

УДК [373.51"312"(477)+50]:004:371.5(045)

Стрижак Олександр Євгенович

доктор технічних наук, заступник директора з наукової роботи
 Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
 ORCIDID0000-0002-4954-3650
 stryzhak@man.gov.ua

Сліпукхіна Ірина Андріївна

доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри загальної фізики
 Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна
 ORCIDID 0000-0002-9253-8021
 slipukhina@i.ua

Полісун Наталія Іванівна

кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
 Інститут обдарованої дитини НАПН України, м. Київ, Україна
 ORCIDID 0000-0002-0176-0752
 np.iod@ukr.net

Чернецький Ігор Станіславович

кандидат педагогічних наук, завідувач відділу створення навчально-тематичних систем знань
 Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
 ORCID ID 0000-0001-9771-7830
 manlabkiev@gmail.com

STEM-ОСВІТА: ОСНОВНІ ДЕФІНІЦІЇ

Анотація: Проведено аналіз змісту ключових понять STEM, які є основоположними в розумінні сутності нового освітнього напрямку. Встановлено, що актуальність STEM-підходу у навчанні детермінована істотним відставанням системи освіти від вимог сучасного ринку праці. Розкрито зміст найбільш затребуваних в XXI столітті компетенцій і навичок. Визначено цілі, завдання, структуру, зміст, очікувані результати впровадження і розвитку STEM-освіти в Україні, а також доведено її відповідність концептуальним основам розвитку середньої школи «Нова українська школа». Запропоновано основні дефініції STEM-освіти. З'ясовано, що особливе місце у формуванні її змісту займають міждисциплінарний і компетентнісний підходи, проблемно орієнтоване навчання, когнітивні технології в організації пізнавальної діяльності. Розглянуто напрями подальшого розвитку STEM-навчання у вітчизняній освіті.

Ключові слова: STEM-освіта; STEM-навчання; STEM-сфери діяльності; STEM-компетенції; STEM-лабораторія; STEM-центр; міждисциплінарність.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Спостережувані нині глобальні соціально-економічні процеси пов'язані з високоефективними нано- та біоматеріалами, новою енергетикою та інформаційними мережами. У науковій літературі вони визначаються поняттям NBIC / NBICS¹-конвергенції технологій. Ключовими ознаками існуючого етапу розвитку суспільства є радикальні інновації². Наслідком їх всесвітнього впровадження є практична відсутність обмежень у комунікації, спілкуванні і міжнародній науково-прикладній діяльності, а також формування нової цілісної науково-технологічної області знань і відповідної наукової і техніко-технологічної картини світу [1], [2], [3].

¹Nano-, Bio-, Info-, Cogno-, Socio- технології

²Радикальні інновації – масштабне генерування, впровадження і комерціалізація технологічних нововведень – складають основу шостого технологічного укладу у світовій економіці.

Розвиток науки і технологій у найближчій перспективі буде головним джерелом загального прогресу людства. Зокрема, відповідно до різних експертних оцінок у найближчому десятиріччі варто очікувати імплементацію глобальних освітньо-дослідних мереж у світову економіку.

Зазначимо, що головними учасниками інноваційної діяльності є промисловість, бізнесові структури, держава й університети, а їх взаємодія відбувається відповідно до чотирьох основних напрямів: прискорення процесів комерціалізації інновацій, глобалізація NBICS-ініціатив, підготовка кадрів для NBICS-технологій і галузей, формування мережі промислових інновацій.

Особливу місію у розвитку NBICS-технологій покладено на університети, які, з одного боку, є осередками інновацій, а з іншого, спираючись на підтримку держави і бізнесових кіл, утворюють своєрідні вертикально-горизонтальні зв'язки між розробниками і споживачами новітніх розробок. Так, на основі гнучкого поєднання фундаментальних і прикладних досліджень виникає нова система науково-практичних стосунків, які формують інноваційну сферу в економіці держави, що є ознакою її конкурентної спроможності [1].

Проведений аналіз показав, що критичним чинником інноваційності економіки розвинутих країн нині є суперечність між постійно зростаючим дефіцитом фахівців високотехнологічних галузей, здатних до комплексної науково-інженерної діяльності, та падінням цікавості учнів до дисциплін природничо-математичного циклу [2]. Зазначене протиріччя має глобальний характер, а його вирішення потребує докорінного перегляду існуючих нині моделей освіти, освітніх програм, методів організації навчання, відставання яких від вимог світового ринку праці у сфері економіки та технологій нині складає десятиріччя.

Зокрема, у звіті Єврокомісії, підготовленому групою експертів з наукової освіти у 2015 р., зазначено, що «питання забезпечення майбутніх європейських ринків та інноваційних галузей робочою силою досі залишається невизначеним. Для того, щоб молоді люди прагнули професійного розвитку у сферах науки, технології, інженерії та математики, ми повинні запалити їхню уяву, принести нові технології ... до класної кімнати. Прогалини у професійній майстерності не заповнюються самі собою – їх заповнюють люди. Нам необхідно вже у шкільному віці залучати молодь до процесу проведення відповідальних досліджень та розробки інноваційних рішень» [4]. Відправною точкою для початку інноваційних змін у системі сучасної освіти розвинутих країн стали ґрунтовні і масштабні дослідження перспектив розвитку економіки, проведені на початку ХХІ ст. у США. Їх результати дали підстави для визначення змісту основних очікуваних навичок випускників шкіл у ХХІ столітті і визнання STEM орієнтованого підходу до навчання як практично придатного, дієвого і ефективного засобу вирішення зазначеного вище протиріччя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інноваційні глобальні освітні програми спрямовані на формування навичок ХХІ століття, зміст і структура яких визначені у документах освітнього альянсу The Partnership for 21st Century Learning (Skills) (P21³) [5], [6], діяльність якого спрямована на підготовку молоді до працевлаштування і самореалізації. Фахівцями цієї спільноти на підставі ґрунтовних масштабних досліджень, співпраці з учителями, викладачами, експертами з освіти та бізнес-лідерами з усього світу було розроблено мапу ключових навичок для успішного життя і праці у ХХІ столітті, яка містить основні визначення, приклади прояву,

³В освітніх документах США з 1818 р. для позначення базових навчальних дисциплін використовують акронім 3Rs (від **R**eading, **wR**iting and **aR**ithmetic). З кінця ХХ ст. його доповнюють скороченим терміном 4Cs (від **C**ritical thinking and problem solving, **C**ommunication, **C**ollaboration, and **C**reativity and innovation). P21 поєднує в собі 3Rs і 4Cs.

варіанти міждисциплінарних тем, форми комунікації для кожної з виокремлених компетенцій. Діяльність P21 є каталізатором готовності системи освіти до XXI століття, сприяє створенню партнерських стосунків між освітою, бізнесом, громадськістю та керівництвом держави.

Конкуренція освітніх систем у якості та швидкості формуванням навичок P21, всесвітні інновації, перетворення більшості робочих місць у високотехнологічні середовища, а також глобальна автоматизація рутинної праці потребують створення і впровадження нових освітніх парадигм, однією з яких є STEM-освіта.

Як окрема галузь дидактики, STEM-освіта виокремилася в США 2009 року з програми «Educate to Innovate» [7]. В офіційних документах Департаменту освіти США, зазначено, зокрема, що STEM – «освіта для глобального лідерства», яка покликана формувати особливий «підхід до світу, критичний спосіб мислення, дослідження і взаємодію зі світом, який необхідний на шляху змін», бо успіх у сучасному світі визначається «не тільки тим, в чому ви обізнані, але й тим, що ви можете зробити, з тим, в чому ви обізнані» [8].

