

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ПЕДАГОГІКА ТА ІСТОРІЯ ПЕДАГОГІКИ

СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД

MODERN STRATEGIES FOR THE IMPLEMENTATION OF STEM EDUCATION: INTERNATIONAL EXPERIENCE

В даній публікації проаналізовано міжнародну практику впровадження та розвитку STEM-освіти. Розглянуті у статті національні стратегії носять випереджальний характер, забезпечують досягнення Цілей сталого розвитку.

Виявлено загальні тенденції та проблеми, що стоять на шляху просування освітньої інновації. Узагальнено спільні риси у національних підходах щодо розвитку людського капіталу. Визначено, що головними драйверами впровадження STEM-освіти залишаються технічний прогрес, проблема дефіциту кваліфікованих кадрів у STEM-галузях та державні пріоритети щодо інноваційних секторів економіки.

Автори звертають увагу на мережеві принципи побудови екосистеми STEM-освіти, вирішальну роль співпраці державних та приватних установ та організацій, закладів освіти різних типів та наукових установ. Визначають продуктивні стратегії популяризації STEM, забезпечення наступності STEM-освіти, підвищення рівня наукової освіченості, стимулювання до переходу молоді у STEM-професії. в процесах становлення та розвитку STEM-галузі. Констатують наявність ґрунтовної державної політики щодо впровадження та розвитку STEM-освіти у провідних країнах світу, розширення фінансування STEM-проектів, лабораторій, центрів для школярів та студентів, зацікавлених громадян різних вікових категорій. Ефективне впровадження STEM-освіти на усіх рівнях освіти забезпечується шляхом підготовки та перепідготовки педагогів, залучення STEM-фахівців до навчання та проєктної діяльності молоді.

Проведений аналіз міжнародного досвіду впровадження STEM-освіти дозволяє сформулювати актуальне наукове та методичне бачення сучасного стану розвитку перспективної освітньої інновації для подальшого поліпшення технічної, математичної, інноваційної та бізнес-освіти в Україні.

Автори вважають перспективним продовження досліджень у напрямку осмислення трансформацій STEM-освіти в умовах високої турбулентності. Трансформація державних стратегій з впровадження STEM-освіти та самих національних екосистем зазнає значних зрушень під впливом наслідків пандемії COVID-19 та загострення політичної, економічної та демографічної кризи.

Ключові слова: STEM-освіта, STEM-галузі, STEM-професії, STEM-грамотність, міжнародний досвід, ринок праці, нові технології, інновації.

This publication analyzes the international practice of STEM education implementation and development. The national strategies considered in the article are of an advanced nature and ensure the achievement of The Sustainable Development Goals (SDGs).

The general tendencies and problems which stand in the way of the advancement of educational innovation are revealed.

This study summarizes common features in national approaches to human capital development. It is determined that the main drivers of STEM education remain technical progress, the problem of shortage of qualified personnel in STEM industries, and state priorities for innovative sectors of the economy.

The authors draw attention to the network principles of STEM education ecosystem building, the crucial role of cooperation between public and private institutions and organizations, and various types of educational and research institutions.

Productive Strategies for popularizing STEM, ensuring the continuity of STEM education, raising the level of scientific education, and encouraging young people to transition to the STEM profession in the processes of formation and development of the STEM industry have been identified.

The existence of a sound state policy on the STEM education implementation and development in the leading countries of the world, expanding funding for STEM projects, laboratories, centers for schoolchildren and students, of different ages interested citizens. Effective implementation of STEM education at all levels of education is ensured by training and retraining of teachers, and the involvement of STEM specialists in the training and project activities of young people.

The analysis of international experience in the implementation of STEM education allows forming a relevant scientific and methodological vision of the current state of development of promising educational innovation to further improve technical, mathematical, innovative, and business education in Ukraine.

The authors consider it promising to continue research in the direction of understanding the STEM education transformations in conditions of high turbulence. The transformation of national strategies for the implementation of STEM education and the national ecosystems themselves is undergoing significant changes due to the effects of the COVID-19 pandemic and the escalation of the political, economic, and demographic crisis.

Key words: STEM-education, STEM-industries, STEM-professions, STEM-literacy, international experience, labor market, new technologies, innovations.

УДК 378, 378.018(477) (062.532)
DOI <https://doi.org/10.32843/2663-6085/2022/47.1>

Довгаль С.А.,

канд. філос. наук, доцент,
доцент кафедри управління
інформаційно-освітніми проєктами
Комунального закладу вищої освіти
«Дніпровська академія неперервної
освіти»

Бутурліна О.В.,

канд. філос. наук, доцент,
завідувач кафедри управління
інформаційно-освітніми проєктами
Комунального закладу вищої освіти
«Дніпровська академія неперервної
освіти»

Постановка проблеми. Освіта та дослідження в галузі STEM відіграють важливу роль для інноваційного розвитку національної економіки та підвищення конкурентоздатності. Відбувається глобальний оберт до впровадження STEM-освіти, що відображається в освітній політиці більшості країн світу через регулювання шкільних програм заради підвищення інтересу учнівської молоді до природничих, математичних наук та програмування, покращення наукової грамотності, розвитку інженерного мислення.

