з'ясовано, що STEM-концепти цифрової трансформації освіти знаходяться у площині активного використання цифрових технологій у реалізації STEM-освіти, а саме відображають такі вектори освітньої діяльності: гнучке,

інтерактивне, персоналізоване навчання; підвищення мотивації та пізнавальної активності здобувачів освіти; креативність, колаборація, набуття практичних компетенцій у віртуальному середовищі. Використання різних цифрових інструментів і програм стимулює творчість здобувачів освіти та допомагає їм розвивати власні проекти. Адже формування STEM-компетентності (трансдисциплінарної компетентності) сприятиме для здобувачів освіти побудові в майбутньому кар'єри в науці, технологіях, інженерії та математиці.

Також зазначимо, що STEM-викладання навчальних предметів базується на трансдисциплінарному знанні конструкту чотирьох рівнозначних складників – науки, інженерії, технології та математики, об'єднаних в єдину парадигму пізнання і навчання, а також спрямовується на формування інтелектуального потенціалу особистості кожного здобувача освіти, а STEM-підхід у контексті формування інтелектуального потенціалу будь-якої країни є одним із пріоритетних напрямів у галузі впровадження техніко-технологічних проєктів. Він має широкий інформаційний спектр у векторі професійного становлення та інтелектуального розвитку особистості кожного здобувача освіти та відкриває для майбутніх фахівців доступ до вивчення та використання сучасних технологій IT-індустрії, а також передбачає створення мотиваційного поля для підвищення активності суб'єктів освітнього процесу в налагодженні навчальних, а в майбутньому – професійних комунікацій, сприяє впливу на усвідомлення учасниками STEM-комунікації потреби у самоосвіті, самовдосконаленні, спрямовує їхню свідомість на саморозвиток і самореалізацію як у професійному соціумі, так і в повсякденній життєдіяльності; забезпечує сталий розвиток критичного мислення, сприяє мобільності та формує проєктне бачення дійсності. Змішана парадигма STEM-навчання уможливує для здобувачів освіти засвоєння не тільки важливих теоретико-практичних аспекти майбутньої професійної діяльності, а й озброює їх саме методикою пошуку та застосування наукового знання в повсякденному житті людини [14, с. 64–65].

Прикладні результати дослідження. Дослідниками відділу наукового інформаційно-аналітичного супроводу освіти Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В. О. Сухомлинського у контексті виконання дослідницької діяльності, зокрема на виконання завдань прикладного наукового дослідження «Інформаційно-аналітичний супровід цифрової трансформації освіти: вітчизняний і зарубіжний досвід» (науковий керівник М. Ростока) здійснено аналітичні розвідки, а також – добір, оброблення, систематизацію та узагальнення джерельного масиву та отримано проміжні результати, зокрема й на реалізацію Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на 2020–2027 роки в Україні, а саме упроваджено у практику освіти у 2024 році зазначені нижче наукові здобутки:

Аналітичний огляд «STEM-акценти цифрової трансформації освіти», який спрямовано на інформаційно-аналітичний супровід упровадження трансдисциплінарного підходу (STEM-методології) в науку і практику освіти та визначено основні напрями розвитку STEM-досліджень, наголошено,

що трансдисциплінарність забезпечує конвергенцію науки, цифрових технологій та математичних обчислень, що є найефективнішим у підготовці STEM-фахівців – це є один із трендів освіти 4.0 і освіти 5.0 [1, с. 17–55].

Електронний ресурс у форматі аналітичного огляду «Цифрові тренди STEM-освіти в системі професійної педагогіки (аналітичний огляд)» підготовлено з метою ознайомлення з онлайн-матеріалами, в яких розкрито сутність поняття STEM-підходу, визначено основні напрями розвитку STEM-освіти в Україні й принципи, якими керується освітня методика та її переваги [21].