Зазначимо, що акронім STEM⁴ позначає характерні риси відповідної дидактики, сутність якої виявляється у поєднанні міждисциплінарних практико орієнтованих підходів до вивчення природничо-математичних дисциплін [9], [10]. STEM об'єднує дисципліни в єдину навчальну парадигму, яка ґрунтується на ідеї практичного застосування знань для розв'язання реальних соціальних, економічних і техніко-технологічних проблем [11].

Останнім часом у європейському науковому дискурсі наголошується на важливості всіх дисциплін шкільного плану, що потребує розвитку STEAM⁵-підходу (літера A – All – «усі») – зміцнення і розширення взаємодії між наукою, творчістю, підприємницькою й інноваційною діяльністю, а також потребою вивчення природничих наук через інші дисципліни і, навпаки, вивчення інших дисциплін через природничі науки.

До освітніх рухів STEM активно долучаються творчі і мистецькі дисципліни, об'єднані загальним терміном Arts⁶ (позначення відповідного підходу – STEM and Arts⁷). Так, актуальними STEM and Arts напрямками є промисловий дизайн, архітектура, індустріальна естетика тощо [2].

Нині в багатьох країнах світу, і, насамперед, у США, підтримка STEM-освіти здійснюється на державному рівні: активно створюються, функціонують і розвиваються її осередки: STEM-центри, STEM-школи, STEM-лабораторії тощо.

Слід зазначити, що діяльність місцевих STEM-осередків у США координує Комітет STEM-освіти (coSTEM), завданням якого є забезпечення цілісної національної стратегії. Основні інвестиції стосуються вдосконалення STEM-програм, починаючи з дошкільного віку, збільшення підтримки громадськістю STEM освітнього напрямку, сприяння професійному самовизначенню учнів старшої школи; розроблення освітніх планів підготовки до STEM-професій, надання якісних освітніх послуг різним соціальним групам та ін.[8].

⁴від англ. Science – природничі науки, Technology – технології, Engineering – інжиніринг, проектування, дизайн, Mathematics – математика

⁵У даній статті з метою спрощення викладу під STEM розуміється STEM / STEAM.

⁶Тут доцільно навести висловлення Р. Фейнмана про те, що «креативність –...це уява, одягнена у строгого костюма». Іншими словами, без мистецтва STEM-дисципліни не виконають покладених на них інноваційних задач.

⁷Неврологічне дослідження, проведене у 2009 р. Університетом Джона Хопкінса, виявило, що Art-освіта покращує когнітивні (пізнавальні) навички студентів, розвиває пам'ять, увагу, а також розширює діапазон академічних і життєвих навичок.

У зв'язку з цим особливого значення набуває поява низки колегіальних рішень і відповідних заходів, які відкривають нормативно-правове поле для розвитку STEM-напряму у вітчизняній освіті. До таких відносяться: рішення Колегії Міністерства освіти і науки України «Про форсайтсоціо-економічного розвитку України на середньостроковому (до 2020 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах (в контексті підготовки людського капіталу)» [12], План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 р.р. [13], концептуальні засади реформування середньої школи «Нова українська школа»⁸[14], створення відділу STEM-освіти на базі Інституту модернізації змісту освіти [15] та ін.

Зауважимо, що у Концепції нової української школи зазначено, випускник школи повинен бути особистістю, патріотом та інноватором – «людиною, здатною змінювати навколишній світ, розвивати економіку, конкурувати на ринку праці і учитися упродовж свого життя» [14, с. 5]. Водночас, формула нової української школи містить дев'ять ключових компонентів, серед яких визначальними нині у глобальному розумінні є новий зміст освіти і сучасне освітнє середовище, яке забезпечить умови розвитку ключових компетентностей молоді України [14, с. 7]. Серед десяти ключових компетентностей чільне місце займають математична компетентність, компетентності у природничих науках і технологіях, інформаційно-цифрова грамотність, уміння навчатися впродовж життя та інші [14, с. 11-12], що також покладено до цільових орієнтирів STEM-підходу в навчанні.

Отже, процес становлення і розвитку STEM-освіти в Україні і у світі в цілому потребує термінологічної стандартизації і, насамперед, з'ясування засад понятійно-категоріального апарату, визначення стратегічних цілей, завдань і структури цієї новітньої галузі педагогічної науки, що стало **метою** проведеного нами дослідження.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження було проведене з використанням методів теоретичного й емпіричного дослідження: аналізу і синтезу для з'ясування основних понять і категорій STEM-освіти; концептуально-порівняльного аналізу для зіставлення традиційних і STEM орієнтованих підходів, навчальних планів і програм, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, матеріалів науково-практичних конференцій із проблеми дослідження, новаторського педагогічного досвіду; виокремлення закономірностей і формулювання висновків із досліджуваної проблеми; структурно-системного аналізу і синтезу для побудови теоретичної моделі STEM-освіти в Україні, а також обсерваційні методи (пряме, опосередковане, включене спостереження) для дослідження діяльності осередків STEM-освіти.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Очевидним є те, що основні дефініції STEM-освіти корелюють зі змістом навичок, визначених у FrameworkP21 [5], де їх розділено на чотири основні групи: 1) навички в освоєнні основних дисциплін, які формують зміст знань і навчальних тем XXI століття⁹; 2) навчальні й інноваційні навички, серед яких основна увага приділяється творчості, критичному мисленню, комунікації і співпраці; 3) навички

⁸У Концепції наведено «канву» (матрицю) розвитку учня, у якій зазначено ключові компетентності і наскрізні вміння випускника школи [[14], с. 13]

⁹англійська мова, іноземна мова, мистецтво, математика, економіка, природничі дисципліни, географія, історія, держава і право

роботи з інформацією, медіа та технологіями¹⁰, 4) навички для успішного життя і кар'єри¹¹.

Слід зазначити, що на Всесвітньому економічному форумі у Давосі у 2016 р. за результатами глобального дослідження, проведеного із залученням провідних роботодавців світу, було названо групи компетентностей, які є найбільш затребуваними на ринку праці XXI ст. [16].

Проведене дослідження різноманітних наукових і науково-популярних літературних джерел даних надає підстави для такої деталізації змісту і сутності кожної із зазначених груп:

- готовність до розв'язання комплексних практичних проблем – суперечливих ситуацій («знаю що, не знаю як»)¹²; інакше кажучи, навички знаходити «ефективні і відповідальні рішення в екстремальних ситуаціях професійної діяльності»;

- критичне мислення: уміння розуміти логічні зв'язки між ідеями, визначати, будувати й оцінювати факти, виявляти невідповідності і помилки в отриманих даних та у власних судженнях, розв'язувати проблему системно, визначати актуальність і важливість ідей, аргументувати свої думки і ціннісні позиції, обирати необхідні джерела даних, робити висновки тощо;

- креативність: здатність до творчості, яка виявляється як у продуктах діяльності, так і в мисленні, спілкуванні, почуттях, цікавість до складних завдань, які можуть бути джерелом нового досвіду, самостійність поглядів та оцінок, невіддільність стереотипам, відкритість до сприйняття нових ідей, дивергентність, рухливість, пластичність, оригінальність мислення; готовність до «використання спонукального поштовху задля видозміни типів, ... породження нових ідей, ... синергії – з'єднання на перший погляд зовсім неспоріднених явищ в єдине ціле, корисне, функціональне» [17];

- організаційні здібності: уміння організовувати взаємодію і керувати людьми, створювати позитивну мотивацію у колективі для досягнення максимальної продуктивності, що детермінує успіх у розв'язанні поставлених задач;

- уміння працювати в команді: здатність до синхронізації й інтеграції діяльності членів групи, забезпечення найбільш ефективного використання наявних інтелектуальних і матеріальних ресурсів для досягнення поставлених цілей;

- емоційний інтелект: навички ідентифікації, усвідомлення управління та використання у процесі розв'язання проблем власних емоцій та емоцій інших людей;

