



1. НАУКА – ПРАКТИЦІ



**Наталія Іванівна
Поліхун,**

кандидат педагогічних наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інституту обдарованої дитини
НАПН України,
м. Київ, Україна



**Ірина Андріївна
Сліпухіна,**

доктор педагогічних наук,
доцент, доцент кафедри
загальної фізики Національного
авіаційного університету,
м. Київ, Україна



**Ігор Станіславович
Чернецький,**

кандидат педагогічних наук,
завідувач відділу створення
навчально-тематичних систем
знань, Національний центр
«Мала академія наук України»,
м. Київ, Україна

УДК 378.1:530-057.87(045)

ПЕДАГОГІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ STEM ЯК ЗАСІБ РЕФОРМУВАННЯ ОСВІТНЬОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Проведен аналіз істоків, актуальності і дидактичних особливостей STEM як освітньої стратегії. Установлені існуючі тенденції і процеси в національній освіті по впровадженню STEM-підходу, в частині, в освіті талановитої молоді. Визначені перспективи його впровадження для реформування освітньої системи України.

Ключевые слова: STEM-освіта, міждисциплінарний підхід, спеціальні освітні програми.

Causes, relevance, didactical features STEM-education established in the article. Trends in the national education on implementing STEM-installed, the main directions of further actions were proposed. The prospects for introducing STEM-education in Ukraine have predicted.

Key words: STEM-education, interdisciplinary approach, special education programs.

На думку широкого кола фахівців ядром економіки XXI ст. є конвергенція NBICS технологій [16], пов'язаних з шостим технологічним укладом цивілізаційного розвитку. Вони детерміновані глобальними проблемами і потребами людства [3].

Не є новою концепція синергетичного поєднання у найближчій перспективі галузей науки у новітній рівень структуризації знання, що є радикально новим, інтегрованим за різними рівнями розвитку та організації матерії. Цілісна система уявлень про загальні закони побудови і розвитку об'єктивної реальності містить засади сучасної техніко-технологічної та наукової картин світу. Останній властиві такі

рисі, як глобальний еволюціонізм, самоорганізація, плюралізм істини і міждисциплінарність [8].

Русійними силами інноваційного розвитку NBICS технологій в кожній країні є наука та освіта, виробництво, бізнес і держава тощо.

Фундаментальна місія сучасної освіти – це підготовка конкурентно спроможних фахівців, здатних до міждисциплінарної, інтегрованої діяльності, спрямована на вирішення наявних у суспільстві постмодерну протиріч [12]. Впливовою є суперечність між темпами техніко-технологічного розвитку суспільства та значним зниженням цікавості учнів до дисциплін природничо-математичного циклу, знання



яких є основою сучасних технологій різного рівня та спрямування (від техніки до соціально-економічних процесів) [6]. Звернення до STEM-стратегії у навчанні на різних академічних рівнях є новітнім викликом класичній системі освіти.

Аналіз останніх публікацій виявив, що академічно і технологічно активна молодь має загальне уявлення про такі новітні поняття, як нанонаука, нанотехнології, наноіндустрія, біоніка, генна інженерія, квантові, оптичні і ДНК-комп'ютери, лазерні телевізори, безекранні дисплеї, мемристори, безпечна зелена енергетика, сонячні мікроелементи тощо. Такі та споріднені з ними терміни, зміст яких почав формуватися на межі ХХ–ХХІ ст., певним чином відображають сучасний стан розвитку, окреслюють перспективи науки і технологій, містять контент як ЗМІ різного рівня, так і шкільних підручників.

Технологічні прогнози на період до 2020 р. декларують революційні зміни, появу інформаційних мереж та Інтернету нового покоління, що знімають будь-яке обмеження на спілкування і мережеву науково-прикладну діяльність у науковій та освітній сфері, появу нової енергетики з використанням екологічно чистих або зелених технологій, підвищення ефективності використання вуглецево-водневого палива. Універсальним ресурсом при цьому будуть високоефективні нано- і біоматеріали [3].

На Всесвітньому економічному форумі у Давосі (січень 2016 р.) було зазначено, що четверта промислова революція супроводжується кардинальними змінами на ринку праці. Зокрема, у доповіді «Майбутнє працевлаштування» [20] президента форуму К. Шваба наголошено на докорінній трансформації якості життя у найближчому майбутньому, спілкування, діяльності та взаємодії членів суспільства. Так, на початку 2020-х рр. відбудеться кардинальна зміна більше 35 % навичок, що мають сучасні працівники, зникнуть деякі професії, а звичними стануть ті, яких ще не існує. Визначалося, що більш критичним фактором інноваційного виробництва буде талант (інтелект), а це призведе до стрімкого зростання попиту на висококваліфікованих фахівців.