Наукова публікація «Цифровий компас науковця: пошук істини у віртуальних екосистемах», яку присвячено аналізу ролі цифрових інструментів і платформ у сучасній науковій діяльності, а особливу увагу звернуто на використання віртуальних екосистем для розроблення, перевірки та популяризації наукових ідей, а також на необхідності збереження балансу між технологічними інноваціями та традиційними науковими методами у пошуку істини [2].

Наукова публікація «Феномен штучного інтелекту в системі інформаційно-аналітичного супроводу цифрової трансформації освіти і педагогіки», у якій зазначено, що дослідження можливостей використання інструментів штучного інтелекту як в освітньому середовищі, так й у дослідницькому просторі інформаційно-аналітичного супроводу цифрової трансформації освіти й педагогіки є актуальним і своєчасним аспектом розвитку освітньо-наукового простору [15].

Висновки та перспективи подальших розвідок. Отже, для ефективної реалізації STEM-концептів використання цифрового інструментарію є необхідною умовою. Якість упровадження STEM-освіти багато в чому залежить від компетентності та рівня професійної діяльності освітан, наскільки вони активно використовують новітні педагогічні підходи до викладання й оцінювання, інноваційні практики трансдисциплінарного навчання, а також яким рівнем цифрової грамотності вони володіють. Цифрові технології є важливим елементом STEM-освіти, сприяючи ефективнішому, цікавому та різноманітному викладанню та навчанню. Враховуючи, що цифрові технології постійно розвиваються, актуальним завданням для подальших досліджень є врахування подальшої цифрової еволюції та її впливу на можливість застосування в освіті STEM-концептів. Адже цифрові технології радикально трансформують освітній простір, відкриваючи нові можливості для педагогів і здобувачів освіти.

Отже, проведене аналітичне узагальнення та упровадження проміжних результатів прикладного наукового дослідження «Інформаційно-аналітичний супровід цифрової трансформації освіти і педагогіки: вітчизняний і зарубіжний досвід» щодо наукового доробку дослідників STEM-концептів цифрової трансформації освіти та використання цифрових технологій у STEM-орієнтованому освітньому середовищі не вичерпує повністю всіх завдань та є об'єктивним рухом до актуалізації багатьох напрямів наукових досліджень у цьому ключі.