- оцінювання проблеми і прийняття рішення: визначення її сутності, множини можливих шляхів вирішення, оцінювання витрат, «плюсів» і «мінусів», пов'язаних з кожним варіантом, добір ресурсів, реалізація обраного варіанту, оцінювання даного рішення та його зміна за необхідності;

- здатність до ефективної взаємодії: емпатія до споживача продукту, уміння спілкуватися з різними людьми, створювати позитивний настрій, виявляти терпіння;

- уміння домовлятися: урегулювання існуючих розбіжностей, тобто досягнення компромісу або угоди без суперечок і конфліктів, на підставі принципів

¹⁰уміння користуватися, оцінювати та ефективно використовувати можливості сучасного середовища, характерними рисами якого є доступність практично неосяжних масивів різноманітних даних, швидкі зміни у технологічних інструментах, глобальна співпраця

¹¹Такі навички пов'язані з продуктивністю мислення, змістом знань, соціальною та емоційною компетенціями, спрямованими на формування уміння керування складними життєвими та професійними умовами та ситуаціями (гнучкість і адаптивність, ініціатива та самоорганізація, соціальні та крос-культурні навички, продуктивність, лідерство та відповідальність).

¹²Зазначимо, що проблема відрізняється від задачі наявністю ступеня невизначеності; її успішне вирішення починається з правильної постановки, подальшого аналізу, оцінки, формування концепції вирішення проблеми, перевірки і експериментального підтвердження.

справедливості, взаємної вигоди і досягнення якнайкращого результату;

– когнітивна гнучкість: навички швидкого переходу від однієї думки до іншої, одночасний розгляд конкретного об'єкта або складної проблеми у декількох аспектах, адаптивна позиція за зміни цілей діяльності, завдань, появи нових зовнішніх чинників і ситуацій, розуміння й усвідомлення усіх можливих варіантів й альтернатив тощо.

Світова освітня практика нині демонструє ефективність, дієвість і практичну придатність STEM-підходу у формуванні компетентностей і навичок, визначених P21 та іншими нормативними документами. Його відмінність від традиційних освітніх моделей, у фокусуванні на повсякденному житті, реальних задачах, розв'язання яких потребує комплексного наукового й інженерного мислення.

Зазначимо, що STEM-підхід в освіті ґрунтується на конструюванні навчальних дисциплін і окремих дидактичних елементів на міждисциплінарних засадах (інтегроване навчання відповідно до певних тем, а не окремих дисциплін) із застосуванням новітніх освітніх технологій: когнітивних, соціальних і трансферу знань.

Нині спостерігається експоненціальний розвиток *когнітивних технологій*¹³ – сукупності методів, засобів та прийомів оптимізації процесів здобування, зберігання і використання необхідних знань людства в інформаційному середовищі. Ці технології ґрунтуються на інтелектуальній діяльності (структуризація, аналіз, синтез, добір тощо), спрямовані на формування дослідницького стилю мислення й оптимізацію процесів сприйняття, уваги, пам'яті, розпізнавання образів, уяви, мови, мислення, розв'язання задач, психології розвитку, людського і штучного інтелекту [18].

Будь-яка професійна діяльність нині відбувається із залученням *соціальних технологій*, які визначаються як прийоми, методи і впливи, застосовувані для досягнення поставлених цілей і спрямовані на зміну свідомості людей, культурних, політичних та / або соціальних структур, систем або ситуацій. Ці технології є ключовими у процесах керування цільовою групою комунікацією¹⁴ (бізнес-завдання) й активізації науково-технічної творчості, всебічного обговорення існуючих і створення нових наукових підходів і напрямів. У контексті STEM-освіти соціальні технології корелюють з процесом формування зазначених компетентностей XXI століття.

Ознакою сучасної освіти є процеси *трансферу знань*, що є певною організаційно-технологічною метасистемою, за допомогою якої знання, включаючи технології, досвід і навички передаються від однієї сторони до іншої, приводячи до інновацій в економіці і соціальній сфері, що дозволяє забезпечити високий рівень компетентної спроможності кожної особистості [19]. Іншими словами, це – технологія взаємно вигідного співробітництва між університетами, бізнесовими структурами і державним сектором, метою якого є передача матеріальної й інтелектуальної власності, експертизи, навчання та навичок між академічними і неакадемічними спільнотами. З точки зору діяльнійшої компоненти до трансферу знань належать підготовка фахівців, публікації та громадські заходи, спільне дослідження, консультування, ліцензування права на використання здобутих результатів дослідження, інноваційне підприємництво (створення нової бізнес-моделі). Вочевидь, інтенсивний трансфер знань сприяє інноваціям в економіці і соціальній сфері, забезпечує підвищення рівня конкурентної спроможності кожної особистості [20].

Отримані у ході дослідження результати дають підстави для найбільш загального визначення *STEM-освіти* як педагогічної технології формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей учнів / студентів, рівень яких визначає конкурентну спроможність особистості на сучасному ринку праці. У вужчому розумінні: через

¹³У березні 2013 р. когнітивна ініціатива розпочалася у США.

¹⁴мозковий штурм, рольові, ділові ігри, рефлексивна ігротехніка та ін.

STEM-підхід до навчання здійснюється інтеграція змісту і методології природничих наук, технологій, інженерії та математики і логічного мислення у співпраці та дослідженнях.

Дослідження проблеми виявило, що визначальною метою STEM-освіти є, з одного боку, забезпечення інтегрованого формування наукових і практичних знань шляхом здобування автентичного практичного досвіду (особистісний аспект), а з іншого, – підготовка учнів до подальшого навчання і працевлаштування відповідно до вимог XXI століття (соціальний аспект).

Зазначимо, що, відповідно до різноманітних джерел даних, основними технологіями і радикальними продуктами майбутнього є геоінженерія, інтелектуальні енергетичні системи, радикальні матеріали, синтетична біологія, індивідуальна геоніміка, біоінтерфейси, сонячна енергетика, ноотропні препарати, нові енергоємні батареї, стовбурові клітини, біопаливо, клонування, робототехніка, низькоорбітальні польоти, мемристори, мобільні геологічні засоби зв'язку, батареї, що заряджаються від атмосфери, розумні навігаційні системи, штучний інтелект та інші [1], [2].

Такі продукти, пов'язані з ними технології формують інноваційні виробничі галузі і професії, пов'язані зі STEM. До найбільш поширених у XXI столітті STEM-галузей відносять аерокосмічну техніку, астрофізику, біохімію, біомеханіку, цивільне будівництво, нанотехнологію, нейротехнологію, робототехніку та інше [21].

З'ясовано, що більше половини STEM-сфери діяльності відносяться до інженерії, інша частина – до інформатично-математичної і науково-природничої діяльності: аерокосмічна, комп'ютерна, біомедична, хімічна, машинобудівна, атомна, енергетична, екологічна, хімічна інженерія, інформаційні технології, геоматика, мехатроніка, програмування, екологія, агротехнологія, атмосферні й космічні дослідження, статистика та ін. [21], [22].

Отже, STEM-фахівця можна визначити як особу, яка здійснює інноваційну трудову діяльність з високим ступенем міждисциплінарності та технологічності. Його інтегральною характеристикою є STEM-грамотність – характеристика ступеня оволодіння як знаннями у межах певних дисциплін, так і навичок у використанні міждисциплінарних підходів до розв'язання практичних задач.

Імовірно, поняття «STEM-грамотність» є загальним стосовно дефініції «STEM-компетенції / компетентності і навички», яку відповідно до проекту «Концепції STEM-освіти в Україні»¹⁵, можна визначити як динамічну систему знань й умінь, навичок і способу мислення, цінностей й особистісних якостей, які визначають здатність до інноваційної діяльності.

