



Світ інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку **STEM-освіти**

The world of innovative
opportunities: current issues
of **STEM education** development



Колективна монографія

Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»
Національний центр «Мала академія наук України»

**Світ інноваційних можливостей: актуальні питання
розвитку STEM-освіти**

**The world of innovative opportunities: current issues of
STEM education development**

Колективна монографія

**КИЇВ
2023**

Рекомендовано Вченими радами Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» (протокол № 7 від 27 вересня 2023 р.), Національного центру «Мала академія наук України» (протокол № 4 від 11 травня 2023 р.)

Рецензенти:

О. М. Спірін – директор Інституту цифровізації освіти НАПН України, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України;

Т. М. Засєкіна – заступник директора з науково-експериментальної роботи, головний науковий співробітник відділу STEM-освіти Інституту педагогіки НАПН України, доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник.

Авторський колектив: С. М. Бойко (підрозд. 2.1), О. О. Буряк (підрозд. 2.5), І. П. Василяшко (вступ), І. В. Василенко (підрозд. 2.2), С. Л. Горбенко (підрозд. 1.2), В. Б. Дем'яненко (підрозд. 2.3), Н. О. Дівінська (підрозд. 1.2), С. О. Довгий (підрозд. 1.1) Ю. І. Завалевський (підрозд. 1.2), О. С. Кузьменко (підрозд. 2.3), О. В. Лозова (підрозд. 1.4), С. А. Пойда (підрозд. 2.6), Н. І. Поліхун (підрозд. 1.3), К. Г. Постова (підрозд. 1.3), І. М. Савченко (підрозд. 2.3), Я. В. Савченко (підрозд. 2.7), Д. Скіба (підрозд. 2.3), І. А. Сліпухіна (підрозд. 1.3), О. Є. Стрижак (підрозд. 1.1), І. С. Чернецький (підрозд. 1.3), В. В. Черноморець (підрозд. 2.2), Г. С. Юзбашева (підрозд. 2.4).

С24 **Світ** інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку STEM-освіти : колективна монографія / за заг. ред. О. Є. Стрижака, Ю. І. Завалевського. Київ, 2023. 254 с.

The world of innovative opportunities: current issues of STEM education development: joint monograph / edited by O. Stryzhak, Yu. Zavalevskyi, Kyiv, 2023. 254 p.

ISBN 978-617-7945-56-6

Колективна монографія висвітлює матеріали вивчення та узагальнення праць вчених й педагогів, їхні авторські погляди на теоретичні, експериментальні й прикладні аспекти розвитку STEM-освіти. Змістове наповнення організації STEM-проектів пройшло багаторічну апробацію у процесі роботи наукових установ й закладів освіти різного профілю та рівня. Метою монографії є оприлюднення пошуків ефективних підходів та результативних рішень упровадження STEM, виявлення сучасних моделей STEM-освіти та їхнього впливу на інтелектуальний саморозвиток особистості здобувача освіти.

Видання рекомендоване для широкого загалу науковців, представників закладів освіти, інститутів післядипломної педагогічної освіти, педагогічних працівників усіх ланок системи освіти.

The collective monograph covers the study materials and summaries of the works of scientists and teachers, the author's views on the theoretical, experimental and applied aspects of the development of STEM education. The substantive content of the organization of STEM projects has undergone many years of testing in the course of the work of scientific institutions and educational institutions of various profiles and levels. The purpose of the monograph is to publicize the search for effective approaches and effective solutions for the introduction of STEM, to identify modern models of STEM education and their influence on the intellectual self-development of a school student's personality.

The publication is recommended for a wide range of scientists, representatives of educational institutions, institutes of post-graduate education, pedagogical workers of all levels of the education system.

Матеріали подано українською та англійською мовами.

УДК 371.315:371.5

ISBN 978-617-7945-56-6

© Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти», 2023

© Національний центр «Мала академія наук України», 2023

© Колектив авторів, 2023

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ I. STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти та перспективи розвитку в Україні	
1.1 STEM як парадигма трансдисциплінарної освіти (Довгий С. О., Стрижак О. Є.)	6
1.2 STEM-освіта – ефективний інструмент удосконалення освітнього процесу (Завалевський Ю. І., Горбенко С. Л., Дівінська Н. О.).....	53
1.3 Інтегроване навчання STEM: від предметності до трансдисциплінарності (Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С., Постова К. Г.)	68
1.4 Концептуальні та науково-методичні засади розвитку STEM-освіти (Лозова О. В.)	88
Розділ II. STEM-освіта: науково-прикладні аспекти й досвід упровадження інновацій	
2.1 Експериментальна діяльність у вирішенні завдань STEM-освіти (Бойко С. М., Проценко Г. О., Дзюба А. М., Чухлеб А. В.)	97
2.2 Прикладні дослідження як інструмент ефективного розвитку STEM-освіти в Україні (Черноморець В. В., Василенко І. В.)	129
2.3 Практико-орієнтовані особливості STEM-навчання з фізики та технічних дисциплін у закладах вищої освіти (Кузьменко О. С., Савченко І. М., Дем'яненко В. Б., Скіба Д.)	136
2.4 Аналітичний погляд на розвиток STEM навчання в шкільній освіті (Юзбашева Г. С.)	152
2.5 Особливості підготовки STEM-тренерів для закладів загальної середньої освіти Луганської області (Буряк О. О.)	170
2.6 Формування STEM, STEAM, STREAM-компетентностей здобувачів освіти з використанням наборів LEGO (Пойда С. А.)	186
2.7 Інтерактивний простір «Музей Науки» в системі STEM-освіти: практико-орієнтований підхід (Савченко Я. В.)	205
2.8 Формування мотивації здобувачів освіти до навчання STEM шляхом використання сучасних ІТ-інструментів в умовах євроінтеграції (Шапоров С. Б.)	221
Інформація про авторів	235
Анотації	240

CONTENTS

Introduction	5
Chapter I. STEM-education: scientific and theoretical aspects and prospects of development in Ukraine	
1.1 STEM as a paradigm of transdisciplinary education (<i>Dovgyi S. O., Stryzhak O. Ye.</i>)	6
1.2 STEM-education – an effective tool for improvement and development of the educational process (<i>Zavalevskyi Y. I, Gorbenko S. L., Divinska N. O.</i>)	53
1.3 Integrated learning STEM: from subject matter to transdisciplinarity (<i>Polikhun N. I., Slipukhina I. A., Chernetskiy I. S., Postova K. H.</i>)	68
1.4 Conceptual and scientific-methodological foundations development of STEM education (<i>Lozova O. V.</i>)	88
Chapter II. STEM education: scientific and applied aspects and experience in introducing innovations	
2.1 Experimental activity in solution of STEM education tasks (<i>Boiko S. M., Pronsenko G. O., Dziuba A. M., Chukhlieb A. V.</i>)	97
2.2. Applied research as a tool for effective development of STEM education in Ukraine (<i>Chernomorets V. V., Vasylenko I. V.</i>)	129
2.3 Practice-oriented features of STEM education in physics and technical disciplines in institutions of higher education (<i>Kuzmenko O. S., Savchenko I. M., Demianenko V. B., Skiba J.</i>)	136
2.4 Analytical view on the development of STEM teaching in school education (<i>Yuzbasheva G. S.</i>)	152
2.5 Features of the training of STEM trainers for general secondary education institutions of the Luhansk region (<i>Buriak O. O.</i>)	170
2.6 Development of STEM, STEAM, STREAM competences schoolchildren using LEGO sets (<i>Poida S. A.</i>)	186
2.7 Interactive museums of science in the STEM education system: a practice-oriented approach (<i>Savchenko Ya. V.</i>)	205
2.8 Ensuring educational seekers' motivation during providing STEM in education by using modern IT tools in terms of European integration (<i>Shapovalov Ye. B.</i>)	221
Information about the authors	235
Abstracts	240

Вступ

Освіта – це процес і результат засвоєння особистістю системи цінностей та знань, пошук відповідей на життєво важливі практичні питання, які ставить суспільство і час. Проблема розвитку й модернізації освіти є завжди актуальною. В Україні вагомим напрямом системної роботи щодо модернізації освіти стала розбудова STEM-освіти, яку ефективно і послідовно проводить Міністерство освіти і науки України, Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти», Національний центр «Мала академія наук України», регіональні заклади післядипломної педагогічної освіти, заклади вищої освіти та інші інституції.

STEM-освіта – це стрижнева домінанта сучасної педагогіки в забезпеченні рівного якісного доступу молодого покоління до освіти, що є джерелом соціальної та культурної ініціативи, творчої еволюції мислення і діяльності. Водночас, STEM-освіта забезпечує реалізацію ключових положень концепції «Нової української школи» щодо оновлення дидактичних методів, засобів, форм та принципів навчання XXI сторіччя.

Колективна монографія «Світ інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку STEM-освіти» висвітлює матеріали вивчення та узагальнення праць вчених й педагогів, їхні авторські погляди на теоретичні, експериментальні й прикладні аспекти розвитку STEM-освіти. Змістове наповнення пройшло багаторічну апробацію у процесі роботи наукових установ й закладів освіти різного профілю та рівня. Метою монографії є оприлюднення пошуків ефективних підходів та результативних рішень упровадження STEM, виявлення сучасних моделей STEM-освіти та їхнього впливу на інтелектуальний саморозвиток особистості здобувача освіти.

Перший розділ «STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти та перспективи розвитку в Україні» (Горбенко С. Л., Завалевський Ю. І., Дівінська Н. О., Лозова О. В., Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Стрижак О. Є. Чернецький І. С.) присвячено дослідженню концептуальних та науково-методичних засад упровадження STEM-освіти; принципу поетапного сходження від нижчого до вищого рівня STEM-предметної інтеграції від дисциплінарного рівня до трансдисциплінарного через міждисциплінарний рівень інтеграції. Авторами наголошено, що якісна STEM-інтеграція навчання неможлива без засвоєння базових дисциплінарних основ в межах окремих предметів.

У другому розділі «STEM-освіта: науково-прикладні аспекти й досвід упровадження інновацій» (Бойко С. М., Буряк О. О., Василенко І. В., Дем'яненко В. Б., Кузьменко О. С., Пойда С. А., Проценко Г. О., Савченко І. М., Савченко Я. В., Скиба Д., Черноморець В. В., Шаповалов Є. Б. Юзбашева Г. С.) висвітлено результати дослідження з питань актуальності експериментальної діяльності у створенні інноваційного простору в Україні в процесі проведення всеукраїнських педагогічних експериментів та проєктів з 2016 по 2023 роки; узагальнено механізми розвитку STEM-освіти, серед яких створення і функціонування STEM-кабінетів, STEM-лабораторій, STEM-центрів; налагодження взаємодії з партнерами задля забезпечення належної матеріально-технічної бази закладів освіти тощо.

Розділ I. STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти та перспективи розвитку в Україні

1.1 STEM як парадигма трансдисциплінарної освіти

© Довгий С. О.

д. фіз.-мат. наук, професор,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-0162>

© Стрижак О. Є.

д. техн. наук, професор,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>

XXI століття характеризується трансдисциплінарними викликами [1–7]. Ці виклики нині обговорюються науковцями, викладачами та фахівцями в освітніх середовищах, освітніх закладах та наукових центрах у всьому світі. Визначена наприкінці XX століття категорія трансдисциплінарності характеризує консолідовану взаємодію наративів усіх основ наук та систем знань [8, 9]. Наслідком цього є необхідна умова врахування усіх взаємозв'язків, що можуть бути встановлені між науковими напрямками, в першу чергу в освітніх процесах. Вони фактично визначають складність і коректність картини світу, яка формується у свідомості здобувача освіти в процесі його навчання.

Як показує аналіз різноманітних сфер діяльності людства – трансдисциплінарність є суттєвим викликом в освіті. Сучасний фахівець повинен орієнтуватися у суміжних галузях професійної діяльності. Вміти консолідувати зміст різних наративів, у яких описуються новітні рішення, зі своєю свідомістю, й розуміти як ці досягнення використовувати у своїй професійній діяльності. Фактично трансдисциплінарність є парадигмою сучасного розвитку освіти [3, 4].

Більш того, розвиток інформаційних технологій, сервіси яких забезпечують пошук та добірку для кожного здобувача освіти, викладача та інших учасників освітнього процесу, необхідних для їх успішного навчання, наукових та освітніх наративів, визначає науковий профіль освіти у цілому. Тобто цифровий формат освітнього процесу забезпечує деякі етапи наукових досліджень, а саме: пошук необхідної інформації, її оброблення та класифікація, застосування виявлених новітніх фактів у освітній діяльності.

Вирішення цієї проблеми потребує створення новітніх форматів надання освітніх послуг. В першу чергу потрібно враховувати той факт, що в XXI столітті освітні програми технологічного напрямку кожні 4–6 років змістовно трансформуються. За цей період накопичується велика кількість навчальної та методичної літератури, зміст якої треба враховувати при використанні та створенні навчального контенту. Й тут виникає інша проблема – Big Data [10–12], на розв'язання якої треба залучати засоби штучного інтелекту [13].

Тому класичний формат освіти щодо викладання навчальних дисциплін в умовах сьогодення призводить до нагромадження у свідомості здобувача освіти різноманітної інформації, яку йому ще складно зв'язати між собою та класифікувати. Конструктивнішим є формат інтеграції освітніх дисциплін, однак він, в силу низької синергії концептів, також не спрощує процес формування картини світу в свідомості здобувача освіти, адже, формування цілісної картини світу вимагає розуміння властивостей тих концептів (понять), які йому викладають і які він вивчає.

Отже, в свідомості здобувача освіти треба формувати наратив, який за змістом відображає його картину світу [14]. Однак відповідний наратив повинен включати контексти з різних предметних областей. А для цього необхідно, щоб понятійна система здобувача освіти була спроможна класифікувати ці концепти згідно наявних наукових напрямків.

Досягнути цього можна на основі консолідації інформаційно-освітніх ресурсів та освітніх наративів. Консолідація сама по собі має трансдисциплінарний характер і являє собою об'єднання семантичних процесів, які реалізуються в освітньому просторі. Основним механізмом консолідації є онтологічний інжиніринг [15, 16], який базується на методології онтологічних систем. Це забезпечує представлення семантичних властивостей концептів, які складають зміст інформаційно-освітніх ресурсів і наративів, та функціонально реалізує взаємодію з ними та між ними.

Одним із конструктивних форматів організації навчально-пізнавального процесу здобувачів освіти є STEM-освіта [17, 18]. Саме цей формат має спроможність забезпечити синергію навчальних дисциплін. Цьому сприяють його предметні складові. Science – організація науково-освітньої діяльності здобувачів освіти у форматі досліджень при вивченні освітніх дисциплін. Technology – формування у здобувачів освіти навичок інтерпретувати системи знань, що засвоїли, відповідно до різних технологічних рішень сучасності. Engineering – розширення своїх навичок інтерпретувати властивості концептів, які складають його систему знань для створення технічних рішень, їх конструкторське проектування, патентування тощо. Mathematics – обов'язкове володіння здобувачами освіти знаннями і навичками описувати свої науково-освітні результати, технологічні та технічні рішення на формалізованому рівні.

Відмітимо, що предметна складова Science, забезпечує включення в контур STEM-освіти усіх інших предметних дисциплін, за умови, що вони консолідовані, й здобувачі освіти вивчають та засвоюють їх змістовність у форматі досліджень.

Однак реалізація STEM-освіти як методологічного механізму організації навчального процесу потребує розуміння певних складових сучасного освітнього процесу.

Базові категорії освітнього процесу

Сформулюємо в першу чергу визначення категорії STEM-освіта на інтуїтивному рівні. STEM-освіта становить собою процес реалізації інтелектуальних протоколів забезпечення та підтримки науково-освітньої діяльності здобувачів освіти у процесі вивчення ними основ наук, необхідною

умовою якого є консолідація предметних дисциплін, а достатньою – формування у свідомості картини світу, властивості якої забезпечують самореалізацію кожного здобувача освіти в сучасному технологічному просторі.

STEM-освіта, як складний концепт, потребує визначення основних категорій, які регулюють його освітню операціональність. До них відносяться наступні.

Наукова освіта – цілеспрямоване формування у здобувачів освіти ціннісної картини світу на засадах виявлення, дослідження та інтерпретації ними властивостей природних, соціальних та інших значущих для розвитку людства процесів.

Картина світу – сукупність заснованих на світовідчутті, світосприйманні і світогляді, цілісних і системологічно визначених уявлень, знань і думок людських спільнот і окремої людини (мислячого суб'єкта) про світ (Землі) і світобудову (Всесвіту), а також про пізнавальні і творчі можливості індивіду, сенс життя і місце людини в ньому [7].

Онтологія – форма всеосяжної і детальної формалізації описів деякої області знань, які відображають образи картини світу за допомогою концептуальної схеми. Зазвичай така схема складається з ієрархічної структури понять (таксономії), що містить всі релевантні класи об'єктів, їх зв'язки і правила, прийняті в цій галузі знань. Під концептуальною схемою мається на увазі набір понять (концептів) та інформація про поняття (властивості, відношення, обмеження, аксіоми і правила використання понять, що необхідні для опису процесів вирішення задач). Фактично, онтологія являє собою концептуально-понятійний каркас усіх без виключення наукових теорій [7, 16].

Таксономія інформаційних ресурсів – ієрархічне відображення семантичних співвідношень класифікації, систематики й номенклатури складноорганізованих систем, які відображають образи картини світу, що представлені та інтерпретуються у вигляді цифрових описів сукупностей фактів, подій та відповідних даних, які отримано з авторизованих джерел [19].

Трансдисциплінарність – прояв рефлексивної міжконтекстної зв'язності об'єктів і процесів, які визначені чи активні у різних предметних областях на основі спільних властивостей, що мають функціональну інтерпретацію сукупності цифрових описів образів картини світу з певних позицій у вигляді зв'язного викладу інформації, фактів, подій та відповідних даних, що отримані з авторизованих джерел [4–6].

Трансдисциплінарність інформаційних ресурсів являє собою системологічне, динамічне формування класів контекстних описів, які відображають образи картини світу та мають стійкі семантичні зв'язки між собою за різними тематичними профілями з визначеними термінами, фразами та словоформами. При цьому вказані семантичні зв'язки утворюються на основі прояву гіпервластивостей наративу усіх інформаційних ресурсів, що використовуються, а саме – рефлексія, рекурсія та редукція [1, 7].

Трансдисциплінарна освіта – організація інтегрованого використання в освіті описів образів картини світу на принципах забезпечення операціональності

досліджень здобувача освіти навколишнього світу на основі консолідації тематично різноманітних систем знань. Це забезпечує формування умов щодо змістовного наповнення освіти, як процесу прогресивних змін властивостей і якостей особистості, необхідною умовою якого є особливим чином організована її навчально-пізнавальна діяльність [4].

Капсула знань – онтологічна згортка, яка графічне відображає контекстно зв'язні концепти онтології у форматі багатогранної призми, де кожна грань відображає контекстну бінарну зв'язність одного головного концепта з іншими концептами навчальної дисципліни. Реалізує агрегативне відображення консолідовано зв'язних систем знань на основі таксономії навчальної програми. Капсула знань об'єднує онтологію із динамікою процесом навчання [3].

Наратив інформаційних ресурсів – контентний агрегат у вигляді обґрунтованої інтерпретації сукупності цифрових описів образів картини світу з певних позицій у форматі довільного лінійного викладу фактів, подій та відповідних даних, що отримані з авторизованих джерел на утвердження якого спрямовується діяльність комунікативних можливостей наукових, навчальних та методичних закладів [3, 14].

Дискурс – когнітивно-комунікативний акт, який одночасно реалізує бачення реального світу та його уявлення, й за певними критеріями активізує зв'язність між контекстами одного чи більш наративів [14].

Наративний дискурс – реалізується на засадах вербально активних когнітивних процедур обробки знань, які забезпечують їх систематизацію, а саме – аналіз, структуризацію, класифікацію, критеріалізацію, синтез, оцінювання тощо [20–22].

Дискурсивна невизначеність^{*} (умовно для наукової освіти) – відсутність понятійної основи для інтерпретації повної картини світу*.

Науково-методичне забезпечення навчального процесу – семантично зв'язна сукупність документів та наративів, які відповідають нормалізованим вимогам організації, забезпечення та реалізації освітнього процесу. Є системним компонентом категорії «спроможність навчального закладу» [9, 17, 18].

Спроможність навчального закладу – здатність реалізовувати навчальний процес щодо формування, необхідних за освітніми стандартами, компетентностей у здобувачів освіти на основі визначених навчальних програм та відповідного ресурсного забезпечення [23].

До ресурсного забезпечення слід віднести – інфраструктурні компоненти (будівлі, приміщення, енерго та водопостачання тощо), матеріально-технічне (наявність відповідного навчального обладнання), кадрове забезпечення (викладачі їх освітні характеристики, інтелектуальні активи), навчально-методичне забезпечення (бібліотечні ресурси – підручники, посібники, дидактичні матеріали тощо).

Освітня логістика – організаційно-технологічна реалізація оптимального управління процесами формування компетентностей у здобувачів освіти на засадах врахування освітніх стандартів, визначених навчальних програм та

^{*} визначається вперше

ресурсного забезпечення, що визначається спроможністю навчального закладу [23].

Категорія освітня логістика забезпечує оптимальну реалізацію навчального процесу закладу освіти та індивідуальне управління навчальною діяльністю здобувачів освіти.

Трансдисциплінарні ознаки науково-освітньої діяльності здобувача освіти в інформаційному середовищі формату STEM

Науково-освітня діяльність здобувачів освіти у сучасному інформаційно-освітньому просторі має мережецентричний характер та реалізується на засадах трансдисциплінарної взаємодії усіх інформаційно-освітніх ресурсів (ІОР) і процесів, що її складають. Одним з головних факторів є наявність трансдисциплінарно пов'язаних між собою процесів створення, формування, обробки, зберігання, розповсюдження та використання досить великих обсягів інформації і знань у вигляді неструктурованих документів та освітніх наративів. Однак при цьому треба забезпечити об'єктивність їх застосування у навчальному процесі, особливо щодо їх застосування у форматі навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти, у якому вони повинні робити аналітичні висновки та приймати відповідні рішення, аналізуючи та вивчаючи освітні наративи. Варто враховувати, що зазначені наративи являють собою пасивні системи знань, що відображають різні тематичні профілі наук, мають значну кількість міждисциплінарних відношень та створені на основі використання різних інформаційних технологій і стандартів.

Досить об'ємна за обсягом та тематиками номенклатура освітніх та наукових пасивних систем знань уміщує наступні категорійні поняття: монографії, статті, словники, курси лекцій, підручники, методичні посібники, дидактичні матеріали, каталоги, довідники, наративи тощо [7, 19, 22, 24]. Усі вони відносяться до класу слабоструктурованих, а за сукупністю та характером викладу до класу Великих Даних (Big Data) [10–12], також характеризуються багатоаспектністю та множинними латентними зв'язками тощо.

Перетворення таких пасивних систем знань, що відображаються у форматі наративів, є досить актуальною проблемою. Однак для цього треба реалізувати когнітивні процедури їх перетворення, як мінімум, у інтерактивну форму, що визначає умови реалізації взаємодії з цими вже системами активних знань профільних експертів.

Процеси конструктивного вирішення зазначених проблем мають когнітивний характер та визначаються на основі розв'язання таких категорій когнітивних метазадач – структуризації; аналізу/виділення проблеми; синтезу; вибору. На їх основі реалізується взаємодія експертів та фахівців у форматі наративного дискурсу [20–22] з пасивними системами знань. При цьому забезпечуються трансдисциплінарні перетворення усіх документів, що її складають, в інтерактивний вид [1, 4, 7].

Тому використання освітніх наративів і документів у формат інформаційно-аналітичного використання потребує їх перетворення у активний формат знань. Такий формат систем знань можна відобразити первинно у вигляді онтологічної системи [1, 7, 15, 25, 26]:

$$O_t = \langle X, R, F, A, D, R_s \rangle \quad (1)$$

де: X – множина концептів (понять) заданої предметної області (ПрО);

R – кінцева множина семантично значущих відношень між концептами ПрО.

F – кінцева множина функцій інтерпретації, заданих на концептах і/або відношеннях.

A – скінченна множина аксіом, які використовуються для запису завжди істинних висловлювань (визначень і обмежень) в термінах тематики ПрО;

D – множина додаткових визначень понять в термінах тематики ПрО;

R_s – множина обмежень, що визначають область дії понятійних структур визначеної тематики ПрО.

Пасивні системи знань фактично являють собою тексти, які відображаються у вигляді послідовного викладання концептів, стійко заданих умов їх існування, описів їх властивостей й функціональностей тощо. Тобто ми маємо виколоте визначення онтології (1) у систему наступного виду:

$$O_{nr} = \langle X(K), P \rangle \quad (2)$$

де: O_{nr} – документ з послідовно визначеними описами контекстами K (описи) концептів X , а P – відношення строгого порядку, що визначає умови існування концептів X у тексті.

Тоді ми O_{nr} у подальшому будемо визначати як наратив, що визначається послідовним викладанням описів певних фактів, процесів та їх властивостей у строго послідовному вигляді.

Тобто, наратив, це виколота онтологія виду (2), яка фактично є простим текстом, який пасивно викладає конкретну систему знань.

Множина таких наративів утворює пасивну трансдисциплінарну систему знань у вигляді сукупності різноматематичних документів. Їх зв'язування між собою можливе й утворювання на їх основі новітніх документів реалізується на засадах трансдисциплінарності. При розгляді систем виду (2) ми спроможні встановлювати тільки міжконтекстні зв'язки строгого упорядкування. Тобто утворювати кінцеві строгі послідовності виду:

$$\langle X_i(K_j) \mid i = \overrightarrow{1, n}; j = \overrightarrow{1, m} \rangle \quad (3)$$

Вираз (3) інтерпретує пасивну інтеграцію наративів виду (2). Для його перетворення у інтерактивну форму виду (1) треба визначити умови консолідованої операціональності [27–29], а саме: аналізу і структуризації (оброблення), синтезу (комунікація) й вибору (прийняття рішень) [1, 24, 30–34].

Виходячи з того, що операціональність довільного тексту [24] виду (2) та (3) визначається наступними гіпервластивостями: рефлексія – $\mathcal{R}_f$, рекурсія – $\mathcal{R}_k$ й редукція – $\mathcal{R}_d$, ці гіпервластивості утворюють деяку замкнуту множину $\mathcal{R}_3$, яка забезпечує зв'язування та динамічну зміну упорядкування контекстних описів наративу O_{nr} . Вказані гіпервластивості мають трансдисциплінарний та когнітивний характер [1, 33, 34].

$$\mathcal{R}_3 = \{\mathcal{R}_f, \mathcal{R}_k, \mathcal{R}_d\} \quad (4)$$

де (i) рефлексія, що реалізує категорії інтегрованості, системності та відсутності змістовних розривів в масивах Big Data та забезпечує відстеження та модифікування власних структур і стійкості їх поведінки під час активації;

(ii) рекурсія, що реалізує категорію повторюваності процесів, явищ та форм їх операціонального відображення під час їх активації у інформаційному просторі;

(iii) редукція, що реалізує методологічний принцип, згідно з яким складні явища можуть бути декомпозовані та повністю пояснені на основі законів, властивих більш простим процесам та об'єктам.

Когнітивний характер вказаних гіпервластивостей реалізується у їх інтерпретації гіперфункціями типу – аналізу великих даних, їх структуризації, синтезу, вибору та прийняття рішень, які згідно [1, 33, 34] є когнітивними.

Враховуючи визначені поняття – онтологія, таксономія, наратив, рефлексія, рекурсія, редукція тощо, окреслимо категорію трансдисциплінарності. У зв'язку з тим, що ми розглядаємо процес науково-освітньої діяльності здобувачів освіти у форматі навчальних досліджень, то надамо їй вузьке визначення. Під трансдисциплінарністю систем знань розуміються умови застосування рефлексивно активної рекурсивної редукції $F_{\mathcal{R}3}$. Її властивості будуть розглянуті нижче.

Це значить, що виколоту онтологію виду (2) ми можемо розширити множиною $\mathcal{R}3$ і гіперфункцією її інтерпретації $F_{\mathcal{R}3}$.

$$O_{nr} = \langle X(K), P \rangle \rightarrow O_{nd} = \langle X(K), \mathcal{R}3, F_{\mathcal{R}3} \rangle \quad (5)$$

Як ми бачимо через перетворення (5), підстановкою множини гіпервластивостей $\mathcal{R}3$ і функціональним розширенням $F_{\mathcal{R}3}$ замість відношення строгого упорядкування r ми отримали онтологічну систему O_{nd} , яка забезпечує різні види зв'язків між концептами X й контекстами K . Правила формування таких зв'язків нами будуть описані нижче. Узагальнена схема перетворень мережевих документів у онтологічну систему наведена на рис. 1.1.1.