Список використаних джерел

1. Аналітичний вісник у сфері освіти й науки : довід. бюл. / наук. ред. М. Л. Росток; НАПН України, ДНПБ України ім. В. О. Сухомлинського. Вінниця: ТВОРИ, 2024. Вип. 20. 111 с. <https://doi.org/10.33407/lib.NAES.id/eprint/743046>.
2. Бондаренко Т., Росток М. Цифровий компас науковця: пошук істини у віртуальних екосистемах. *Адаптивне управління: теорія і практика. Педагогіка*. 2024. Вип. 18(35). [https://doi.org/10.33296/2707-0255-18\(35\)-20](https://doi.org/10.33296/2707-0255-18(35)-20).
3. Гарашченко А., Пшенична О. Цифрові інструменти дистанційної STEM-освіти. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 8 (36). С. 1118–1129. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8\(36\)-1118-1129](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8(36)-1118-1129).
4. Доценко С. STEM-освіта: науковий дискурс та освітні практики. *Рідна школа*. 2021. Вип. 3. С. 31–35. URL: <http://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/6564> (дата звернення: 03.01.2025).
5. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 навчальному році : лист ІМЗО від 12 серп. 2024 р. № 21/08-1242.
6. Національна економічна стратегія на період до 2030 року : постанова Кабінету Міністрів України від 03 берез. 2021 р. № 179. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.01.2025).
7. Оленюк О., Семенишена Р., Дуганець В. Ефективність використання віртуальних симуляторів у STEM-освіті. *Сучасна освіта України: проблеми, досвід, перспективи* : монографія / за заг. ред. В. В. Іванишин. Латвія : Baltija Publishing, 2024. С. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-422-1-12>.
8. Постова С. А., Мисюк О. Ю., Черняк Ю. Г. STEM-освіта як ключ до розвитку лідерів майбутнього: формування ключових навичок. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 11(39). С. 1486–1498. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-11\(39\)-1486-1498](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-11(39)-1486-1498).
9. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 січ. 2018 р. № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 03.01.2025).
10. Про схвалення Концепції 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> (дата звернення: 03.01.2025).
11. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні : розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 груд. 2020 р. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 03.01.2025).
12. Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації на період до 2025 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 берез. 2021 р. № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 03.01.2025).
13. Роль цифрових технологій у розвитку екосистеми STEM-освіти / Л. М. Гриневич, Н. В. Морзе, В. П. Вембер, М. А. Бойко. *Інформаційні технології та засоби навчання*. 2021. № 83 (3). DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.4461>.
14. Росток М. STEM-підхід у контексті формування інтелектуального потенціалу України. *Наукові записки Малої академії наук України. Педагогічні науки*. 2017. Вип. 10. С. 60–67. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001120604>.
15. Росток М., Кравченко Ю. Феномен штучного інтелекту в системі інформаційно аналітичного супроводу цифрової трансформації освіти і педагогіки. *Науково-педагогічні студії*. 2024. Вип. 8. С. 283–300. <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-283-300>.
16. Сороко Н. Критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки Steam-орієнтованого освітнього середовища. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2024. № 12 (8). С. 73–82. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i8-010>.
17. Сороко Н. Навчальні проекти STEAM з використанням цифрових технологій: готовність вчителів. *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ* : монографія / Ін-т цифровізації освіти НАПН України; [кол. авторів; ред. О. М. Спірін, О. П. Пінчук]. Київ, 2024. С. 121–133. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744025/> (дата звернення: 03.01.2025).
18. Топузов О., Калініна Л., Рогоза В. Реалізація STEM-освіти й модернізація українського шкільного куррикулуму, як чинники покращання природничо-наукової грамотності учнів у ракурсі досягнення цілей PISA. *Проблеми сучасного підручника*. 2024. Вип. 31. С. 241–257. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2023-31-241-257>.
19. Швардак М. В. STEM-освіта засобами цифрових технологій. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2023. Т. 1, вип. 92. С. 160–164. <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2023.92.1.33>.
20. Цифрові інструменти для впровадження STEM-освіти : метод. посіб. / О. І. Когут, Л. Є. Кривокульський, Н. М. Німко. Тернопіль: ТАЙП, 2023. 101 с. URL: <https://ekolabnauka.wordpress.com/2024/01/22/цифрові-інструменти-для-впровадження/> (дата звернення: 03.01.2025).
21. Цифрові тренди STEM-освіти у системі професійної педагогіки (аналітичний огляд) / уклад. Ю. А. Кравченко, Т. В. Симоненко. *Освіта і наука в умовах війни (онлайн-проект). Віртуальний читальний зал освітянина ДНПБ України ім. В. О. Сухомлинського* [офіц. сайт]. Київ, 2024. 14 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742945/> (дата звернення: 03.01.2025).
22. Rostok M. L., Cherevychnyi G. S. Transdisciplinary Paradigm the STEM-Management the a Knowledge in the Context of the Adaptive Approach. *World Science*. 2018. Vol. 10(38), P. 4–9. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31102018/6180.