Впровадження STEM в різних країнах світу має багато спільних тенденцій та проблем, що стоять на шляху подальшого розвитку.

Головною метою впровадження STEM-освіти в більшості країн є подолання дефіциту кваліфікованих кадрів, здатних забезпечувати продуктивну високотехнологічну економіку. Ринок праці висуває нові вимоги щодо компетентностей, що формуються під час навчання у закладах освіти. На сучасному етапі національний поступ та конкурентоздатність забезпечують освічені, креативні люди з нестандартним мисленням, здатні оперативно реагувати на мінливі вектори нових технологій. Всесвітній економічний форум протягом останніх років тримає у фокусі проблему забезпечення високотехнологічними кадрами, STEM-фахівцями галузі економіки XXI століття. Серед країн, що відчують значний «кадровий голод» на першому місці знаходилася Японія, де кадрова проблема торкнулася 81% компаній. У топ-3 ввійшли Індія (64%) і Бразилія (63%). В Європі найбільш гостро ситуація виглядає у Греції (42%), Німеччині (40%) та Італії (44%) [1].

Реформування освітньої галузі у відповідь на потреби економіки та зміни ринку праці, гнучкість освітніх стандартів та програм, прогнозування стратегічних завдань освіти на 5-10 років заради національного благополуччя потребують об'єднання зусиль державних структур, місцевого самоврядування, великих корпорацій, бізнес-клас-терів, малого та середнього бізнесу, наукових та освітніх інституцій, громадянського суспільства у спільних діях і проектах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню міжнародного досвіду розвитку та впровадження STEM-освіти присвячено достатньо велика кількість педагогічних досліджень. В українському дискурсі питання розглядалось у працях В. Андрієвської, С. Бабійчук, Л. Білоусова, О. Бутурліної, Н. Вілько, О. Доценко, Н. Куш-нир, О. Кузьменко, О. Кузьмінська, Г. Макунова, Н. Морзе, І. Мороз, Н. Олефіренко, В. Носова. Проведення подібних розвідок є природним на першому етапі розбудови STEM-освіти, який зараз переживає Україна. Виявлення кращих практик та політичних рішень на рівні провідних країн Європи, Північної Америки, Азії є вагомим підґрунтям для

побудови української національної стратегії розвитку високотехнологічної інноваційної освіти.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У дослідженнях, які присвячені темі міжнародних практик впровадження STEM-освіти ми не знаходимо достатньо розроблених нарисів щодо особливостей взаємодії державних та приватних установ, закладів освіти різних типів, що робить перспективним наше дослідження.

Мета статті – виявити загальні тенденції популяризації STEM, забезпечення наступності STEM-освіти, підвищення рівня наукової освіченості, стимулювання до переходу молоді у STEM-професії та проблеми, що стоять на шляху просування STEM-освіти як популярної інновації; узагальнити загальні національні підходи щодо розвитку людського капіталу для полохання дефіциту кадрів у STEM-галузях та інноваційного поступу країн; визначити роль співпраці державних та приватних установ та організацій, закладів освіти різних типів та наукових установ.

Виклад основного матеріалу. Однією з перших країн, яка підняла прапор STEM-освіти стали Сполучені Штати Америки, де у 2004 році були розроблені перші стратегічні програми цього спрямування. У 2009 р. упровадження STEM-освіти відбувається в межах програми “Educate to Innovate”. У центрі уваги мотивація школярів вивчення природничих наук і математики, набуття досвіду у галузях STEM на основі проектної, практичної діяльності. подолання браку вчителів STEM [6].

Національна стратегія США щодо розвитку та впровадження STEM переглядається кожні 5 років. У 2018 році Національна наукова рада наголошує на пріоритетах STEM-компетентностей, інновацій та зайнятості у сферах STEM, звертає увагу, що у часи загострення економічної кризи особливо вразливим є групи населення з низьким рівнем освіти, освіта недостатньо швидко реагує на потреби економіки щодо підготовки фахівців STEM. Федеральна стратегія – 2018 визначає наступні цілі: формування STEM-грамотності через оволодіння обчислювальними, математичними навичками; зростання різноманіття: залучення національних меншин, подолання гендерних стереотипів, досягнення рівного доступу до здобуття STEM-освіти та STEM-професій; освіта протягом життя, підготовка молоді до професійної самореалізації. [11]. Приділяє увагу розвитку і збагаченню партнерства між освітніми закладами й широким колом організацій/установ/підприємств [11].