Відповідно до логіки формування понять, зазначених вище, було визначено STEM-навчання як навчальний процес, метою якого є формування STEM-грамотності через інтегроване освоєння STEM-дисциплін.

Отже, методологічною основою створення навчальних програм STEM є виокремлення і детальне опрацювання логістики формування STEM-компетентностей для даної галузі знань, а також добір відповідних вправ, проблемних завдань і проєктів для їх формування у практичній діяльності.

Підготовка майбутніх фахівців до розв'язання складних багатофакторних проблем ноосфери потребує при формуванні змісту STEM-освіти застосування *трандисциплінарного підходу*, який забезпечує розширення наукового світогляду, що полягає в розгляді того чи іншого явища поза рамками будь-якої однієї наукової дисципліни й забезпечує представлення інформаційного середовища на основі використання множинної часткової впорядкованості гіпервідношень між множинами

¹⁵Проект «Концепція STEM-освіти в Україні»<https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKT0d3R29PbWZwUnM/view>

таксономічних і операціональних властивостей онтологічних моделей предметних областей [19]. Трансдисциплінарність сприяє процесу отримання нового знання шляхом синтезу ресурсів дисциплінарної і позадисциплінарної сфер; результатом чого виявляється пізнавальна модель, яка не зводиться до жодної з наукових дисциплін [23].

STEM-освіта виходить за межі навчального закладу, оскільки передбачає встановлення й розвиток партнерських зв'язків між учнями / студентами, учителями, дослідниками, новаторами, фахівцями з виробництв та іншими зацікавленими сторонами. Це «необхідно для того, щоб працювати з реальними життєвими викликами й інноваційними ідеями, у тому числі пов'язаними з етичними і соціально-економічними проблемами» [14].

Отримані результати свідчать, що стратегічними аспектами вдосконалення загальної середньої освіти з упровадженням STEM-підходу у навчанні є, з одного боку, покращення якості й ефективності первинної природничо-наукової освіти, а з іншого, – лібералізація і розширення до теоретичного максимуму доступу до STEM освіти, її відкритість на оточення і світ.

STEM-освіта – це творчий простір формування світогляду дитини, у якому вона не тільки готується до дорослого життя, а й повноцінно реалізує свої потреби. Вочевидь, самовизначення у напрямі STEM розпочинається з молодшого шкільного віку [9]. Тому вся діяльність щодо впровадження STEM-освіти вибудовується так, щоб сприяти становленню особистості, як творця і проектувальника власного життя, гармонізації і гуманізації відносин між учнями і педагогами, школою і родиною, ґрунтуючись на ідеї усвідомленого вибору особистого життєвого шляху [14].

Структура STEM-освіти має визначатися Державним стандартом загальної середньої освіти, позашкільної освіти, спеціалізованими стандартами STEM-освіти. Відповідно до структури загальної середньої освіти можна виокремити три перспективні етапи реалізації у ній STEM-підходу¹⁶, зміст і технологія реалізації яких потребує подальшого дослідження.

Так, основним завданням *початкової школи* є стимулювання допитливості, підтримка інтересу до навчання і пошуку знань, мотивація до самостійних досліджень, створення простих приладів, конструкцій тощо.

Надалі *середня школа* повинна розв'язати завдання формування в учнів стійкої цікавості до природничо-математичних наук, оволодіння системою практичних навичок, необхідних для подальшого життя людини у техносфері, ґрунтового розуміння екології та природи у цілому. На цьому етапі особливо важливим є залучення учнів до дослідницької діяльності і винахідництва, що дозволить збільшити відсоток тих, хто стане талановитим ученим, інженером, новатором.

На завершення середньої освіти *старша школа* має сприяти свідомому вибору подальшої освіти STEM-профілю, поглибленій підготовці зі STEM-дисциплін (профільне навчання), освоєнню наукової методології, усвідомленню фізичної, техніко-технологічної і наукової картин світу у контексті розуміння сутності, функціонування і розвитку світових економічних систем.

Реалізації означених задач на різних етапах навчання і рівнях готовності учнів сприяє використання навчальних роботів-конструкторів (наприклад: LEGO, LEGO Mindstorms EV3, Cubelets, LittleBits, Makeblock та ін.), що дозволяють в ігровій формі знайомитись з основами робототехніки, електроніки, механіки, програмування, висувати свої ідеї, створювати складні конструкції з різноманітними датчиками для навігації та взаємодії з оточуючим середовищем і реалізовувати їх на практиці. Варто наголосити, що у центрі уваги STEM-методики знаходиться практичне завдання, або реальна

¹⁶В основу покладено інтеграцію STEM-дисциплін з використанням практико орієнтованих інноваційних технологій, адаптованих до кожного з етапів навчання

проблема, яка потребує вирішення у процесі організації інтегрованого, компетентісно орієнтованого, міждисциплінарного навчання. Зацікавленим учням пропонуються технічні завдання більш високого рівня з використанням мікропроцесорів і цифрових вимірювальних комплексів, дослідницькі практики зі створення складних роботизованих механізмів, програмування та робота з датчиками тощо. Домінуючими організаційними формами є проекти, інтегровані уроки, квести, екскурсії, тематичні дні, конкурси, наукові виставки, фестивалі, хакатони тощо. Широко використовуються мережеві інструменти співробітництва і ведення проектів. Учні можуть долучитися до міжнародних наукових освітніх проектів, до участі у відкритих спеціалізованих мережевих спільнотах.

Зазначимо, що має радикально змінитися сутність сучасного освітнього середовища його просторово-предметна складова, програми та засоби навчання: зросте частка проектної, командної та групової роботи учнів, важливе місце в якій займатимуть сучасні цифрові вимірювальні комплекси [7], а навчальний простір класної кімнати міститиме декілька зон активності: зони дослідництва, творчості, зони розвитку, взаємодії, презентаційної зони тощо [14].

Відзначимо, що «всі педагогічні системи світу концентрують свою увагу на проблемах особистості, загальних проблемах існування людства, роблять акцент на оригінальні нетрадиційні програми та курси на ґрунті міжпредметності та інтеграції» [17]с. 19]. Отже, для забезпечення науково-методичної підтримки впровадження STEM-освіти особливе значення має розробка для всіх типів навчальних закладів інтегрованих навчальних програм, курсів за вибором, орієнтованих відповідно на формування компетентностей, необхідних для сучасних наукових і професійних напрямків новітніх технологій тощо. Впровадження STEM-освіти вимагає від освітян активного введення у навчальний процес елементів освіти майбутнього, апробації і впровадження новітніх педагогічних підходів до викладання й оцінювання, формування методології розвитку критичного мислення, застосування інноваційних міждисциплінарних методик навчання, зокрема з отриманням знання на основі трансдисциплінарного підходу, розвитку методів і засобів формування дослідницьких та інноваційних навичок в умовах оптимального психологічного клімату, збереження цілісності особистості, створення позитивної мотивації до навчання, вироблення в учнів почуття відповідальності до результатів навчання, розуміння тренду «навчання впродовж життя», потреби й усвідомлення необхідності систематичного підвищення професійної компетентності тощо [24].

Очевидно, що до розроблення креативного контенту спільних навчальних STEM-програм мають долучатися освітяни і фахівці з певної галузі знань, представники промисловості й бізнесу.

З метою забезпечення принципу рівного доступу до якісної освіти для учнів різних вікових груп, можливостей, зокрема учнів з особливими потребами, у процесі реалізації STEM-освіти мають застосовуватися різноманітні мережні та сучасні дистанційні форми навчальної комунікації [25]. Особливої уваги потребують програми залучення талановитих учнів до сфери STEM-освіти у різноманітних контекстах [26].