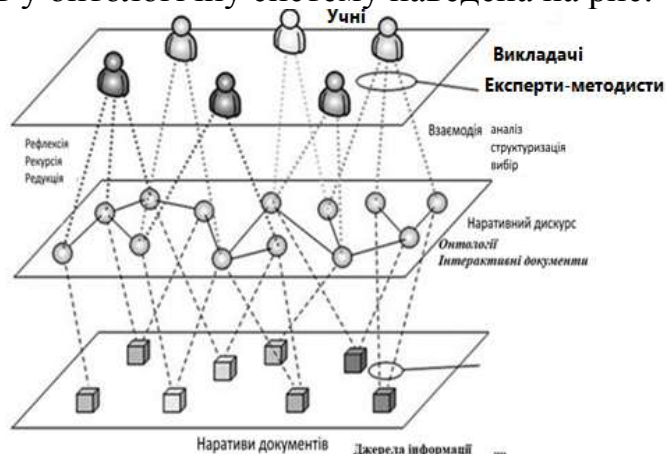


Рис. 1.1.1. Організація взаємодії з інформаційно-освітніми ресурсами та наративами на трансдисциплінарних засадах

На рис. 1.1.1 представлено схему взаємодії здобувачів освіти із інформаційно-освітніми ресурсами, наративами та документами на основі їх трансдисциплінарних перетворень у інтерактивні онтологічні системи, які утворюють формат наративного дискурсу, який і реалізує міжконтекстну

зв'язність на засадах прояву гіпервластивостей рефлексії, рекурсії, редукції та когнітивних функцій: аналіз, структуризація, вибір тощо.

Когнітивні засоби забезпечують використання усієї контекстної зв'язності консолідованого наративу інформаційно-освітнього простору навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти. Взаємодія здобувачів освіти й також експертів-методистів і викладачів з консолідованим наративом описів різноманітних систем знань, реалізується на основі когнітивних засобів, які забезпечують трансдисциплінарні перетворення усіх наративів та документів, що його складають, в інтерактивний вид.

Більш того, вказані когнітивні сервіси повинні бути орієнтовані на оброблення інтегрованої інформації, що формується у процесах взаємодії з ІОР на основі міжконтекстних зв'язків. Множинність цих міжконтекстних зв'язків представлена у вигляді таксономій [1, 19], які у свою чергу можуть бути представлені у вигляді математичних висловлювань [27, 30, 35–37].

Тоді онтологічну систему виду $O_{nd} = \langle X(K), \mathcal{R}_3, F_{\mathcal{R}_3} \rangle$, яка складає праву частину виразу (5), ми можемо представити у вигляді окремих випадків:

$$O_d = \langle X(K), \mathcal{R}_f, F_{\mathcal{R}_3} \rangle \quad (6)$$

$$O_d = \langle X(K), \mathcal{R}_k, F_{\mathcal{R}_3} \rangle \quad (7)$$

$$O_d = \langle X(K), \mathcal{R}_d, F_{\mathcal{R}_3} \rangle \quad (8)$$

Усі ці вирази (6)–(8) представляють категорію дискурсу між документами як когнітивно-комунікативний акт, який одночасно реалізує на основі бінарного міжконтекстного зв'язку інтегрований опис вибраних процесів та їх інтерпретацію, як відображення та уявлення [7, 10, 17–20]. Однією із властивостей дискурсу є можливість відображати зв'язність двох і більше наративів.

Тоді наративний дискурс буде визначатися як взаємодія документів, що представлені у вигляді онтологічних систем на засадах вербально активної гіперфункції $F_{\mathcal{R}_3}$, яка реалізує їх систематизацію, а саме – аналіз, структуризацію, класифікацію, крітеріалізацію, синтез й оцінювання тощо.

Функція $F_{\mathcal{R}_3}$ є вербально-активною тоді й тільки тоді, коли онтологічна система, яку вона інтерпретує, включає усю множину $\mathcal{R}_3$.

Тобто наративний дискурс множини мережевих документів представим у вигляді правої частини виразу (5):

$$O_{nd} = \langle X(K), \mathcal{R}_3, F_{\mathcal{R}_3} \rangle \quad (9)$$

Таксономія, як система структурного аналізу наративу

Визначення наративу, дискурсу та наративного дискурсу дозволяє нам розглядати категорію єдиного інформаційного простору на засадах інтеграції трансдисциплінарних онтологій [1, 2, 7, 26]. Однак більш детальний розгляд процесу взаємодії з мережевими інформаційними ресурсами потребує виділення категорії, для якої структурне представлення є унарною властивістю [1, 35, 37, 40].

Такою категорією є таксономія. На її основі реалізується структурне відображення як окремого документу, так і досить великої за обсягом колекції документів. При цьому, під цифровою колекцією документів розуміється

результат систематизації наративних та документальних мережевих ресурсів (big data sources) у форматі множини природномовних текстів, що об'єднані за однією ознакою або сукупністю ознак (мовних, понятійних, прагматичних, часових, стильових, функціональних, інтенціональних та ін). Цифрові колекції документів створюють умови щодо проведення лінгвістично-семантичного аналізу текстів, що дозволяє автоматично знайти фрази, у яких використовуються терміни в текстах відповідних документів.

Таксономія наративів та документів (*T*) розглядається як певний результат застосування когнітивної процедури структуризації текстових масивів на основі системологічного представлення їх термінологічної системи у ієрархічному вигляді. Результатом застосування процедури таксономізації текстів є представлення їх структури у вигляді графа без циклів [38, 39], кожна вершина якого містить відповідні контексти, зміст яких складають семантичні описи та характеристики відповідних термінів та словосполучень.

Таксономія забезпечує виділення класифікаційних одиниць текстового масиву, які характеризують його семантику та призначення, а також відображає упорядкованість взаємодії між термінологічними конструкціями. Таксономічне представлення певної сукупності документів, які характеризують різноманітні процеси створює технологічні умови щодо формування їх цифрової колекції.

Зазначимо, що довільну таксономію, як множинне ієрархічне впорядкування термінів деякої колекції документів, можна представити у вигляді зростаючої пірамідальної мережі [38, 39].

Класично, згідно визначення яке запропонував В. Гладун [38], під пірамідальною мережею Ψ розуміється ациклічний орієнтований граф $\Psi = (X, E)$, в якому відсутні вершини, які мають одне ребро, що заходить. $X = \{x_i | i = \overline{1, n_1}\}$ множина вершин мережі (концепти документу), де x_i – довільна вершина мережі, n_1 – кількість вершин у мережі. $E = \{e_i | i = \overline{1, n_2}\}$ – множина ребер мережі, де e_i – довільне ребро, n_2 – кількість ребер у мережі. Приклад семантичної мережі пірамідальної структури, яку запропонував В. Гладун [38, 39], наведено на рис. 1.1.2.

Вершини, які не мають дуг, що заходять, утворюють термінальні концепти (термінали), інші вершини утворюють класи концептів (класи). Термінали відповідають окремим значенням ознак з описів об'єктів. Класи відповідають комбінаціям значень ознак, що ідентифікують об'єкт в цілому, або відповідним спільним частинам описів декількох об'єктів. Множина вершин пірамідальної мережі – це множина X концептів пірамідальної мережі, де кожен концепт x_j являє собою деяку мовну лексичну одиницю:

$$x_i = \text{поняття} \mid \text{слово} \mid \text{фраза} \quad (10)$$

Підграф пірамідальної мережі, що включає певну вершину $C \in X$ та всі вершини, з яких існує шлях до неї, називається пірамідою вершини C . Вершини, що входять до піраміди вершини C , утворюють її субмножину, яку позначимо як X_C . Вершини, які належать до X_C та безпосередньо зв'язані з C ребром, будемо називати 0-субмножиною цієї вершини. Множина вершин, до яких входить вершина C , називається її супермножиною, яку позначимо як $\overline{X_C}$.

Зрозуміло, що $X_c \cup \overline{X_c} = \Psi_c$, де Ψ_c – пірамідальна мережа, яку утворено усіма концептами, що мають спільні ребра із вершиною C .

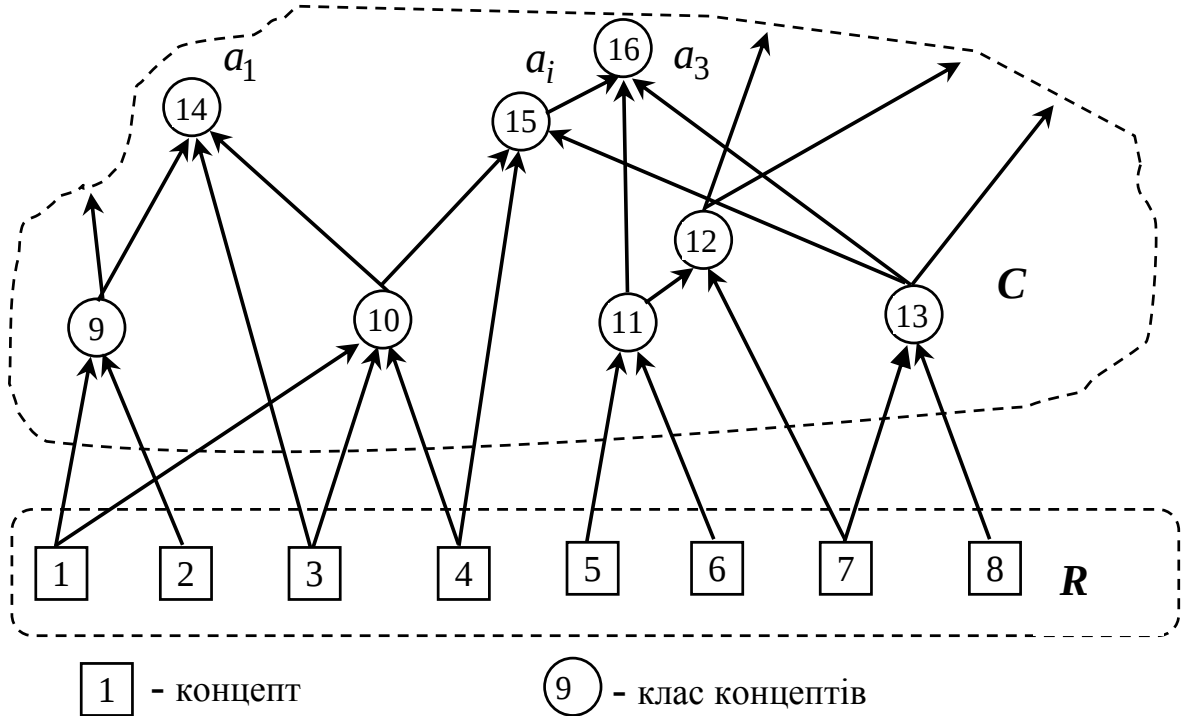


Рис. 1.1.2. Приклад семантичної мережі пірамідальної структури (згідно визначення В. Гладун)

Такі таксономічні структури у вигляді зростаючої пірамідальної мережі реалізують трансдисциплінарну категоризацію контекстів як системологічне, динамічне формування класів контекстних описів на основі утворення стійких бінарних сполучень між визначеними термінами, фразами та словоформами. Відображення семантичної зв'язності понять та їх контекстів, що відображають відповідні інформаційні ресурси, у вигляді пірамідальної мережі Ψ , є необхідною умовою формування множини таксономій, які спроможні відображати структурне різноманіття усього наративу усіх текстових масивів, які утворюють вказані ресурси. Вказані пірамідальні мережі Ψ унівалентні [40, 35] таксономічним структурам T :

$$\Psi \cong T \quad (11)$$

Тоді завжди існують непусті множини таксономій та пірамідальних мереж певного наративу, які також унівалентні між собою. Такі структурні відображення будьмо називати наративним таксономічним різноманіттям (НТР):

$$(\{T_j \mid j = \overline{1, m}\} \cong \{\Psi_i \mid i = \overline{1, n}\} \mid j \geq i, m \geq n) \quad (12)$$

Тобто довільна таксономія T може бути утворена на основі певної кінцевої множини пірамідальних мереж виду – $\{\Psi_i \mid i = \overline{1, n}\}$, яке будемо називати наративним таксономічним різноманіттям й позначати – ТНР:

$$T_j \cong \bigcup_{i=1}^n \Psi_i \quad (13)$$

Вирази (10)–(13) відображають той факт, що деяка таксономія T формується наборами концептів, які утворюють непусту множину пірамідальних мереж виду $\Psi = (X, E)$ деякого наративу. Таким чином,

множина $\{\Psi_i \mid i = \overline{1, n}\}$, що визначається множиною концептів X , є семантичним структурним відображенням наративного представлення інформаційних ресурсів. На основі цього можна стверджувати, що концепти X наративного таксономічного різноманіття виду (13) визначають деяке термінополе (**TP**) цього наративу, й це термінополе має відкритий характер. Тобто довільна таксономія T може поповнюватися новітніми пірамідальними мережами виду (12), які мають додаткові концепти $x_k \mid k > n$.

Множина ребер E пірамідальної мережі Ψ , визначає тільки наявність бінарної зв'язності між її концептами. Орієнтація цих ребер дозволяє групувати концепти за такими категоріями як термінальний, клас, субмножина, супермножина, концент.

Термінальний концепт x_i не має вхідних стрілок, тобто він не є комутативним відносно бінарного ребра e_i :

$$(x_t e_i x_i) \neq (x_i e_i x_t) \quad (14)$$

Клас X^{kl} визначає усі концепти, які належать певному категоріальному концепту x_i , який не є термінальним:

$$X^{kl} = \{x_i e_i X^{kl} \mid \} \quad (15)$$

Субмножина X^{sb} визначає концепти, для яких вказаний (базовий) концепт x_i є категоріальним, й даний концепт не може бути термінальним:

$$X_i^{sb} = \{ \langle x_i^j e_i^{sb} e_{i+1}^{sb} x_{(i+1)}^j e_{(i+2)}^{sb} \dots e_{(i+k-1)}^{sb} x_{(i+k)}^j \rangle \mid (i = \overline{1, m}), (k = \overline{1, m}), (j = \overline{1, l}) \} \quad (16)$$

e_i^{sb} – ребро яке позначено стрілкою, що входить у базовий концепт x_i

Супермножина визначає концепти, які є категоріальними для вказаного (базового) концепту, й які можуть бути термінальними:

$$X_i^{sup} = \{ \langle x_i^j e_i^{sup} e_{i+1}^{sup} x_{(i+1)}^j e_{(i+2)}^{sup} \dots e_{(i+k-1)}^{sup} x_{(i+k)}^j \rangle \mid (i = \overline{1, m}), (k = \overline{1, m}), (j = \overline{1, l}) \} \quad (17)$$

e_i^{sup} – ребро, яке позначено стрілкою, що виходить із базового концепту

x_i .

Як можна бачити з виразів (16) та (17), ребра e_i^{sup} , e_i^{sb} мають протилежну орієнтацію. Виходячи з цього можна визначити наступне:

$e_i^{sup} + e_i^{sb} = el$, де el – ейлеров підграф для сильно зв'язаних концептів.

$e_i^{sup} \times e_i^{sb} = El$, де El – множина ейлерових шляхів у пірамідальній мережі Ψ_i .

Концент визначає усі категоріальні та термінальні концепти, які знаходяться від вказаного x_i на певній відстані, значення якої є цілим числом й дорівнює кількості бінарних ребер, що їх з'єднує: $(\sum_1^n e_i \cdot \mid e = l)$,

$$X_i^{kc} = \{x_i \times \prod_1^l \sum_1^n e_i x_j\} \quad (18)$$

де l – відстань від концепту x_i до концепту x_j , n – кількість бінарних ребер від кожного концепту.

Виходячи з того, що пірамідальна мережа Ψ_i за визначенням є оргграфом без циклів, у неї відсутні ейлерови підграфи. Однак можливе штучне утворення

непустої множини ейлерових графів й ейлерових шляхів на засадах застосування рефлексивно активної рекурсивної редукції $F_{\mathcal{R}3}$.

Визначена таксономічна функціональність забезпечує технологічну основу ефективної обробки великих обсягів інформаційних ресурсів, які притаманні сучасному інформаційному простору. Усі документи, що його складають, мають мережевий характер. Тому таксономія складає технологічну основу забезпечення процесу категоризації контекстів усіх **ІОР** на основі системологічного, динамічного формування класів контекстних описів, що складають увесь наратив цих ресурсів.

Однак для цього треба забезпечити утворення стійких бінарних сполучень між термінами, словами, фразами та словоформами. Ці сполучення крім відображення таксономічних структур типу (10)–(17) повинні реалізовувати зв'язність між усіма системними компонентами таксономічних структур та забезпечувати їх упорядкування при проведенні аналітичних досліджень.

Динамічне формування класів контекстних описів із різних наративів реалізується на засадах застосування наступних визначених вище гіпервластивостей $\mathcal{R}3$: рефлексія – R_f , рекурсія – R_k й редукція – R_d .

Застосування гіпервластивостей вказаної множини утворює умови застосування онтологічного підходу у процесах аналітичного дослідження мережевих слабоструктурованих чи взагалі неструктурованих **ІОР**. Будь-яка таксономічна система формується на основі структурованого представлення предметної області її застосування. Зазвичай, основу структурування складають класи об'єктів [36], на які умовно розбивається множина всіх понять, властивості яких визначають семантику предметної області. Безпосередньо властивості концептів за рахунок утворення бінарних зв'язків зі гіпервластивостями множини $\mathcal{R}3$, дозволяють визначити множину класів відношень між ними.

Відмітимо, що будь-яка онтологічна система формується на основі структурованого представлення предметної області її застосування. Зазвичай основу структурування складають класи об'єктів [36], на які умовно розбивається множина всіх понять, властивості яких визначають семантику предметної області. Безпосередньо властивості концептів за рахунок утворення бінарних зв'язків зі гіпервластивостями множини $\mathcal{R}3$, дозволяють визначити множину класів відношень між ними.

Утворення кожного такого класу реалізується наступним чином. Спочатку кожен такий клас іменується та подалі наповнюється концептами документу, які мають бінарне відношення з іменем класу на основі утворення стійкого бінарного відношення між його властивістю та одним з гіпервідношень замкнутої множини $\mathcal{R}3$. Таке відношення має вигляд:

$$\langle r_{kl}^t, \mathcal{R}_g, \rangle | r_{kl}^t \in \mathcal{R}_{kl}^T | \mathcal{R}_g \in \mathcal{R}3, g \in \{f, c, d\}, \mathcal{R} \quad (19)$$

де T – тип концепту, t – властивість типу, kl – спеціальний індекс, що визначає належність концепту конкретному класу.

Множинність наведеного бінарного відношення визначається тим, що воно зв'язує деякий набір концептів з ім'ям класу, який утворює даний набір концептів.

$$\{x_{kl}^t < r_{kl}^t, \mathcal{R}_g > X_{kl}^T\} \quad (20)$$

де X_{kl}^T – ім'я класу, що був утворений набором концептів x_{kl}^t

Класи концептів також є елементами таксономії документу й можуть утворювати новітні класи.

$$\{Y_{kl}^{t_i} < \mathcal{R}_{kl}^{T_j}, \mathcal{R}_g > X_{kl}^{t_n}\} \cong \mathbb{X}_{kl}^{T_l} \quad (21)$$

Представлення ім'я класу виду $X_{kl}^{t_n}$ каже, що цей клас утворено з концептів, які мають t_n -ю властивість.

Над кожним класом, як елементом таксономії деякої складності, визначається бінарне відношення й часткової упорядкованості. Уся сукупність класів утворює повну таксономічну систему документу, над якою може бути визначена повна часткова упорядкованість. Тоді коренева вершина таксономії усього документу є нерухомою точкою множини, яка включає усі концепти документу. Таксономічна система, яка утворюється на основі вказаної множини концептів з нерухомою точкою [19, 37], також є повною. Для повної таксономічної системи однією з нерухомих точок є ім'я цього документу.

Більш того, повна таксономічна система є структурованим об'єктом й може розглядатися з позицій теорії гомотопічної теорії типів. Таксономія, як структурований об'єкт, утворюється на основі стійких бінарних сполучень між концептами документів. Таким чином, її можна також розглядати як бінарне дерево [37], яке також є гомотопічним типом й характеризується гіпервластивістю унівалентності [35, 40]. Це дозволяє нам стверджувати, що таксономія довільного документу унівалентна усьому простору бінарних дерев, які можна утворити з його концептів.

$$T \cong B_D \quad (22)$$

де B_D – довільне бінарне дерево.

Будь-яка таксономічна система T формується на основі структурованого представлення предметної області її застосування. Зазвичай основу структурування складають класи об'єктів [37], на які умовно розбивається множина всіх понять, властивості яких визначають семантику предметної області. Безпосередньо властивості концептів дозволяють визначити множину відношень між ними. Множинні бінарні відношення упорядкованості складають тип гіпервідношень, які мають властивості унівалентності і за рахунок цього забезпечують формування з класів концептів різних таксономічних структур.

Слід зазначити, що повна таксономічна система T формується на основі виділення деякій підмножини концептів X , які мають загальну характеристичну властивість. Така властивість може бути унарною для кожного концепту, проте при визначенні зазначеного класу як складного концепту, така властивість дозволяє визначити над усіма концептами класу множинне бінарне відношення (бути елементом класу). При цьому слід зазначити, що унарна властивість, яка є

загальною для множини концептів предметної області, може інтерпретуватися як ознака цих концептів або як критерій для вибору концептів даного класу.

Так, під час вибору концептів-кандидатів для формування деякої категорії – класу (class), спочатку визначається властивість-ознака, на підставі якої дана категорія може бути представлена як складний концепт. При цьому включення до категорії-класу конкретного простого концепту або поняття з менш складною структурою ґрунтується на унарній властивості-критерії, що характеризує його, та є загальною для всіх концептів цієї категорії-класу. Зазначена загальна властивість дозволяє визначити для даної категорії бінарне відношення «частина-ціле», яке також задає часткову упорядкованість [19, 37, 39] над усіма концептами сформованої категорії класів.

Таким чином, множина бінарного відношення часткової упорядкованості визначається на основі бінарного відношення «частина-ціле», яке можна представити у вигляді множинного відношення «група об'єктів – об'єкт». Поняття «група об'єктів» визначає ім'я складного концепту-класу, який є таксономічною категорією для розглянутої предметної області. Вибір концептів для їх включення в таксономічну категорію за загальними семантичними властивостями ми можемо розглядати як об'єднання одноелементних множин, де кожна така множина визначена конкретним концептом предметної області з обраною загальною для них властивістю-критерієм.

Конструктивність застосування процедури вибору [1, 30, 32] проявляється можливістю точного визначення необхідного елемента для формування таксономії. Перевага критеріального вибору в даному випадку не залежить від методу ранжування. Таксономія задається концептами із загальною властивістю, над якими визначається множинне бінарне відношення часткової упорядкованості виду:

$$x_i^j \tilde{p} x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k \quad (23)$$

у якому концепти мають властивості часткової впорядкованості – $\tilde{p}$ та лінійної впорядкованості – p [37].

Таксономія T може бути визначена для будь-якого складного концепту, тобто за замовчуванням вона може бути утворена бінарним відношенням лінійної упорядкованості «частина-ціле». Відношення «частина-ціле» може бути розширено до множинного відношення «група об'єктів – об'єкт» і далі до «бути елементом класу» та/або «бути елементом категорії» [1, 19].

Гіпервідношення Gr , задане над множинними бінарними відношеннями упорядкованості, що визначають таксономію, дозволяє сформувати предикативні вирази на основі її концептів із заданим множинним відношенням унівалентності ($\cong$), яке поглинає відношення часткової упорядкованості. Це поглинання одного гіпервідношення іншим має вигляд:

$$(x_i^j \tilde{p} x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k) \vee (\cong) = (\cong) \vee (x_s^j \tilde{p} x_l^k) \rightarrow (\cong) \vee x_s^j p x_l^k \quad (24)$$

Фактично вказане унівалентне поглинання визначає рівні еквівалентності таксономічних систем, які відображають документи, що мають спільні властивості. За результатами формування множини класів концептів таксономічної системи та за допомогою унівалентності отримуємо

метатаксономію, концептами якої є задано множинне бінарне відношення «частина-ціле». Така таксономія може мати складну структуру низхідних ієрархій. Кожний складник являє собою клас концептів, що мають як мінімум одну загальну семантичну властивість.

$$Pr(x_1, \dots, x_n) = 0 \Rightarrow \exists T \subseteq \check{T}: \forall x_i \in X \exists Y \subseteq X: T = YGrx_i \mid i = \overline{1, n} \quad (25)$$

де x_n – прості концепти таксономій T й відповідного різноманіття $\check{T}$, X , Y – множини таксономій таксономічного різноманіття $\check{T}$, G – гіпервластивість класу концептів, що утворюють конкретну таксономію, у даному випадку – Y .

Отже, відношення унівалентності визначає взаємодію між концептами кожної таксономії, що виділена з різних класів концептів предметної області й, відповідно, дозволяє визначити нові види таксономічних систем.

Зазначений підхід, що визначається виразами (1)–(25) дозволяє реалізувати таксономічне представлення наративу цифрової колекції усієї сукупності мережевих документів.

Наративний дискурс як форма трансдисциплінарної взаємодії контекстів ІОР STEM-формату

Представлення документів у вигляді наративів, що являють собою послідовність викладу фактів і подій, як певних об'єктів, у творі, визначає їх як пасивні системи знань. Однак над усіма об'єктами текстових наративів можна визначити процедури виділення описів цих фактів і подій у вигляді окремих контекстів [24]. Тоді ми отримуємо множини об'єктів, які є концептами, та множини об'єктів, які є класами. Таке розбиття наративного тексту на складові – концепт, клас, контекст, сенс тощо, визначає їх здатність до взаємодії.

Здатність складових наративу до взаємодії будемо визначати як дискурс, що є когнітивно-комунікативним актом, який одночасно реалізує бачення реального світу та його уявлення [7]. Однією із властивостей дискурсу є можливість відображати зв'язність двох й більше наративів. Наявність вербально активних когнітивних процедур обробки знань, які забезпечують їх систематизацію, а саме – аналіз, структуризацію, класифікацію, критеріалізацію, синтез й оцінювання тощо, визначається як наративний дискурс.

Таким чином, ми можемо визначити певну когнітивну процедуру багатоетапного послідовного перетворення первинної структури наративу тексту в онтологічний вигляд на основі виділення таксономічних систем виду T . Така процедура забезпечує автоматичне перетворення текстового наративу, який визначається упорядкованими на основі певних правил синтаксису Λ_s , які задаються над концептами $x_i \in X$ таксономією T , тезаурусом T і онтологією $\mathbb{O}$. Результатом застосування процедури є виявлення концептів виду x_i , з яких складаються класи об'єктів предметної області (зокрема, їх назви), виявлення первинних міжконтекстних зв'язків та таксономічне представлення семантики тексту.

На основі правил (1)–(25) можна стверджувати, що фактично таксономія визначає наративний дискурс між текстами, як системами знань. Більш того таксономія, як семантична структура представлення наративного тексту у

якості системи знань, виявляє у наративі множини гіпервластивостей виду (9), а саме – рефлексію – $\mathcal{R}_f$, рекурсію – $\mathcal{R}_k$ й редукцію – $\mathcal{R}_d$.

Правила (20)–(22) визначають характер взаємодії цих систем знань у форматі наративного дискурсу. Так при значенні у виразі (20) параметру $g = f$, ми отримуємо множинність бінарних утворень між контекстами певних концептів з різних класів у наступному вигляді:

$$\langle r_{kl}^t, \mathcal{R}_f, \rangle | r_{kl}^t \in \mathcal{R}_{kl}^T | \mathcal{R}_f \in \mathcal{R}_3 \quad (26)$$

Кожне значення властивості типу t , реалізує утворення множини бінарних відношень між контекстами концептів з різних класів. Однак кожен клас за рахунок наявності зв'язків між контекстами концептів може бути представленим у вигляді таксономії T . Таким чином, ми утворюємо супермножину таксономій $\tilde{T}$ між елементами якої встановлено множинне відношення рефлексії. А згідно правила (17) така супермножина може об'єднувати категоріальні класи. Тоді у супермножині таксономій наративного дискурсу документів можливе штучно виділення множини ейлерових підграфів E_{sup*} . Більш того, відношення рефлексії може штучно утворювати непусту множини з ейлерових циклів, які включають до себе непусті класи концептів. Цей ейлерів підграф відображає наявність міжконтекстних зв'язків між різними концептами з різних класів. Таким чином, ми отримаємо набір вербально активних когнітивних процедур обробки знань, які й утворюють наративний дискурс.

Для того щоб зняти гіллясте множинне представлення типу «один концепт – група концептів», над супермножиною $\tilde{T}$, задається гіпервластивість рекурсії, яка забезпечує виділення з неї лінійно упорядкованих ланцюгів концептів з одного та більш класів. Тобто, якщо рефлексія визначає таку гіллясту структуру множинності й концентричний вигляд наративного дискурсу, то рекурсія представляє його у вигляді певного ломаного відрізка.

Цей відрізок має вигляд правила (16) й утворюється елементами підмножини T , яка строго належить супермножині $\tilde{T}$: $T \subset \tilde{T}$.

Так, усі концепти, які представлено у вигляді пірамідальної мережі Ψ на рис. 2, утворюють супермножину $\tilde{T}$. На рис. 3. представлено одна з таксономій підмножини T , елементи якої можуть бути виділені рекурсивно на засадах застосування гіпервідношення $\mathcal{R}_k$, к контекстам концептів –

$\langle x_1 \ x_{10} \ x_{15} \ x_{16} \rangle$, які фактично утворюють кортеж.

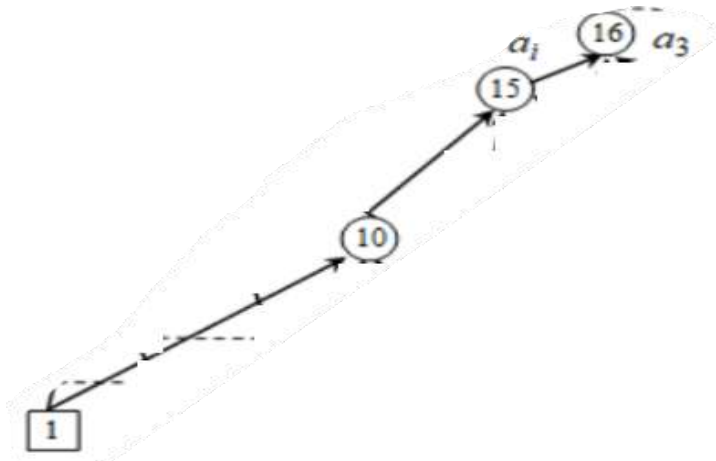


Рис. 1.1.3. Рекурсивно утворена таксономія наративного дискурсу.