References

1. Rostok, M. L. (Ed.). (2024). *Analitychnyi visnyk u sferi osvity y nauky [Analytical bulletin in the field of education and science]: dovid. biul. NAPN Ukrainy, DNPB Ukrainy im. V. O. Sukhomlynskoho* (Is. 20). Vinnytsia: TVORY. <https://doi.org/10.33407/lib.NAES.id/eprint/743046> [in Ukrainian].
2. Bondarenko, T., & Rostok, M. (2024). Tsyfrovyyi kompas naukovtsia: poshuk istyny u virtualnykh ekosystemakh [The Scientist's Digital Compass: Finding Truth in Virtual Ecosystems]. *Adaptyvne upravlinnia: teoriia i praktyka. Pedagogika [Adaptive management: theory and practice. Pedagogy]*, 18 (35). [https://doi.org/10.33296/2707-0255-18\(35\)-20](https://doi.org/10.33296/2707-0255-18(35)-20) [in Ukrainian].
3. Harashchenko, A., & Pshenychna, O. (2024). Tsyfrovyyi instrumenty dystantsiinoi STEM-osvity [Digital tools of distance STEM-education]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii [Scientific innovations and advanced technologies]*, 8 (36). [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8\(36\)-1118-1129](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8(36)-1118-1129) [in Ukrainian].
4. Dotsenko, S. (2021). STEM-osvita: naukovyyi dyskurs ta osvitni praktyky [STEM education: scientific discourse and educational practices]. *Ridna shchkola [Native school]*, 3, 31-35. Retrieved from <http://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/6564> [in Ukrainian].
5. *Metodychni rekomendatsii shchodo rozvytku STEM-osvity v zakladakh zahalnoi serednoi ta pozashkilnoi osvity u 2024/2025 navchalnomu rotsi [Methodological recommendations for the development of STEM education in institutions of general secondary and extracurricular education in the 2024/2025 academic year]: lyst IMZO vid 12 serp. 2024 r. № 21/08-1242* [in Ukrainian].
6. *Natsionalna ekonomichna stratehiia na period do 2030 roku [National economic strategy for the period until 2030]: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 03 berez. 2021 r. № 179*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
7. Oleniuk, O., Semenyshena, R., & Duhanets, V. (2024). Efektyvnist vykorystannia virtualnykh symulatoriv u STEM-osviti [Effectiveness of using virtual simulators in STEM education]. In V. V. Ivanyshyn (Ed.), *Suchasna osvita Ukrainy: problemy, dosvid, perspektivy [Modern education of Ukraine: problems, experience, prospects]: monohrafia* (pp. 115-123). Latvia: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-422-1-12> [in Ukrainian].
8. Postova, S. A., Mysiuk, O. Yu., & Cherniak, Yu. H. (2024). STEM-osvita yak kluch do rozvytku lideriv maibutnoho: formuvannia kluchovykh navychok [STEM-education as the key to developing future leaders: formation of key skills]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii [Scientific innovations and advanced technologies]*, 11 (39), 1486-1498. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-11\(39\)-1486-1498](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-11(39)-1486-1498) [in Ukrainian].
9. *Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovoy ekonomiky ta suspilstva Ukrainy na 2018–2020 roky ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii [On the approval of the Concept for the Development of the Digital Economy*