Цим інноваційним процесам сприятиме задекларована Концепцією нової української школи автономія закладів освіти¹⁷ у визначенні змісту освіти. Критеріями, з урахуванням яких формується зміст STEM-освіти, є наявність організаційно-педагогічних умов, які забезпечують STEM-грамотність, серед яких практико орієнтоване навчання STEM-дисциплін, застосування міждисциплінарних методик навчання, спрямованих на вирішення реальних практичних завдань в умовах дефіциту

¹⁷Автономія передбачає посилену відповідальність шкіл перед суспільством за якість освіти. Контроль у цьому разі здійснюватиме громадсько-державна система забезпечення якості [[14]].

академічних знань, дотримання умов особистісно орієнтованого навчання та ін.

Успішний розвиток STEM-освіти здійснюється через залучення ресурсів і співробітництво у процесі навчання й викладання між шкільними колективами і такими зовнішніми учасниками, як вищі навчальні заклади, академічні наукові установи, науково-дослідні лабораторії, музеї, природничі центри, підприємства, бізнес-структури, громадські та інші організації. Особлива увага приділяється співробітництву фахівців різного профілю у розробці спеціального середовища навчання з використанням ІКТ.

Освітні програми STEM передбачають активну взаємодію в навчальному процесі з батьківською спільнотою. Більшість батьків розглядають освіту, як вигідну інвестицію у майбутнє і розуміють, що майбутній кар'єрний успіх дитини залежить від рівня навчальних і професійно орієнтованих досягнень. Вочевидь, з метою оцінки результатів впровадження STEM-напряму в системі середньої освіти повинен здійснюватися систематичний моніторинг.

Невід'ємною складовою STEM-освіти є мережа STEM-центрів і STEM-лабораторій – освітніх організацій, визначальною метою яких є сприяння розвитку глобальної робочої сили XXI століття [27], [28]. Вони створюються на базі вищих, загальноосвітніх, позашкільних навчальних закладів, наукових лабораторій, спеціально організованих освітніх просторів з відповідною матеріально-технічною базою, навчальними програмами, фахівцями (науковцями, викладачами, представниками бізнесових структур, консультантами тощо).

До компетенцій STEM-центрів / STEM-лабораторій відноситься налагодження динамічних партнерських взаємин і співпраці між загальноосвітніми школами, університетами та іншими вищими навчальними закладами, представниками бізнесу та промисловості для впровадження в освіту ініціатив у галузі STEM, до реалізації яких мають долучатися спільноти учнів, учителів, батьків, фахівців вищої освіти, науковців, інженерів та підприємців.

STEM-центри / STEM-лабораторії ініціюють, створюють, налагоджують та керують діяльністю пілотних освітніх програм, які дають змогу навчатися і працювати у різноманітних культурних середовищах для вирішення проблем загальноосвітнього значення, здобуття автентичного досвіду в галузі науки, техніки і технології, наприклад, у міжнародних географічних експедиціях, астрономічних спостереженнях, освоєнні 3D-принтингу для створення артефактів майбутнього та ін.

Разом з тим STEM-центри / STEM-лабораторії ініціюють і координують діяльність міжнародних шкіл, конференцій, симпозіумів у галузі STEM освіти і новітніх технологій навчання¹⁸, круглих столів¹⁹ для обговорення важливих нових подій у державній політиці та впливу інноваційних глобальних освітніх програм STEM на ці події за участі лідерів і практиків світової освіти, проведення тематичних дискусій тощо.

До компетенції STEM-центрів / STEM-лабораторій відноситься також підготовка до відповідної діяльності вчителів, систематичні тренінги, консультації, керівництво та вся необхідна підтримка для реалізації STEM-програм. Підготовка вчителів стосуються різноманітної тематики: командна робота і міжкультурна співпраця; різноманітність та міжкультурна комунікація; STEM зміст освіти і STEM освітні технології; on-line співпраця і телекомунікаційні технології; навички для успішного життя у XXI столітті; глобальні освітні системи і підходи; дизайн міждисциплінарного плану; моделювання STEM професій і діяльності відповідних команд; розробка індивідуальних освітніх STEM траєкторій, освоєння методів винахідництва тощо.

¹⁸Наприклад, Symposium “Global STEM Education: WhatProgressAreWeMaking?” on May 6, 2016.

¹⁹Наприклад, STEM TeacherRoundtables(<https://www.cee.org/teacher-roundtables>).

Міжнародний досвід свідчить, що STEM-центри / STEM-лабораторії освіти можуть звертатися до відповідних фондів щодо призначення стипендій для найбільш активних суб'єктів розбудови STEM освіти в Україні: від учнів до фахівців освітньої і виробничої галузей.

Дослідження контекстів уживання понять «STEM-центр» і «STEM-лабораторія» виявило, що компетенції STEM-центрів і STEM-лабораторій мають спільні компоненти. Однак, більш детальний розгляд цього питання дає підстави для розуміння STEM-лабораторій як установ, у яких здійснюється переважно науково-дослідна і методична освітня діяльність. Водночас, функції STEM-центрів спрямовані, перш за все, на організацію і координацію взаємодії *STEM-суб'єктів*: молоді, викладачів, закладів освіти різного рівня і спрямування, представників підприємств і бізнесу, державних установ, громадськості, батьківської спільноти.

Отже, зазначене створило підстави для таких визначень досліджуваних понять.

STEM-центр – спеціалізована освітня установа, створена при організації, навчальному закладі, підприємстві або їх об'єднанні з метою надання STEM орієнтованих освітніх послуг і призначена для сприяння взаємодії зацікавлених осіб. До її функцій належать: організація практичної діяльності учнів з використанням інноваційних методів навчання у різних сферах (технології, інженерія, програмування, екологія та ін.); мотивація учнів старших класів до продовження освіти у науково-технічній та інженерній сферах; популяризація STEM-освіти; підтримка наукової та інженерної складових у неформальній освіті молоді; створення і забезпечення необхідних умов для професійного самовизначення учнів; організація, координація, сприяння ефективній комунікації і взаємодії між суб'єктами STEM-процесів (проведення конференцій, симпозіумів, круглих столів, семінарів, реалізація міжнародних STEM-проектів тощо).

Водночас, *STEM-лабораторія* може бути визначена як наукова установа або її відділ, що проводить STEM орієнтовану експериментальну науково-дослідну, методичну і навчальну роботу, спрямовану на впровадження і розвиток STEM-освіти. STEM-лабораторії здійснюють діяльність, пов'язану з аналізом і узагальненням перспективних для STEM педагогічних концепцій, методологій і методик, видів і форм організації ефективного навчання, у тому числі очного, дистанційного, віртуального, розроблення й апробацію інноваційних програм, високотехнологічних засобів навчання, підготовку навчально-методичної літератури, формування науково-методичної бази для викладання STEM-дисциплін, проведення методичних семінарів і науково-практичних конференцій з обміну досвідом STEM-навчання, організацію наукових шкіл для молоді, підготовку й перепідготовку педагогічних кадрів, популяризацію винахідницької, науково-дослідної діяльності та розвиток учнівської і студентської практико орієнтованої творчості та ін.

Аналіз контенту ресурсів Інтернету дає підстави для висновку про те, що поняття *STEM-коаліція* і *STEM-центр* уживаються у подібному контексті. На веб-сторінках STEM-коаліцій ці громадські спільноти позиціонують себе як альянс ділових, професійних і освітніх установ, що активно працюють над підвищенням рівня обізнаності суспільства щодо ролі STEM-освіти у поліпшенні навчання молоді і всебічно сприяють інтеграції бізнесу, освіти, місцевих громад і державних установ [28].

STEM-освіта базується на використанні засобів та обладнання, що пов'язані з технічним моделюванням, енергетикою й електротехнікою, інформатикою, обчислювальною технікою і мультимедійними технологіями, науковими дослідженнями у сфері енергозберігаючих технологій, автоматикою, телемеханікою, робототехнікою і інтелектуальними системами, радіотехнікою і радіоелектронікою,

авіацією, космонавтикою і аерокосмічною технікою тощо.