У даному випадку із підмножини $\tilde{T}$ рекурсивно виділено субмножину X^{sb} , яка за правилом (16), визначає концепти, для яких вказаний (базовий) концепт x_{16} є категоріальним, й концепт x_1 є термінальним.

Процес редукції полягає в послідовному виділенні з тексту наративу концептів, які конструктивно визначають глосарій ПрО, зв'язків (відношень) між об'єктами, що визначає умови формування таксономій ПрО і рефлексивних атрибутів концептів, які в подальшому забезпечують визначення інтерпретуючих функцій для кожного концепту. Фактично підмножина $\tilde{T}$ є проєкцією супермножини $\tilde{T}$ на лінійно упорядкованих міжконтекстних зв'язків, які були встановлені між елементами супермножини $\tilde{T}$.

Конструктивне, редукція $\mathcal{R}_d$ застосовується для виділення субмножин виду X^{sb} за правилом (16) з супермножини таксономій $\tilde{T}$. Однак також можливе її застосування й для виділення супер підмножини виду X_i^{sup} за правилом (17) також із супермножини таксономій $\tilde{T}$.

Усі ці перетворення наративу тексту документів у наративний дискурс можна представити у вигляді наступної системи правил.

Перетворення множини X концептів пірамідальної мережі Ψ , яка утворює супермножину таксономій $\tilde{T}$ у підмножину концептів Y реалізується на основі унівалентності Ψ супермножини таксономій $\tilde{T}$.

$$F_{\mathcal{R}_3} : X \rightarrow Y \quad (27)$$

Перетворення (16) представимо у рекурсивному вигляді:

$$F_{\mathcal{R}_3}(X) = \begin{cases} F_{\mathcal{R}_3}(X, \Psi, \tilde{T}) \rightarrow \tilde{T}. \\ \{X_i^{sb}\} \\ \{X_i^{sup}\} \end{cases} \quad (28)$$

З представлення рекурсивного перетворення (27) і (28) бачимо, що у процесі реалізації відповідного гіпервідношення з множини R_3 , яка має формат виразу (18), ми фактично визначаємо, які типи таксономічних структур будуть використані у процесі взаємодії в форматі наративного дискурсу.

Процес формування супермножини таксономій та оброблення контекстів її елементів будемо визначати як концептографічний аналіз.

Індексна агрегація наративу мережевих документів

Засоби індексування забезпечують відображення трансдисциплінарних семантично пов'язаних контекстів в результаті обміну інформацією між розподіленими трансдисциплінарними інформаційними ресурсами (джерелами Big Data).

Використання у інформаційно-аналітичній діяльності мережевих документів у форматі наративного дискурсу визначає проблему їх контекстної агрегації. Згідно з правилами (10)–(13), (19)–(26) та перетвореннями виду (27) і (28) ми маємо виділення усієї множини міжконтекстних зв'язків. Але ця структура має не досить оптимальну для використання структуру. Згідно визначення пірамідальної мережі Ψ (правило 11), ми маємо графову структуру, яка відображається у вигляді списків. А це не дає змогу щодо оперативного відображення та використання необхідних контекстів.

Необхідно мати інструменти прямої адресації. Це можливе на засадах використання механізмів індексної агрегації як безпосередньо наративу усіх документів, так й елементів супермножини таксономій наративу $\tilde{T}$.

Застосування гіпервластивостей множини $\mathcal{R}3 = \{\mathcal{R}_f, \mathcal{R}_k, \mathcal{R}_d\}$ на основі формування супермножини таксономій $\tilde{T}$ та перетворень (27) і (28) дозволяє нам визначити функцію контекстної зв'язності, як композицію функції індексації та функції пошуку.

Функція контекстної зв'язності дозволяє встановлювати зв'язки між контекстами усіх концептів наративних описів мережевих документів, які визначають змістовну компоненту інформаційно-аналітичного середовища.

Функція індексації Q_I має вигляд:

$$Q_I(C) = \bigcup_{T \in \mathcal{C}} \bigcup_{l \in L_T} \{ \langle V(l), V(T) \rangle \} \quad (29)$$

де $\mathcal{C}$ – множина наративних описів мережевих документів ND;

T – таксономія наративного документу ND;

L_T – набір концептів виду $(X^{sb} \times X^{sup} \times \tilde{T})$, що формує текстове представлення контекстів таксономії T наративу документу ND;

$V(l), V(T)$ – ідентифікатори лексеми, які представляють кінцеву лінійно упорядковану сукупність лексичних одиниць: $l = \langle xi | \text{поняття} | \text{слово} | \text{фраза} \rangle$ та таксономії T наративу документу ND відповідно.

Функція пошуку відповідних контекстів та лексичних одиниць, використовує результати функції індексації.

$$Q_s(l, \tilde{T}) = \{I | \langle \{V(l) \times V(T)\} \rangle\} \quad (30)$$

де I – індекс, що являє собою результат роботи функції Q_I ;

$V(l), V(T)$ – ідентифікатори лексеми l і таксономії T наративу документу ND відповідно.

З допомогою функції пошуку можна формувати зв'язки між контекстами усіх лексичних одиниць множини мережевих наративних документів.

Тоді функція контекстної зв'язності буде мати вигляд:

$$Q_c(l) = \bigcup_{L_T} (Q_s(Q_I(C), \tilde{T})) \quad (31)$$

де C – множина наративів мережевих документів ND, які визначають змістовність інформаційного середовища, в рамках якого здійснюється зв'язування

x – лексична одиниця виду (1), з якою здійснюється зв'язування;

L_x – текстове представлення контексту лексичної одиниці x .

l – певна лексема $|l = x_i \neq x$.

Множина індексів $\{I\}$, яка формується на основі застосування до множини C функції індексації Q_I , формує індексну зону $\tilde{I}$ усіх наративів мережевих документів ND

$$\tilde{I} = \{\{I\} \times \tilde{T}\} \quad (32)$$

На основі виразу (22) функція контекстної зв'язності представима у вигляді:

$$Q_c(l) = \tilde{I} \times C \times \tilde{T} \times \mathcal{R}3 \quad (33)$$

Таким чином функція контекстної зв'язності утворює умови щодо формування наративного дискурсу на основі семантико-лексичного та концептографічного оброблення усіх наративів мережевих документів ND.

Дослідження використання терміну в рамках одного звіту може бути корисним в процесі дослідження, але значно більш ефективним є дослідження використання терміну в рамках великого масиву інформаційних ресурсів – в тому числі і мережевих. Для цього може використовуватись функція контекстної зв'язності.

На основі композиції функції контекстної зв'язності і перетворення рекурсивної редукції формується агрегат лексичних одиниць наративного дискурсу:

$$\Theta = Q_c(l) \times F_{\mathcal{R}3}(X) \quad (34)$$

Агрегат наративного дискурсу фактично представляє набори контекстів лексичних одиниць, які зв'язані між собою різними відношеннями, включаючи й гіпер відношення множини $\mathcal{R}3$.

Онтологія задачі вибору як основа взаємодії у форматі наративного дискурсу

Довільний формат взаємодії двох та більше систем пасивно чи активно використовує процедури вибору. Це відноситься до тематики взаємодії, об'єктів, які треба використовувати, рішень які треба прийняти у процесі взаємодії тощо. Однак відмітимо, що довільна взаємодія постійно використовує вербально активні когнітивні процедури обробки знань, які забезпечують їх систематизацію, а саме – аналіз, структурування, класифікацію, критеріалізацію, синтез й оцінювання тощо. Всі ці процедури системними складовими формату наративного дискурсу.

У контексті взаємодії у форматі наративного дискурсу на основі агрегатного відображення лексичних одиниць наративу документів виду (34), виникає проблема щодо переупорядковування станів їх відображення:

$$\Theta = Q_c(l) \times \tilde{P} \times F_{\mathcal{R}3}(X) \quad (35)$$

Розглянемо взаємодію експертів у форматі наративного дискурсу представляє увесь простір відображення контекстів на основі натуральних

систем. Згідно [1, 2, 30]. Натуральна система SN, забезпечує відображення контекстів деякого документу у процесі інтерактивної взаємодії з його змістом. Такий документ можна визначити як інтерактивний [1] і представити з допомогою пари:

$$\langle O, SN \rangle \quad (36)$$

де O – онтологія, що представляє собою структуризоване представлення деякого документу й у нашому випадку може бути представлена у наступному вигляді:

$$O = \langle X, R(\Psi, \Theta), F(\check{T}, F_{\mathcal{R}3}, Q_c(l) \rangle \quad (37)$$

Довільна SN побудована на основі O [1, 41], й забезпечує отримання певного результату при функціональних перетвореннях виду (27)–(33), які завжди визначають певні результати, та утворюють непустий набір дій F_{set} .

Умова дійсності F_{set} згідно [41] виконується завжди, тому що у нашому випадку завжди існують функції, що задані на множинах концептів документів, їх таксономій тощо, й вони завжди виконують деякі відображення та перетворення. До функцій, що належать F_{set} будьмо відносити усі перетворення виду (27)–(34).

Згідно виразів (20)–(37) ми завжди можемо визначити деякі альтернативні стани взаємодії у форматі наративного дискурсу – A_{st} , які відображають деякі агрегати наративного дискурсу. Зрозуміло, що контексти значень таксономій та концептів, які визначають такий агрегат, певним чином впливають на вибір найбільш оптимального стану взаємодії.

Множина таких альтернатив виду A_{st} визначає категорію вибору, як наявність певної функції f , яка кожному агрегату лексичних одиниць наративного дискурсу ставить у відповідність непусте значення функції контекстної зв'язності $Q_c(l)$. Це визначення повністю відповідає аксіомі вибору Цермело-Френкеля [30]:

$$\forall T [\emptyset \notin T \Rightarrow \exists f: T \rightarrow \cup T, \forall T \in \check{T} (f(T) \in \check{T})] \quad (38)$$

Аксіоматичне представлення вибору у вигляді виразу (38) дозволяє нам визначити проблему переупорядковування представлення вирішення практичних задач на засадах контекстної зв'язності при взаємодії у форматі наративного дискурсу. Ця проблема може бути зведена до її представлення у вигляді онтологічної системи [1, 2, 7, 11, 12, 26, 41].

Представимо категорію задачі [27, 30] як деякий стан натуральної системи з визначеною ціллю, що потребує вибору певної дії чи певного об'єкту при взаємодії у форматі наративного дискурсу:

$$SN(f(X), GL) \quad (39)$$

де GL – мета, що визначена як потреба виконати певні дії вибору конкретних концептів X : $f(X) \subset F_{set}$.

Зробимо наступну підстановку для $f(X)$:

Згідно правил (1)–(14) множина концептів, які складають зміст документів наративного дискурсу перетворюється у таксономічний вигляд, тобто існує функція f перетворення множини концептів X у супермножину таксономій $\check{T}$, яка відноситься до набору дій F_{set} : така, що для довільної

таксономії $T \subset \check{T}$, її значення – $f(T)$ належит множині значень функції F_{set} тобто:

$$(f: X \rightarrow \Psi \cong T) \Rightarrow f(T) \subset F_{set} \quad (40)$$

Більш того застосування сукупності правил (15)–(28), (34) та (40) дозволяє нам визначити наступне представлення задачі, як стану натуральної системи SN:

$$SN(f(X), GL) \rightarrow SN(F_{set}, GL(\theta)) \quad (41)$$

у виразі (40) набору усіх дій F_{set} визначає той факт, що ми розглядаємо усі функціональні перетворення об'єктів, що складають наратив цифрової колекції усіх мережевих документів, без розгляду правил граматики та синтаксису, а параметр $GL(\theta)$ визначає, що нам потрібно визначити конкретний агрегат наративного дискурсу, у форматі якого реалізується взаємодія. Тобто правило виду (40) представляє клас нормальних систем, які відображають вирішення задач вибору, що визначаються над усіма об'єктами наративного дискурсу колекцій цифрових документів.

Згідно роботи [1] довільна нормальна система SN може бути представлена у вигляді певної онтології виду $O = \langle X, R, F \rangle$. У нашому випадку онтологія натуральної системи O_{SN} , яка забезпечує виконання певних дій F_{set} , над об'єктами наративного дискурсу.

Зрозуміло, що проблема вибору у процесі взаємодії у форматі наративного дискурсу є дуже суттєвою. Документів, які сформовані за різними граматичними та синтаксичними правилами, безліч. Виявлення множини агрегатів, що тематично сходиться, та визначає теми наративного дискурсу, це одна з проблем довільної взаємодії у форматі наративного дискурсу.

Формування онтології задачі вибору, яка постійно виникає у наративному дискурсі, дозволяє визначити контур контекстної зв'язності взаємодії у його форматі. Усі правила, а саме – (1)–(41), якщо їх проінтерпретувати щодо процесів взаємодії у інформаційно-аналітичній діяльності, дозволяють визначити контекстної зв'язності взаємодії наступним виразом:

$$O_{SN} = \langle \theta, (R(\check{T}), \mathcal{R}_3), (f(T), F_{set}) \rangle \quad (42)$$

Таке представлення онтології вибору у вищенаведеному визначенні наративного дискурсу визначає, що треба вміти інтерпретувати смисли зв'язності контекстів цифрових документів, які відображає агрегат наративного дискурсу. Також суттєвий вплив на формат наративного дискурсу має зв'язність концептів термінополя предмету взаємодії, які відображаються відповідними таксономічними структурами. Фактично бінарні відношення між концептами термінополів, які визначають семантичні відношення й властивості цих концептів й відображаються таксономією, що сформована на основі вибору множин концептів, як об'єктів натуральної системи. Зрозуміло, що у виборі беруть участь й такі гіпервідношення, як рефлексія, рекурсія та редукція. Згідно класичного визначення онтології як певної системи, до її системних компонентів обов'язково повинно бути включено набір функцій, які операціонально спроможні інтерпретувати усі семантичні властивості та відношення, що визначають об'єкти онтології.

Основні компоненти трансдисциплінарного інформаційно-аналітичного середовища

Як було зазначено вище, операціональна складова трансдисциплінарного інформаційно-аналітичного середовища реалізується у форматі наративного дискурсу. Визначає цю операціональність множина гіпервластивостей – рефлексія, рекурсія, редукція. Інтерпретація цих гіпервластивостей реалізується через певні когнітивні функції, які реалізують метапроцедури структуризації; аналізу/виділення проблеми; синтезу; вибору тощо. Вони є функціональною інтерпретацією гіпервластивостей множини виду (18) й реалізуються на засадах правил (10)–(25) та перетворень (27) і (28).

Перетворення виду (27) і (28), які визначені на основі правил (10)–(26), забезпечують реалізацію наступних технологічних умов щодо формування інформаційно-освітнього середовища STEM-формату:

- створення комплексного ІТ-рішення щодо формування єдиного мережецентричного інформаційного середовища, яке об'єднає ІОР усіх залучених до освітньої взаємодії здобувачів освіти, викладачів та експертів-методистів;

- забезпечення вирішення когнітивних метазадач при обробленні текстових документів, баз даних та знань: структуризація, аналіз, синтез та вибір;

- підтримка процесів пошуку інформації та формування мережових цифрових колекцій текстових документів, релевантних тематиці науково-освітньої діяльності здобувачів освіти;

- реалізація інтерактивної форми взаємодії з кожним документом та забезпечення його атрибутивної інтеграції з обробленими ІОР;

- забезпечення безперервного моніторингу інформаційно-освітніх процесів, аналіз їх станів та прийняття рішень на основі отриманої інформації;

- формування інтероперабельних протоколів підтримки мережецентричної взаємодії та взаємозв'язку між освітніми наративами, документами, інформаційними системами, базами даних та знань, які мають значну кількість міждисциплінарних відношень, та створені на основі використання різних інформаційних технологій і стандартів;

- забезпечення автоматизованого аналізу та створення систем рейтингів об'єктів науково-освітньої діяльності здобувачів освіти і процесів з ними, пов'язаних з урахуванням усієї множини факторів, що впливають на відповідні об'єкти і процеси;

- забезпечення процесів проведення багатокритеріального порівняльного аналізу інформаційних джерел за їх властивостями та вибірка за означеними критеріями відповідних записів та документів, знайдених в інформаційних системах та середовищах;

- виділення з наративів та документів, що обробляються чи вже є обробленими, статистичних даних та їх обробка за визначеними ознаками та критеріями;

– забезпечення процесів розв’язання задачі раціонального вибору та розробка на її основі альтернативних варіантів вирішення типових завдань та їх обґрунтування за визначеними показниками;

– формування багаторівневої схеми реалізації інноваційних рішень здобувачів освіти на всіх стадіях їх науково-освітньої діяльності «проблема–дослідження–вибір–обґрунтування–розроблення–реалізація» у вигляді онтології процесів;

– підтримка взаємодії здобувачів освіти, викладачів та експертів-методистів з профільними ІОР та між собою у форматі наративного дискурсу.

Виходячи із вищезазначеного, конструктивним варіантом, який забезпечує виконання вказаних вимог щодо створення відповідного трансдисциплінарного інформаційно-освітнього середовища STEM-формату, є розроблення та впровадження інтелектуальних мережецентричних когнітивних сервісів, які спроможні забезпечувати аналіз, оцінювання і вибір навчально-дослідницьких рішень здобувачів освіти, включаючи прийняття рішень щодо отриманих ними технологічних і науково-технічних продуктів.

Реалізація зазначеного ІТ-технологічного рішення можлива лише за умов формування єдиного інформаційного простору у форматі наративного дискурсу. Вказаний формат взаємодії забезпечує повномасштабне консолідоване використання усієї множини інформаційно-освітніх ресурсів та корпоративних систем знань.

Трансдисциплінарні онтології ІОР забезпечують реалізацію взаємодії здобувачів освіти з ними у форматі наративного дискурсу. Вони є тим мережевим інтелектуальним інструментом, який здатен формувати на основі трансдисциплінарної процедури лексико-семантичного аналізу ІОР відповідний єдиний інформаційний простір. Вони також забезпечують інкапсулювання довільного інформаційного ресурсу, який був створений за певною інформаційною технологією та відмінним від інших стандартом у цей єдиний інформаційний простір. Тим самим трансдисциплінарна онтологія формує цей STEM-простір у форматі наративного дискурсу для використання усіх видів описів та документального відображення інформації, усі контексти якої обробляються когнітивними сервісами мережевої динамічної системи зі складною компонентно-орієнтованою структурою сервісів.

Усі вказані функціональні сервіси трансдисциплінарного інформаційно-освітнього STEM середовища поділяються на дві групи трансдисциплінарних процедур, основу яких формують компонентні сервіси системи. Перша група включатиме сервіси лінгвістично-семантичного оброблення інформаційних ресурсів. Друга група включатиме трансдисциплінарний аналіз та підтримку прийняття рішень, які між собою цілком функціонально зв’язані. Основу прийняття рішення становитиме трансдисциплінарний інтерактивний документ, який формується на основі процедур першої, так званої онтолого-лексикографічної групи. Але й аналітичне оцінювання та підтримка прийняття рішень буде реалізовуватись на основі трансдисциплінарних онтологій.

Компонентна структура когнітивних сервісів, що реалізуються на засадах трансдисциплінарних онтологій, складається із двох груп. Нижче представлено характеристики кожної групи та сервісу.

Онтолого-семантична група сервісів

До цієї групи входять трансдисциплінарні сервіси, які орієнтовані на обробку та відповідні перетворення неструктурованої текстової інформації. Сюди треба в першу чергу віднести:

Лінгвістично-семантичний аналіз природної мови [24] – процес обробки природномовних текстових документів українською, російською та англійською мовами на основі наданих вихідних даних: формалізація представлення синтактико-семантичної структури речень у XML; автоматичне виділення з документів багатослівних термінів; автоматичне виділення контекстів, у яких використовуються відповідні багатослівні терміни; виділення заданих семантичних відношень на основі шаблонів їх описів;

Таксономізація природно-мовних текстів [19, 24] – когнітивна процедура структуризації текстових масивів на основі системологічного представлення їх термінологічної системи у ієрархічному вигляді. Результатом застосування процедури таксономізації текстів, їх структура представлена у вигляді графа, кожна вершина якого містить відповідні контексти, зміст якого містить семантичні описи та характеристики відповідних термінів та словосполучень. Забезпечує виділення класифікаційних одиниць текстового масиву, які характеризують його семантику та призначення. Таксономія тексту відображає упорядкованість взаємодії між термінологічними конструкціями;

Рекурсивна редуція контекстів природної мови [1] – когнітивна процедура багатоетапного послідовного перетворення первинної структури тексту в онтологічний вигляд на основі виділення первинних шаблонів. Забезпечує автоматичне перетворення текстових масивів у таксономію, тезаурус і онтологію. Включає етапи лексичного аналізу та виявлення синтаксичних зав'язків. Результатом застосування процедури є виявлення лексем (слів або символів, таких, як розділові знаки), з яких складаються речення, виявлення первинних міжконтекстних зв'язків та таксономічне представлення семантики тексту;

Цифрова колекція документів – процедура систематизації документальних мережевих ресурсів (big data sources), множиною природномовних текстів, об'єднаних за однією ознакою або сукупністю ознак (мовних, понятійних, прагматичних, часових, стильових, функціональних, інтенціональних та ін);

Індексна розмітка інформаційних ресурсів [42] – трансдисциплінарне відображення семантично пов'язаних контекстів у результаті обміну інформацією між розподіленими інформаційними ресурсами (джерелами Big Data). Засоби індексування базуються на корпусних лексикографічних технологіях та теорії, архітектурі й системотехніці лексикографічних систем. Методологічною основою корпусних лексикографічних технологій є теорія семантичних станів, на основі якої здійснюється семантико-синтаксичний аналіз природномовних об'єктів у трансдисциплінарних даних. Результатом

індексної розмітки є адресне та вагове (значимість) маркування термінів та словосполучень, які семантично характеризують зміст документів;

Встановлення міжконтекстних зв'язків – процедура виявлення присутності відповідних термінів та словосполучень у різних контекстах документів, що обробляються. Виявлення міри і рівня їх еквівалентності за семантичним сенсом та системологічної належності. Результатом застосування є відображення динамічного каталогу зв'язаних між собою таксономічних структур, у контекстах яких містяться зазначені терміни та словосполучення;

Полімовна синонімічна зона [24] – охоплення деякої кількості мов, на яких доступна максимальна кількість як загальних, так і національно імplementованих на території Європи, включаючи українську та російську. Таким чином створення полімовної синонімічної зони передбачатиме укладання української, російської, англійської, німецької, французької та італійської синонімічних зон Електронного українсько- російсько- англійсько-німецько- французько- італійського перекладного словника синонімів (основний лексичний склад мови) (далі – Електронний словник синонімів (ЕСС));

Інтерактивний онтологічний документ [1] – це програмна система, яка на основі таксономічного та онтологічного представлення текстових масивів забезпечує інтерактивну взаємодію з кожним терміном та словосполученням, які мають множину контекстних дефініцій. Забезпечує динамічну зміну порядку відображення контекстів термінологічної системи тексту у процесі взаємодії з множиною документів та інформаційних систем. Формує динамічний каталог контекстів термінів, що використовуються у процесі взаємодії. Інтерактивний документ є результатом взаємодії двох систем: таксономізованого документа та натуральної системи, яка реалізує набір узгоджених функцій первинної обробки контекстів множини таксономій документів, що використовуються.

Онтолого-аналітична група сервісів

Цю групу складають сервіси, які забезпечують аналітичну діяльність здобувачів освіти, викладачів та експертів-методистів. Основу цієї групи становлять такі сервіси:

Багатокритеріальний порівняльний аналіз [30–32] – клас задач прийняття рішень, пов'язаних з раціональним вибором та багатокритеріальним ранжуванням. Ці задачі входять до інформаційно-аналітичного забезпечення підтримки діяльності і прийняття організаційно-управлінських рішень у ході науково-освітнього процесу. Складність і різноманіття ситуацій вибору вимагає врахування великої кількості різних факторів та критеріїв і потребує значного рівня компетенції та об'єму знань від експертів, що оцінюють значення критеріїв, та особи, що приймає рішення (ОПР). Альтернативами виступають концепти, які мають функціональні властивості.

Ранжування альтернатив [32] – відображення варіантів, альтернатив (об'єктів, стратегій, шляхів розвитку і т. д.) за певною множиною критеріїв з наявної початкової множини альтернатив, таким чином, щоб особа, яка

приймає рішення мала можливість оцінювати вплив кожного варіанта (альтернативи) і на цій основі ухвалювати оптимальне рішення.

Конкурентна нормалізація критеріїв [30] – урахування конкурентності процесу встановлення ступеня домінування одних альтернатив над іншими в залежності від їх статистичних характеристик.

Обернене ранжування альтернатив [30] – пост-аналіз процесу проведення вибору (ранжування) альтернатив з метою підвищення рівня аналізу отриманих результатів та розширення початкової онтологічної моделі предметної області новими властивостями об'єктів дослідження.

Експертне оцінювання [30–32] – процедура отримання оцінки проблеми, стану об'єкта чи процесу, на основі думки фахівців (експертів) із метою подальшого прийняття рішення (вибору) на засадах визначення за певною шкалою значень обраних властивостей-критеріїв.

Раціональний вибір [1, 32] – установлення лінійного порядку над множиною альтернатив. Такий порядок, зокрема, дозволяє визначити альтернативи(у), що мають найкращі (за сукупністю) значення критеріїв, які в загальному випадку відрізняються різною важливістю. Як альтернативи, так і критерії, в онтологічному представленні предметної області є певними об'єктами, під якими (в загальному випадку) розуміється деяка сутність (реальна або абстрактна) з притаманними їй станом, поведінкою й індивідуальністю. Стан об'єкта характеризується переліком усіх його можливих властивостей – структурою і значеннями кожної з цих властивостей.

Онтологічний інтерфейс [16] – засіб зручної взаємодії користувача з інформаційно-аналітичною системою, призначений для розв'язання множини задач проблемної ситуації шляхом використання тематичної онтології. На відміну від інформації, закодованої в алгоритмах, тематична онтологія забезпечує її уніфіковане і багаторазове використання різними групами користувачів на різних комп'ютерних платформах під час розв'язання різних задач.

Трансдисциплінарна категоризація контекстів [1, 7] – системологічне, динамічне формування класів контекстних описів на основі утворення стійких бінарних сполучень між визначеними термінами, фразами та визначеними словоформами.

Прогнозне оцінювання станів розвитку процесів [43] – виявлення зв'язків між минулим і майбутнім, між інформацією про процес у контрольований період часу, й характером перебігу процесу надалі, а також найбільш точний опис цих зв'язків. Виконання цієї задачі забезпечує досягнення основної мети прогнозування – зменшення того рівня невизначеності, у межах якого керівник повинен приймати рішення про вибір науково обґрунтованих варіантів тенденцій розвитку або зміни показників стану наявних зразків інноваційної продукції у часі й просторі.

Система індикаторів [44] – формування на основі трансдисциплінарного аналізу рівня інноваційності навчально-дослідницьких рішень здобувачів освіти та формування рейтингів об'єктів дослідження і пов'язаних з ними процесів їх використання, створення та модифікації з урахуванням усієї множини факторів,

що впливають на них. Система індикаторів будується таким чином, що дозволяє в її межах описати конструктивно різні об'єкти.

Керуюча онтологія [1] – операціональне розширення інтерактивного документа для вирішення ширшого спектру задач, що не обмежуватиметься відображенням вмісту онтології. Реалізується на засадах створення спеціалізованої натуральної системи, що міститиме стандартизовані механізми розширення своєї функціональності за рахунок певної множини модулів, що підключаються. Відповідний інтерактивний документ матиме складнішу цільову функцію, яка буде комбінацією цільових функцій певної підмножини підключених модулів. Підмножина модулів, що будуть використані при формуванні цільової функції такого інтерактивного документа, визначається онтологією цього документа (так званою керуючою онтологією) і командами користувача. Одним з часткових випадків керуючої онтології є онтологія процесу (онтологічний опис процесу). У такій онтології обов'язково присутні зв'язки виду «вище-нижче» між процесом і його підпроцесами й додатково можуть зустрічатись інші, допоміжні, зв'язки (наприклад, зв'язок «X передуює Y» – для опису ситуації, коли один підпроцес не може бути початий до закінчення іншого).

Вказані трансдисциплінарні процедури повністю забезпечують відповідними структурами даних усі когнітивні сервіси STEM-середовища та відповідають вимогам сучасного інформаційно-освітнього середовища.

Таким чином, вказані когнітивні процедури реалізують процеси семантико-лінгвістичного аналізу великих обсягів просторово-розподіленої неструктурованої інформації, їх структуризацію, встановлення контекстних зв'язків між документами, що обробляються, прогнозування та підтримка процесів раціонального вибору з наступним формуванням інтелектуальних інформаційно-аналітичних WEB-орієнтованих рішень.

Також когнітивні процедури, що описані вище, спроможні реалізувати повномасштабну інтеграцію всіх корпоративних та зовнішніх інформаційних ресурсів й створити єдиний інформаційно-освітній простір. Такий підхід забезпечить можливість доступу до відповідної освітньої та наукової інформації кожному здобувачу освіти, викладачу та експерту-методисту згідно його функціональних завдань. Також створюються технологічні умови налагоджування ефективної взаємодії між ними та великими обсягами мережевої інформації.