Опитування провідних роботодавців з різних країн світу сприяло визначенню рейтингу 10 затребуваних компетенцій до 2020 р., чільне місце серед яких належить здатності та готовності до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, управління, координації діяльності, співпраці, рефлексії, прийняття рішень, орієнтації на обслуговування, ведення переговорів і когнітивної гнучкості [12].

Прогностичні дослідження McKinsey Global Institute, проведені у США, виявили потенційний глобальний дефіцит у 2018 р. 140–180 тис. працівників з поглибленими аналітичними навичками, а також 1,5 млн менеджерів та аналітиків з ноу-хау у високотехнологічних професіях [25]. У відповідних висновках наголошено на необхідності докорінного перегляду наявних моделей освіти, освітніх програм та

підходів до організації навчання, відставання яких від вимог до фахівців на сучасному ринку праці вимірюють десятками років.

Встановлено, що в 1990-х рр. зародився якісно новий підхід до формування змісту та організації освіти, орієнтованої на формування науково-технічної еліти. Акронім STEM (від англ. *Science* – природничі науки, *Technology* – технології, *Engineering* – інжиніринг, проектування, дизайн, *Mathematics* – математика) визначає характерні риси відповідної дидактики, сутність якої полягає в поєднанні міждисциплінарних практико-орієнтованих підходів до вивчення як окремих дисциплін (онтологій), так і сучасних методів і засобів наукового і техніко-технологічного дослідження [17].

Як окрема галузь дидактики, STEM-освіта виокремилася в США у 2009 р. з програми Educate to Innovate, а вже у 2014 р. на фінансування її розвитку урядом цієї держави було виділено 3,1 млрд доларів США, що на 6,7 % більше, ніж у 2012 р. [11]. Визначальним чинником такої суттєвої підтримки є статистично доведене падіння цікавості учнів до предметів, що становлять фундаментальну базу сучасних технологій різного рівня (природничих і математичних дисциплін). Значущим наслідком такої ситуації стала низька компетентність молоді в актуальних галузях виробництва, що визначають конкурентну спроможність будь-якої країни на світовому ринку у сфері економіки і технологій [19].

З огляду на фундаментальну важливість STEM-підходу нині в освіті впроваджують на державному рівні в економічно розвинених країнах і є «зоною» посиленого фінансування технологічно орієнтованих освітніх проектів з боку державних і приватних агенцій та установ.

Метою цієї статті є виявлення сутності, мети та технології реалізації STEM-підходу під час реформування світових освітніх систем, а також з'ясування засад його реалізації у вітчизняній освіті.

Головною ідеєю STEM-технології у педагогіці є конструювання навчальних дисциплін (курсів) на міждисциплінарних засадах (інтегроване навчання відповідно до певних тем, а не окремих дисциплін [18]), що комплексно формують ключові фахові та соціально-особистісні компетенції молоді [7].

Розглянемо сутність категорій, що є засадою для розуміння онтології STEM-освіти. Комплексний міждисциплінарний підхід до розроблення навчальних планів, програм – це основна ознака STEM, а основна мета такої інтеграції – підготовка фахівців цього напрямку.

Методологія науки трактує, що міждисциплінарність є синергетичним поєднанням навчальних дисциплін, взаємодії методів, інструментарію для вивчення і конструювання міждисциплінарних об'єктів, предметів, для отримання нового знання [10]. Міждисциплінарний характер сучасного пізнання зумовлено тим, що наука з «дисциплінарної» сфери діяльності перетворюється в «проблемно орієнтовану». Наприклад,