Серед державних координаторів STEM-освіти Департамент енергетики США, який реалізує програму “STEM-rising” (<https://www.energy.gov/science-innovation/stemrising>) і пропонує скористатися розробками різноманітних проектів для

школярів, студентів коледжів, учителів. Наприклад, "Збереження електричної енергії", "Енергія океану", "Керований атом", де розкриваються фундаментальні принципи науки про енергетику, пропонуються інструкції для проведення досліджень.[14].

Національне управління з авіації та дослідження космічного простору (National Aeronautics and Space Administration, NASA) на своєму сайті також пропонує значну кількість розробок STEM-проектів, що присвячені проблемам космосу, функціонування космічних станцій, тощо; відео-ресурси, ігри, головоломки, фізичні вправи, інструменти для он-лайн дослідження та вимірювання [13].

На рівні штатів розробляються локальні програми. Наприклад, Washington STEM є мережею регіональних партнерських STEM-центрів, що об'єднують викладачів, лідерів бізнесу, фахівців організацій, що сприяють кар'єрному зростанню громадян незалежно від статі, раси, початкового професійного досвіду. Спільнота Apple STEM Network¹ поєднує учнів старшого шкільного віку, студентів закладів вищої освіти та партнерських STEM-осередків центру та півночі штату Вашингтон. Виходячи з економічного потенціалу регіону Apple STEM Network сприяє забезпеченню шляху до кар'єри у сільському господарстві, енергетиці, інформаційних технологіях, освіті та охороні здоров'я. Apple STEM сприяє ранній математичній освіті. Керівництво мережі вважає, що розвиток математичних навичок у дітей від 0 до 8 років вплине на майбутню академічну успішність в цілому і в дисциплінах STEM зокрема [19].

Запровадження Стратегії розвитку STEM-освіти у США знаходиться у полі постійної уваги Уряду. Моніторингові дослідження спрямовані на збір інформації щодо суспільної думки про STEM-освіту, використання цифрових ресурсів, стратегічне партнерство, цифрову грамотність, трансдисциплінарність освітнього процесу, тощо.

Особливістю американських ідей щодо впровадження науково-технічної освіти є надання пріоритетів у сфері креативності та мистецтва. Це закріплюється у акронімі STEAM, який народився у дискусіях щодо залучення мистецтва (Art) до STEM-проектів. Американські дослідницькі установи ("Americans for the Arts", American Association of School Administrators (AASA)) свідчать, що компанії потребують креативних фахівців, які мають мистецькі (art) навички, окрім високої наукової грамотності. Затребуваним є персонал, здатний генерувати ідеї, працювати у команді, ефективно комунікувати. На користь STEAM-освіти говорить те, що творчі здібності є актуальними для широкого сегменту ринку праці, пов'язаного, з креативними індустріями: кінопродакшеном,, телебаченням,

рекламою, сферою комп'ютерних ігор та графіки, архітектурою, дизайном, тощо.

Водночас, світова спільнота останніми роками схиляється до більш широкого розуміння акроніму STEAM, пропонуючи розуміти літеру А, як «all» (everything/everybody), адже жодна галузь економіки у XXI столітті не існує без залучення науки технології, застосування математичного апарату. Проникнення технологій, розумних пристроїв та штучного інтелекту у повсякденність людини, вимагає від фахівців на різних робочих місцях STEM-компетентностей. Одночасно, очевидно, що мистецтво є важливою частиною наукової творчості, інженерного дизайну та технологій, а А (Art) інтегрується у кожен з літер акроніму STEM².

Завершуючи огляд системи управління розвитком STEM-освіти у США, зазначимо, що її основою є взаємодія державних та приватних установ, неперервність (з дошкільного віку до вищої школи, включаючи перепідготовку в сферах STEM дорослого населення). Федеральний уряд відіграє загальну роль у процесах що сприяють зростанню якості освіти, включаючи підтримку та популяризацію останніх інновацій, що можна використати в навчанні та забезпеченні рівного доступу до STEM-освіти.

Огляд політичних підходів щодо впровадження STEM у Канаді, проведений раніше дослідниками, про наявність багатьох спільних зі Сполученими штатами рис. Це і розроблена у 2007 році Canadian Mobilizing Science and Technology to Canada's Advantage стратегія, яка визначила національні цінності Канади: підприємництво, знання та людський капітал; закликає активізувати приватні інвестиції у науку і техніку та талановитих студентів та науковців у STEM. По-друге, це системна увага та перегляд стратегій. У 2017 році оновлено стратегічні документи щодо майбутнього у сфері STEM. Ініціатива "Канада 2067", спрямована на забезпечення неперервності STEM. Канада має амбітну мету стати світовим лідером у впровадженні інновацій.. Останніми роками зростає кількість робочих місць та кар'єрних можливостей на підприємствах та установ Канади, які прагнуть впроваджувати STEM-інновації. Серед канадських ініціатив, спрямованих на збільшення числа STEM-фахівців програми щодо залучення жінок, програма PromoScience (NSERC) з фінансовою підтримкою організаціям, що сприяють STEM-освіті [3]. Подібно до США створюють осередки STEM-освіти на державному та недержавному рівнях: музеї, наукові центри; зоопарки, акваріум, природні парки, які заохочують молодь до проектів з екології. Частиною стратегії є кар'єрний супровід молоді, з метою підтримки наукових відкриттів та винаходів майбутніх вчених, інженерів та винахідників