Когнітивно-комунікативний сценарій наукових досліджень як трансдисциплінарний засіб підтримки навчальних досліджень здобувачів освіти на засадах формування картини світу

Використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) є умовою забезпечення новаторської альтернативи традиційним методам інформаційної підтримки наукових досліджень через можливість доступу до інтерактивних занять і сумісну роботу в комп'ютерній мережі незалежно від місця розташування. У таких умовах ключовими моментами є форма організації і доступу до інформаційних джерел формування знань, що розміщуються у відповідних середовищах і є доступними з будь-якого місця та в будь-який час.

Нині при розробленні мережевих систем управління інформаційними джерелами, що супроводжують процес підтримки наукових досліджень, проблематична задача – не програмний аспект, а завдання пошуку, формулювання, структурування, подання даних і повідомлень, з яких в подальшому формуються знання. Для розв'язання цієї проблеми пропонується створити онтологічно-структуровану й операціонально орієнтовану базу знань, ключовою формою організації знань якої є е-сценарій наукових досліджень.

Системи інформаційно-комунікаційних технологій побудови і управління базами знань в е-мережі мають широку теоретичну й практичну платформу досліджень і використання. Використання ІКТ в процесі інформаційної підтримки науково-освітньої діяльності здобувачів освіти забезпечує побудову STEM-середовища, в якому підтримується режим е-дистанційної взаємодії між учасниками науково-освітніх досліджень.

Е-дистанційна взаємодія – це мережеве віртуальне середовище, за яким учасники процесу наукових досліджень здійснюють переважно індивідуалізовану взаємодію як асинхронно, так і синхронно в часі, переважно і принципово використовуючи електронні транспортні системи постачання наукових матеріалів та інших інформаційних об'єктів. Однією із задач діяльності в цьому середовищі є надання умов ефективного використання інформаційних ресурсів усіма учасниками процесу наукових досліджень. Для цього створюються засоби формалізації різноманітних інформаційних джерел формування знань, що враховують специфіку процесу наукових досліджень. Процес формалізації знань наукових досліджень здобувачів освіти залежить не тільки від структури об'єкта досліджень та його функціональної характеристики, а й від засобів досліджень і операціональної діяльності науковців.

За допомогою програмно-інформаційних компонентів ІКТ забезпечується створення і використання баз знань, на основі яких реалізується процес інформаційної підтримки процесу наукових досліджень. При використанні програмно-інформаційних засобів ІКТ в науково-дослідницькій діяльності треба враховувати той факт, що обсяг і розмаїтість даних і повідомлень, за різним профілем знань, нині настільки об'ємні, що виникає необхідність їх класифікації з погляду належності до предметної галузі досліджень, сфер інтересів всіх учасників процесу наукових досліджень, а також залежно від розв'язуваних ними задач. Отже, йдеться не тільки про дані, що зберігаються в спеціалізованих базах або інформаційних сховищах, але й про динамічні повідомлення, які генеруються певними джерелами в міру потреби. Застосування цих програмно-інформаційних засобів ІКТ орієнтовано на розв'язання таких задач:

- забезпечення можливості оперативної організації доступу здобувачів освіти до інформаційних джерел формування знань, що стосуються їх предметних тематик навчальних досліджень;

- підтримка взаємодії всіх учасників науково-освітнього процесу в межах неодиначної множини предметних галузей з можливістю розширення цієї множини;

- забезпечення можливості розширення списку джерел і споживачів різнорідних інформаційних джерел формування знань з урахуванням результатів роботи учасників науково-освітнього процесу;

- обмеження доступу до інформаційних ресурсів наукового призначення рамками конкретної предметної галузі досліджень, або сфери інтересів у зв'язку з неможливістю розв'язання попередньої задачі;

- забезпечення можливості для кожного суб'єкта науково-освітнього процесу використання інформаційних ресурсів наукового призначення кількох предметних галузей;

- забезпечення можливості оперативного пошуку джерела необхідних інформаційних ресурсів учасниками науково-освітнього процесу, а також їх оперативного взаємообміну.

Відповідні бази знань формуються у мережевому форматі й включають не тільки освітні наративи, а й завдання навчально-наукових досліджень. Онтологічний підхід до проєктування мережевої дослідницької бази знань якраз і дає змогу створювати системи, в яких інформаційні джерела формування знань стають онтолого-керованими і доступними для всіх учасників процесу наукових досліджень. Основні переваги цього підходу:

- онтологічний підхід надає користувачеві цілісний, системний погляд на довільну предметну галузь наукових досліджень;

- інформаційні джерела про предметну галузь наукових досліджень представлені однотипно, що спрощує їх сприйняття;

- побудова онтології допомагає оперативно відновити відсутні логічні зв'язки предметної галузі досліджень, не порушуючи загальну структуру бази знань.

Важливість онтологічного підходу в створенні мережевої дослідницької бази знань обумовлена також тим, що у разі, якщо інформаційні джерела формування знань вчасно не описувати і не тиражувати, то вони стають застарілими і неактуальними, а інформаційні джерела формування знань, що онтологічно-структуровані і мережевим способом поширюються, можуть генерувати нові знання. Онтологічний підхід дає змогу подавати терміни та поняття в такому вигляді, що вони стають придатними для комп'ютерного опрацювання, а це приводить наукову термінологію до формалізованого виду і сприяє однаковому її розумінню всіма учасниками наукових досліджень.

До онтологічних аспектів належить коло питань, починаючи від сфери застосування й до формального опису компонентів комп'ютерних онтологій предметних галузей досліджень. На формальному рівні онтологія – система, що складається з множини термінів, тверджень про поняття, на основі яких можна будувати класи, об'єкти, зв'язки, функції та теорії. Комп'ютерну онтологію деякої предметної галузі досліджень можна розглядати як загальнозначущу, відкриту базу інформаційних джерел формування знань, що представлена загальноприйнятою (формальною) мовою специфікації. В онтолого-класифікаційній схемі засобів і методів штучного інтелекту онтологічний підхід трактується як різновид системного підходу, заснованого на формуванні

знань. Онтологічний підхід забезпечує ефективне проєктування компонентів будь-якої знання-орієнтованої інформаційної галузі досліджень.

Практично всі моделі онтології містять певні концепти (поняття, класи), властивості концептів (атрибути, ролі), відношення між концептами (залежності, функції) та додаткові обмеження, що визначаються аксіомами. Концептом може бути опис задачі, функції, дії, стратегії, процесу міркування, процесу виконання дослідження тощо. При цьому увага спрямована на формалізацію етапів побудови, структурування й подання інформаційних джерел формування знань, що допомагає учасникам процесу досліджень ефективно опановувати теоретичний матеріал у поєднанні з практичними і лабораторними дослідженнями. Отже, ефективна реалізація зазначених етапів і одержання кінцевого результату неможливе без проведення системно-онтологічного аналізу заданої сукупності інформаційних ресурсів обраної предметної галузі досліджень.

Поняття онтології й онтологічного аналізу увійшли в процедури і стандарти моделювання ІКТ-систем баз знань науково-дослідницького призначення. Адже описання таких систем – є структурування інформаційних джерел формування знань. Реалізація зазначених технологій потребує урахування різних формально-методологічних вимог, критеріїв і оцінок. Наведемо основні з них.

Побудова інформаційної й функціональної моделей.

Необхідність структурування термінів і понять.

Правила формування достовірних тверджень і висновків, що описують терміни й поняття.

На початковому етапі побудови онтологічної моделі необхідно виконати такі завдання:

- створення і документування словника термінів;
- описання правил, згідно яких на базі введеної термінології формуються достовірні твердження, що характеризують стан системи;
- побудова моделі, за допомогою якої на основі наявних тверджень можна формувати необхідні додаткові твердження.

Онтологічна система характеризується єдністю, логічним взаємозв'язком і несуперечністю використовуваних понять.

Візуальні методи проєктування онтологій сприяють швидшому і повнішому розумінню структури знань предметної галузі наукових досліджень. При цьому об'єктивні обставини – час та місце спілкування, не завжди збігаються з можливостями їх учасників. Також програма, за якою проводиться навчальні дослідження, не відображає процес його проведення, дослідницьку і консультаційну взаємодію та оцінку результатів, а містить тільки загальні методичні рекомендації щодо її виконання. Тож постає необхідність створення системи е-дистанційної інформаційної підтримки виконання навчально-наукових досліджень. Одним із підходів, що забезпечить ефективне функціонування такої системи, є побудова онтологічної моделі е-сценарію навчально-наукових досліджень. Е-сценарій навчально-наукових досліджень – це персоніфікована онтологічна система формалізації процесу інформаційної

підтримки проведення дослідження з урахуванням предметної галузі досліджень, області використання знань та операціональної області досліджень.

Отже, кожна із сучасних моделей побудови баз знань має свою організаційну структуру, яка формує функціональні зв'язки між інформаційними об'єктами бази знань. При цьому майже всі інформаційні об'єкти сучасних баз знань повністю інтегруються з її функціональною структурою, що визначає великі структурні розміри таких баз знань. Управління такими системами баз знань потребує великих обчислювальних ресурсів, що безпосередньо впливає на час опрацювання інформації. Крім того, такі системи не орієнтовані на персоніфікований підхід до їх організації й управління. Для розв'язання цієї проблеми пропонується формувати структуру бази знань у вигляді сукупності окремих персоніфікованих е-сценаріїв, які в межах заданої онтологічної структури операціонально формуються відповідно до вибраного об'єкта та поставленої задачі. За необхідності створити новий е-сценарій, який би включав в себе інші е-сценарії, що зберігаються в базі знань у вигляді *.xml файлів, вони підключаються до нього або автоматично (у форматі гіперпосилань), або операціонально (шляхом вбудовування його інформаційної структури в базову структуру е-сценарію, що створюється). Після цього об'єднана структура е-сценарію запам'ятовується у файлі формату *.xml. Отже, база знань в цьому випадку має файлову операціональну структуру, яка включає в себе онтологічно-структуровані е-сценарії у форматі *.xml файлів. Тож в нашому випадку кожен е-сценарій наукових досліджень персонально формується відповідно до вибраного об'єкта досліджень і поставленої задачі, а потім зберігається у форматі *.xml файлу в базі знань.

Процес формування онтологічної моделі е-сценарію навчально-наукових досліджень полягає в тому, що можна узгоджено подавати їх у вигляді об'єктів засобами побудови онтології.

Загальна формула формалізації цієї онтологічної моделі має такий вигляд:

$$S = \{O_a\{P_b\{T_d\{E_e\{C_q\{M_v\{Z_g\}R_h\{Z_g\}}}\}}\}}\}, \quad (42)$$

де:

об'єкти досліджень: $O = \{O_a\}, a = 1, 2, 3, \dots, m;$

предмети досліджень: $P = \{O_a\{P_b\}\}, b = a1, a2, a3, \dots, an;$

теми досліджень: $T = \{P_b\{T_d\}\}, d = b1, b2, b3, \dots, bn;$

етапи досліджень: $E = \{T_d\{E_e\}\}, e = d1, d2, d3, \dots, dn;$

мета досліджень: $C = \{E_e\{C_q\}\}, q = e1, e2, e3, \dots, en;$

засоби досліджень: $Z = \{C_q\{Z_g\}\}, g = q1, q2, q3, \dots, qn;$

маршрут досліджень: $M = \{C_q\{M_v\{Z_g\}\}\}, v = g1, g2, g3, \dots, gn;$

оцінка результатів: $R = \{C_q\{R_h\{Z_g\}\}\}, h = v1, v2, v3, \dots, hn.$

У табличному вигляді онтологічну модель е-сценарію наукових досліджень представлено в табл. 1.1.1

Таблиця 1.1.1

Ім'я об'єкта	Ім'я класу	Назва ознаки	Умови ідентифікації ознаки: $\{x F(x)\}^*$
Об'єкти досліджень	O	$\{O_a\}$	$\{O_a F(O_a)\}$
$\{O_a\}$	P	Предмети досліджень	
Предмети досліджень	P	$\{O_a\{P_b\}\}$	$\{O_a\{P_b\} F(O_a\{P_b\})\}$
$\{O_a\{P_b\}\}$	T	Теми досліджень	
Теми досліджень	T	$\{P_b\{T_d\}\}$	$\{P_b\{T_d\} F(P_b\{T_d\})\}$
$\{P_b\{T_d\}\}$	E	Етапи досліджень	
Етапи досліджень	E	$\{T_d\{E_e\}\}$	$\{T_d\{E_e\} F(T_d\{E_e\})\}$
$\{T_d\{E_e\}\}$	C	Мета досліджень	
Мета досліджень	C	$\{E_e\{C_q\}\}$	$\{E_e\{C_q\} F(E_e\{C_q\})\}$
$\{E_e\{C_q\}\}$	R	Засоби досліджень	
Засоби досліджень	R	$\{C_q\{R_g\}\}$	$\{C_q\{R_g\} F(C_q\{R_g\})\}$
$\{T_d\{E_e\}\}$	M	Маршрут досліджень	
Маршрут досліджень	M	$\{C_q\{M_v\{R_g\}\}\}$	$\{C_q\{M_v\{R_g\}\} F(C_q\{M_v\{R_g\}\})\}$
$\{C_q\{M_v\{R_g\}\}\}$	O	Оцінка результатів	$C_q\{O_h\{R_g\}\}$
Оцінка результатів	O	$\{C_q\{O_h\{R_g\}\}\}$	$\{C_q\{O_h\{R_g\}\} F(C_q\{O_h\{R_g\}\})\}$

*) Умови ідентифікації ознаки: $\{x|F(x)\}$ – визначає множину всіх x таких, що правильно $F(x)$. Приклад: $\{k \in K_a | k < 5\} = \{1,2,3,4\}$.

Онтологічна граф-структурована модель «Мережецентричне STEM-середовище представлення картини світу», як засіб організації операціональної навчально-дослідницької бази знань у форматі е-сценарію наукових досліджень здобувача освіти, має такий вигляд (рис. 1.1.4).

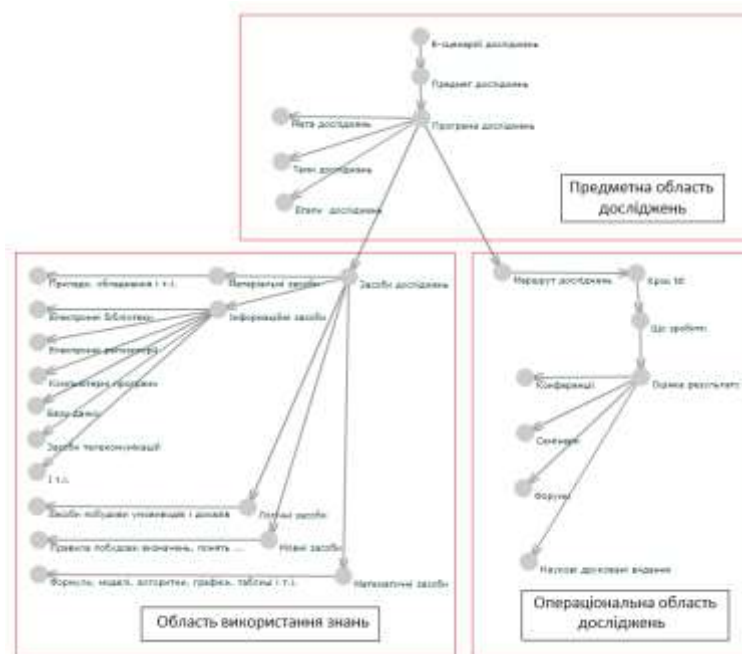


Рис. 1.1.4. Загальна онтологічна структура мережецентричного STEM-середовища представлення картини світу

Онтологічна модель «Мережецентричне середовище представлення картини світу» (рис. 1.1.4) містить три системних блоки.

«Предметна галузь досліджень» призначена для формалізації зв'язків між предметами досліджень і пов'язана з ними програмою досліджень, яка своєю чергою містить мету досліджень, теми досліджень та етапи досліджень.

«Область використання знань» призначена для формалізації засобів досліджень в базу знань і містить нижченаведені засоби.

Матеріальні засоби. Це прилади для наукових досліджень. В історії з виникненням матеріальних засобів пізнання пов'язане формування емпіричних методів дослідження (спостереження, вимірювання, експеримент). Ці засоби безпосередньо спрямовані на досліджувані об'єкти, їм належить головна роль в емпіричній перевірці гіпотез та інших результатів наукового дослідження, а також у відкритті нових об'єктів, фактів.

Інформаційні засоби (обчислювальна техніка, інформаційні технології, засоби телекомунікацій).

Логічні засоби. Засоби побудови умовиводів і доказів, що допомагають відокремлювати справжні аргументи від хибних. Приклади логічних задач:

— яким логічним вимогам мають задовольняти міркування, які допомагають робити об'єктивно-істинні висновки; яким чином контролювати характер цих міркувань?

— яким логічним вимогам має задовольняти опис емпірично спостережуваних характеристик?

— як логічно аналізувати вихідні системи наукових знань, як погоджувати одні системи знань з іншими системами знань (наприклад, в соціології і психології)?

— яким чином будувати наукову теорію, що дає наукові пояснення, передбачення тощо?

Мовні засоби (правила побудови визначень, понять). У будь-якому науковому дослідженні вченому доводиться уточнювати введені поняття, символи і знаки, використовувати новітні поняття і знаки. Визначення завжди пов'язані з мовою – засобом пізнання і вираження знань. Правила використання мов, за допомогою яких дослідник будує свої міркування і докази, формулює гіпотези, отримує висновки тощо, є вихідним пунктом пізнавальних дій. Їх знання впливає на ефективність використання мовних засобів пізнання в науковому дослідженні.

Математичні засоби дають змогу розглядати об'єкти абстрактно від їх змісту у вигляді чисел і множин, а також систематизувати емпіричні дані, виявляти і формулювати кількісні залежності і закономірності. Розвиток математичних засобів пізнання все більше впливає на розвиток сучасної науки, які проникають і в гуманітарні, і в суспільні науки.

«Операціональна область досліджень» призначена для визначення маршруту досліджень, в якому покроково формалізується процедура («що зробити») проведення досліджень, дається «оцінка результату» їх виконання, яка обумовлюється на наукових зборах різного формату, а також в наукових друкованих виданнях.

Для практичної реалізації вищенаведених теоретичних аспектів розроблено мережевий трансдисциплінарний освітній кластер «Трансдисциплінарні засоби підтримки навчальних досліджень здобувачів освіти на засадах формування картини світу».

Метод трансдисциплінарної консолідації мережевих інформаційно-освітніх ресурсів та систем знань

Когнітивно-комунікативний сценарій взаємодії здобувачів освіти з інформаційно-освітніми ресурсами та наративами реалізується через вдосконалений онтологічний інтерфейс. Його реалізація ґрунтується на методі трансдисциплінарної консолідації, який забезпечує реалізацію процесу формування єдиного системологічно-організованого інформаційно-освітнього простору. Цей метод включає кілька етапів (*рис. 1.1.5*).

1. Створення інтерактивних баз знань, як знання-орієнтовного онтологічного формату відображення освітніх наративів та відповідних таксономій їх структурного представлення.

Представлення концептів освітніх наративів починається процесом їх візуалізації у форматі таксономії, яка забезпечує структурне представлення їх змісту. На цьому етапі з освітніх наративів природномовних описів змістовного відображення засобами семантико-лінгвістичного аналізу текстів вилучаються усі поняття-концепти, що характеризують їх елементи та пов'язані певними відношеннями на основі спільних властивостей. Представлені в таксономії знання одночасно виступають і як структура, і як змістовне наповнення онтологічних моделей окремих освітніх наративів.

Для фіксації добутих знань необхідно визначити відповідний формалізм, що забезпечує їх наочне і зручне подання, а також методи, що дозволяють здійснити цю формалізацію. В якості такого формалізму виступає сполучення алгебро-логічного та аксіоматичного методів.

2. Формування семантичних платформ інформаційно-освітніх ресурсів на основі таксономічного різноманіття з контекстних описів освітніх наративів та інформаційно-освітніх ресурсів.

Оскільки онтологічні моделі концептів освітніх наративів можуть відображати декілька зразків, кожна з яких відображає елементи, що представлені таксономією, то їх сукупність утворює різноманіття – гіпермножину таксономій, кожна з яких при формуванні онтології СПІОР характеризується включенням певних множин аксіом, які відрізняються одна від одної. Ці аксіоми визначаються на основі інтерпретації смислів контекстів, які зі свого боку визначають концепти таксономії й у подальшому онтології. Оскільки ми визначаємо контексти вузлів таксономій як елементи знань, то тоді їх сукупність відображає знання з конкретної навчальної дисципліни, які цілісну систему знань.

3. Встановлення міжконтекстних зв'язків між таксономіями концептів освітніх наративів та таксономічним різноманіттям відповідних інформаційних ресурсів.

Консолідація розподілених мережевих інформаційних ресурсів змістовного відображення освітніх наративів реалізується на основі міжконтекстних відношень, що встановлюються між концептами їх таксономій, які, в свою чергу, утворюють таксономічне різноманіття. Тобто консолідація інформаційних ресурсів є вербально-активною функцією, яка реалізує інтерпретацію множини бінарних відношень між усіма контекстами, які відображають смисли концептів, що утворюють зміст предметних областей, чий інформаційно-освітні ресурси задіяні в освітньому STEM форматі взаємодії з здобувачами освіти.

Таким чином, контексти концептів тематично визначеної множини розподілених мережевих інформаційних ресурсів змістовного відображення освітніх наративів консолідуються у вигляді новітнього таксономічного різноманіття.

4. Інкапсуляція інтерактивних таксономій освітніх наративів в таксономічне різноманіття інформаційних ресурсів.

Таксономічне різноманіття консолідованих таксономій освітніх наративів з таксономічним різноманіттям тематично визначених інформаційних ресурсів змістовного їх відображення утворює базу знань, яка об'єднує певні наративні описи. Тож в середовищі такої бази знань реалізується інкапсуляція інтерактивних таксономій освітніх наративів в таксономічне різноманіття інформаційних ресурсів шляхом встановлення міжконтекстних зв'язків між контекстами концептів таксономій СПІОР та таксономій інформаційних ресурсів.

5. Інкапсуляція таксономій, що відображають тематично визначені мережеві інформаційно-освітні ресурси та наративи до таксономічного різноманіття.

Аналогічно до попереднього етапу реалізується інкапсуляція таксономій, що відображають тематично визначені мережеві інформаційно-освітні ресурси та наративи, до новітнього таксономічного різноманіття, утвореного

консолідацією контекстів концептів таксономій СПІОР та таксономій інформаційних ресурсів.

6. Генерація формату наративного дискурсу на основі сформованого новітнього таксономічного різноманіття.

Вербально-активна рефлексія, на основі якої реалізується таксономічне різноманіття, представляє наративний дискурс, що визначає міжконтекстну зв'язність концептів таксономій освітніх наративів та тематично визначених мережових інформаційно-освітніх ресурсів. Отже, дискурс представляється через когнітивно-комунікативний акт, що одночасно реалізує консолідоване використання наративів описів таксономічного різноманіття та їх інтерпретацію у форматі інтерактивних документів. Таким чином, когнітивно-комунікативний сценарій взаємодії з консолідованими інформаційно-освітніми ресурсами та наративами реалізуються засобами таксономічного різноманіття та формату наративного дискурсу.

7. Фіксація консолідованої інформації на основі інтегрованого таксономічного різноманіття.

Нові знання, згенеровані протягом реалізації когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з консолідованими мережевими інформаційними ресурсами їх змістовного відображення фіксуються у вигляді контекстного наповнення концептів таксономічного різноманіття та включені до формату наративного дискурсу.

8. Формування трансдисциплінарного інформаційного середовища у форматі наративного дискурсу на основі реалізації когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з консолідованими мережевими інформаційно-освітніми ресурсами та наративами.

Інтелектуальні протоколи STEM-освіти забезпечують використання консолідованих інформаційно-освітніх ресурсів та систем знань протягом реалізації когнітивно-комунікативного сценарію освітньої взаємодії у форматі актуалізації їх міжконтекстної зв'язності. При цьому ці ресурси, наративи та системи знань в сукупності наділені ознаками повноти, цілісності, несуперечності й також складають єдину онтологічну модель з різних тематичних предметних областей, а формат наративного дискурсу певним чином реалізує їх системологічну організацію. Це дозволяє на їх основі формувати єдиний трансдисциплінарний інформаційний простір STEM в закладі освіти.

9. Синхронізація онтологічної моделі кожного освітнього наративу з функціями когнітивних сервісів для визначення освітньої логістики у форматі онтологічного маршруту науково-освітньої діяльності кожного здобувача освіти.

Вузли концептів таксономічного різноманіття СПІОР, згруповані в класи на основі певних властивостей, навчальним програмам та навчальним планам здобувачів освіти. При цьому імена концептів навчальних планів чи завдань є семантично близькими контекстам концептів відповідних онтологій освітніх наративів. Тобто консолідація інформаційно-освітніх ресурсів та освітніх наративів, яка рефлексивно відображається різноманіттям таксономій, утворюється на основі міжконтекстних відношень, що встановлюються між

концептами цих таксономій.

Власне таксономія (чи її фрагмент) є основою освітньої логістики у процесі формування навчального плану для кожного здобувача освіти у форматі онтологічного маршруту. Для цього елементи бази знань онтологічних моделей СПОП візуалізуються в операціональному просторі кожного здобувача освіти завдяки функціоналу консолідованого когнітивного сервісу. В процесі реалізації когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з консолідованими СПОП, таксономія онтологічного маршруту візуалізується в операціональному просторі кожного здобувача освіти, а доступ до інформаційно-освітніх ресурсів здійснюється через онтологічну модель освітнього наративу. У випадку регенерації онтологічного маршруту внаслідок оновлення таксономічного різноманіття, відбувається синхронізація концептів таксономії онтологічної моделі освітнього наративу з концептами навчальних ресурсів.

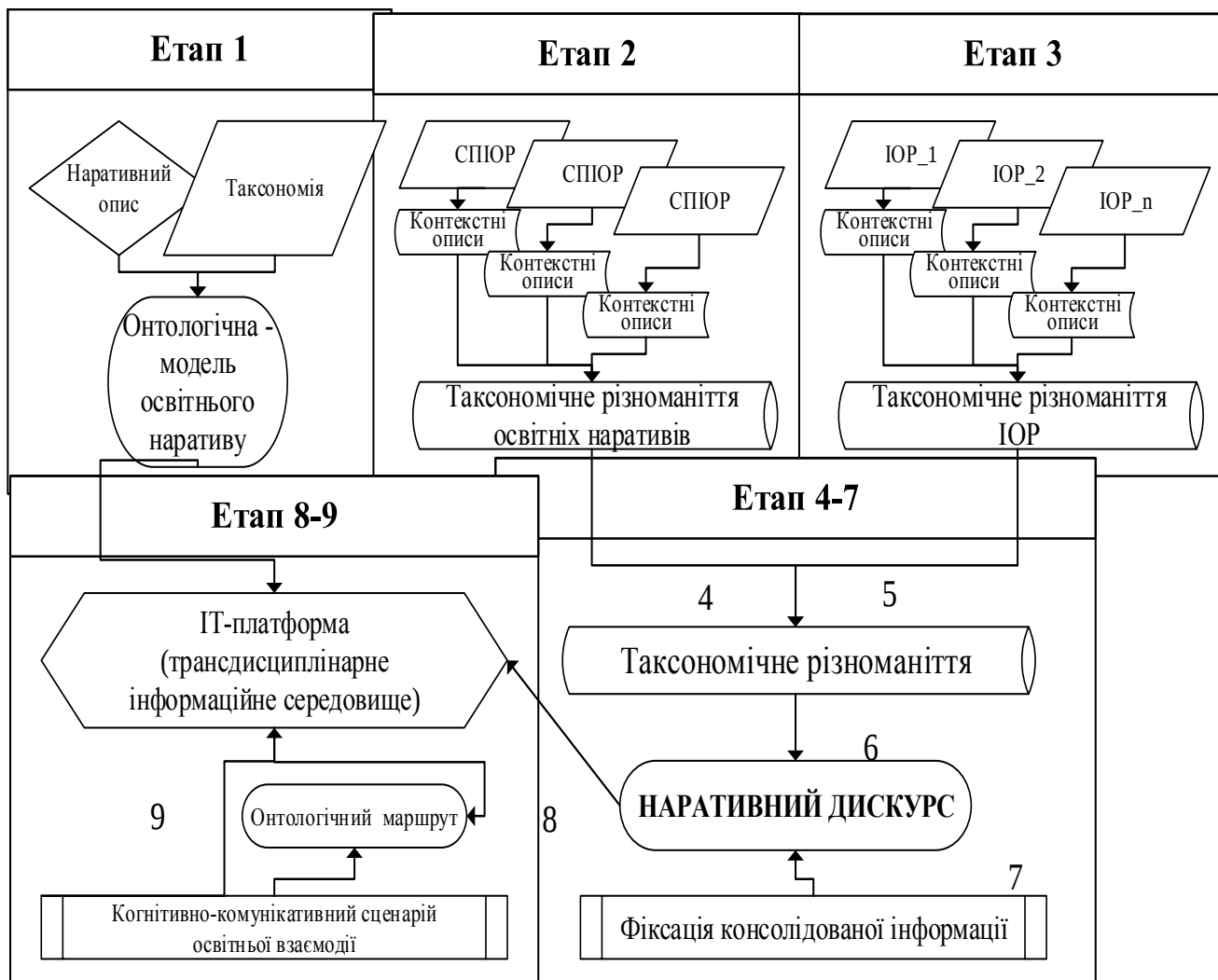


Рис. 1.1.5. Метод трандисциплінарної консолідації мережових інформаційно-освітніх ресурсів та систем знань.