- and Society of Ukraine for 2018-2020 and the Approval of the Action Plan for its Implementation]: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17 sich. 2018 r. № 67-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
10. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [On the approval of the Concept of the development of science and mathematics education (STEM education)]: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 serp. 2020 r. № 960-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
 11. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [On the approval of the Concept of the development of artificial intelligence in Ukraine]: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 2 hrud. 2020 r. № 1556-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
 12. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovyykh kompetentnosti ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii na period do 2025 roku [On the approval of the Concept of the development of digital competences and the approval of the plan of measures for its implementation for the period until 2025]: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 3 berez. 2021 r. № 167-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
 13. Hrynevych, L. M., Morze, N. V., Vember, V. P., & Boiko, M. A. (2021). Rol tsyfrovyykh tekhnolohii u rozvytku ekosystemy STEM-osvity [The role of digital technologies in the development of the STEM-education ecosystem]. *Informatsiini tekhnolohii ta zasoby navchannia [Information technologies and teaching aids]*, 83 (3). <https://doi.org/10.33407/itl.v83i3.4461> [in Ukrainian].
 14. Rostoka, M. (2017). STEM-pidkhdid u konteksti formuvannia intelektualnoho potentsialu Ukrainy [STEM-approach in the context of formation of intellectual potential of Ukraine]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy. Pedagogichni nauky [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine. Pedagogical sciences]*, 10, 60-67. Retrieved from <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001120604> [in Ukrainian].
 15. Rostoka, M., & Kravchenko, Yu. (2024). Fenomen shtuchnoho intelektu v systemi informatsiino analitychnoho suprovodu tsyfrovoy transformatsii osvity i pedahohiky [The phenomenon of artificial intelligence in the system of information and analytical support for the digital transformation of education and pedagogy]. *Naukovo-pedahohichni studii [Scientific and pedagogical studies]*, 8, 283-300. <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-283-300> [in Ukrainian].
 16. Soroko, N. (2024). Kryterii otsiniuvannia tsyfrovyykh instrumentiv dlia pidtrymy Steam-orientovanoho osvitnoho seredovyshcha [Evaluation criteria for digital tools to support a Steam-oriented educational environment]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka [Education. Innovation. Practice]*, 12 (8), 73-82. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i8-010> [in Ukrainian].
 17. Soroko, N. (2024). Navchalni proieky STEAM z vykorystanniam tsyfrovyykh tekhnolohii: hotovnist vchyteliv [STEAM educational projects using digital technologies: teacher readiness]. In O. M. Spirin, O. P. Pinchuk (Eds.), *Tsyfrova transformatsiia vidkrytykh naukovo-osvitnykh seredovyshch [Digital transformation of open scientific and educational environments]*: monohrafiia (pp. 121-133). In-t tsyfrovizatsii osvity NAPN Ukrainy. Kyiv. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744025/> [in Ukrainian].
 18. Topuzov, O., Kalinina, L., & Rohoza, V. (2024). Realizatsiia STEM-osvity y modernizatsiia ukrainskoho shkilnoho kurrykulumu, yak chynnyky pokrashchannia pryrodnycho-naukovoї hramotnosti uchniv u rakursi dosiahnennia tsilei PISA [The implementation of STEM education and the modernization of the Ukrainian school curriculum as factors for improving the natural and scientific literacy of students in the perspective of achieving the PISA goals]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka [Problems of the modern textbook]*, 31, 241-257. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2023-31-241-257> [in Ukrainian].
 19. Shvardak, M. V. (2023). STEM-osvita zasobamy tsyfrovyykh tekhnolohii [STEM-education by means of digital technologies]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya 5: Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy [Scientific journal of the National Pedagogical University named after M. P. Drahomanova. Series 5: Pedagogical sciences: realities and prospects]*, 1, 92, 160-164. <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2023.92.1.33> [in Ukrainian].
 20. Kohut, O. I., Kryvokulskyi, L. Ye., & Nimko, N. M. (2023). Tsyfrovii instrumenty dlia vprovadzhennia STEM-osvity [Digital tools for implementing STEM education]: metodychnyi posibnyk. Ternopil: TAIP. Retrieved from <https://ekolabnauka.wordpress.com/2024/01/22/цифрові-інструменти-для-впровадження/> [in Ukrainian].
 21. Kravchenko, Yu. A., & Symonenko, T. V. (Comps.). (2024). Tsyfrovii trendy STEM-osvity u systemi profesiinoї pedahohiky (analitychnyi ohliad) [Digital trends of STEM education in the system of professional pedagogy (analytical review)]. In *Osvita i nauka v umovakh viiny (onlain-proiekt). Virtualnyi chytalnyi zal osvitanynna DNPB Ukrainy im. V. O. Sukhomlynskoho [Education and science in the conditions of war (online project). The virtual reading room of the educator of the Ukrainian State Educational Institution named after IN. AT. Sukhomlynskyi]*. Kyiv. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742945/> [in Ukrainian].
 22. Rostoka, M. L., & Cherevychnyi, G. S. (2018). Transdisciplinary Paradigm the STEM-Management the a Knowledge in the Context of the Adaptive Approach. *World Science*, 10 (38), 4-9. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31102018/6180.

Дата надходження до редакції
авторського оригіналу: 15.01.2025