¹ <https://applestemnetwork.org/about-us/>

² <https://www.stemcoalition.eu/publications/eu-stem-coalition-general-assembly-germany>

в Канаді регулярно проводяться наукові ярмарки та STEM-конкурси. [10]. Національні організації з науки та освіти (Рада природничих наук та інженерних досліджень Канади (Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada – NSERC)) заохочують впровадження ініціатив з підтримки педагогів та сприяють підвищенню їх кваліфікації. Автори звітів щодо канадської системи STEM-освіти відзначають наявні труднощі реалізації національних підходів через відмінності у політиці, фінансуванні, освітніх програм, на рівні окремих провінцій[15]. На сьогодні відсутній порівняльний аналіз досвіду окремих провінцій, який дозволив би поширювати кращі практики.

Австралійська Стратегія розвитку STEM-галузей в інтересах держави 2013 року визначила наступні напрями щодо забезпечення соціальної стабільності та збереження світового лідерства: *освіта* – формальна і неформальна, знання – забезпечення безперервного потоку нових ідей та їх поширення, *інновації* – використання знань для виготовлення якісних товарів та послуг, *вплив* – використання співпраці, мереж та альянсів, щоб країна залишалася серед перших у світі. Серед основних завдань цієї стратегії: вирішення суспільних проблем, надання першочергової уваги відповідним дослідженням та інноваціям; підвищення якості викладання дисциплін, що є основою STEM-виробництва, підвищення обізнаності суспільства у STEM. Прослідковується підтримка зазначеного документу на рівні інших відомств держави. Відповідно у 2015 році прийнято національну стратегію шкільної STEM-освіти (National STEM School Education Strategy) на 2016-2026 роки. Її метою є забезпечення учнів, які закінчують школу, міцними знаннями зі STEM-предметів та пов'язаних із цим навичок, мотивація до вибору STEM-професій. В стратегії визначено шляхи забезпечення якості STEM-освіти: поширення інноваційних технологій впровадження STEM та основні принципи впровадження STEM-освіти. У центрі уваги п'ять ключових напрямків національних дій, де шкільна освіта має найбільшу вагу: збільшення кількості учнів зацікавлених у STEM; підвищення можливостей учителя та якості викладання STEM; підтримка ролі STEM у освітніх системах; сприяння ефективному партнерству закладів освіти, бізнесу та промисловості; створення міцної доказової бази[8]. Для кожного з напрямків розроблено національний план дій, що включає розробку механізмів оцінки результатів, створення державних он-лайн платформ та STEM-осередків, мережева співпраця територіальних центрів тощо. Серед рекомендацій з розвитку STEM в освітньому середовищі розвиток шкільної культури, що забезпечить визнання та цінування STEM-освіти та її доступність.

Велику увагу в Австралії приділяють популяризації STEM-професії шляхом залучення молоді

до творчої та дослідницької діяльності, пробудження інтересу до природничих наук, інженерного дизайну; заохоченню вчителів до розробки новітнього змісту STEM-освіти; опори у складанні та розв'язанні практичних завдань, пов'язаних зі STEM на феномени навколишнього світу; створенню умов для підтримки зв'язків освітніх закладів із випускниками для відстеження їх успіхів у STEM.

Розроблена Національна програма інновацій та науки, яка покликана вирішити завдання Стратегії щодо якості викладання STEM-предметів, професійного розвитку вчителів (National Innovation and Science Agenda – NISA). Завдяки цій програмі формується нова когорта STEM-педагогів та впроваджено ініціативи Embracing the Digital Age, Queensland Coding Academy, та Crack the Code [4].

Цікавою є волонтерська програма «STEM-професіонали в школі» (STEM Professionals in Schools) від ініціативи CSIRO (паніше Scientists and Mathematicians in Schools). Фахівці різних галузей STEM можуть приєднатися до цієї програми і обрати різні варіанти співпраці зі школою та STEM-педагогами. Серед варіантів розробка уроків вчителями разом з професіоналами; наставництво; організація екскурсій на підприємства та установи; запуск STEM-клубів, лекторіїв про кар'єру; музеї наук; підтримка науково-технічних проєктів[4]. Кожні чотири роки незалежний орган (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority – ACARA), який співпрацює з міністерством освіти, розробляє та оновлює навчальні плани для шкіл країни, зокрема навчальні плани для кожного зі STEM-предметів (математика, дизайн та технології, цифрові технології, наука (біологія, хімія, земля та екологія та фізика)) на допомогу вчителям.