На основі запропонованих моделей та методу реалізуються когнітивно-комунікативні сценарії взаємодії з консолідованими інформаційно-освітніми

ресурсами, які належать СПІОР (рис. 1.1.6).

Таким чином ми бачимо, що фактично консолідація являє собою систему знань, яка динамічно об'єднує факти із різних предметних областей, й тим самим об'єднує різні за тематичним профілем інформаційно-освітні ресурси.

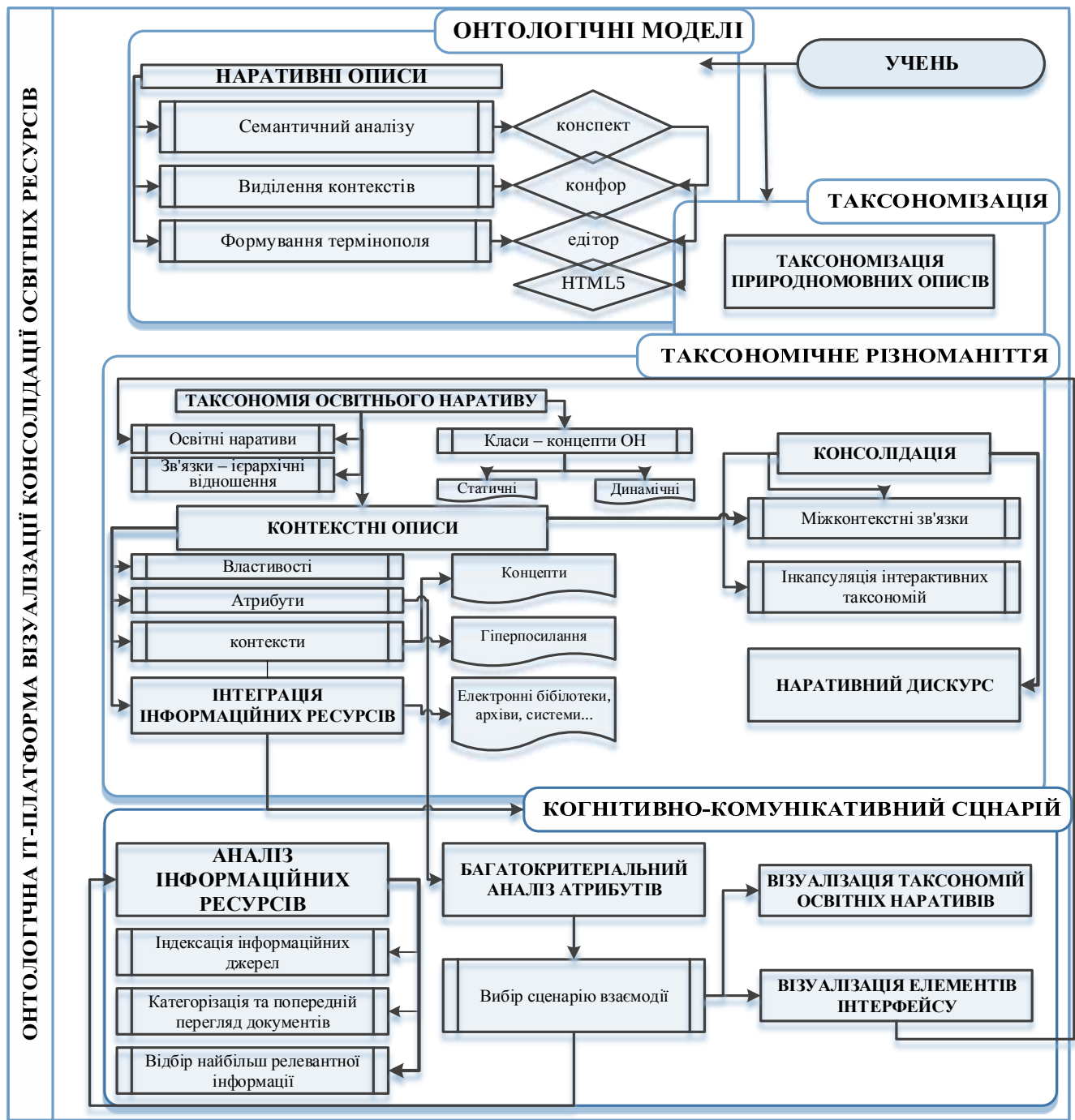


Рис. 1.1.6 Узагальнена схема когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з консолідованими ресурсами СПІОР.

На засадах вищезазначеного визначимо категорію консолідації інформації, як процес зв'язної взаємодії контекстів різних семантичних процесів, які реалізуються у мережевому просторі на основі представлення відповідних інформаційних ресурсів у форматі таксономічного різноманіття, що утворюються концептами усіх таксономій, які в свою чергу утворюють це різноманіття.

Консолідація характеризується існуванням вербально-активних рефлексії і рекурсії, які задані над відповідними таксономічними образами інформаційних ресурсів, що задіяні в мережевій взаємодії. Інформаційні ресурси, над якими задані вербально-активні функції рефлексії і рекурсії, є трансдисциплінарними [1]. Тобто трансдисциплінарність є гіпервластивістю консолідованої інформації, яка активується у процесі освітньої взаємодії у STEM-форматі, що має прояв у форматі когнітивно-комунікативного сценарію між відповідними інформаційно-освітніми ресурсами та здобувача освіти.

Конструктивно консолідація інформаційних ресурсів, які використовуються у мережевій взаємодії користувачів, реалізується на основі їх первинної таксономізації. Когнітивно-комунікаційні акти взаємодії реалізуються у форматі наративного дискурсу, який забезпечує її семантичну повноту.

Семантичні контури STEM-освіти

Реалізація сервісів STEM-освіти актуалізує семантичні процеси, основним результатом яких є формування у здобувачів освіти коректної картини світу. Управління усіма семантичними процесами в освіті найбільш ефективно реалізовувати на основі механізмів онтологічного інжинірингу [15].

Онтологічний інжиніринг STEM-освіти реалізується на основі когнітивних сервісів, які забезпечують семантично-лінгвістичний, концептографічний та системний аналіз усіх інформаційних процесів і ресурсів навчального закладу. Також когнітивні сервіси реалізують багатокритеріальне оцінювання та підтримку прийняття рішень щодо станів науково-освітньої діяльності здобувачів освіти. Системним прикладом цього є оцінювання якості навчальних програм і навчально-методичних матеріалів, вибір викладачів, моніторинг науково-навчальної діяльності здобувачів освіти тощо.

Також когнітивні сервіси онтологічного інжинірингу забезпечують багатокритеріальне оцінювання спроможностей навчального закладу щодо забезпечення якісного рівня STEM-освіти. Реалізується багатоаспектний семантичний аналіз усього ресурсного забезпечення навчального закладу, від бібліотеки й лабораторій до професіонального рівня викладачів.

Для цього у склад компонентної архітектури сервісів STEM-освіти необхідно включити когнітивні процедури реалізації та забезпечення процесів підтримки прийняття рішень на основі семантичного аналізу великих обсягів неструктурованої інформації. Вони повинні реалізовувати семантичний і концептографічний аналіз освітніх наративів, наративних описів, табличних даних у різних форматах та обсягів, результатами яких є наступні макропроцеси:

- формування лінгвістичних корпусів;
- генерація таксономій;
- виявлення критеріїв оцінювання;
- генерація керуючих онтологій у процесі прийняття рішень.

Ці сервіси спроможні реалізовувати когнітивні функції від категоризації і структуризації освітніх наративів та даних до виявлення критеріальних

показників і вибору методів для процесів прийняття рішень. Це представимо наступним технологічним ланцюгом:

Документи → аналіз → лінгвістичний корпус → генерація таксономій + формування нейронної мережі → виявлення критеріїв оцінювання → генерація керуючої онтології → генерація аналітичних площадок оцінювання та прийняття рішень → формування науково-освітнього кабінету здобувача освіти.

Гібридна архітектура когнітивних сервісів STEM-освіти в навчальному закладі забезпечує формування багатошарових лінгвістичних корпусів, що технологічно сприяє процесам оцінювання та прийняття рішень. Для цього до неї включено набір когнітивних сервісів, які спроможні автоматично генерувати онтології як для кожного документу, що аналізуються, так і для груп великої кількості документів. При генерації онтологій документів, виявляються атрибутивні дані, що характеризують усі об'єкти, які складають зміст документів як кількісно так і якісно.

Також для високого репрезентативного рівня семантики онтологій генеруються нейронні мережі за тематиками змісту документів. Усі процеси нейронних мереж структурно можуть бути представлені онтологіями, що були реалізовані на етапах семантичного та когнітивного аналізу документів. Нейронні мережі забезпечують виявлення глибинних міжконтекстних зв'язків між різними документами з різною семантичною відстанню. Це забезпечує фіксацію ієрархій між об'єктами, які складають зміст документів.

На засадах виявлених ієрархій, які відображаються у середовищі навчального закладу у форматі таксономій і подалі онтологій, реалізуються сервіси оцінювання та прийняття відповідних рішень.

Умовно функціональну архітектуру сервісів STEM-освіти можна розбити на два рівнозначних та семантично пов'язаних контури.

Перший контур включає до себе створення онтологій усього ресурсного забезпечення освітнього процесу. Вони включають онтологічні образи викладачів, кафедр, онтології навчальних програм й усіх навчально-методичних матеріалів та освітніх наративів. Також на цьому етапі реалізується формування нейронних мереж за змістом усіх навчальних програм та навчально-методичних матеріалів.

Спільне використання онтологічного інжинірингу і нейронних мереж реалізує утворення гібридної інтелектуальної платформи (ГІП), сервіси якої забезпечують науково-освітню діяльність здобувачів освіти. Така платформа забезпечує постійне наповнення цифрової бібліотеки навчального закладу сучасною науковою та навчально-методичною продукцією. Когнітивні сервіси платформи реалізують виявлення публікацій, зміст яких містить останні наукові та методичні досягнення, а нейронна мережа їх включення до бібліотеки. Для цього в середовищі ГІП формуються семантичні платформи інформаційно-освітніх ресурсів (СПОР), які накопичують онтології освітніх наративів.

Другий контур реалізується на основі онтологій ресурсного забезпечення, що були створені, та нейронної мережі, яка реалізована в інформаційно-

комунікаційному просторі навчального закладу. На їх основі формується освітня логістика для кожного здобувача освіти. Освітня логістика включає:

- навчальні плани, що формуються на основі навчальної програми;
- лекції, обов'язкові та факультативні;
- доступ до бібліотеки, включаючи перелік рекомендованої літератури;
- навчальні завдання;
- перелік науково-навчальних лабораторій;
- лабораторні роботи та практикуми;
- консультації викладачів;
- наукові реферати та роботи тощо.

Реалізується освітня логістика для кожного здобувача освіти у форматі онтології процесу. Відображається освітня логістика для кожного здобувача освіти у форматі капсули знань, яка включає усі необхідні для нього освітні ресурси. Капсули знань всіх здобувачів освіти консолідовані з навчальними планами викладачів. Кожний розділ капсули знань реалізується у форматі когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з науково-освітніми ресурсами.

Консолідація освітніх ресурсів має трансдисциплінарний характер, що забезпечує їх системологічність в структурі капсули знань. Це забезпечується онтологіями наукових і навчальних матеріалів і формується на основі семантично-лінгвістичного аналізу, який реалізує класифікацію та систематизацію концептів тощо. На основі трансдисциплінарних засобів консолідації освітніх ресурсів навчального закладу, реалізуються когнітивно-комунікативні сценарії консолідованої взаємодії здобувачів освіти із освітніми наративами, освітніми активами та викладачами.

Другий контур також уміщує онтології навчальних планів викладачів. Вони формуються на основі онтологій навчальних програм, а також онтологій лекцій, консультацій, практичних занять, лабораторних робіт які викладачі проводять із здобувачами освіти.

Окремо виділимо сервіси оцінювання навчальної діяльності здобувачів освіти та викладацької діяльності викладачів. Їх основу становить онтологія задачі вибору. Реалізується процес оцінювання (атестації) здобувачів освіти наступним чином. На основі семантичного аналізу навчального плану когнітивні сервіси виявляють усі критерії за якими треба оцінювати навчальну діяльність кожного здобувача освіти. Для кожного студента формується онтологія вибору, функції якої на основі визначених методів ранжування визначають оцінку досягнутих ними результатів у науково-освітньої діяльності протягом місяця, кварталу, семестру, року й всього курсу.

Зрозуміло, що онтологія задачі вибору формується по кожному викладачу. Це забезпечує моніторинг якості навчального процесу. Однак тут деякі критерії, такі як науково-педагогічні результати, рівень підготовки здобувачів освіти, якість методичних матеріалів та інше, визначаються вже при формуванні його цифрового образу. Інші критерії також виявляються при семантичному аналізі його навчального плану.

Також онтологія задачі вибору формується щодо оцінювання спроможностей навчального закладу. Це необхідно для визначення відповідності його науково-освітніх ресурсів сучасним викликам та тенденціям у розвитку наукових галузей у світі. Для цього когнітивні сервіси ГП реалізують моніторинг за досягненнями в галузях наук, які викладаються в навчальному закладі.

На рис. 1.1.7 представлено узагальнену схему формування ГП навчального закладу. Як можна побачити, уся консолідація взаємодії здобувача освіти з цифровими активами навчального закладу реалізується через його онтологічний образ. Через нього також реалізується й взаємодія з викладачами.

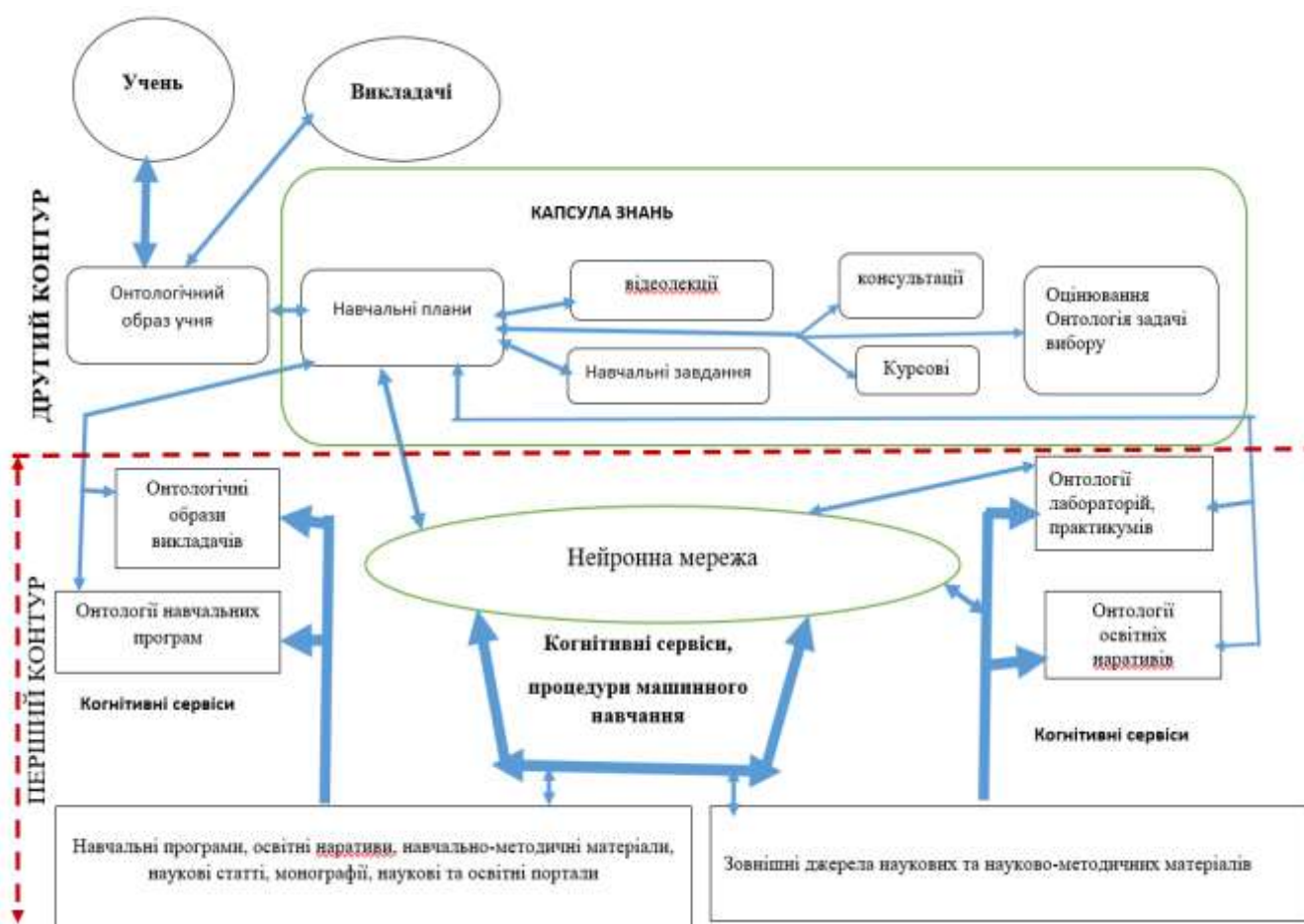


Рис. 1.1.7 Узагальнена схема консолідованої взаємодії здобувача освіти з освітніми ресурсами у форматі STEM в середовищі ГП

Висновки

Сучасне інформаційно-освітнє середовище STEM-формату формується на трансдисциплінарних засадах повномасштабного використання інформаційно-освітніх ресурсів та наративів, що обробляються та використовуються під час вирішення здобувачами освіти навчально-дослідницьких завдань у форматі наукової освіти. Трансдисциплінарність реалізує рефлексивні та рекурсивні властивості усього інформаційно-освітнього простору. Більш того, вона забезпечує його структурну та змістовно контекстну зв'язність. При цьому системні компоненти STEM-середовища ще й реалізують взаємодію із здобувачами освіти, викладачами та експертами-методистами у форматі

нарративного дискурсу, який забезпечує консолідоване використання ІОР, що використовуються.

Нарративний дискурс забезпечує досить структуроване та зв'язне відображення усіх освітніх нарративів та документів на засадах трансдисциплінарного їх представлення. Основною його перевагою є забезпечення смислової зв'язності контекстів ІОР, освітніх нарративів та інших документів, які відображає агрегат нарративного дискурсу. Також суттєвий вплив на формат нарративного дискурсу має зв'язність концептів термінополя предмету взаємодії, які відображаються відповідними таксономічними структурами. Посилює взаємодію у форматі нарративного дискурсу його можливості щодо функціональної інтерпретації таксономічних структур об'єктів взаємодії, які забезпечують можливості їх вибору.

Нарративний дискурс, по суті забезпечує онтологічне відображення й інформаційно-освітніх ресурсів, й процесу взаємодії з ними. Така дуальність є проявом його трансдисциплінарності, що забезпечує реалізацію онтологічної методології процедур консолідації всіх системних компонентів і складових операціонального контуру STEM-середовища навчального закладу та взаємодії з ним здобувачів освіти, вчителів та експертів-методистів відповідно до наступних технологічних характеристик:

- консолідація взаємодії всіх категорій учасників науково-освітнього процесу у STEM-форматі та користувачів інформаційно-аналітичних систем як системних компонентів інформаційно-аналітичного середовища;
- оптимізація процесу консолідації політематичних ІОР в STEM-середовищі при вирішенні складних навчально-дослідницьких завдань здобувачами освіти з забезпеченням семантичної і темпоральної синхронізації всіх категорій і понять ІОР і освітніх активів, що складають процес науково-освітньої взаємодії всіх учасників навчального процесу у форматі STEM;
- адаптивність під рівень науково-освітньої та навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти, викладачів та кожного експерта-методиста на основі когнітивних сервісів структурізації ІОР і освітніх нарративів тощо.

Таким чином, в мережевоцентричному трансдисциплінарному онтологічному середовищі забезпечується науково-освітня реалізація формату STEM, підтримка і консолідована взаємодія, що реалізує використання кожного контексту операціонального простору навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти.

На засадах визначеного онтологічного підходу створюється мережецентричний трансдисциплінарний кластер, який забезпечує урахування необхідності задоволення потреб науково-освітнього процесу у STEM-форматі, на засадах використання найсучасніших інформаційно-освітніх ресурсів та освітніх активів, основою створення якого є знання. Когнітивні сервіси кластеру повномасштабно забезпечують наступні функціональні рішення:

- семантико-лінгвістичний контент-аналіз та відповідна тематична категоризація і класифікація;
- консолідація ІОР за різними тематичними профілями на основі

встановлення міжконтекстних зв'язків концептів, що їх складають та аналізуються;

- підтримка прийняття рішень з використанням онтології раціонального вибору та прогнозним оцінюванням станів розвитку науково-освітнього процесу;

- управління бізнес-процесами наукової освіти з забезпеченням створень персональних навчальних планів здобувачів освіти та підтримки їх консолідованої взаємодії з усіма ІОР.

Отже, трансдисциплінарні засади підтримки науково-освітньої діяльності здобувачів освіти у форматі STEM, реалізуються у форматі наративного дискурсу, й тому спроможні забезпечити формування мережевих інтерактивних систем знань й подальшу їх імплементацію у різноманітні освітні процеси. Такий підхід спроможний забезпечити формування сучасного інформаційно-освітнього середовища у форматі STEM для забезпечення навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти, та їх консолідовану взаємодію з викладачами на засадах створення та конструктивного використання мережевих систем знань за різними тематичними профілями.

Список використаних джерел

1. Stryzhak O., Prychodniuk V., Podlipaiev V. Model of Transdisciplinary Representation of GEOspatial Information. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) *Advances in Information and Communication Technologies*. Ukrmico 2018. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 560. Cham : Springer. 2019. p. 34–75.

2. Defense advanced research projects agency. 60 years (1958–2018). Darpa, 2018. 184 p.

3. Довгий С. О. та ін. Інформаційно-навчальні ресурси. Капсули знань. за заг. ред. С. О. Довгого, О. Є. Стрижака. Колективна монографія. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 215 с.

4. Nicolescu B. *Transdisciplinarity – Theory and Practice*. Hampton Press, Cresskill, NJ, USA, 2008. 320 p.

5. *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries*. Editors Milton Borsato, Nel Wognum, Margherita Peruzzini, Josip Stjepandić, Wim J.C. Verhagen. Series *Advances in Transdisciplinary Engineering*, vol 4, 2016.

6. *Transdisciplinary Engineering: A Paradigm Shift* / Edited by Chun-Hsien, Chen Amy C. Trappey, Margherita Peruzzini, Josip Stjepandić and Nel Wognum // *Proceedings of the 24th ISPE Inc. International Conference on Transdisciplinary Engineering*, July 10–14, 2017, Series *Advances in Transdisciplinary Engineering* vol. 5, IOS Press BV. 2017.

7. Palagin A.: Transdisciplinarity, computer science and development of modern civilization. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv: NAS of Ukraine, 2014. No. 7. pp. 25–33.

8. Riswanto and D I Sensuse Knowledge Management Systems Development and Implementation: A systematic Literature Review // 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 704 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/704/1/012015>.

9. Knut Ingar Western Foundations of the knowledge economy: innovation, learning, and clusters / Cheltenham, UK ; Northampton, MA : Edward Elgar, 2012.

10. Mayer-Schönberger V., Cukier K. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think, Boston, MA: Houghton Mifflin Harcourt. 2013.
11. AIIM Industry Watch: «Big Data and Content Analytics: measuring the ROI».
12. Mayer-Schönberger V, Cukier K. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think. Boston, 2013. 252 p.
13. Wang, H., Fu, T., Du, Y. et al. Scientific discovery in the age of artificial intelligence. *Nature*. 2013 p. 47–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06221-2>.
14. Riedl, M. O., and Bulitko, V. Interactive narrative: An intelligent systems approach. *AI Magazine* 34(1): 2013. p. 67–77.
15. Литвин В. В., Басюк Т. М., Досин Д. Г. Онтологічний інжиніринг./ Львівська політехніка, 2017. с. 224.
16. Попова М. А., Стрижакм О.Є. Онтологічний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі. *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия : География*. 2013. Т. 26 (65). № 1. С. 127–135.
17. Поліхун Н., Постова К., Сліпухіна І., Онопченко Г., Онопченко О. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України. 2019. 80 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/286032301.pdf>.
18. Progress report on the implementation of the federal STEM education: a report by the office of science and technology policy. 2021. 50 p. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/01/2021-CoSTEMProgress-Report-OSTP.pdf>.
19. Lamberts, K. Knowledge Concepts and Categories (K. Lamberts & D. Shanks (eds.)). Psychology Press. 2013. 478 p. <https://doi.org/10.4324/9780203765418>.
20. Ayhan Aksu-Koç & AslıAktan-Erciyes Narrative Discourse: Developmental Perspectives. In book: Handbook of Communication Disorders, Publisher: De Gruyter. 2018. p. 229-356 <https://doi.org/10.1515/9781614514909-017>.
21. David K. Elson Modeling Narrative Discourse. / Ph.D. thesis, Columbia University, New York City. 2012. 383 p.
22. Guajardo, Nicole R. & Anne C. Watson. Narrative discourse and theory of mind development. *The Journal of Genetic Psychology* 163(3), 2002. p.305–325.
23. Wansavatkul P. The Impact of Educational Logistics on Entrepreneurial Success in Higher Education. The European Conference on Education, 2013. <https://doi.org/10.22492/2188-1162.20130409>
24. Широков В. А. Язык. Информация. Система : Трансдисциплинарность в лингвистике. 2017. 280 с.
25. Globa L., Novograduska R., Koval O. and Senchenko V: Ontology for Application Development, Ontology in Information Science Ciza Thomas, IntechOpen, 2017. <https://www.intechopen.com/books/ontology-in-information-science/ontology-for-application-development>.

26. Палагин А. В. Онтологическая концепция информатизации научных исследований. *Кибернетика и системный анализ*. 2016. Т. 52, № 1. с. 3–9.
27. Кунанець Н. Е., Пасічник В. В. Вступ до спеціальності «Консолідована інформація». Навчальний посібник. Львів : «Львівська політехніка», 2010. (Серія «Консолідована інформація». Випуск 1). 196 с.
28. Takashima A., Bakker I., van Hell J.G., Janzen G., McQueen J.M. Interaction between episodic and semantic memory networks in the acquisition and consolidation of novel spoken words. *Brain Lang* 167, 2017. p.44–60. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.05.009>.
29. Калитич Г. І. Консолідація інформації, знань і мудрості як проектування і основа гармонійного поступу України. *НТІ*, 2008. № 1. 51 с.
30. Gorborukov V., Stryzhak O., Franchuk O.: Use of ontologies in decision-support systems. In: Mathematical modeling in economics: collection of scientific works: S.O. Dovgy (head ed.) [And others]: NAS of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global Information Space, Institute of Economics and Forecasting, Institute of Cybernetics named after Glushkov, Kyiv. 2013. pp. 33–39.
31. Михалевич В.М. О некоторых классах правил выбора предпочтений в задачах принятия решения. *Кибернетика и системный анализ*. 2010. № 6. С. 140–154.
32. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation / RWS Publications, 1990. 287 p.
33. Amit Konar Cognitive Engineering: A Distributed Approach to Machine Intelligence / Series: Advanced Information and Knowledge Processing, Springer, Cham. 2005. 354 p.
34. The Oxford Handbook of Cognitive Engineering (2013) / Edited by John D. Lee and Alex Kirlik <https://doi.org/10.1093/oxfordhnb/9780199757183.001.0001>.
35. Gladun V.: Processes of formation of new knowledge. In: SD "Teacher 6", Sofia, 1994. p. 192.
36. Гладун В.П та ін. Структуризация и анализ данных в растущих пирамидальных сетях. *Систем. дослідж. та інформ. технології*. 2004 № 1. С. 82–92.
37. Homotopy Type Theory: Univalent Foundations of Mathematics. – Princeton: Institute for Advanced Study, 2013. 603 p.
38. Voevodsky V. Univalent Foundations of Mathematics. In: Beklemishev L.D., de Queiroz R. (eds) Logic, Language, Information and Computation. WoLLIC 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6642. Springer, Berlin, Heidelberg.
39. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. 1992. 519 с.
40. Barendregt X.: Lambda-calculus. His syntax and semantics. In: World, 1985. pp. 606.
41. Malyshevsky A.: Qualitative models in the theory of complex systems. In: Science. Fizmatlit. 1998p. 528.
42. Nadutenko M., Prykhodniuk V., Shyrovov V., Stryzhak O. Ontology-Driven Lexicographic Systems. In: Arai K. (eds) Advances in Information and

Communication. FICC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. vol 438. pp. 204-215. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98012-2_16.

43. Згуровский, М. З., Панкратова Н. Д. Системная стратегия технологического предвидения в инновационной деятельности *Систем. дослідж. та інформ. технології*. 2003. № 3. С. 7–24.

44. Indicators of Sustainable Development. UN Department for Policy Coordination and Sustainable Development. December, 1994.

1.2 STEM-освіта – ефективний інструмент удосконалення освітнього процесу

© Завалевський Ю. І.

д. пед. наук, проф.,

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1904-6642>

© Горбенко С. Л.