Поряд із традиційними джерелами здобуття знань широко використовуються глобальні і локальні інформаційні мережі з різноманітними базами даних і профільними експертними системами для вивчення й аналізу явищ, наукових експериментів, моделювання тощо, а також, на базі яких створюються спеціальні середовища навчання з використанням ІКТ, онтологічні кабінети [29], віртуальні STEM-лабораторії, музеї науки та ін.

Особливої уваги заслуговують віртуальні центри STEM-освіти, які з точки зору методології проектуються із залученням когнітивних і соціальних технологій, а також трансферу знань та трансдисциплінарних підходів. За допомогою таких мережних ресурсів учні та студенти можуть брати участь у реальних і віртуальних навчальних дослідженнях, долучатися до міжнародних дослідницьких проєктів, таких як ICE Cubes Service, EDU-ARCTIC, BIOTALENT та ін. На навчання через дослідження спрямована діяльність віртуального ресурсу «STEM-лабораторія МАНЛаб» [30], який створено в НЦ МАН України. Розробниками цієї освітньої платформи пропонується система добору дослідницьких проєктів для учнів, відповідно до визначених інтересів у дисциплінах STEM. Поряд з цим, віртуальний центр пропонує дистанційну й очну фахову методичну й технологічну допомогу в організації STEM-навчання учнівської молоді України, і як відкритий освітній простір, передбачає подальше наповнення контенту фахівцями і волонтерами від науки і технологій.

Розвиток мотивації учнів щодо STEM-освіти здійснюється також через позакласні і позашкільні заходи, конкурси, фестивалі, веб-квести, літні програми природничонаукового, інженерно-технічного спрямування, діяльність дитячих наукових університетів тощо.

Упровадження STEM-освіти має глибинний характер і включає розв'язання проблем підготовки вчителя, який усвідомлює свою соціальну відповідальність, постійно дбає про своє особистісне і професійне зростання, уміє досягти нових педагогічних цілей, сам вчиться у процесі навчання інших. Сучасний і майбутній учитель – це активний проєктувальник міждисциплінарних навчальних програм, який на основі системи знань, розуміння наукової картини світу має визначати зміст, обсяг і послідовність навчання, характер і ступінь інтеграції знань з різних гностичних полів, добирати методи, методики і стратегії, які забезпечать найбільш очікуваний педагогічний результат [10], на фоні стійкої мотивації постійно працювати над собою.

Домінантною стає підготовка вчителя, діяльність якого не обмежується викладанням власного предмета; фахівця, здатного до реалізації міждисциплінарних зв'язків, який усвідомлює значущість професійних знань у контексті соціокультурного простору. Важливим є його вміння організувати навчальний процес як педагогічну взаємодію, спрямовану на розвиток особистості дитини, її підготовку до розв'язання завдань життєтворчості. Беззаперечно, розвиток STEM-освіти потребує нових наукових досліджень, дидактичних розробок, навчених, грамотних і керованих молодих талантів, які змогли б суттєво вплинути на цей процес. У зв'язку з цим посилена увага приділяється реалізації довгострокових ініціатив щодо професійного розвитку STEM-педагогів.

«Цілі освіти XXI ст. полягають у тому, щоб розвивати інтуїцію в учнів, пояснювати природу закономірностей, зав'язків між дисциплінами, науками, курсами, що становлять зміст їхньої освіти; керувати творчими процесами і творчою діяльністю, розвивати вміння аналізувати явища, структуру, форми цілі, методи навчання, які задовольняють процес навчання, спрямовувати зусилля на ліквідацію труднощів, які його блокують» [17]. Отже, роль учителя не лише в тому, щоб забезпечити трансляцію знань, але й бути людиною культури і загальнолюдських цінностей, провідником ідей

державотворення і демократичних змін.

Отже, професійна переорієнтації вчителя має здійснюватися у напрямі від просвітництва до здійснення життєтворчої і культуротворчої місії, від маніпулятивної, авторитарної педагогіки до особистісно зорієнтованої педагогіки, педагогіки співробітництва [14].

Усе це вимагає кардинальних змін у первинній і післядипломній професійній освіті вчителя. Післядипломна педагогічна освіта має стати більш персоніфікованою, надаючи кожному вчителю ширші можливості для оновлення, удосконалення, поглиблення своєї професійної підготовки у прийнятний для нього спосіб, у тому числі на базі інноваційного дистанційного навчання.

Нині Міністерством освіти і науки України передбачається створення у регіонах системи стимулювання і підтримки новаторських пошуків учителів: педагогічних банків ідей, творчих спілок учителів-новаторів, благодійних фондів тощо [15].

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підводячи підсумки проведеного дослідження, слід зазначити, що STEM-напряму в освіті виник як засіб вирішення протиріч, глибинно пов'язаних з конвергенцією NBICS-технологій, радикальними змінами вимог до фахівців на ринку праці у XXI столітті й генетичною інертністю системи освіти у формуванні актуальних компетентностей і навичок.

Виявлено, що на державному рівні STEM-процеси створюють необхідні умови для реалізації права громадян України на отримання якісної, затребуваної на ринку праці, освіти, забезпечують інноваційність розвитку й ефективність системи освіти в умовах децентралізації її управління, прискорюють інтеграцію нашої держави у світовий економіко-освітній простір, підвищують національну безпеку і добробут українського суспільства.

Проведене дослідження показало, що значущими соціальними наслідками впровадження STEM-освіти є формування у підростаючого покоління раннього професійного вибору, усвідомлення його значущості на особистісному і суспільному рівні, популяризація інноваційної інженерної діяльності, підтримка обдарованої молоді, генерування, розвиток і поширення інноваційних педагогічних технологій та ін.

З'ясовано, що STEM є основою новітньої динамічної педагогіки XXI століття, яка оперує власними категоріями, зміст, структура і взаємодія яких є мало дослідженими і які потребують стандартизації на основі всебічного аналізу, систематизації знань, обговорення на різних рівнях: від шкільних педагогічних нарад до міжнародних конференцій тощо.

Виявлено, що ключовими питаннями у розбудові STEM-освіти є надійна цільова підтримка ефективної професійної підготовки STEM-педагогів, ініціативи, спрямовані на залучення й утримання талановитих STEM-викладачів, розроблення високоякісних стандартів у STEM-галузях, встановлення пріоритету для розвитку STEM орієнтованих проектів, програм і навчальних планів, які включають аудиторну і позашкільну навчальну діяльність, зокрема польові дослідження, літні наукові табори, експедиції, конкурси, турніри тощо. Водночас, мало вивченою залишається проблема урахування компетентності школярів у проектній, навчально-дослідницькій та науково-дослідницькій діяльності як одного з результатів загальної середньої освіти.

Необхідними є подальше ґрунтовне дослідження наукових засад STEM-освіти, які виконуватимуть також прогностичну функцію, пошук шляхів і методів сприяння участі бізнесу і промисловості у впровадженні STEM-освіти на кожному рівні.

Актуальним є моделювання освітнього середовища STEM орієнтованого навчання з детальним розглядом усіх його компонент, як то просторово-матеріальної, інформаційно-технологічної й соціально-особистісної. З цією метою необхідно провести детальний аналіз існуючих світових освітніх практик (Project Based Learning, LEGO Education, Problem Solving, Renzulli Learning, Future Classroom Lab та ін.)