Математика, інформатика, природничі та технічні науки – цю групу спеціальностей в **Німеччині** називають словом MINT (англійською "м'ята"). Цей концепт у Німеччині актуалізується в умовах нової цифрової економіки. «MINT – це не професія, MINT – це перспектива», – зазначається у збірці «Путівник щодо стимулюванню та кар'єрного росту в MINT-професіях» Федерального міністерства освіти і наукових досліджень (Bundesministerium für Bildung und Forschung)³. Федеральне об'єднання спілки німецьких підприємців (Bundesvereinigung deutscher Arbeitgeberverbände), Федеральний союз німецьких промисловців (Bundesverband der deutschen Industrie), Союз підприємців металургійної галузі (Arbeitgeberverband Gesamtmetall) і проєкт «Забезпечити майбутнє для MINT» в 2013 році опублікували підсумки своїх досліджень щодо інноваційних можливостей, перспектив розвитку та демографічних потреб в професіях MINT. В даному документі зазначається, що

³ Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren

німецька ділова модель дуже успішна в високоякісних технологіях «через компетентності німців в предметах MINT, як на академічному рівні, так і рівні кваліфікації робітників, які здобули професійну освіту». Роль професійної підготовки MINT-фахівців для розвитку економіки виражається в тому, що чисельність працівників MINT чітко зросла в останні роки [7].

У системі освіти **Фінляндії** STEM технології реалізуються у так званих LUMA-центрах (скор. від "luonnontieteet" – природничі науки), які інтегрують природничі науки та математику, та LUMAT-центрах, які приєднують технології. Основна мета центрів LUMA полягає в мотивації учнівської молоді, студентства до вивчення STEM-предметів; підтримці неперервного навчання вчителів новітнім методикам та підходам науково-технічної освіти; розвитку дослідницьких методів навчання. Під керівництвом Фінської національної освітньої ради започатковано план LUMA для збільшення професіоналів в галузі STEM та розбудову мережі LUMA-центрів. Перший LUMA Center Finland створено у Гельсінському університеті. Сьогодні він об'єднує зусилля дванадцяти аналогічних центрів, створених при університетах та наукових лабораторіях. Стратегія та план дій фінського LUMA-центру до 2025 року орієнтована на досягнення високого рівня винахідництва учнів, студентів та учителів, підготовку кваліфікованих фахівців у галузі STEM для Фінляндії та Європи [18].

Діяльність LUMA центрів реалізується через організацію науково-технічних клубів, таборів, науково-технічних класів, лабораторій, навчальних курсів для молоді. Центри розробляють програми для підвищення якості базової педагогічної освіти та підвищення кваліфікації працюючих учителів.

Популяризація STEM відбувається на національному порталі, в інтернет-журналах, інформаційних бюлетенях, телепередачах. LUMA-центру. Відомою є міжнародна програма StarT, учасницею якої є і Україна. Це – фестиваль інтегрованих проєктів.

Ініціативу розвитку STEM-освіти підтримали й інші розвинуті країни Європи (Великобританія, Франція, Польща та ін.). Так, у **Чехії** популяризація STEM-освіти серед учнівської молоді здійснюється засобами виставкової та музейної діяльності. У **Франції** поширено неформальний підхід до STEM-освіти. Зокрема, музеї науки, позашкільні STEM-центри, літні STEM-табори, STEM-конкурси, які привертають увагу молоді до STEM-професій і дають можливість для подальшого навчання за різними STEM-напрямами. Привертає увагу досвід **Ізраїлю**, де навчання за STEM-програмами орієнтовано на проведення школярами ґрунтовних досліджень під керівництвом тьютора (студента або кандидата наук з університету).

У **Великобританії**, на відміну від інших країн Європи, відсутня централізована державна координація у сфері STEM-освіти. Проте можна виділити дві ключові організації, які здійснюють координацію STEM-освіти. Одна з них, STEMNET, є потужним координатором взаємодії в рамках STEMі. Вона забезпечує реалізацію трьох основних навчальних шкільних програм: мережа STEM Ambassadors; STEM Clubs Programme щодо підтримки у школах математичних секцій і гуртків; Schools STEM Advisory Network – забезпечує консультації щодо викладання STEM-дисциплін та впровадження STEM-освіти[6]. Engineering UK – забезпечує реалізацію Програми інженерів майбутнього у співпраці зі Королівською інженерною академією, Smallpiece Trus [9].