канд. психол. наук, доц.,

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1276-7105>

© Дівінська Н. О.

канд. пед. наук, с. н. с.,

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6165-0133>

За роки незалежності зміст освіти в українській школі докорінно змінився. Проблема формування і модернізації змісту освіти завжди залишається одним з пріоритетних напрямів досліджень наукових установ України, основними векторами яких є спрямованість на цілі й цінності демократичного суспільства, особистісний й інтелектуальний розвиток суб'єкта навчання. Актуальним інструментом модернізації змісту освіти стала STEM-освіта, що зумовлює діяльнісний та особистісно-орієнтований підходи до навчання.

Протягом останніх шести років STEM упевнено утримує свої позиції серед освітніх брендів; привертає увагу вчителів, науковців, методистів та інших зацікавлених осіб; дає можливість інтегрувати різні галузі науки та навчальні предмети. Упровадження STEM-освіти – це спосіб навчити учнівську молодь жити в реальному швидкозмінному світі; вміти реагувати на зміни, критично мислити, бути творчою особистістю.

В авангарді розвитку STEM-освіти в Україні стала Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти». З 2016 року Міністерством освіти і науки України ініційовано створення робочої групи науковців та педагогів-практиків з питань впровадження STEM-освіти в Україні (накази МОН від 29.02.2016 № 188; 24.04.2017 № 628) з метою формування науково-теоретичного й методичного забезпечення розвитку STEM-освіти.

Міністерством освіти і науки України, Державною науковою установою «Інститут модернізації змісту освіти», Національним центром «Мала академія наук України», Інститутом педагогіки НАПН України, Інститутом обдарованої дитини НАПН України, регіональними інститутами післядипломної педагогічної освіти визначено пріоритетні напрями розвитку STEM-освіти на всеукраїнському та регіональному рівнях: розроблення науково-методичного забезпечення та спеціальних засобів навчання; підготовка та підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників; розширення мережі

регіональних STEM-центрів/лабораторій; створення інформаційної бази розвитку STEM-освіти в Україні з використанням ІТ-технологій тощо.

Вирішення зазначених питань на державному рівні дає можливість забезпечити єдині підходи та вимоги до рівня надання освітніх послуг. Сьогодні в Україні створено потужну нормативно-правову базу впровадження STEM-освіти:

- закони України «Про освіту», «Про повну загальну середню освіту», «Про позашкільну освіту», «Про наукову та науково-технічну діяльність», «Про інноваційну діяльність», «Про культуру»;

- Державний стандарт початкової освіти, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 21 лютого 2018 р. № 87;

- Державний стандарт базової середньої освіти, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898;

- Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 року № 988-р;

- Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 року № 960-р);

- План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 року № 131-р;

- План заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 року № 320-р;

- Положення про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 07 листопада 2000 року № 522, зареєстроване у Міністерстві юстиції України 26 грудня 2000 року за № 946/5167 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 30 листопада 2012 року № 1352);

- наказ Міністерства освіти і науки України від 16.10.2019 № 1303 «Про затвердження Стандарту спеціалізованої освіти наукового спрямування»;

- наказ Міністерства освіти і науки України від 29.04.2020 № 574 «Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій» та ін. законодавчих актів.

У рамках реалізації STEM-освіти в Україні наукові установи та заклади освіти зосереджуються на наступних пріоритетних кроках:

- створюється мережа регіональних STEM-центрів для інформаційного, методичного забезпечення навчальної діяльності здобувачів освіти; при кожному регіональному STEM-центрі працюють робочі групи розробників, експертів і модераторів освітнього процесу;

- формується мережевоцентричне середовище STEM-центрів забезпечення науково-орієнтованої освіти з метою модернізації математично-природничого та гуманітарного профілів освіти;
- узгоджуються методичні та програмно-інформаційні засоби навчання;
- проводяться для вчителів, методистів, модераторів освітнього процесу STEM-центрів, закладів освіти різного рівня, розробників та експертів міжнародні, всеукраїнські, регіональні конференції, семінари, вебінари, круглі столи;
- створюються віртуальні майданчики міждисциплінарних лабораторій для підключення закладів освіти України до мережі STEM-центрів;
- створюється відкритий репозитарій навчально-методичних ресурсів щодо забезпечення ефективного упровадження STEM-освіти в Україні.

Суттєву допомогу у підвищенні професійного рівня педагогам надають науковці, які представляють результати своїх досліджень у фахових науково-методичних виданнях та науково-популярних журналах. Актуальні питання щодо розвитку STEM-освіти та методичні аспекти її впровадження представлено у роботах таких науковців, як Атамась А. [1], Барна О. [2], Бутурліна О. [3], Василяшко І. [4], Василенко І. [5], Гончарова Н. [6], Горбенко С. [7], Гущина Н. [4], Дівінська Н. [8], Завалевський Ю. [4], Коршунова О. [4], Кузьменко О. [9], Лозова О. [7], Патрикєєва О. [7], Поліхун Н. [10], Савченко І. [11], Савченко Я. [11], Сліпухіна І. [10], Стрижак О. [10], Чернецький І. [10], Черноморець В. [5], Шаповалов Є. [12] та ін.

Аналіз психолого-педагогічних праць свідчить, що раннє залучення здобувачів освіти у STEM сприяє ефективній соціалізації особистості у всіх сферах, а саме діяльності, спілкуванні, самосвідомості [4, 6].

Основним завданням STEM-освіти є сприяння свідомому вибору майбутньої професії здобувачами освіти. Підвищення їх мотивації до STEM-освіти забезпечується шляхом проведення позакласних і позашкільних заходів, конкурсів, фестивалів вебквестів, літніх програм природничо-наукового та інженерно-технічного спрямування. Прикладом таких заходів може бути «STEM-школа лідера», організована Івано-Франківським КЗПО «Центр освітніх інновацій», Миколаївський обласний фестиваль «Моя STEM-ідея» та ін. у всіх регіонах України [7].

З розвитком напрямів STEM-освіти за останні роки зросла кількість заходів, на яких молодь на конкурсній основі може презентувати свої роботи, проекти або позмагатись командою. Завдання педагогічного колективу та батьків допомогти долучитися до заходів, які відповідають уподобанням вихованців та сприяти участі в них. Також представити досвід, презентувати результати роботи, обмінюватися ідеями можна на тематичних заходах: фестиваль «STEM-весна – 2023», «STEM-тиждень», «День науки», на фестивалі з робототехніки «Robotika – 2023», фестивалі стартапів «Class ідея», всеукраїнських змаганнях з моделювання «розумних» пристроїв «STEAM-House, «Роботрафік», «Дівчата STEM», «ІТ-дівчата», «FIRST LEGO League»,

«FIRST LEGO LeagueJunior» та інших регіональних заходах подібного формату [7].

Здобувачам освіти пропонується відвідати Музеї науки – перші інтерактивні простори, що містять інтерактивні експонати та інсталяції. Музеї проводять наукові, творчі й освітні заходи, майстер-класи, презентації книг та зустрічі з натхненними людьми. Наприклад, тематичні шкільні екскурсії для здобувачів освіти проводить музей «Експериментаніум», під час яких детально розглядають теми: електрика та магнетизм, природа звуку, світло та колір, а також проводяться інтегровані уроки з різних предметів, лабораторні роботи відповідно до навчальних програм, гуртки з хімії та фізики [8].

Впровадження в освітній процес основних форм STEM-освіти (STEM-урок, STEM-проект, STEM-квест, STEM-хакатон, STEM-центр/лабораторія), в основі яких науково-дослідницька діяльність, дозволяє сформувати у здобувачів освіти найважливіші уміння та навички [4, 7, 8]:

- уміння визначати наукову проблему;
- уміння збирати інформацію з різних джерел, аналізувати отриману інформацію, оцінювати достовірність та надійність джерел, виокремлювати головне;
- уміння формулювати гіпотези, проводити дослідження та збирати дані для підтвердження чи спростування цих гіпотез;
- уміння інтерпретувати отримані данні та формулювати висновки на основі зібраної інформації;
- уміння підготувати доповідь або статтю за результатами своєї наукової роботи та ін.;
- уміння вести наукову дискусію, обґрунтовувати висунуту ідею у межах обраної наукової проблеми, аргументовано відстоювати власну точку зору;
- уміння аналізувати результати своєї науково-дослідницької діяльності, робити необхідні висновки;
- уміння здійснювати кількісну і якісну обробку отриманих результатів;
- уміння знаходити альтернативні шляхи для розв'язання проблем та досягнення поставленої мети, бути відкритим до нових ідей та рішень;
- уміння планувати свою роботу та навчання, раціонально використовувати час, здійснювати самоперевірку отриманих результатів.

Отже, освітянам необхідно формувати у здобувачів освіти готовність до науково-дослідницької діяльності, що охоплює стійке прагнення до творчого наукового пізнання, результативної діяльності та включає особистісні якості людини, систему необхідних знань, умінь, навичок, позитивне мотиваційно-ціннісне ставлення до роботи.

Теоретичний аналіз наукових праць [13, 14, 15] показав, що готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності має об'єднувати в собі такі компоненти, як змістовий, мотиваційний, діяльнісний; професійно важливі особливості психічних процесів (пізнавальних та емоційно-вольових сфер),

професійно значущі особистісні властивості (темперамент, характер, здібності).

Протягом 2020–2022 років Державною науковою установою «Інститут модернізації змісту освіти» було організовано та проведено дослідження з метою вивчення особливостей формування компонентів готовності здобувачів загальної середньої освіти до науково-дослідницької діяльності (*змістовий, мотиваційний, діяльнісний*). У даній статті авторами висвітлюється дослідження рівня сформованості саме змістового компонента готовності здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності, що визначає знання суб'єктів освіти щодо особливостей проведення науково-дослідницької діяльності, а саме знання про алгоритм проведення дослідження, який включає проблему, мету, гіпотезу, методи, аналіз результатів та висновки. Конструктивно планувати, якісно реалізовувати плани, знаходити ефективні засоби перевірки правильності та значимості своєї діяльності, впроваджувати результати й аналізувати наслідки діяльності є закономірностями проведення будь-якого дослідження.

При визначенні змісту та рівнів сформованості змістового компоненту готовності здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності ми враховували розробки, представлені у роботах [5, 13, 14, 15], які були адаптовані та конкретизовані відповідно до нашого дослідження. Таким чином, вивчення змістового компоненту сформованості готовності здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності здійснювалось за такими показниками: повнота, адекватність, усвідомленість знань про закономірності проведення дослідження. Так, показник повноти показує наявність знань про алгоритм проведення дослідження, адекватність знань розглядається як правильне трактування закономірностей проведення дослідження, усвідомленість знань – це розуміння цих закономірностей, здатність вербально розкрити їх зміст.

Відповідно, сформованість *змістового компоненту готовності* до науково-дослідницької діяльності за визначеними показниками (*повнота, адекватність, усвідомленість*) має такі рівні:

I. Високий: наявність у здобувача освіти знань про закономірності проведення науково-дослідницької діяльності, їх деталізація; розуміння, повнота і адекватність розкриття сутності вищезазначених компонентів.

II. Середній: наявність знань про деякі закономірності проведення науково-дослідницької діяльності, часткова їх деталізація; точне розуміння, але недостатньо повне і адекватне вербальне розкриття етапів роботи.

III. Низький: відсутність у здобувача освіти знань про науково-дослідницьку діяльність, а також розуміння і вербалізації його закономірностей.

Дослідною роботою охоплено 120 респондентів підліткового віку закладів загальної середньої освіти, що впроваджують різні форми STEM-освіти (STEM-урок, STEM-проект, STEM-квест, STEM-хакатон, STEM-центр/лабораторія). Було використано теоретичні й емпіричні методи дослідження: теоретичний аналіз та узагальнення психолого-педагогічної практики; опитування; лонгітюдний метод дослідження. Проведення

дослідження здійснювалось за гугл-формою (онлайн-опитування). Для обробки емпіричних даних використовувалися процедури якісного та кількісного їх аналізу.

У поданому нижче графіку наведено дані про рівні сформованості змістового компоненту готовності до науково-дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти (рис. 1.2.1).

Дані рисунку 1.2.1 свідчать, що більшість дівчат і юнаків мають середній рівень сформованості змістового компоненту готовності до науково-дослідницької діяльності, що виявляється у наявності знань про певні закономірності проведення науково-дослідницької діяльності, часткової їх деталізації; точне розуміння, але не достатньо повне і адекватне вербальне розкриття етапів роботи, що позначається на якості. При цьому, в кінці навчального року збільшується частка здобувачів освіти з високим рівнем сформованості змістового компоненту, що виявляється в усвідомленні знань про закономірності проведення науково-дослідницької діяльності, підвищенні зацікавленості пошуком вирішення проблемних ситуацій, аналізом літературних джерел, обґрунтуванням фактів.

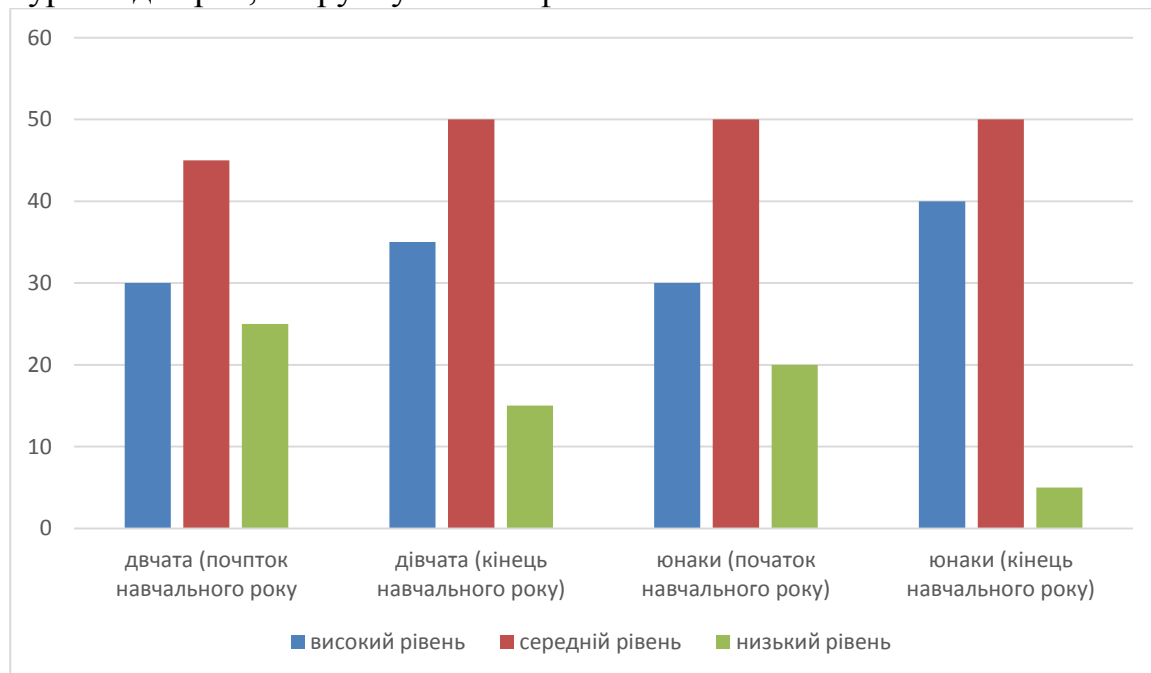


Рис. 1.2.1. Дані про рівні сформованості змістового компоненту готовності до науково-дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти (%)

Варто відзначити, що дівчата більш схильні до експериментального вивчення явищ і процесів й виявлення закономірностей за допомогою наукових методів пізнання, а юнаки більше зацікавлені у створенні готового продукту (наприклад, робота чи автомобіля).

Як показують дані (рис. 1.2.1), при використанні різних форм STEM-освіти впродовж навчального року, кількість дівчат і юнаків з низьким рівнем сформованості змістового компоненту готовності до науково-дослідницької діяльності зменшилась на 10 %.

Отже, впровадження основних форм STEM-освіти (STEM-урок, STEM-проект, STEM-квест, STEM-хакатон, STEM-центр/лабораторія) є ефективним

інструментом формування змістового компоненту готовності до науково-дослідницької діяльності, що сприяє усвідомленню здобувачами загальної середньої освіти набуття науково-прикладних знань до створення нової інформації, якісного вирішення проблемних ситуацій; володіння універсальними знаннями і навичками дослідницького пошуку. А це, своєю чергою, зумовлює удосконалення навчального процесу у закладах загальної середньої освіти.

Діагностування дослідницької компетентності здобувачів закладів загальної середньої освіти

Із вищезазначеного у здобувачів закладів загальної середньої освіти необхідно формувати готовність до науково-дослідницької діяльності, що охоплює стійке прагнення до творчого наукового пізнання.

Готовність до науково-дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти можна розглядати як найвищий рівень прояву сформованості дослідницької компетентності. Дослідницьку компетентність визначають як сукупність якостей особистості, що передбачає володіння знаннями, вміннями та навичками проведення науково-дослідної діяльності, виявляється у готовності і мотивації до здійснення дослідницької діяльності й впровадження результатів досліджень у свою роботу [16], до структури якої відносять:

- наявність уявлень про найбільш актуальні напрями досліджень у сучасній теоретичній та експериментальній науці;
- вільне володіння іноземною (переважно англійською) мовою в галузі професійної діяльності й міжособистісного спілкування;
- розуміння філософських концепцій в обраній галузі наукової діяльності; володіння методологією наукової дисципліни (галузі), знання її закономірностей і готовність використовувати знання даної галузі у своїй практичній діяльності;
- уміння чітко формулювати суть досліджуваної проблеми, мету, об'єкт, предмет, робочу гіпотезу, завдання дослідження, спланувати експеримент;
- розуміння основних методологічних принципів наукового дослідження і застосування їх на практиці;
- володіння методами наукового дослідження (анкетування, тестування, моделювання, спостереження тощо);
- уміння теоретично обґрунтувати і експериментально перевірити висунуту ідею в рамках досліджуваної проблеми;
- уміння аналізувати результати своєї науково-дослідницької діяльності, робити необхідні висновки (проводити методологічну рефлексію);
- активність, відповідальність та особисту участь в організації будь-якого експерименту;
- уміння вести наукову дискусію, аргументовано відстоювати свою точку зору;
- уміння аналізувати дані наукового експерименту з використанням методів математичної статистики і комп'ютерних технологій;

– уміння підготувати публікацію або виступ за результатами своєї наукової роботи та інші [17].

Аналіз наукової літератури з проблеми формування дослідницької компетентності здобувачів середньої освіти [18, 19, 20] дозволяє визначити її як особистісне утворення, що проявляється в готовності та здатності до здійснення навчально-дослідницької діяльності, серед компонентів якої виділяємо:

– знання: здобувач освіти повинен мати достатні знання з того предметного або тематичного поля, яке він досліджує, має володіти базовими методами та поняттями, які пов'язані з обраним дослідженням;

– володіння методами збору та аналізу даних, методологією організації дослідження; уміння використовувати інструменти та обладнання, які необхідні для дослідження;

– критичне мислення: уміння аналізувати інформацію, оцінювати достовірність джерел, порівнювати результати досліджень та робити висновки на основі отриманих даних;

– комунікативні уміння: уміння ефективно спілкуватися з іншими людьми, дослідниками, вчителями та фахівцями відповідної галузі знань;

– креативність: уміння бути відкритим до нових ідей та рішень; уміння знаходити альтернативні шляхи для розв'язання проблем та досягнення поставленої мети;

– самоорганізація: уміння організовувати свою роботу, визначати пріоритети, планувати час та керувати своїми зусиллями, щоб забезпечити успішне завершення дослідження.

Кожен з цих компонентів має свої характеристики та вимоги, які варто враховувати під час формування дослідницької компетентності здобувачів загальної середньої освіти.

Отже, дослідницька компетентність здобувачів закладів загальної середньої освіти – це набір знань, умінь і навичок, що дозволяють розуміти, як здійснювати дослідження, як обробляти та аналізувати дані, як формулювати гіпотези та висновки. Ця компетентність допомагає здобувачам освіти розвивати критичне мислення та здатність до самостійного розв'язання проблем, а також забезпечує необхідними навичками для успішного навчання, особистісного розвитку та майбутньої кар'єри.

Для того, щоб здобувачів освіти володіли дослідницькою компетентністю необхідно створювати умови для її формування та розвитку, надавати можливості для виконання дослідницьких завдань, сприяти вільному дослідженню, розвивати навички аналізу та інтерпретації даних, формулювання гіпотез та висновків, презентації результатів дослідження. Дослідницька компетентність розвивається шляхом інтеграції дослідницьких завдань у різні предмети та застосування різних методів навчання, таких як проблемне навчання, проєктне навчання, ігрові технології тощо.

Для зручності й компетентного управління процесом формування дослідницької компетентності здобувачів закладів загальної середньої освіти вчителю нами рекомендовано проводити діагностику, яка дозволить йому

оцінити навчальні досягнення здобувачів освіти та рівень сформованої дослідницької компетентності. Окрім цього діагностика дозволить з'ясувати, наскільки добре здобувач освіти володіє різноманітними дослідницькими вміннями, окреслить шляхи подальшої підготовки, надасть розуміння того, в яких конкретних аспектах потрібна додаткова увага, щоб забезпечити успіх у навчанні та майбутній науково-дослідницькій діяльності.

Для розроблення діагностики дослідницької компетентності здобувачів закладів загальної середньої освіти нами взято за основу методичні рекомендації щодо реалізації науково-дослідницької діяльності суб'єктів освітнього процесу університетів [8].

Отже, авторами дослідження пропонується проводити діагностування за двома показниками, перший з яких визначатиме *теоретичну готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності* і другий – *практичну готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності*.

Відповідно до кожного показника виділено чотири рівні прояву дослідницької компетентності: низький (інтуїтивний), середній (репродуктивний), достатній (репродуктивно-творчий), високий (творчий).

У поданій нижче діагностичній карті, яку можна застосовувати в процесі діагностування, наведені сутнісні характеристики рівнів сформованості дослідницької компетентності за вказаними вище показниками (табл. 1.2.1).

Таблиця 1.2.1.

Діагностична карта-схема характеристики й оцінки рівнів сформованості дослідницької компетентності здобувачів закладів загальної середньої освіти

Характеристики для визначення рівня сформованості дослідницької компетентності			
Теоретична готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності			
Рівні сформованості дослідницької компетентності	Педагогічний супровід	Етапи проведення діагностики	+/-
I. Низький (інтуїтивний) рівень. Здобувач загальної середньої освіти не усвідомлює важливості науково-дослідницької діяльності, має недостатньо знань з основних предметів, може відтворити незначну частину наукових теоретичних положень, не орієнтується у визначеннях і термінах з проблеми, не уміє організувати свою роботу, у нього відсутні вміння використовувати інструменти та обладнання, які необхідні для дослідження. Прояв показників сформованості дослідницьких умінь ще обмежений	На цьому рівні особливо важлива професійно-орієнтована допомога з боку вчителя		
II. Середній (репродуктивний) рівень. Наявність інтересу до нових фактів та їх пояснення. Здобувач загальної середньої освіти усвідомлює важливість наукової	Діяльність вчителя на цьому рівні більш інструктивна		

Характеристики для визначення рівня сформованості дослідницької компетентності			
Теоретична готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності			
Рівні сформованості дослідницької компетентності	Педагогічний супровід	Етапи проведення діагностики	+/-
роботи у формуванні ключових компетентностей, має обмежений прояв показників сформованості дослідницьких умінь (уміння визначати проблему; уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і взаємозв'язків; уміння збирати інформацію з різних джерел, виокремлювати головне; здатність до критичного мислення, уміння аналізувати інформацію, оцінювати достовірність та надійність джерел; уміння формулювати гіпотези, проводити дослідження та збирати данні для підтвердження чи спростування цих гіпотез; уміння інтерпретувати отримані данні та формулювати висновки на основі зібраної інформації; комунікативні уміння та уміння працювати в команді; уміння створювати нові ідеї та шукати альтернативні рішення та ін.). Спостерігається ще недостатнє володіння методами наукового дослідження			
ІІІ. Достатній (репродуктивно-творчий) рівень. Здобувач загальної середньої освіти усвідомлює важливість наукової роботи, має достатні теоретичні знання, орієнтується у поняттєво-категоріальному апараті, проявляє вільне володіння вивченого матеріалу. На цьому рівні учень активно цікавиться новими науковими досягненнями, вивчає досвід учителів, дослідників, відвідує їхні заняття, бере активну участь у науково-дослідницькій діяльності: у наукових проєктах, конференціях, обговореннях, дискусіях та ін.; розуміє основні методологічні принципи наукового дослідження і застосування їх на практиці, володіє методами наукового дослідження (анкетування, тестування, моделювання, спостереження тощо); уміє теоретично обґрунтувати запропоновану ідею у межах обраної наукової проблеми. Здобувач освіти проявляє самостійність при виборі необхідної інформації	Діяльність вчителя на цьому рівні відрізняється інструктивно-консультативним характером		
ІV. Високий (творчий) рівень. Здобувач	Діяльність вчителя		

Характеристики для визначення рівня сформованості дослідницької компетентності			
Теоретична готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності			
Рівні сформованості дослідницької компетентності	Педагогічний супровід	Етапи проведення діагностики	+/-
загальної середньої освіти проявляє теоретичну готовність до науково-дослідницької діяльності, до проведення наукових досліджень, участі у наукових проєктах. Спостерігається високий рівень сформованості дослідницьких умінь, базових знань основних дисциплін, методики проведення наукового дослідження, знаннями в галузі спілкування, культури поведінки, основних наукових визначень та понять. Усвідомлює важливість науково-дослідницької діяльності, формування дослідницьких умінь	на цьому рівні відрізняється консультативним характером допомоги		
Практична готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності			
I. Низький (інтуїтивний) рівень. Здобувач загальної середньої освіти не може правильно спланувати свою наукову роботу, не розуміє завдань та вимог, які висуваються до нього, слабо розуміє основні методологічні принципи наукового дослідження і застосування їх на практиці, не володіє методами наукового дослідження, необхідними технологіями, або обладнанням	Діяльність вчителя фокусується на рівні професійно-орієнтованої допомоги		
II. Середній (репродуктивний) рівень. Володіння первісним умінням на рівні копіювальних, недосконалих дій, переважно за готовими зразками. Дії виконуються за певною допомогою вчителя, або самостійно за аналогією зі зразком. Спостерігається ще недостатньо вміла діяльність	Діяльність вчителя на цьому рівні більш інструктивна		
III. Достатній (репродуктивно-творчий) рівень. Здобувач загальної середньої освіти виявляє інтерес до науково-дослідницької діяльності, здатний вільно добирати методи наукового дослідження, необхідні засоби навчання і використовувати їх на практиці; проявляє самостійний вибір необхідної системи дій у різноманітних ситуаціях, але ще зі значними зусиллями. Володіє достатнім рівнем сформованості дослідницьких умінь	Діяльність вчителя на цьому рівні відрізняється інструктивно-консультативним характером		
IV. Високий (творчий) рівень. Практична готовність здобувача	Діяльність вчителя на цьому рівні		

Характеристики для визначення рівня сформованості дослідницької компетентності			
Теоретична готовність здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності			
Рівні сформованості дослідницької компетентності	Педагогічний супровід	Етапи проведення діагностики	+/-
загальної середньої освіти до науково-дослідницької діяльності; прояв досконалих теоретичних знань, які можуть застосовуватись на практиці; творчий підхід до виконання поставлених завдань. На цьому рівні вони здатні самостійно виконувати наукову роботу, брати активну участь у наукових проєктах, проводити дослідження, пропонувати нові ідеї, щось розробляти і впроваджувати	відрізняється консультативним характером допомоги		

Для діагностування сформованої дослідницької компетентності здобувачів загальної середньої освіти важлива і об'єктивна оцінка їх самих щодо розвинених дослідницьких умінь (табл. 1.2.2). За допомогою самодіагностики здобувачі освіти можуть оцінити власний рівень розвитку дослідницьких умінь та отримати мотивацію для свого подальшого розвитку, чи до вивчення нового матеріалу.

Таблиця 1.2.2.

Бланк самооцінки розвитку дослідницьких умінь здобувачів загальної середньої освіти

Дослідницькі уміння	Бали (від 0 до 5)
Уміння визначати наукову проблему	
Уміння збирати інформацію з різних джерел, аналізувати отриману інформацію, оцінювати достовірність та надійність джерел, виокремлювати головне	
Уміння формулювати гіпотези, проводити дослідження та збирати данні для підтвердження чи спростування цих гіпотез	
Уміння інтерпретувати отримані данні та формулювати висновки на основі зібраної інформації	
Уміння підготувати доповідь або статтю за результатами своєї наукової роботи та ін.	
Уміння вести наукову дискусію, обґрунтовувати висунуту ідею у межах обраної наукової проблеми, аргументовано відстоювати власну точку зору	
Уміння аналізувати результати своєї науково-дослідницької діяльності, робити необхідні висновки	
Уміння здійснювати кількісну і якісну обробку отриманих результатів	
Уміння знаходити альтернативні шляхи для розв'язання проблем та досягнення поставленої мети, бути відкритим до нових ідей та рішень	
Уміння планувати свою роботу та навчання, раціонально використовувати час, здійснювати самоперевірку отриманих результатів	
Кількість балів	
Умовний рівень розвитку умінь	

Дослідницькі уміння здобувач загальної середньої освіти може оцінити за 5 бальною шкалою. Умовно: високий рівень прояву дослідницьких умінь – від 40 до 50 балів, достатній рівень – від 30 до 40 балів, середній рівень – від 20 до 30 балів та низький рівень – до 20 балів.