проблему штучного інтелекту вивчають математики, інженери, психологи, філософи, лінгвісти та ін. Такий підхід дає змогу глибше і ширше ставити відповідні проблеми і знаходити оригінальні та перспективні їх вирішення [14]. Міждисциплінарність в освіті розглядають як педагогічну інновацію [9]. Ключову педагогічну проблему під час розроблення STEM орієнтованих навчальних програм містить технологія інтеграції компонентів, що, з одного боку, є близькими дисциплінами, а з іншого – самостійними усталеними онтологіями: Science як спосіб пізнання, який допомагає зрозуміти навколишній світ; Technology як спосіб (засіб) покращення світу, що має чутливість до соціальних змін; Engineering як спосіб створення та покращення пристроїв для вирішення реальних проблем; Mathematics як спосіб опису світу «аналіз світу і реальних проблем за допомогою числа» [14]. Такий комплексний підхід є природним і фактично затребуваним у випадку, коли розв'язується певна реальна проблема (наприклад, під час організації проблемно зорієнтованого навчання відповідно до ланцюга питань «Що це? Як з цим діяти? Як і чим удосконалити? Як це зрозуміло представити іншим?»). Отже, відбувається поєднання наукового методу, технології, проектування й математики в основі розроблення освітньої STEM-програми. Важливо, що результатом інтеграції може бути впровадження окремого навчального предмету STEM або ж певні зміни у навчальному плані кожного зі STEM-предметів на основі впровадження інновацій, посилення практичної компоненти у вирішенні реальних проблем.

Зазначимо, що у педагогічній літературі США розрізняють декілька видів міждисциплінарного підходу, залежно від характеру відносин між дисциплінами, а саме:

- *інтердисциплінарний* (crossdisciplinary) підхід – передбачає розгляд однієї дисципліни крізь призму іншої (наприклад, історія математики);
- *мультидисциплінарний* (multidisciplinary) підхід – зіставляє декілька дисциплін, що фокусуються на одній проблемі, однак не поєднує їх;
- *плюридисциплінарний* (pluridisciplinary) підхід – поєднує споріднені дисципліни (наприклад фізику і математику, фізику й інженерію);
- *трансдисциплінарний* (transdisciplinary) підхід – виходить за межі окремих дисциплін, зосереджується на певній проблемі та отриманні відповідних знань [14].

Оскільки STEM-освіта, з точки зору філософських засад, – це методологічна єдність природничих, технічних і соціально-гуманітарних наук, що виявляється у застосуванні спільного математичного апарату, інформаційно-комунікаційних технологій, моделювання та міждисциплінарної взаємодії, то залежно від основної мети освітньої програми, обирають відповідний підхід міждисциплінарної інтеграції [11].

Педагогічний пошук та наявна практика доводять, що ідеальна модель STEM-освіти має певні особливості, які необхідно враховувати у навчальному

процесі: від проектування конкретного заняття до взаємодії зі вчителями суміжних дисциплін. Так, заняття повинні мати ознаки проблемного навчання, засадами яких є постановка завдань з реальним контекстом, розв'язання яких передбачає міждисциплінарну взаємодію, переважне використання індуктивних методів дослідження, діяльність в команді тощо [13]. Продуктивність останньої значно зростає за умови систематичної взаємодії та злагодженості вчителів, які спільно реалізують STEM-проект [13].

Фізико-математичний контент є засадничим у навчанні, зорієнтованому на STEM. Його реалізація передбачає використання інженерного методу дослідження (інженерного проектування), до складу якого належать такі етапи, як визначення сутності проблеми, попереднє дослідження, визначення вимог, мозковий штурм, розроблення і тестування прототипу, оцінювання результату, внесення змін і представлення отриманого результату [7]. На відміну від наукового методу дослідження, завдяки цьому підходу учні здобувають знання, застосовуючи до розв'язання поставленого завдання різноманітні (часто помилкові) підходи, що виступають засобом навчання в розв'язанні конкретної проблеми.

До інших важливих передумов впровадження цього дидактичного напрямку належить перебування суб'єктів пізнавальної діяльності у стані опрацювання постійно зростаючих обсягів інформації, що потребує здатності і готовності, з одного боку, до виокремлення практично значущих даних, а з іншого – вміння їх подальшого суспільно важливого застосування (компетенції критичного та креативного мислення) [6].

Здійснений аналіз виявив, що STEM-освіта формує певний комплекс якостей особистості, що складається з критичного мислення, навичок творчості та діяльності в команді. Досягнення відповідної педагогічної мети може здійснюватися інтеграцією STEM-дисциплін через навчально-дослідницьку міждисциплінарну діяльність [5; 9] та потребує впровадження як нових методичних підходів, так і спеціального обладнання [15].

Очевидно, що впровадження і розвиток STEM-освіти потребує підготовки відповідних педагогічних кадрів, правової та інформаційної підтримки на різних рівнях [18], створення спільнот, які об'єднують не лише фахівців, а й зацікавлених представників різних прошарків населення і професій [19]. Необхідно зауважити, що в США зазначена освітня система розвивається спільно з програмою екологічної освіти K-12. Це означає, що реалізація STEM-проектів відбувається поступово як в аудиторний, так і у позашкільний час, починаючи з молодшої школи (у літніх таборах, гуртках, спільнотах тощо) [15].