У Великобританії існує кілька шляхів професійного розвитку в STEM-галузі. Перша категорія студентів обирає академічний шлях, отримуючи вищу освіту, наприклад ступінь бакалавра. Друга категорія студентів вважає за краще практико-орієнтований шлях, навчаючись очно із застосуванням прикладних підходів до навчання. І третя категорія студентів навчається під час роботи. Суттєвою є реформа щодо обов'язкового вивчення у Великобританії математики і точних наук школярами до 18 років, яка поетапно впроваджується до 2024 року. Увага освітян та науковців зосереджена сьогодні на розробці нових курсів STEM для учнів старше 16 років відповідно до потреби роботодавців щодо всезагальної STEM-компетентності [2].

Відзначимо вплив консервативних освітніх традицій Великобританії, які на думку деяких експертів можуть заважати повноцінному впровадженню STEM-освіти за умов відсутньої чіткої політики щодо підняття статусу STEM-освіти в очах молоді та зміни громадської думки про технічні, інженерні професії в національному рівні [2].

Дослідження азійських зразків впровадження STEM зосередимо на пріоритетах освітніх систем Сінгапуру, Китаю, Японії. У **Сінгапурі** з 60-х років ХХ століття фокус на вивченні математики, природничих та технічних наук. Реалізація STEM-освіти носить системний характер і поєднує зусилля значної кількості агенцій, соціальних служб, асоціацій, наукових центрів світового значення, технологічних університетів, організацій, тощо. Проте ключова роль належить Міністерству освіти. У 2000 році змінено освітню парадигму на користь інноваційності, творчості, фізико-математичної освіти, наукових досліджень, використання ІТ для стимулювання креативності та самостійного навчання. У шкільній освіті математика та природничі науки стали основними дисциплінами, що вивчаються обов'язково протягом всього терміну навчання у початковій, середній і старшій школі при виборі будь-якого напрямку. З 2013 року Міністерство освіти затверджує The Applied Learning

Programme, ALP, метою якої є залучення практико-орієнтованого підходу до навчання, який показує, як знання можна використати для поточних і майбутніх потреб суспільства, у реальних життєвих ситуаціях [17]. Заснований підрозділ STEM Inc. при Сінгапурському науковому центрі популяризує науку, інженерію та технології, сприяє залученню учнів до експериментальної та наукової діяльності, вибору STEM-професій [16]. Напрямки діяльності цього центру: вбудована електроніка, інженерне проектування й моделювання, робототехніка, харчові технології, альтернативна енергетика, міський дизайн та інновації, датчики води й водні технології, прикладні науки про здоров'я, польоти та авіакосмічна промисловість, дизайн ігор та моделювання. Наприклад, в рамках напряму з робототехніки учні створюють підводного або наземного дистанційно-керованого робота. Водночас школярі спостерігають за морським середовищем, беруть проби води, знайомляться з фізичними основами плавучих засобів, проектують кораблі й підводні човни, вимірюють глибину, вчать безпечно використовувати електричні інструменти тощо (Science Centre Singapore. Robotics) [4].

У Китаї реформи в сфері науково-технічних інновацій розпочато у 70-х роках ХХ століття. Доктрини «освіта і наука приведуть державу до процвітання», «побудова держави людських ресурсів», «нарощування внутрішнього інноваційного потенціалу», «перетворення Китаю в націю, орієнтовану на інновації» знаходять відображення у Стратегії щодо Національного плану розвитку науки і технологій (2006-2020 рр.). Китайська еліта, що навчалася в провідних наукових та інженерних школах мала природну схильність до підтримки політики, що стимулювала науково-технічний прогрес. У липні 2013 р Китайською Академією наук (КАН) сформульовані проблеми, що стоять перед розвитком науки і технологій в Китаї. Вони визначені як «чотири невідповідності»: невідповідність між рівнем технологічного розвитку та вимогами соціально-економічного розвитку; невідповідність між науково-технічною системою і вимогами науки і технологій щодо швидкого розвитку системи; невідповідність між розподілом науково-технічних дисциплін та вимогами науки і техніки; невідповідність між рівнем існуючого науково-технічного персоналу і вимогами до сучасного кадрового потенціалу. Китайський Уряд закликає Академію зробити стрибок на передній край наукових досліджень, збільшити інноваційний кадровий фонд країни, стати мозковим центром світового рівня в сфері науки і технологій [5]. Інноваційний поступ КНР здійснюється через підготовку кадрів, необхідних для стрімкого розвитку сфери сучасних науково-інформаційних технологій та розвиток освіти. Соціальний та економічний розвиток Китаю в нову еру вимагає відповідних навичок, STEM

є ключовим напрямком розвитку системи освіти. Дослідження, опубліковані Національним інститутом освітніх наук, показали, що на кожних 10000 працівників в країні в середньому в середньому припадає лише 11 вчених та інженерів. Дефіцит спеціалістів у секторі створення та розвитку штучного інтелекту перевищив 1 мільйон. В індустрії інформаційних технологій працює 10,5 мільйона працівників, де більшість складають професіонали середнього та низького рівня. Відповідно в Китаї існує дефіцит старших технічних спеціалістів, що обмежує темпи розвитку.