Слід зазначити, що подальші дослідження «українського вектору» STEM-освіти є мультиаспектними і мають здійснюватися у вертикально-горизонтальних напрямках: від розроблення, апробації і впровадження інноваційних міждисциплінарних навчальних програм, визначення системи надійних критеріїв і показників якості STEM-освіти доїї державної підтримки як одного з національних пріоритетів, що має бути відображено в освітній реформі, політиці впровадження інновацій, яка має ґрунтуватися на фактичних даних, підкріплюватися партнерством з громадою і зацікавленими сторонами: представниками держави і бізнесу, роботодавцями, науково-дослідними установами й освітніми організаціями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] І. Ю. Матюшенко, та І. Ю. Бунтов, “Перспективи конвергенції NBIC-технологій для створення технологічної платформи нової економіки”, *Бізнесінформ*, № 2, с. 66-70, 2012.
- [2] Н. І. Поліхун, І. А. Сліпухіна, та І. С. Чернецький, “Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України”, *Освіта та розвиток обдарованої особистості*, № 3(58), с. 05-09, 2017.
- [3] І. А. Сліпухіна, *Формування технологічної компетентності майбутніх інженерів з використанням системи комп’ютерно орієнтованого навчання*. Луцьк, Україна: СПД Гадяк Ж. В., 2014.
- [4] Report to the European commission of the expert group on science education, *Science education for Responsible Citizenship*. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf. Accessed on: July, 12, 2017.
- [5] Partnership for 21st century learning. [Online]. Available: www.P21.org. Accessed on: July, 12, 2017.
- [6] 21st Century Skills Map, *Partnership for 21st century Skills*. [Online]. Available: <https://www.actfl.org/sites/default/files/CAEP/AppendixCAlignmentFramework21stCentury.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [7] І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький, С. М. Меньяйлов, Ж. О. Рудницька, та Г. Д. Матеїк, “Сучасний фізичний експеримент у дидактиці STEM орієнтованого навчання”, *Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*, вип. 22, с. 325-328, 2016.
- [8] U. S. Department of Education. *Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership*. [Online]. Available: <https://www.ed.gov/stem>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [9] Е. J. Ном, “What is STEM Education?” *Live Science Contributor* [Online]. Available: <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [10] Н. Н. Jacobs, *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. Ed. Alexandria, VA: ASCD, 1989. – 97 p. [Online]. Available: <http://www.ascd.org/publications/books/61189156.aspx>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [11] STEM-education [Online]. Available: <https://teach.com/what/teachers-know/stem-education/>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [12] Міністерство освіти і науки України, протокол № 1/1-4 (2016, Січ. 21). *Про форсайт соціо-економічного розвитку України на середньостроковому (до 2020 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах (в контексті підготовки людського капіталу)*. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://mon.gov.ua/about/kolegiya-ministerstva/rishennya-kolegiyi-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini-\(2016-rik\).html](http://mon.gov.ua/about/kolegiya-ministerstva/rishennya-kolegiyi-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini-(2016-rik).html). Дата звернення: Лип. 12, 2017.
- [13] "План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 р.р." [Електронний ресурс]. Доступно: <https://imzo.gov.ua/2016/11/10/plan-zahodiv-shhodo-vprovadzhennya-steam-osviti-v-ukrayini-na-2016-2018-roki/> Дата звернення: Лип. 13, 2017.
- [14] "The New Ukrainian School" [Online]. Available: <http://mon.gov.ua/Новини%202017/02/17/book-final-eng-cs-upd-16.01.2017.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017.

- [15] "Відділ STEM освіти" [Електронний ресурс]. Доступно: <https://imzo.gov.ua/promimzo/struktura/viddil-stem-osviti>. Дата звернення: Лип. 13, 2017.
- [16] K. Schwab, *The Fourth Industrial Revolution*. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [17] Т. І. Левченко, *Європейська освіта: конвергенція та дивергенція*. Вінниця, Україна: Нова книга, 2007.
- [18] О. Стрижак, "Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів", дис. д-ра техн. наук, Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору, Київ, 2014.
- [19] R. Allinson, K. Izsak, & E. Griniece, "Catalysing innovation in the knowledge triangle", *The European Institute of Innovation and Technology (EIT)*, 2012. [Online]. Available: https://eit.europa.eu/sites/default/files/EIT_publication_Final.pdf?. Accessed on: Sept. 12, 2017.
- [20] University of Cambridge. *What is knowledge transfer?*. [Online]. Available: <http://www.cam.ac.uk/research/news/what-is-knowledge-transfer>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [21] D. Vilorio, *STEM 101: Intro to tomorrow's jobs* [Online]. Available: <https://www.bls.gov/careeroutlook/2014/spring/art01.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [22] *STEM 2026.A Vision for Innovation in STEM Education* [Online]. Available: https://innovation.ed.gov/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf. Accessed on: July, 12, 2017.
- [23] R. J. Lawrence, and C. Després, "Futures of transdisciplinarity", *Futures*, vol. 36(4), pp. 397-405, 2015. [Online]. Available: http://transd.rudygarns.com/lib/exe/fetch.php/futures_of_transdisciplinarity.pdf. Accessed on: July, 12, 2017.
- [24] Р. Дж. Штернберг, *Интеллект, приносящий успех*, Минск, Беларусь: ООО «Попурри», 2000.
- [25] Н. І. Поліхун, *Дистанційна підтримка дослідницької діяльності учнів: методичні рекомендації*. Київ, Україна: Інститут обдарованої дитини, 2014.
- [26] Ж. І. Білик, та К. Г. Постова, "Методика та організація навчально-дослідницької діяльності учнів з біології з огляду на STEM підхід в освіті", *Освіта та розвиток обдарованої особистості*, № 6, с. 22–25, 2017.
- [27] Global STEM Education Center [Online]. Available: <http://www.globalstemcenter.org/teacher-development.html>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [28] STEM-education coalition [Online]. Available: <http://www.stemedcoalition.org/>. Accessed on: July, 12, 2017.
- [29] С. О. Довгий та ін., *Онтологічний кабінет дослідження життя та творчості Тараса Шевченка в середовищі науково-освітнього порталу KOVZAR.UA*. Київ, Україна: Інститут обдарованої дитини, 2016.
- [30] STEM-лабораторія МАНЛаб [Електронний ресурс]. Доступно: <http://stemua.science>. Дата звернення: Лип., 12, 2017.

Матеріал надійшов до редакції 15.07.2017 р.

STEM-ОБРАЗОВАНИЕ: КЛЮЧЕВЫЕ ДЕФИНИЦИИ

Стрижак Александр Евгеньевич

доктор технических наук, заместитель директора по научной работе
Национальный центр «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-4954-3650
stryzhak@man.gov.ua

Слипухина Ирина Андреевна

доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры общей физики
Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-9253-8021
slipukhina@i.ua

Полыхун Наталия Ивановна

кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник
Институт одаренного ребенка НАПН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-0176-0752
np.iod@ukr.net

Чернецкий Игорь Станиславович

кандидат педагогических наук, заведующий отделом создания учебно-тематических систем знаний
Национальный центр «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина

ORCID ID 0000-0001-9771-7830

manlabkiev@gmail.com

Аннотация. Проведен содержательный анализ ключевых понятий STEM, которые являются основополагающими в понимании сущности нового образовательного направления. Установлено, что актуальность STEM-образования детерминирована существенным отставанием системы образования от требований современного рынка труда. Раскрыто содержание наиболее востребованных в XXI веке компетенций и навыков. Определены цели, задачи, структура, содержание и ожидаемые результаты внедрения и развития STEM-образования в Украине, доказано ее соответствие концептуальным основам развития средней школы «Новая украинская школа». Предложены основные дефиниции STEM-образования. Выяснено, что особое место в формировании ее содержания занимают междисциплинарный и компетентностный подходы, проблемно ориентированное обучение, когнитивные технологии в организации познавательной деятельности. Рассмотрены направления дальнейшего развития STEM-обучения в отечественном образовании.