Отже, проведення діагностики сформованих дослідницьких умінь здобувачів загальної середньої освіти є важливою складовою процесу оцінювання навчальних досягнень, дозволяє вчителю визначити, наскільки добре учень/учениця засвоїв певні уміння й навички, які були сформовані раніше, підкаже, чи є необхідність в додатковому повторенні матеріалу або у поглибленому вивченні теми, допоможе скоригувати освітній процес, краще визначити методи навчання, змінити підходи до викладання певних тем. Порівняння результатів діагностики дозволить учителю та здобувачам загальної середньої освіти проаналізувати, в яких конкретних аспектах дослідницької роботи потрібна додаткова увага та розвиток, щоб забезпечити подальші досягнення у навчанні та набутті ключових компетентностей.

STEM-освіта є інструментом для реалізації ключових положень Концепції Нової української школи. Посилення ролі STEM-освіти зумовлює підвищення мотивації вчителів до інтегрованого викладання предметів природничо-математичного циклу, інженерії, технологій, інформатики. STEM-навчання сприяє формуванню у здобувачів загальної середньої освіти компетентностей комплексного рішення проблем, що в свою чергу дає можливість розробляти новаторські підходи для економічної, політичної, соціальної та духовної сфер суспільного життя.

У результаті проведеного теоретико-експериментального дослідження емпірично доведено, що саме впровадження STEM-освіти у закладах загальної середньої освіти сприяє формуванню готовності здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності, гармонійного і конкурентоспроможного розвитку особистості, практичного й корисного застосування знань та вмінь при розв'язанні нагальних проблем.

Готовність до науково-дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти можна розглядати як найвищий рівень прояву сформованості дослідницької компетентності. Для зручності й компетентного управління процесом формування дослідницької компетентності здобувачів закладів загальної середньої освіти вчителю рекомендовано проводити діагностику, яка дозволить йому оцінити навчальні досягнення здобувачів середньої освіти та рівень сформованої дослідницької компетентності.

Ефективним інструментом удосконалення освітнього процесу та засобом оволодіння універсальними знаннями і навичками дослідницького методу навчання є впровадження таких форм STEM-освіти, як: STEM-урок, STEM-проект, STEM-квест, STEM-хакатон, STEM-центр/лабораторія та ін.

Список використаних джерел

1. Атамась А. Використання цифрових лабораторій в енергетичній освіті. *Наукові записки малої академії наук України*: зб. наук. праць. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України. № 8. 2016. С. 281–291. URL: <http://snman.science/index.php/sn/article/view/133>.

2. Барна О., Балик Н. Впровадження STEM-освіти в закладах освіти: етапи та моделі. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в освітній процес: збірник матеріалів регіональної науково-практичної веб-конференції*. Тернопіль, 24 травня 2017 р. Тернопіль : ТОКІППО. Вип. 3–8. 2017. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/10120/1/Barna_Kyiv.pdf (дата звернення: 09.05.2023).
3. Бутурліна О., Лисоколенко Т., Довгаль С. STEM-освіта в дзеркалі соціологічних досліджень. *Науково-теоретичний альманах «Грані»*. 22(6). 2019. С. 56–68. <https://doi.org/10.15421/171963>.
4. Завалевський Ю., Гущина Н., Василяшко І., Коршунова О., Патрикеева О. Створення педагогічних умов для впровадження дослідницького методу навчання з використанням ІТ- та STEM-технологій у закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. №2–3(21–22). 2021. С. 50–60. URL: <http://www.snman.science/index.php/sn/article/download/80/76>.
5. Черноморець В., Василенко І., Коваленко М. Проблеми та перспективи STEM-освіти очима педагогів та керівників закладів освіти України (за результатами дослідження «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі. Стан розвитку STEM-освіти»). V Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Науково-методичні засади створення інноваційної моделі STEM-освіти», 21.10. 2021 р. Дніпро, 2021. С. 123–126.
6. Гончарова Н., Патрикеева О. (2016) Упровадження STEM-освіти в навчальних закладах (за результатами опитування науково-педагогічних працівників ОІППО). *Наукові записки Малої академії наук України: зб. наук. праць*. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2016. № 8. С. 231–240. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/715074/1/Гончарова_Naukovi_zapysky_MAN_8_2016%20\(1\).pdf](https://lib.iitta.gov.ua/715074/1/Гончарова_Naukovi_zapysky_MAN_8_2016%20(1).pdf).
7. Патрикеева О., Горбенко С., Лозова О., Василяшко І. Проблема розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). *Проблеми освіти: збірник наукових праць*. Електронне видання ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». Вип. 2(95). 2021. С. 53–67. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.04>. (дата звернення: 09.05.2023).
8. Дівінська Н. О., Дяченко Н. О. Реалізація науково-дослідницької діяльності суб'єктів навчально-виховного процесу університетів. Київ : Інститут вищої освіти НАПН України, 2016. 27 с. URL: https://ihed.org.ua/wp-content/uploads/2018/09/realizaciya-nauk-dosl_diyaln-subyektiv-Univs_IVO-NAPN-2016-27s.pdf.
9. Кузьменко О., Дембицька С. STEM-освіта як основний орієнтир в оновленні інноваційних технологій в процесі навчання фізики у вищих навчальних закладах технічного профілю. *Наукові записки*. Вип. 3(11). 2017. С. 104–110. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/viewFile/1203/1182>.
10. Стрижак О., Сліпухіна І., Поліхун Н., Чернецький І. STEM-освіта: Основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Т. 62, № 6. 2017.

- C. 16–33. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=ITZN_2017_62_6_4
11. Савченко І., Савченко Я. STEM-освіта як ключовий фактор формування креативної особистості юного дослідника. *Наукові записки Малої академії наук України*. № 10. 2017. С. 47–60. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=snjasu_2017_10_8.
12. Шаповалов Є., Шаповалов В., Білик Ж., Шаповалова І. Таксономізація експедиційних дослідницьких результатів учнів в умовах наукової освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. № 3(25). 2022. С. 127–137. URL: <http://snman.science/index.php/sn/article/view/150>.
13. Бойко Ю.Ю. Формування психологічної готовності майбутніх юристів до професійної діяльності: автореф. дис. канд. психол. наук: 19.00.07. Київ, 2008. 23 с.
14. Добрянський О. А. Сутність та структура психологічної готовності слідчих до професійної діяльності в екстремальних умовах. *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України*. № 1. 2012. С. 28–39.
15. Хохліна О. Методологічні та теоретичні основи психології: навчальний посібник. Київ : Національна академія внутрішніх справ України. 2014. 232 с.
16. Грозан С. Методологічні підходи до визначення сутності та змісту поняття «дослідницька компетентність». URL: <https://www.cuspu.edu.ua/ua/ntnd/konferentasiy/3-mizhnarodna-inernet-konferentsia-2015/sektsia-5/3605-metodolohichni-pidkhody--do-vyznachennia-sutnosti-ta-zmistu-poniatia-doslidnytska-kompetentnist> (дата звернення: 09.05.2023).
17. Головань М. С., Яценко В. В. Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність». Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: збірник наукових праць. Випуск VII. Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2012. С. 55–62. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/57953/13/Holovan_Sutnis_zmist_poniattia.pdf.
18. Баклашова Т., Проскурін В. Формування дослідницької компетентності учнів в процесі шкільної краєзнавчої роботи. Гуманізація навчально-виховного процесу. № 6(98) (2019). С. 316–326. URL: <http://gnvp.ddpu.edu.ua/article/view/197470>.
19. Вербицький В. В. Дослідницька компетентність старшокласників як засіб формування особистості. URL: https://lib.iitta.gov.ua/4408/1/Verbytskyi_11.pdf (дата звернення: 09.05.2023).
20. Рашевська Н. В. Модель формування дослідницьких компетентностей учнів на уроках математики. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/15282/1/МОДЕЛЬ%20ФОРМУВАННЯ%20ДОСЛІДНИЦЬКИХ%20КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ%20УЧНІВ.pdf>. (дата звернення: 09.05.2023).

1.3 Інтегроване навчання STEM: від предметності до трансдисциплінарності

© Поліхун Н. І.,

канд. пед. наук,

Інститут обдарованої дитини НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0176-0752>

© Сліпухіна І. А.,

д. пед. наук, проф.,

Інститут обдарованої дитини НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9253-8021>

© Чернецький І. С.,

канд. пед. наук

Національного центру «Мала академія наук України», Київ, Україна,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9771-7830>

© Постова К. Г.

канд. психол. наук,

Інститут обдарованої дитини НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9728-4756>

Стратегічний план розвитку освіти є баченням майбутнього, до якого всі громадяни матимуть доступ протягом усього життя, що сприятиме поширенню STEM-грамотності, а відтак – інноваціям та високій зайнятості населення [1]. Водночас однією з ключових вимог сьогодення є формування у молоді навичок, необхідних для активного, відповідального та залученого громадянства [2], міждисциплінарної освітньої діяльності [3].

Глобальний розвиток STEM-освіти відображає розуміння світовою спільнотою того, наскільки важливими нині є інвестиції в розвиток робочої сили, готової створювати та використовувати науково-технічні інновації для вирішення суспільних проблем зараз і в майбутньому для вирішення питань сталого розвитку [4].

Сьогоднішні грандіозні виклики, пов'язані зі сталим розвитком, не можна вирішити, керуючись знаннями з однієї-двох дисциплін. Але інтеграція знань, методів і досвіду з окремих наукових галузей, техніки і технологій не є їх механічним поєднанням. Окрім того, наявні різноманітні перешкоди, які сповільнюють цей процес: від застарілих освітніх підходів до жорстких організаційних структур [5].

Перші кроки у напрямі розвитку міждисциплінарних інтегрованих підходів, які поєднують формальну, неформальну й інформальну освіту в Україні, зокрема у контексті освіти наукового спрямування, були окреслені з прийняттям нового Закону України «Про освіту» [6], що зазначено у статті 21 «Про спеціалізовану освіту», Стандарту спеціалізованої освіти наукового спрямування [7], нормативно-правових документів, що стосуються

безпосередньо розвитку STEM-освіти [8, 8, 10], науково-методичного опрацювання відповідних програм [11, 12].

Творчо поєднані і змішані освітні можливості, що інтегрують елементи традиційно розділених підходів до навчання, як, наприклад, формальна і неформальна освіта, призводять до якнайкращого розвитку всіх груп навичок, особливо – гнучких і міждисциплінарних [10]. Так, нині неформальний освітній STEM досвід через відвідування наукових та природничо-екологічних центрів, різноманітних музеїв, які повсюдно стають інтерактивними, або інших освітніх ресурсів громад є невід’ємною частиною особистісного розвитку не тільки молоді, а й дорослих.

Важливими для розвитку STEM підходу у навчанні стали змішані освітні, професійні і громадські партнерства, що відображають консолідацію суспільства навколо проблеми майбутнього працевлаштування молоді, і якими здійснюється пошук ефективних освітніх інтегрованих практик [13].

Зауважимо, що у 2020 році міжвідомча робоча група (IWG) з конвергенції Федеральної координації освіти STEM (FC-STEM) провела ґрунтовний аналіз публікацій, які стосуються конвергентної освіти. При цьому одним з отриманих висновків стало те, що терміни «трансдисциплінарний», «конвергентний» й «STEM інтегрований» часто використовуються як взаємозамінні [14].

Зміст та етапи предметної інтеграції в STEM

Інтеграція навчання – це підхід, який виник у відповідь на суспільний запит підготовки молоді до вирішення актуальних світових проблем, які нині є міждисциплінарними, і успішного працевлаштування. STEM освіта (як варіант інтегрованого навчання) на основі посилення взаємодії між різними дисциплінами розвиває, насамперед, гнучкі навички, зокрема, креативність, інноваційність, здатність до вирішення проблем, соціальної взаємодії та інші. В центрі відповідної предметної інтеграції знаходиться реальна суспільно значуща проблема, найчастіше пов’язана зі сталим розвитком, або певне цікаве, привабливе наукове питання, вирішення якого потребує поєднання знань з декількох дисциплін, що дозволяє порівняти різні погляди на проблему.

Як стверджують фахівці Смітсонівського інституту освіти С. О’Donnell і К. J. Day (2022): «Сьогодні навчання, засноване на проблемах і явищах, означає, що учні розглядають деякі з найскладніших тем нашого часу, як то кібербезпека, інновації та підприємництво, зміна клімату, втрата біорізноманіття, інфекційні захворювання, дефіцит води, енергетична безпека, продовольча безпека, знищення лісів тощо. Педагоги використовують трансдисциплінарне навчання, щоб допомогти учням вирішувати глибокі наукові питання та широкі суспільні потреби» [15, 16].

Однак, рух від дисциплінарного до міждисциплінарного викладання та навчання є складним, ґрунтовним і поступовим процесом, який має спиратися на міцний фундамент знань з кожної з дисциплін, які інтегруються між собою. Як зазначається в Стратегії STEM-освіти США, STEM-освіта розвивалась від набору дисциплін, що перетинаються, до більш інтегрованого та міждисциплінарного підходу у навчанні й розвитку навичок, який поєднує

формальне, неформальне та інформальне навчання в школах, громаді, на робочому місці [17].

Водночас дослідженнями і реальною практикою доведено, що для отримання якісних результатів інтегрованого навчання, його основою має бути непорушна предметність. Предметний – це перший, надзвичайно важливий рівень організації інтегрованого навчання в цілому, ключовий етап на шляху реалізації певного трансдисциплінарного проєкту. Не виникає сумнівів, що для предметно-інтегрованого навчання потрібна надійна база знань, впорядкована за категоріями. Це також зазначається в дослідженні експертів із STEM-освіти, які розробляють концепцію освітньої конвергенції та пропонують методологічний шлях, яким має рухатись STEM-освіта до трансдисциплінарності у викладанні, навчанні й оцінюванні [18]; він здійснюється через поступове сходження від нижчого до вищого рівня предметної інтеграції (рис. 1.3.1).

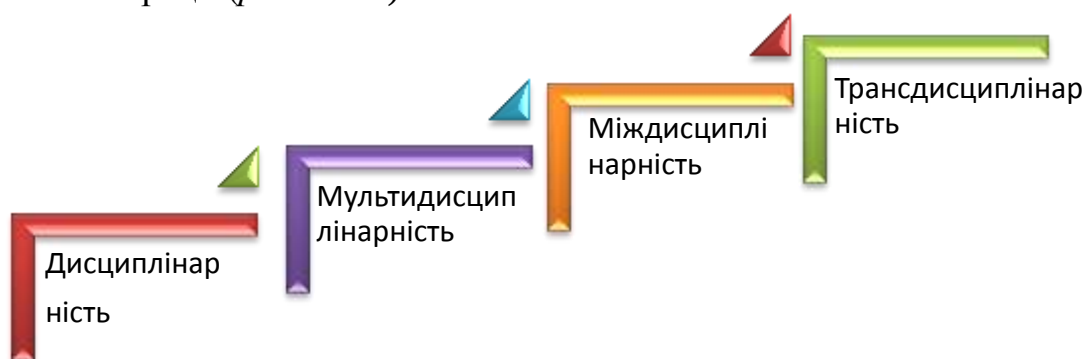


Рис. 1.3.1. Рівні предметної інтеграції

Дослідження відповідних термінів створює підстави для таких визначень:

- *мультидисциплінарність* (можливий синонім «адитивність») означає взаємодію дисциплін у процесі певного дослідження без поєднання методів і засобів відповідних онтологій (наприклад, незалежна експертиза проблеми збільшення захворюваності на цукровий діабет фахівцями декількох областей медичної науки у спільному комплексному дослідженні);

- *інтердисциплінарність* (можливий синонім «інтерактивність») – розгляд проблеми однією дисципліною з використанням інструментарію і методів іншої (наприклад, залучення міждисциплінарної команди професіоналів для роботи над складним проєктом, успішна реалізація якого вимагає декількох наборів навичок або галузей знань);

- *трансдисциплінарність* (можливий синонім «цілісність») є найбільш складною формою міждисциплінарності, яка призводить до здобуття якісно нових (трансдисциплінарних) знань, які не належать до гностичного поля жодної зі складових онтологій (наприклад, екологічна економіка виходить за стандартні рамки екології й економіки).

Аналіз наукових публікацій вказує на те, що застосування загального поняття «міждисциплінарність» (*multiple disciplinary*) є бажаним у випадках, коли природа досліджуваного явища невідома, або не визначена [19].

Розглянемо зміст кожного із зазначених рівнів інтеграції у предметному контексті, як підходи до організації навчання.

I. *Дисциплінарний* – вчитель обирає тему, науковий факт, ідею, або практику, яка розглядається в межах лише однієї дисципліни (наприклад, фізики, математики, географії, біології та ін.), тобто не підходить до неї комплексно. Здобувачі освіти також зосереджуються на темі цієї предметної галузі, розбираються в наукових поняттях, вивчають теоретичні концепти та формують та відпрацьовують відповідні предметні навички.

II. *Мультидисциплінарний* – вчитель визначає проблемне питання в рамках свого предмету, вирішення якого пов'язане з іншими галузями знань, тобто його можна означити, як проблема STEM. Розглядаючи обрану тему, вчитель може залучити для пояснення, більш глибокого та практичного її розуміння знання з інших предметів, серед яких інтегровано кілька дисциплін STEM, а також інші дисципліни, такі як мистецтво, соціальні науки тощо. Здобувачі освіти мають можливість отримати більш широкий погляд на дану проблему, при цьому збільшується кількість ідей і рішень, що забезпечує автентичність кінцевого результату шляхом синтезу інформації з різних дисциплін. Мультидисциплінарність є найнижчим ступенем інтеграції між двома або кількома дисциплінами, в якому одна тема пояснюється з точки зору різних дисциплін.

III. *Міждисциплінарний* – передбачає більшу інтеграцію між предметами при вирішенні обраної разом зі здобувачами освіти проблеми/теми STEM, яка потребує інтегрованого вивчення, коли об'єднуються вчителі різних предметів і працюють разом, кожен розглядає проблему з точки зору своєї предметної галузі, намагаючись разом зі здобувачами освіти знайти комплексне, оригінальне рішення, в якому задіяні і проявляються складові окремих предметів. щоб створити спільну концептуальну структуру та об'єднати теорії, концепції та практики, які виходять за межі окремих дисциплін [20].

IV. *Трансдисциплінарний* – вчителі різних дисциплін співпрацюють, щоб допомогти здобувачам освіти визначити STEM-проблему реального світу та працювати разом, щоб створити спільну концептуальну структуру напряму її рішення, яке виходить за межі окремих дисциплін. Здобувачі освіти, розв'язуючи цю складну, багатомірну проблему застосовують знання з різних дисциплін, у багатьох різних аспектах, зацікавлено працюють у групі і, як результат не тільки знаходять рішення проблеми, але й виявляють нові аспекти та перспективи її дослідження, що не були очевидні з позиції однієї конкретної дисципліни. Це дає можливість отримувати досконалі рішення, ефективно формувати унікальний навчальний досвід.

Варто зазначити, що планування навчальних програм та їх розробка залежатиме від обраного рівня інтеграції, тому важливо розуміти зміст кожного з цих рівнів, його особливості та можливості.

Скористаємось образним представленням (за нашим авторським баченням) ідеї поетапного, інтегративного підходу до реалізації STEM-освіти для більшого розуміння цієї важливої ідеї (рис. 1.3.2). Так, *дисциплінарність* може бути зображена як один певний колір на палітрі, як образ одного

предмету, коли вчитель діє у своїй галузі знань, користуючись набором інструментарію свого предмету, а здобувачі освіти зосереджені на одній дисципліні, не виходячи за її межі. Водночас *мультидисциплінарність* – залученість здобувачів освіти до застосування знань з декількох, але не пов'язаних між собою дисциплін (кілька окремих кольорів). *Міждисциплінарність* об'єднує різні дисципліни, це символізує змішування кольорів, що призводить до спільної концептуальної структури, яка вже на наступному рівні трансформується до надпредметних досконалих рішень, що відображається символом досконалого твору і є найвищим рівнем міжпредметної інтеграції – *трансдисциплінарністю*.

Спираючись на ідеї конвергенції, які задіяні в STEM-освіті [21], зазначимо, що предметна інтеграція – це не просто заміна дисциплінарного навчання трансдисциплінарним; тут йдеться про особливий шлях, поетапне, поступове вирішення тих задач, які ставить перед собою інтегроване навчання. Реалізація інтегрованого навчання – це комплексна проблема, повної інтеграції всіх наборів дисциплін, знань, навичок та ін. у модель навчання, яка дозволяє здобувачам освіти вже зі шкільної лави долучатись до пошукових та ін. досліджень, які торкаються реальних проблем світу, сприяють використанню знань та навичок на практиці для майбутньої кар'єри в STEM-індустрії.



Рис. 1.3.2. Образне представлення ідеї поетапної предметної інтеграції в реалізації STEM-освіти

Дослідницьку діяльність на основі міждисциплінарних підходів добре описує концепція інсайтів [22], якість яких залежить від когнітивних та афективних здібностей, фізичних та/або групових налаштувань [23], а також «продуктивної невдачі» як важливого чинника, що впливає на формування компетентності у вирішенні проблем [24].

Ще раз наголосимо на тому, що шлях до інтеграції освіти в STEM неможливий без базових дисциплінарних основ STEM, системного підходу до предметної інтеграції та додаткових педагогічних практик і засобів, які цілеспрямовано рухають освітній процес до трансдисциплінарності. Серед додаткових підходів, які сприятимуть інтеграційним процесам та створюють умови для результативності освітнього напрямку STEM, можна виокремити відомі в освітньому просторі України: *проблемно-орієнтоване навчання* (в центрі навчальна проблема), *об'єктно-орієнтоване навчання* (розгортається навколо обраного об'єкту, цифрового, фрагменту навчальної інформації, природного або музейного артефакту, технічного пристрою тощо, які стають об'єктами навчання з точки зору різних предметних галузей, перед усім STEM); *проектно-орієнтоване навчання* (навчання у процесі розроблення навчального проекту на власному досвіді та досвіді інших); *інженерне проектування*: високо ітеративний процес проектування та прийняття рішень, за допомогою якого здобувачі освіти вдосконалюють і усувають проблеми при створенні продуктів, процесів і рішень; *навчання винахідництва* (із залученням ТРВЗ – теорії розв'язування винахідницьких задач, системи розвитку творчого сприйняття через тренінг творчості В. О. Моляко КАРУС (аббревіатура назв відповідних стратегій: комбінування – аналогізування – реконструювання – універсальний підхід – спонтанні (випадкові) підстановки) та ін., що сприяє оволодінню унікальними способами, за допомогою яких винахідники визначають проблеми та шукають творчі рішення; *контекстуальне навчання*: навчання з фокусом на реальних життєвих ситуаціях, що дозволяє здобувачам світи зрозуміти, як STEM-знання застосовуються в реальному житті; *інклюзивне навчання*: використовується для підтримки здобувачів освіти з різними рівнями навчальних досягнень та забезпечення їхнього успіху в STEM-навчанні (сучасне розуміння інклюзії в навчанні – це допомога усім, хто потребує допомоги, а не тільки як навчання здобувачів освіти з особливими потребами).

Звернемо також увагу на особливості системи оцінювання при інтегрованому навчанні: окрім підсумкового оцінювання, дослідниками інтегрованого навчання наголошується на розробках стимулюючої системи оцінювання, яка містить *формувальне, автентичне оцінювання, а також самооцінювання*. Стимулююче оцінювання дає можливість спостерігати за самим процесом навчання, відмічати ефективність його перебігу, глибше розуміти як відбувається набуття знань та навичок здобувачами освіти, відслідковувати перешкоди на шляху учіння, фіксувати помилки, які допускають здобувачі освіти і давати можливість їх свідомого коригування. Завдяки йому відбувається постійний зворотній зв'язок, який стимулює здобувачів освіти до дії. В інтегрованому навчанні STEM/ STEAM особлива увага звертається на новий інноваційний підхід до оцінювання результатів навчання – автентичне оцінювання.

Автентичне оцінювання – це вид оцінювання, який застосовується, перш за все, у практико-орієнтованій діяльності і передбачає оцінювання сформованості вмінь та навичок особистості в умовах ситуації, максимально наближеної до вимог реального життя – повсякденного чи професійного [25].

Автентичне оцінювання може включати безліч методів оцінювання, включаючи кейси навичок, портфоліо, завдання на розв'язання проблем, експерименти, презентації, моделювання, рольові ігри, групові проєкти, дебати, дискусії тощо.

Автентичне оцінювання, як форма оцінювання особистих досягнень, здійснюється на постійній основі, безпосередньо в самому процесі діяльності. Воно рівнозначне терміну «справжня оцінка», «оцінка реальних досягнень здобувача освіти», допомагає продемонструвати здобувачу освіти все, чого він навчився і вимірює весь комплекс компетенцій – навичок, ставлень та знаннєвих концепцій, які заплановані інтегрованою програмою STEM. При цьому розвивається активна участь здобувача освіти у власному навчанні, його залученість, а «зовнішня мотивація», під зовнішніми стимулами до навчання, поступово переходить у «внутрішню – я хочу вчитися, мені це цікаво», а це є одним із найважливіших завдань трансформації сучасної освіти, зокрема міжпредметної інтеграції. Зворотній зв'язок при автентичному підході до оцінювання, дозволяє «підлаштувати», програмовий матеріал, навчальний план під потреби здобувачів освіти, виходити на рівень індивідуалізації навчання. Однак, наразі існує проблема освоєння алгоритмів, методів та інструментів автентичного оцінювання, коли усталене для педагогів традиційне оцінювання, яке отримує непрямі докази про те що знає і вміє здобувач освіти, замінюється на безпосереднє, пряме оцінювання процесу розвитку особистості, призначене для покращення її майбутньої успішності, оскільки надає корисну діагностичну інформацію про наявні навички і знання.

Проблеми і виклики інтегрованого навчання

Українська педагогічна спільнота усвідомлює важливість і готова до широкого впровадження STEM-освіти в Україні, на що регулярно вказують результати опитувань (рис. 1.3.3).

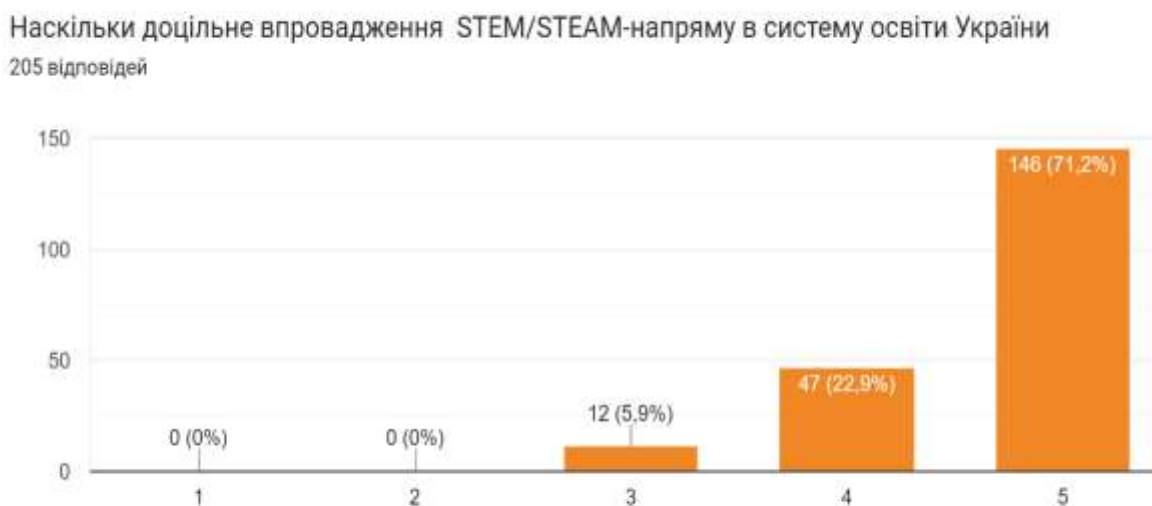


Рис. 1.3.3. Результати опитування учасників круглого столу «Освітній напрям STEM, STEAM – виклики сьогодення» (24 листопада 2022 року, 205 респондентів)

Ці ж опитування вказують на існування проблемних питань (рис. 1.3.4), які стають викликами для успішного впровадження інтегрованого навчання STEM, критичні з яких пов'язані з недостатністю:

- кількості вчителів, які мають високий рівень кваліфікації в STEM-предметах;
- матеріально-технічної бази для проведення практичних занять та лабораторних робіт, практикумів, його високою вартістю;
- зацікавленості здобувачів освіти до STEM-предметів;
- розвитку та підтримки STEM-програм в закладах освіти різного рівня.
- універсального набору критеріїв щодо ефективності дисциплінарних та інтегрованих STEM-підходів а також ефективності STEM-уроків для різної вікової категорії здобувачів освіти;
- правових, управлінських, матеріальних, організаційних рішень щодо створення та експлуатації STEM-центрів, лабораторій, кабінетів тощо;
- науково-методичного забезпечення та ін.