Здійснений аналіз інформаційних джерел з актуальних проблем розбудови STEM-напрямку в освіті виявив важливість та необхідність виокремлення наявних тенденцій у вітчизняній освіті щодо впровадження STEM та окреслення напрямів подальших дій.



Зазначимо, що STEM-напряму реформування освіти, розбудова «Нової школи», програми якої формуються під гаслом інтеграційних процесів різних напрямів [4], передбачають розв'язання реальних освітніх проблем, а саме: перехід від знаннєвої парадигми освіти до компетентісної, усунення фрагментарного характеру навчальних планів, недостатньо пов'язаних між собою і з потребами реального життя, підвищення мотивації та інтересу учнів до предметів природничо-математичного циклу та вибору відповідних професій STEM-спрямування тощо.

У 2015 р. розпочалось широке обговорення проблематики STEM в освітньому просторі України, створено відділ STEM-освіти у Державній науковій установі «Інститут модернізації змісту освіти» (ІМЗО), діяльність якого сприяла появі відповідних нормативних документів і затверджених планів, серед яких:

– наказ МОН «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» від 29 лютого 2016 р. № 188;

– план заходів щодо впровадження STEM освіти в Україні на 2016–2018 роки, листи ІМЗО «Про проведення круглих столів, конференцій, науково-практичних семінарів всеукраїнського і міжнародного рівня з тематики впровадження напрямків STEM освіти, її актуальних питань та перспектив інноваційного розвитку національної освіти».

Відділом STEM-освіти ІМЗО створено та затверджено на засіданні робочої групи методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у навчальних закладах України [1]. За державної підтримки у 2016 р. було запроваджено низку практичних заходів, конкурсів, турнірів тощо. Почав активно розвиватися напрям робототехніки через обговорення проблеми «Конструктор LEGO, як освітній ресурс XXI століття у початкових класах» та впровадження Всеукраїнського наукового LEGO-турніру – FIRST LEGO League.

Відмітимо конкурси та програми для старшокласників «Чому я обираю STEM кар'єру» і «ТОП-20 надихаючих жінок STEM в Україні», що втілено за ініціативи коаліції STEM-освіти (STEM Education Coalition), до складу якої увійшли такі відомі компанії та заклади, як «Енергоатом», «Київстар», Ericsson Україна, Samsung, Microsoft Україна, а також Українське ядерне товариство, НТУ «Харківський політехнічний університет» тощо. Бізнесові структури, зацікавлені в конкурентоздатності через підготовку високопрофесійних кадрів, поставили за мету створення інформаційних майданчиків (сайт, соціальні мережі тощо) для популяризації STEM-освіти та налагодження міжнародного співробітництва.

Зупинимось на впровадженні Інтернет-конкурсів для вчителів STEM-дисциплін, запроваджених з метою пошуку та підтримки ініціативних і талановитих учителів, які володіють предметом та бажають вдосконалюватися в методиках формування в учнів цілісного розуміння наукової картини світу, розвивати мотивацію учнів до вивчення STEM-дисциплін та

STEM-професій. На часі об'єднання STEM-вчителів у творчі спільноти, зокрема мережеві, що сприятимуть цілеспрямованій фаховій підтримці STEM-галузі [1].

Варто наголосити на проблемі засобів STEM-навчання, до яких належать комплекс обладнання, ідей, явищ і способів дій, що забезпечують реалізацію дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької діяльності учнів у навчально-виховному процесі [5; 7]. З метою розроблення і поширення засобів STEM-навчання створюється віртуальний ресурсний центр при лабораторії МАНлаб Національного центру «Мала академія наук України» [2].

Складність та багатогранність проблематики впровадження STEM-напряму на теренах реформування української освіти спонукає до наукових розвідок щодо науково-методичних засад інтеграційних процесів в освіті, подальшого вдосконалення нормативної бази, створення та реалізації спеціальних міждисциплінарних освітніх програм для шкільної та позашкільної освіти, впровадження освітніх інновацій в методику навчання на основі особистісно та проблемно зорієнтованих підходів, навчально-дослідницьких та винахідницьких проектів, розроблення головних підходів та критеріїв оцінювання інтелектуально-творчої діяльності учнів.