Ключевые слова: STEM-образование; STEM-обучения; STEM-сферы деятельности; STEM-компетенции; STEM-лаборатория; STEM-центр; междисциплинарность.

STEM-EDUCATION: MAIN DEFINITIONS

Oleksandr Ye.Stryzhak

Doctor Habilitat (computer science), Deputy Director for Science

Minor Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-4954-3650

stryzhak@man.gov.ua

Iryna A. Slipukhina

Doctor Habilitat (social science), Associate Professor, Professor of General Physics Department,

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-9253-8021

slipukhina@i.ua

Nataliia I. Polikhun

PhD (pedagogical sciences), Senior Research Officer, Leading Researcher

Gifted Child Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-0176-0752

np.iod@ukr.net

Ihor S. Chernetskiy

PhD (pedagogical sciences)

Department of teaching and thematic knowledge systems development, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0001-9771-7830

manlabkiev@gmail.com

Abstract. The content analysis of key concepts of STEM is conducted. The essence of the new approach in education is established. The relevance of STEM education is related to the requirements of the world labor market. The content of the most demanded in the labor market of the XXI century, competencies and skills are presented in the article. The purpose, task, structure, content and expected results of the introduction and development of STEM-education in Ukraine are determined. Accordance of STEM-education with the conceptual foundations for the development of the "New Ukrainian School" is defined. The main definitions of STEM-education are offered. It was noted that a special place in the formation of its content is transdisciplinary approach, cognitive technologies in the organization of cognitive activity. Possible ways of further development of STEM-learning in Ukrainian education are considered.

Key words: STEM-education; STEM-learning; STEM-areas; STEM-competencies; STEM-laboratory; STEM-centre; interdisciplinarity.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Ju. Matjushenko, and I. Ju. Buntov, Perspective convergence of NBIC-technologies for the technological platform of the new economy, *Businessinform*, № 2, с. 66-70, 2012 (in Ukrainian).
- [2] N. I. Polikhun, I. A. Slipukhina, and I. S. Chernecjkyj, "*STEM Pedagogical Technology as a Means to Reform the Ukrainian Educational System*", *Education and Development of Gifted Personality*, No. 3 (58), с. 05-09, 2017 (in Ukrainian).
- [3] I. A. Slipukhina, *Formation of technological competence of future engineers using a system of computer-based learning*. Lutsk, Ukraine: SPD GhadjakZh. V., 2014 (in Ukrainian)
- [4] Report to the european commission of the expert group on science education, *Science education for Responsible Citizenship*, [Online]. Available: http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [5] Partnership for 21st century learning [Online]. Available: www.P21.org. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [6] 21st Century Skills Map, *Partnership for 21st century Skills* [Online]. Available: <https://www.actfl.org/sites/default/files/CAEP/AppendixCAlignmentFramework21stCentury.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [7] I. A. Slipukhina, I. S. Chernecjkyj, S. M. Mjenjajlov, Zh. O. Rudnycjka, and Gh. D. Matejik, "A modern physical experiment in STE-based teaching didactics", *Collection of scientific works of the Kamyanets-Podilsky National University named after Ivan Ogienko, Issue 22*, p. 325-328, 2016 (in Ukrainian).
- [8] U. S. Department of Education. *Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership* [Online]. Available: <https://www.ed.gov/stem>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [9] E. J. Hom, "What is STEM Education?" *LiveScience Contributor* [Online]. Available: <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [10] H. H. Jacobs, "Interdisciplinary curriculum: Design and implementation" *Ed. Alexandria, VA: ASCD*, 1989. – 97 p. [Online]. Available: <http://www.ascd.org/publications/books/61189156.aspx>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [11] STEM-education [Online]. Available: <https://teach.com/what/teachers-know/stem-education/>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [12] Ministry of Education and Science of Ukraine, protocol № 1/1-4 (2016, Jan. 21). *On the foresight of the socio-economic development of Ukraine in the medium-term (until 2020) and long-term (until 2030) time horizons (in the context of human capital training)* [Online]. Available: [http://mon.gov.ua/about/kolegiya-ministerstva/rishennya-kolegiyi-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini-\(2016-rik\).html](http://mon.gov.ua/about/kolegiya-ministerstva/rishennya-kolegiyi-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini-(2016-rik).html). Accessed on: July, 13, 2017 (in Ukrainian).
- [13] Implementation plan of STEM education in Ukraine for 2016-2018. [Online]. Available: <https://imzo.gov.ua/2016/11/10/plan-zahodiv-shhodo-vprovadzhennya-steam-osviti-v-ukrayini-na-2016-2018-roki/> Accessed on: July, 13, 2017 (in Ukrainian).
- [14] The New Ukrainian School [Online]. Available: <http://mon.gov.ua/Новини%202017/02/17/book-final-eng-cs-upd-16.01.2017.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [15] Department of STEM Education [Online]. Available: <https://imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti>. Accessed on: July, 13, 2017 (in Ukrainian).
- [16] K. Schwab, "*The Fourth Industrial Revolution*". [Online]. Available: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [17] T. I. Levchenko, *European Education: Convergence and Divergence*, Vinnytsya, Ukraine: Nova knygha, 2007 (in Ukrainian).
- [18] O. Stryzhak, "*Transdisciplinary integration of information resources*", Dissertation Dr Hub. (computer science), NAS of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global Information Spase, Kyiv, 2014 (in Ukrainian).
- [19] R. Allinson, K. Izsak, & E. Griniece, "Catalysing innovation in the knowledge triangle", *The European Institute of Innovation and Technology (EIT)*, 2012. [Online]. Available: https://eit.europa.eu/sites/default/files/EIT_publication_Final.pdf?.. Accessed on: September, 12, 2017.
- [20] University of Cambridge. *What is knowledge transfer?* [Online]. Available: <http://www.cam.ac.uk/research/news/what-is-knowledge-transfer>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [21] D. Vilorio, "STEM 101: Intro to tomorrow's jobs". [Online]. Available: <https://www.bls.gov/careeroutlook/2014/spring/art01.pdf>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).

- [22] STEM 2026, *A Vision for Innovation in STEM Education* [Online]. Available: https://innovation.ed.gov/files/2016/09/AIR-STEM2026_Report_2016.pdf. Accessed on: July, 12, 2017.
- [23] R. J. Lawrence, and C. Després, “Futures of transdisciplinarity”, *Futures*, vol. 36(4), pp. 397-405, 2015. [Online]. Available: http://transd.rudygarns.com/lib/exe/fetch.php/futures_of_transdisciplinarity.pdf. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [24] R. J. Sternberg, The Theory of Successful Intelligence – *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology* - 2005, Vol. 39, Num. 2 pp. 189-202. [Online]. Available: www.actef.es/sternberg.pdf Accessed on: July, 14, 2017 (in English).
- [25] N. I. Polikhun, *Distance support for students' research activities: methodical recommendations*. Kyiv, Ukraine: Institute of Gifted Child, 2014 (in Ukrainian).
- [26] Zh. I. Bilyk, and K. Gh. Postova, “*Methodology and organization of research activities of pupils in biology in view of the STEM approach in education*”, *Education and Development of Gifted Personality*, № 6, с. 22–25, 2017 (in Ukrainian).
- [27] Global STEM Education Centre [Online]. Available: <http://www.globalstemcenter.org/teacher-development.html>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [28] STEM-education coalition [Online]. Available: <http://www.stemedcoalition.org/>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).
- [29] S. O. Dovghyjand other, *Ontology cabinet for researching of the life and work of Taras Shevchenko in the environment of the scientific and educational portal KOBZAR.UA*. Kyiv, Ukraine: Institute of Gifted Child, 2016 (in Ukrainian).
- [30] STEM-laboratory MANLab [Online]. Available: <http://stemua.science>. Accessed on: July, 12, 2017 (in English).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.