Дослідники відзначають значну частку «технічних» дисциплін у програмах вищої освіти в порівнянні з «гуманітарними». Інженерія є найпопулярнішою дисципліною для студентів. Згідно зі статистичними даними, у Китаї відносна частка випускників STEM-спеціальностей більша, ніж у інших країнах (зокрема в США та Індії) [4].

У 2017 році Міністерство освіти КНР розпочало впровадження навчальних програм STEM у початковій школі, випустивши серію навчальних матеріалів та навчальних посібників. Зважаючи на велику кількість населення і нерівномірність його розташування, впровадження нової освітньої політики має певні труднощі. Зокрема лише частина шкіл та університетів почали розробку методичного забезпечення, частина шкіл використовують проектне навчання (project-based learning – PBL), але не всі вчителі були готові до нових методів навчання, зокрема проектною діяльністю. Тому важливою частиною впровадження нових стандартів стала підготовка вчителів та їх професійний розвиток, що підтримується і стимулюється державою [4]. Розширюється співпраця шкіл та університетів в державі та за її межами. Наприклад, між Академією робототехніки університету Карнегі-Меллона (CMRA, США) та інститутом PKU-HKUST (PKU-HKUST Shenzhen-Hong Kong Institution). Очікується розвиток STEM-освіти в галузі комп'ютерних наук та програм робототехніки.

Загалом у Китаї STEM-освіта впроваджується через викладання окремих предметів, програм та шляхом включення елементів технології та інженерії на метапредметному рівні у навчальні програми базових дисциплін [4].

В Японії за останні два десятиліття особлива увага приділяється реалізації політики у сфері науково-технічної інформації, інновацій та співпраці між університетами та промисловістю. Політики, урядовці та лідери промисловості вважають, що інновації – ключ до одужання Японії від хронічної економічної стагнації.

Поняття STEM в Японії зустрічається рідко. У більшості нормативних документів мова йде про науку, технології та інновації (STI). «Основний закон про науку і техніку» в Японії є фундаментальним документом для інноваційної діяльності

в країні. Цей документ відображає зміну стратегії держави, її перехід від торгівлі до виробництва, інтелектуальної власності, досліджень і розробок. Остання версія плану дій Закону спрямована у 20-х роках XXI століття на побудову суспільства 5.0, розширення та злиття кібер- та фізичного простору, збалансування економічного розвитку, вирішення суспільних проблем, побудову суспільства, орієнтованого на людину[12]. В рамках цих планів розроблені численні програми стимулювання співпраці між університетами та промисловістю, створення великих центрів з різних тематик, підтримки університетських стартапів.

Щодо шкільної освіти в Японії можна згадати, що в 1998 році відбулося «спрощення навчання» зі зменшенням годин математики та природничих наук. Це призвело до втрати Японією шести позицій в міжнародному рейтингу PISA. Це стало стимулом до повернення статусу точним наукам у шкільній освіті і прийняття плану заходів щодо STEM-освіти. Створені навчальні центри для підготовки викладачів базових наук (Training Centers for Core Science Teachers – CST), вчителів початкової школи, навчання вчителів іншими педагогами та кваліфікованими викладачами університетів. Відібрані школи отримали цілеспрямоване фінансування, розроблені інноваційні математичні або наукові програми, вдосконалені педагогічні дослідження у співпраці з університетами.

Висновки. Узагальнюючи тенденції розвитку STEM-освіти в різних країнах світу на початку XXI століття, можна відзначити, що існує низка спільних рис та проблем, що стоять на шляху її подальшого розвитку.

Розглянуті в межах нашого дослідження стратегії мають багато спільного. Усі вони носять випереджальний характер, забезпечуються досягнення Цілей сталого розвитку та економічний розвиток країн, орієнтованих на принципи Індустрії 4.0/5.0. Серед іншого можна відзначити наступне:

головними драйверами впровадження STEM-освіти залишаються технічний прогрес та проблема дефіциту кваліфікованих кадрів;

реформування освітньої політики є неперервним процесом, освітні стандарти та програми переглядаються кожні 4-5 років, освіта намагається відповідати вимогам ринку праці, що змінюється і вимагає швидкої реакції освітньої галузі;

основні напрямки реалізації національних планів включають популяризацію STEM та підвищення інтересу суспільства до науки і техніки, розвиток освіченості, наукової грамотності, креативності;

прийняті стратегії забезпечуються наступність STEM-освіти та будуються за принципами освіти впродовж життя;