Актуальною є необхідність психолого-педагогічних досліджень та створення діагностичних методик, інструментарію виявлення здатності та готовності дитини до STEM-професій. Потрібно спланувати розвиток інтересів і практичних навичок учнів, схильних до STEM у спеціальних освітніх фахових програмах, конкурсах, турнірах, олімпіадах, завдання до яких мають розробляти освітяни разом з фахівцями обраної галузі. Актуальним є: створення STEM-центрів на базі корпорацій, технологічних компаній, технопарків, дизайн-студій ВНЗ тощо; надання можливостей учням і студентам у проведенні дослідницької й експериментальної діяльності на сучасному обладнанні під час розв'язання реальної галузевої проблеми за допомогою STEM-наставництва. Важливою проблемою розбудови STEM-освіти є підготовка вчителів, їх навчання, професійний розвиток та підтримка, зокрема через створення професійних STEM-колаборацій, місією яких є допомога в освоєнні та поширенні інновацій у STEM-викладанні, розвитку STEM-грамотності, мотивації учнів до STEM-кар'єри.

Використані літературні джерела

1. Відділ STEM-освіти ІМЗО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/>. – Назва з екрана.
2. Експериментарій [Електронний ресурс] // Лабораторія МАНлаб : [сайт]. – Режим доступу: <http://manlab.inhost.com.ua/experimentarij.html>. – Назва з екрана.
3. Матюшенко І. Ю. Перспективи конвергенції NBIC-технологій для створення технологічної платформи нової економіки / І. Ю. Матюшенко, І. Ю. Бунтов // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2012. – № 2. – С. 66–70.



4. Міністерство освіти і науки України. Проект для обговорення. Нова школа: простір освітніх можливостей [Електронний ресурс] / упор. Л. Гриневич, О. Елькін, С. Калашнікова, І. Кобернік та ін. – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/новини%202016/08/21/2016-08-17-3-.pdf>. – Назва з екрана.
5. Поліхун Н. І. Дистанційна підтримка дослідницької діяльності учнів: метод. рекомендації / Н. І. Поліхун. – Київ : Інститут обдарованої дитини, 2014. – 87 с.
6. Сліпухіна І. А. Використання цифрового вимірювального комплексу в STEM орієнтованому освітньому середовищі / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Інформаційні технології в освіті й науці : зб. наук. пр. – Мелітополь : МДПУ ім. Богдана Хмельницького. – 2016. – Вип. 8. – С. 261–272.
7. Сліпухіна І. А. Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Вища освіта України: Теоретичний та науково-методичний часопис. – 2015. – № 3. – С. 216–225.
8. Степин В. С. Цивілізація и культура / В. С. Степин. – СПб. : СПбГУП, 2011. – 407 с.
9. Трансдисциплінарний характер операціональності розвитку обдарованості учнівської молоді [текст] / А. Є. Володченко, О. Є. Стрижак, Г. С. Храпач // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика. – Вип. 16. – Київ : Інститут обдарованої дитини, 2016. – С. 100–110.
10. Енциклопедія епистемології и філософії науки. – М. : Канон+, РООИ Реабілітація, 2009. – 1248 с.
11. Hom, Elaine J. What is STEM Education? / LiveScience Contributor // February 11, 2014 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>. – Title from the screen.
12. Ihab Hassan. From Postmodernism to Postmodernity: the Local// Global Context, 2000. – [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ihabhassan.com/postmodernism_to_postmodernity.htm. – Title from the screen.
13. Jolly, A. Six Characteristics of a Great STEM Lesson [Electronic resource] // Education Week: Teacher. – Mode of access: http://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html. – Title from the screen.
14. Meeth L. R. Interdisciplinary Studies: Integration of Knowledge and Experience / Lois Richard Meeth // Change. – 1978. – № 10. – P. 6–9.
15. Resources for STEM Education [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nsfresources.org/home.cfm> Title from the screen
16. Roco M. C. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science [Electronic resource] / Roco M. C., Bainbridge W. S. (eds). // Arlington: Cluwer Academic Publisher, 2004. – Mode of access: http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf. – Title from the screen.
17. Science, technology, engineering, and mathematics [Electronic resource] / Wikipedia, the free encyclopedia. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics Title from the screen.
18. Sloan, Willona M. Teaching and Learning Resources for STEM Education [Electronic resource] / EducationUpdate February, 2012. – Vol. 54. – No. 2. – Mode of access: <http://www.ascd.org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx>. – Title from the screen.
19. STEM Education Coalition [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.stemedcoalition.org/>. – Title from the screen.
20. The Fourth Industrial Revolution, by Klaus Schwab [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>. – Title from the screen.