STEM-освіта носить здебільшого мережевий характер через залучення державних установ та

приватних компаній, закладів освіти різних типів та наукових центрів;

можна констатувати наявність ґрунтовної державної політики щодо впровадження та розвитку STEM-освіти у провідних країнах світу, розширення фінансування STEM-проектів, лабораторій, центрів для школярів та студентів, зацікавлених громадян різних вікових категорій;

ефективне упровадження STEM-освіти на усіх рівнях освіти забезпечується шляхом підготовки та перепідготовки педагогів, які працюють у сфері STEM з різними віковими категоріями учнів;

до освітньої діяльності у STEM часто залучаються фахівці-практики практичних інноваційних компаній та організацій, зацікавлених у розвитку людського капіталу. Це покращує відповідність освітнього результату очікуванням ринку праці.

Перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз міжнародного досвіду впровадження STEM-освіти дозволяє сформулювати актуальне наукове та методичне бачення сучасного стану розвитку перспективної освітньої інновації для подальшого поліпшення технічної, математичної, інноваційної та бізнес-освіти в Україні. Поза межами нашого дослідження залишилися питання трансформації державних стратегій з упровадження STEM-освіти та самих національних еко-систем під впливом наслідків пандемії COVID -19 та загострення політичної, економічної та демографічної кризи на фоні військового стану в Україні. Осмислення напрямків трансформації STEM-освіти в умовах високої турбулентності може бути перспективним для подальшого дослідження.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Бєлий Є. Всесвітній економічний форум зафіксував нову глобальну проблему. Support. Google: веб-сайт. URL: <https://zn.ua/ukr/ECONOMICS/vsesvitniy-ekonomichniy-forum-zafiksuvav> (дата звернення: 10.04.2022)
2. Зайцева О. М. Варіантність у родовій категоризації іменників: (на матеріалі мовлення сучас. укр. телебачення). *Вісник Київського національного лінгвістичного університету. Серія «Філологія»*. 2018. Т. 21, № 1. С. 121–130.
3. Боровков А., Киселева К., Романов П., Рудской А. Анализ опыта США и Великобритании в развитии STEM-образования. *Научно-технические ведомости СПбПУ. Сер.: Естественные и инженерные науки*. 2017. Т. 23, № 2. С. 7-28
4. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер. : Педагогічні науки*. 2018. Вип. 3. С. 9-20.
5. Валько Н. STEM-освіта вчителів у країнах Сходу та Австралії. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2018. № 61. С. 36-47.
6. Доклад ЮНЕСКО по науке: на пути к 2030 году. Support. Google: веб-сайт. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235406_rus (дата звернення: 10.04.2022)

7. Олєфіренко Н.В., Андрієвська В.М., Носова В.В. Світовий досвід запровадження STEM-технологій в освіту. Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 3(25). Частина 1. С. 62-67.
8. Ріндфляйш Ева, Менніг-Фортман Феліза. Дуальна освіта в Німеччині від теорії і практики до кваліфікованого працівника. Київ: Німецько-Українська промислово-торговельна палата, Фонд Конрада Аденауера, Представництво в Україні, 2020. С. 43.
9. Australian Government. Department of Education, Skills and Employment. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.education.gov.au>. (дата звернення: 15.04.2022)
10. A world-leading STEM education for all young people across the UK/ *STEM learning in UK. Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.stem.org.uk>. (дата звернення: 10.05.2022)
11. Building an equitable future in STEM. The National Medal of Science and the National Medal of Technology and Innovation. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.science.edu.sg/stem-inc> (дата звернення: 11.05.2022)
12. 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. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>. (дата звернення: 11.05.2022)
13. Japan Science and Technology Agency. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.jst.go.jp/EN/about/history> (дата звернення: 14.05.2022)
14. NASA STEM Engagement. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.nasa.gov/stem> (дата звернення: 14.05.2022)
15. National Laboratories. Department of Energy. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.energy.gov/science-innovation/stemrising> (дата звернення: 16.05.2022)
16. Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.nserc-crsng.gc.ca> (дата звернення: 08.05.2022)
17. Science Centre Singapore about applied learning programme. *Support. Google*: веб-сайт. URL: <https://www.science.edu.sg/stem-inc/applied-learning-programme/about-our-applied-learning-programme/> (дата звернення: 05.05.2022)
18. STEM-education. Moulding the future of our nation. *Singapore Government Agency. Ministry of Education*. веб-сайт. URL: <https://www.moe.gov.sg> (дата звернення: 08.05.2022)
19. The LUMA Centre Finland. *Support Google*: URL: <https://www.luma.fi/en/centre> (дата звернення: 03.05.2022)
20. Washington STEM. Discover how we're growing a future-ready Washington. *Washington STEM*. веб-сайт. URL: <https://washingtonstem.org> (дата звернення: 01.05.2022)