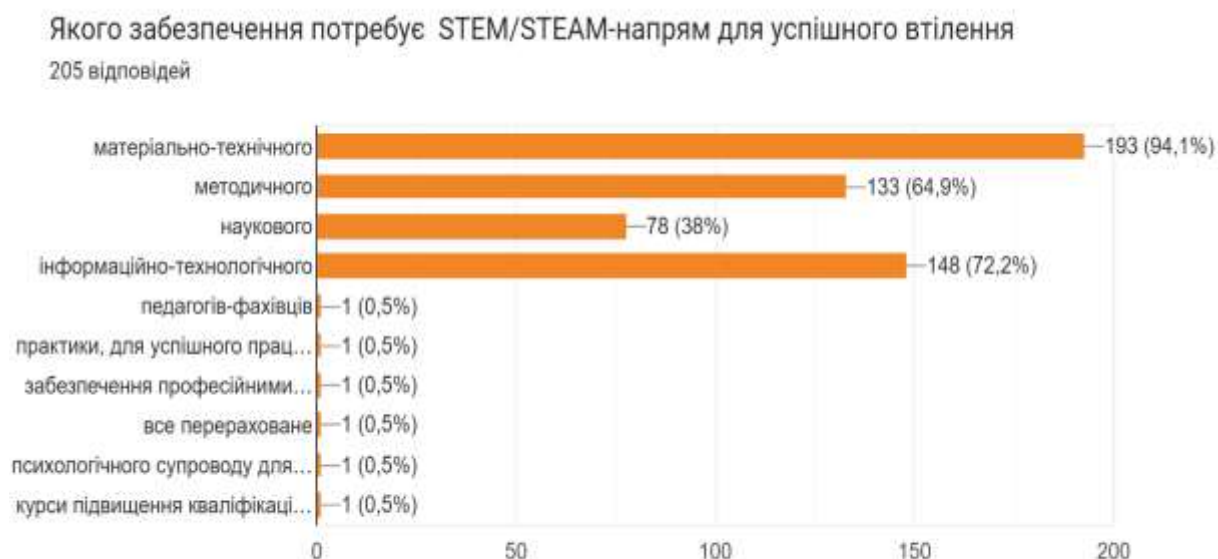


Рис. 1.3.4. Результати опитування учасників круглого столу «Освітній напрям STEM, STEAM – виклики сьогодення» (24 листопада 2022 року, 205 респондентів)

Окрім того, впровадження STEM підходу в українську освітню систему не повинно калькуватися з практик інших країн, бути механічним перенесенням відповідних закордонних моделей, а потребує ретельного дослідження з подальшою видозміною і адаптацією до вітчизняних соціо-культурних умов, педагогічних традицій і здобутків (рис. 1.3.5).

На скільки, на Вашу думку, можливо адаптувати зарубіжний досвід STEM/STEAM в систему освіти України
205 відповідей

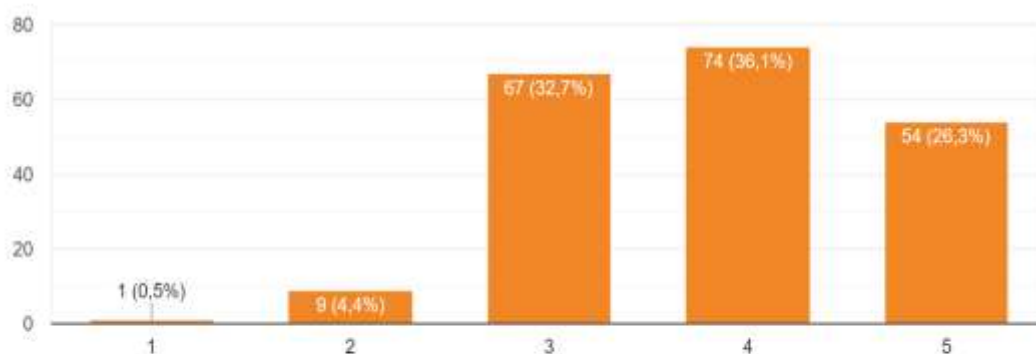


Рис. 1.3.5. Результати опитування учасників круглого столу «Освітній напрям STEM, STEAM – виклики сьогодення» (24 листопада 2022 року, 205 респондентів)

Ці проблеми можуть бути розв’язані шляхом цілеспрямованої підготовки вчителів до реалізації інтегрованого підходу в STEM-предметах, покращення матеріально-технічної бази, залучення здобувачів освіти до практичної роботи та розвитку інтерактивних методів навчання, сприяння щодо розробки та реалізації STEM-програм у закладах освіти різних типів. Крім того, важливим є підвищення усвідомленості громадськості про важливість STEM-освіти.

Планування освітньої програми для реалізації інтегрованого навчання STEM

Критичними змінними, які необхідно враховувати при розробці освітніх програм на основі трансдисциплінарного підходу, є вибір проблем, визначення рівня взаємодії між різними дисциплінами та їх конструктивне узгодження. Причому ознайомлення з методологією освітніх проєктів на основі здобуття міждисциплінарних знань повинно розпочинатися якомога раніше.

Ефективна міждисциплінарна навчальна програма має задовольняти таким основним критеріям [26]:

- автентичність (*authenticity*) передбачає формування навчальних завдань на основі реального контексту (проблеми), вирішення якого має сенс для здобувача освіти – особисте і / або соціальне значення, яке виходить за межі шкільного;
- академічна строгість (*academic rigor*) виявляється у залученні знань з різних предметних областей, при цьому залишаючись зосередженою навколо однієї (центральної проблеми), розвиваючи компетенції наукового способу мислення і готовність до реалізації проєкту з різних позицій (дисциплін);
- прикладне навчання (*applied learning*) реалізується у наявності контекстної основи – частково структурованої соціальної або життєвої проблеми за межами школи; зазначене скеровує здобувача освіти до набуття і використання компетенцій високоефективної професійної діяльності (робота в команді, адекватне використання технологій, комунікація тощо);

– активне дослідження (*active exploration*) – це переміщення навчального процесу за межі аудиторії (класу); воно передбачає участь в реальних дослідженнях, використання різних методів, засобів, технологій, інформаційних джерел, включаючи демонстрацію і популяризацію отриманих результатів;

– взаємодія з експертами (*adult connections*) здійснюється у процесі виконання проєкту: зустрічі, контакти, співпраця, консультації і спостереження за роботою експертів (менторів, коучів, тьюторів), які мають відповідні фахові знання і досвід, і можуть також оцінити роботу юного дослідника;

– оцінювання (*assessment*) відповідно до чітких критеріїв відбувається у процесі регулярного відображення здобувачами освіти; результатів своєї роботи (презентації, виставки, доповіді, демонстрації тощо); це розвиває усвідомлення реальних стандартів і вимог щодо визначення ступеня продуктивності діяльності.

Планування кожної освітньої, а далі і навчальної програми на основі предметної інтеграції залежить від виду програми, завдань, конкретного контексту навчання та потреб здобувачів освіти, але можна означити орієнтовні кроки, які можна виконати для організації інтегрованого навчання STEM (подана орієнтовна послідовність, яка залежатиме від конкретних задач):

1. *Вибір теми та об'єктів навчання.* Обирається проблема/тема, яка досліджується/вивчається інтегровано, має практичне спрямування та тісний зв'язок з обраними об'єктами STEM-навчання.

2. *Визначення способів інтеграції.* Визначається основна та додаткові дисципліни, які можуть бути інтегровані, та обираються способи інтеграції: мультидисциплінарність, міждисциплінарність, трансдисциплінарність або шлях поступового переходу від окремої базової дисципліни до трансдисциплінарної інтеграції.

3. *Визначення цілей навчання та постановка задач стосовно формування навичок,* які повинні бути розвинуті в ході навчання з опорою на освітні стандарти.

4. *Планування результатів.* Розробляються конкретні, вимірні та реалістичні результати для реалізації інтегрованого навчання STEM.

5. *Вибір педагогічних підходів та методів навчання,* які відповідають потребам та характеристикам конкретної групи здобувачів освіти та забезпечать досягнення обраних цілей в інтегрованому навчанні.

6. *Визначення партнерів та напрямів партнерської взаємодії.* Створюється персоналізований план партнерства, важливо звернути увагу на зв'язок навчальної програми з іншими ініціативами освітнього закладу та поза його межами для партнерської кооперації зусиль.

7. *Розробка навчального плану.* Розробляється навчальний план для курсу вцілому, або навчального блоку, окремого уроку/заняття тощо, який містить методики викладання, способи організації зворотного зв'язку, інструменти оцінювання результатів.

8. *Визначення ресурсів,* які забезпечать організацію та підтримку навчального процесу STEM. Серед ресурсів, які можуть бути корисними для

організації STEM-навчання: онлайн-платформи (*Discovery Education, Khan Academy, Edutopia, Code.org* та ін.), цифрові ресурси (*Google for Education, Scratch, Arduino, GeoGebra, MIT OpenCourseWare* та ін.), лабораторне обладнання, конструктори та набори для робототехніки, комп'ютерні програми та інструменти, веб-сайти та додатки для STEM-навчання тощо.

9. *Відбір інструментів.* Інструменти для STEM-навчання можуть бути різноманітні і залежать від конкретного предмета, технології та завдання, яке ставиться перед здобувачами освіти, серед таких: 3D-принтери, мікроконтролери, симулятори, додатки для візуалізації та ін.

10. *Визначення критеріїв успішності* реалізації інтегрованого STEM-навчання та шляхів моніторингу освітніх результатів.

Світовий досвід впровадження програм на міждисциплінарних засадах створив умови для виокремлення певних ризиків, які ми структурували наступним чином (*табл. 1.3.1.*) та запропонували способи їх мінімізації.

Таблиця 1.3.1.

Матриця ризиків впровадження міждисциплінарних програм

Зміст	Наслідки	Способи мінімізації
Низький рівень природничо-математичної підготовки здобувачів освіти	Нерозуміння дисциплінарних основ завдання і його міждисциплінарної сутності	Комплектування гетерогенних груп (з різним рівнем підготовки)
Низький рівень мотивації до виконання міждисциплінарних завдань	Непорозуміння у формулюванні завдань та їх невідповідність рівню готовності здобувачів освіти. Неякісна реалізація завдань	Урізноманітнення завдань за рівнем складності і напрямом
Опір нововведенню з боку педагогічних працівників	Неякісна реалізація, зменшення ролі суміжних дисциплін на користь фундаментальної	Пояснення перспектив запровадження таких програм. залучення адміністрації до підтримки і контролю реалізації міждисциплінарних програм
Опір нововведенню з боку керівництва закладу освіти	Брак гарантії реалізації	Презентація планів реалізації програм в академічному середовищі і поза його межами
Наукові/технологічні/практичні протиріччя міждисциплінарних завдань	Неможливість виконання і/або відсутність очікуваних ефектів навчання (формування компетентностей)	Ретельний добір завдань, або перегляд вже сформованих програм з урахуванням їх оцінки незалежними експертами

Організація навчального процесу STEM

Освітній процес STEM має відповідати навчальним можливостям і віковим особливостям здобувачів освіти, знаходитись «зоні найближчого розвитку», зачіпати сферу їхніх інтересів; містити цікаві приклади, парадокси,

досліди, наукові, технічні та технологічні проблеми, доступні (адаптовані) для розв'язання; залучати різні джерела інформації та засоби її здобуття; передбачати активні форми та засоби діяльності і взаємодії здобувачів освіти між собою тощо.

На основі аналізу педагогічної практики [10] окреслимо такі особливості організації освітнього процесу STEM:

- контекстуальне навчання, яке передбачає навчальні завдання в контексті реальних проблем та ситуацій;
- прикладний підхід, можливість застосування отриманих теоретичних знань на практиці, або навпаки потреба в отриманні теоретичних знань виникає при розв'язанні практичного завдання;
- застосування активних методів, серед яких багато практичних завдань, експериментів, досліджень тощо;
- використання проектних методик, які дозволяють здобувачам освіти працювати над реальними проектами та використовувати знання з декількох дисциплін для їх вирішення;
- використання технологій, які дозволять здобувачам освіти краще зрозуміти матеріал, забезпечуючи зручний та цікавий формат навчання (комп'ютерні програми, віртуальні лабораторії, відеоуроки, інтерактивні презентації, вимірювальні комплекси, програмні додатки, цифрові навчальні ігри, 3D-друк, інтернет речей (IoT) навчальні засоби на основі імерсивних технологій тощо);
- індивідуальний підхід, який дозволяє враховувати потреби кожного здобувача освіти, проявити ініціативу, обрати цікавий напрям, інструменти для вирішення завдань, отримати підтримку і зворотній зв'язок вчителя, спрямовані на розвиток здібностей і результативне навчання;
- активна комунікація і співпраця між здобувачами освіти і вчителями різних дисциплін, яка реалізується при виконанні навчальних завдань цілеспрямованих на командну роботу, коли здобувачі освіти можуть ділитись своїми знаннями та навичками, використовувати кращі практики та співпрацювати для досягнення спільних цілей, розвиваючи лідерські якості;
- планування постійного зворотного зв'язку, оцінювання перебігу самого освітнього процесу, його результативності, успішності формування навичок та емоційного стану його учасників;
- співпраця між учителями різних STEM дисциплін для забезпечення інтеграції знань та розвитку здобувачів освіти;
- залучення зовнішніх експертів, фахівців, які мають досвід у STEM галузях, для проведення лекцій, семінарів та інших заходів, допомоги в організації проектів, проведенні досліджень тощо, це допоможе краще зрозуміти, як STEM використовується в реальному житті, а також розвитку професійних навичок.

Особливо актуальною є сьогодні залученість молоді до вирішення комплексу проблем, пов'язаних зі сталим розвитком, які стосуються майбутнього життя людей, спільнот, або суспільства в цілому, і як правило, є

трансдисциплінарними, що робить їх за своєю суттю привабливими та цікавими. Трансдисциплінарна інтеграція викладання та навчання STEM з гуманітарними науками та мистецтвом залучає здобувачів освіти до автентичних завдань від локального до глобального масштабу [27].

З іншого боку, існують проблемні завдання, які пов'язані з формуванням базових знань. Вони, як правило, пов'язуються з вивченням властивостей природніх або штучних/технічних об'єктів, або явищ природи з метою не тільки загального розуміння наукових понять, які стосуються даних об'єктів (Що це таке?), а й з формуванням умінь інтерпретувати й застосовувати їхні функціональні особливості на практиці (Які вони? Де зустрічаються? На що схожі? Як вони діють? Від чого залежать? Як їх виявити, поєднати, перетворити, застосувати тощо?). А далі, коли здобувач освіти опановує навіть окремі функціональні властивості об'єктів на доступному для його вікової категорії рівні, пізнавальний процес не зупиняється, він набуває нових обертів, оскільки перед допитливим розумом дитини відкривається безліч реальних зв'язків з іншими об'єктами природи, техніки, соціальної та економічної сфери що знаходяться в полі вивчення інших наук, інших галузей знань. Саме в цій формулі міститься істина природа розгортання освітнього процесу STEM. Це є підґрунтям для формування навчальної програми, основою операціоналізації навчального змісту, який перетворюється на навчальні задачі і завдання для досягнення цілей будь якого уроку/заняття та курсу загалом.

Для організації освітнього процесу STEM варто особливу увагу приділити навичкам, пов'язаним з формуванням STEM-компетентностей, перед усім, дослідницької (здатності здійснювати дослідницьку, винахідницьку, конструкторську діяльність на основі наукового й інженерного методів) [7]. Це мають бути завдання відповідного рівня складності на поетапне відпрацювання навчальних дій (з формування окремих складових означених навичок). Це також методи «ізолюваного тренування» навичок та різноманітні техніки «закріплення» кожної окремої навички різними видами пам'яті.

Змістова частина навчального завдання спрямовує пошук і оброблення отриманої інформації, а також постає орієнтиром виконавчих дій здобувачів освіти з її різновидами (науковими поняттями, об'єктами дослідження та їхніми властивостями, а також текстами, таблицями, діаграмами, схемами, моделями, аудіо- та відео- мультимедіа, симуляторами та пристроями, імерсійними технологіями тощо). Особлива увага приділяється використанню лабораторного обладнання, зокрема цифрових лабораторій, віддалених та віртуальних лабораторій й інших засобів, які будуть працювати на формування здобувачів освіти як дослідників, конструкторів, винахідників.

Як уже зазначалось, освітній процес STEM розгортається навколо реальної проблеми (відкритої дослідницької задачі), яка потребує вирішення на основі інтеграції знань з декількох дисциплін та кооперації умінь [21]. Така проблема здебільшого відповідає навчальному плану, програмі спецкурсу, окремого уроку, заняття тощо, або її можна «прив'язати» до певної теми програми, предметного змісту, навчальної ситуації та ін.. Проблема, яка потребує дослідження, може народитись і в процесі навчального заняття, коли

виникає цікаве практичне питання, пов'язане із розглянутим теоретичним змістом. У процесі розгляду такої проблеми може з'явитись ідея для STEM проекту (індивідуального, групового, колективного), дослідницького практикуму, польової експедиції тощо, або нового елективного курсу, базованого на інтеграційних ідеях STEM-освіти.

Наведемо декілька напрямів пошуку означених проблем загального змісту, навколо яких розгортається інтегроване навчання STEM/ STEAM:

- розв'язання реальних суспільних викликів, які визначено цілями сталого розвитку, а саме – забруднення довкілля, збереження екосистем, боротьба зі зміною клімату, проблеми чистої води, зменшення запасів природних ресурсів, підвищення продуктивності в сільському господарстві, розробка нових технологій для лікування різних захворювань, розв'язання проблем енергетичної безпеки та багато інших;

- окремі аспекти наскрізних змістових ліній, які реалізуються в базовій і профільній середній освіті, а саме – екологічний розвиток, громадянська відповідальність, здоров'я і безпека, підприємливість і фінансова грамотність;

- напрями актуальних наукових досліджень, серед таких: проблеми зміни клімату, боротьба зі стихійними лихами, навколишнє середовище і здоров'я людини, природні ресурси, біорізноманіття, проблеми морів і океанів, спостереження поверхні Землі, дослідження космосу, сталий розвиток (міста, регіону, країни), інструменти сталого розвитку, е-освіта, культурна спадщина тощо [28, 29, 30].

- не вирішені наукові проблеми, які наразі мають тільки гіпотези щодо їхнього розв'язання і потребують подальших наукових досліджень;

- практичні задачі в різних галузях науки, техніки та інженерії;

- локальні соціальні, економічні, технічні та ін. проблеми близького оточення, місцевих підприємств, громади, школи, сім'ї, стану власного організму тощо;

- проблеми галузі, пов'язані з професійно орієнтованим STEM напрямом та ін.

Пошук подібних проблеми і подальшу роботу з ними на основі фасилітаційних пошукових або дослідницьких практикумів, детально подано у навчальному посібнику «Стратегії дослідницького пошуку» [28] та в робочому зошиті для здобувачів освіти «Основи наукових досліджень» [29].

Педагогічна практика показує, що реалізація міждисциплінарних проєктів різного рівня інтеграції дисциплін «у чистому вигляді» у середній та вищій школі є доволі складним науково-методичним завданням, успіх якого визначається, насамперед, знаходженням оптимального об'єкта і подання предметів дослідження у вигляді проблемно-орієнтованого завдання. Вочевидь, цей етап відбувається при взаємодії викладачів різних дисциплін, методистів і науковців, зусилля яких об'єднуються в навчально-наукових інноваційних середовищах, як, наприклад, віртуальний STEM-центр Малої академії наук України «STEM лабораторія МАНЛаб». Цей навчально-методичний ресурс постійно оновлюється новими методиками, проєктами досліджень,

технологічними картами для здійснення реальних (натурних) та віртуальних досліджень.

Наведемо приклади трансдисциплінарних проєктів, які розроблені співробітниками або партнерами STEM-лабораторії експериментальних досліджень МАНлаб Національного центру «Мала академія наук України» та знаходяться у відкритому доступі [31]. Зазначимо, що STEM-лабораторія МАНлаб спеціалізується на здійсненні досліджень у галузі природничих дисциплін: фізика, хімія, біологія, географія, астрономія, екологія, мінералогія. Отже, інтегрований проєкт розробки технічного пристрою, здебільшого включає в себе використання знань з фізики, математики, інженерії, програмування та технологічного дизайну тощо. Проблеми екосистеми регіону вивчають інтегровано, використовуючи математичні та статистичні інструменти для аналізу даних та графічного представлення інформації, базуватись на знаннях з біології, екології, хімії. А проєкти з астрономії залучають фізику, математику, технології та роботу із штучним інтелектом.

Продемонструємо етапи розвитку інтегрованого проєкту «Автоматичний полив рослин на Arduino» [32].

I. Дисциплінарний рівень, предмет – біологія, розглядається тема «Рослинний світ». Рослини є головною ланкою в біосфері Землі, тому що тільки вони здатні утворювати органічні речовини з неорганічних (утворюють 150 млрд тон органічних речовин щорічно) за допомогою енергії сонячного випромінювання, збагачуючи при цьому атмосферу киснем. Органічні речовини як джерело живлення та енергії необхідні всім живим організмам планети. Вуглекислий газ, який виділяють тварини і людина при диханні, а також той, що надходить в атмосферу при спалюванні палива, сміття і розкладанні мертвих залишків, рослини поглинають з повітря при живленні.

II. Мультидисциплінарний рівень – основний предмет – біологія, тема – «Живлення рослин». Суміжні предметні галузі хімія (органічні та неорганічні сполуки); фізика (світло, як електромагнітна хвиля так і корпускула; фізика фотосинтезу). Особливістю живлення є те, що рослини використовують неорганічні речовини (хімія) із зовнішнього середовища й утворюють органічні речовини (хімія) свого тіла за допомогою енергії сонячних променів (фізика). Необхідні для живлення неорганічні речовини рослина поглинає з повітря, головним чином листям, із ґрунту – коренями (фізика – явища дифузії та осмосу). Проблемні питання: Як рослини перетворюють неорганічні речовини на органічні? Які фізичні явища забезпечують процес харчування рослин?

III. Міждисциплінарний рівень – основний предмет – біологія, яка інтегрується з хімією, фізикою, географією. Проблемне питання інформаційно-пошукового STEM-проєкту: Яке значення має рослинний світ на Землі, які його функції, що забезпечують стійкий розвиток для життєзабезпечення населення Землі?

Продуктом виконаного проєкту може бути інтелект карта «Світ рослин і сталий розвиток людства» за консультативної підтримки вчителів біології, фізики, хімії, географії (звертається увага на походження органічних видів

корисних копалин, на важливість сталого співвідношення кисню та вуглекислого газу в атмосфері Землі для існування живих істот).

IV. Трансдисциплінарний рівень – інженерний проєкт «Автоматичний полив рослин на Arduino». Конструкторське проєктування присвячено вивченню питань, пов'язаних із розробкою роботизованих пристроїв на платформі Arduino Uno, зокрема пристрою, здатного забезпечувати рослини водою залежно від її виду та умов середовища. До означених раніше предметів, додаються математика, інформатика і технології. Навчальні та технічні завдання проєкту: вивчити можливості платформи Arduino Uno, принципи роботи мікроконтролера та способи підключення датчиків та помпи; вивчити мову C (C++) в обсязі, необхідному для реалізації автополиву при програмуванні мікроконтролера; провести вимірювання тривалості роботи помпи та частоти поливу; зібрати пристрій автополиву рослин. Перспективи подальшого розвитку проєкту: Автополив на Arduino має великі перспективи розвитку не лише в домашніх умовах для поливу кімнатних рослин, а й для використання в сучасному сільському господарстві.

Ще одним яскравим прикладом може бути дослідницька робота «Будова м'яза. Модель м'яза та виготовлення пневмом'яза» [33]. Особливість цього проєкту в тому, що поєднується між собою дисциплінарний і мультипредметний рівень, оскільки реалізується з підготовленими здобувачами освіти за програмою лабораторії МАНлаб.

I. Дисциплінарний рівень, предмет – біологія, розглядається тема «М'язи. Будова м'язу», на цьому етапі запропонованої роботи здобувачам освіти необхідно з'ясувати/пригадати функції м'язу, як органу, що побудований з пучків посмугованих м'язових волокон, зв'язаних між собою пухкою сполучною тканиною, в якій проходять кровоносні судини і нерви. Одиницею будови скелетних м'язів є м'язове волокно – симпласт.

II. Мультидисциплінарний рівень – основний предмет – біологія, тема «Функції м'язу», виконується практична робота, щоб зрозуміти механізм м'язового скорочення. З цією метою здобувачам освіти пропонується виготовити та дослідити мікропрепарат тваринного м'язового волокна з використанням цифрового мікроскопу (технології). Здобувачі освіти доходять висновків про те, що м'язове волокно складається з ниток міозину й актину; переконуються що скелетні м'язи є посмугованими, оскільки містять ділянки, на яких відсутнє перекривання волокон; скорочення м'язового волокна відбувається за рахунок передачі через волокна електричних (нервових) імпульсів (фізика).

III. Міждисциплінарний рівень – основний предмет – біологія, яка інтегрується з фізикою, технологіями, інженерним дизайном. Метою цього етапу продовжити дослідження із застосування біологічного знання до виготовлення механічної моделі м'яза та дослідити її фізичні властивості. Навчальне дослідження здійснюється відповідно до завдань: створити модель пневматичного м'яза (послідовність виконання завдань в покроковій технологічній карті) за консультативної підтримки викладача фізики;

IV. Трансдисциплінарний рівень – біологія, фізика інтегруються з технологіями та інженерним дизайном. Здобувачам освіти пропонується проектна робота в мікрогрупах за темою «Війна та роботизація: над якими розробками протезів працюють науковці». Проект складається з двох частин: дослідницької та інформаційно пошукової та закінчується презентацією результатів. Перша частина роботи – дослідження фізичних характеристик виготовленої моделі штучного м'яза, виконується з застосуванням аналого-цифрового перетворювача і вимірника тиску (цифрового вимірювального комплексу). Основні завдання, які постають перед здобувачами освіти: 1) провести випробування створеної моделі при піднятті вантажу; 2) дослідити залежність сили, що створюється пневмом'язом, від тиску повітря, яке нагнітається в нього; 3) здійснити аналіз отриманих даних (залежність сили, яка виникає у м'язі від об'єму і диску повітря у ньому), занести до таблиці, Excel, зробити висновок. 4) здійснити інформаційний пошук та запропонувати ідею стосовно способів створення штучних м'язових протезів та актуальності їхнього використання.

Таким чином, практикою доведено, що структурно сплановані підходи до організації інтегрованого покроково STEM-навчання з можливістю застосувати отримані знання на практиці, перевірити свої ідеї, втілити їх у вигляді моделей у співпраці з наставником, вчителем, дають можливість здобувачам освіти активно проявити себе у навчанні, виявити особисті інтереси, набути знання і навички високого рівня, ефективно формувати STEM-компетентності. Для вчителів важливим є розуміння практичних підходів для організації інтегрованого STEM-навчання для апробації покрокових шляхів інтеграції STEM-дисциплін між собою та з іншими галузями знань, яких потребують мультидисциплінарні, міждисциплінарні, трансдисциплінарні завдання, навчальні практики і проекти. Загалом, зміщення освітнього процесу від пасивного до активного сприяє залученню все більшої кількості здобувачів освіти, які стають центром уваги і зосереджуються на реально існуючих пошукових проблемах, в яких є «зародки» їх майбутньої професійної діяльності.

Список використаних джерел

1. Progress report on the implementation of the federal STEM education: a report by the office of science and technology policy. 2021. 50 p. URL:<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/01/2021-CoSTEM-Progress-Report-OSTP.pdf>. (дата звернення: 09.05.2023).
2. OECD Future of Education and Skills 2030. OECD.URL: <https://www.oecd.org/education/2030-project/>.
3. Goal 4: Quality Education. The Global Goals.URL: <https://www.globalgoals.org/4-quality-education> (дата звернення: 09.05.2023).
4. Understanding NSF Research: Education. National Science Foundation – Where Discoveries Begin. URL:<https://nsf.gov/news/overviews/education/>.
5. Learn about convergence research. NSF. URL:<https://beta.nsf.gov/funding/learn/research-types/learn-about-convergence-research> (дата звернення: 09.05.2023).

6. Про освіту : Закон України від 05 верес. 2017 р. № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.

7. Про затвердження стандарту спеціалізованої освіти наукового спрямування: наказ Міністерства освіти і науки України від 16 жовт. 2019 р. № 1303. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-standartu-specializovanoyi-osviti-naukovogo-spryamuvannya>.

8. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

9. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року: розпорядження Кабінету міністрів України від 13 січ. 2021 р. № 131-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r?fbclid=IwAR0wAdPwkgIGHfqBvwQphNLBys7zn8hvAfHLgXh6g-kZIynYXJuwTluUc1w>.

10. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В., Онопченко О. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: метод. рек. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/718661/>.

11. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Горбань Л. В. Розроблення та реалізація освітніх програм спеціалізованої освіти наукового спрямування: метод. рек. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2021. 68 с. <https://doi.org/10.32405/978-617-7734-30-6-2021-145>.

12. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Горбань Л. В. Проєкт освітньої програми для закладів спеціалізованої освіти наукового спрямування. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2021. 48 с. <https://doi.org/10.32405/978-617-7734-30-6-2021-48>.

13. Barriers and opportunities for 2-year and 4-year STEM degrees: Systemic change to support students' diverse pathways. Systemic Change to Support Students' Diverse Pathways. Washington (DC): The National Academies Press. 2016. URL: <https://www.nap.edu/catalog/21739/barriers-and-opportunities-for-2-year-and-4-year-stem-degrees> (дата звернення: 09.05.2023).

14. Takeuchi M. A., Sengupta P., Shanahan M.-C., Adams J. D., Hachem M. Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. Studies in Science Education, 2020. No. 56 (2). P. 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>.

15. National Education Summit 2022. Smithsonian Institution. 2022. URL: <https://www.si.edu/educators/national-education-summit-2022/> (дата звернення: 09.05.2023).

16. Smithsonian Voices from the Smithsonian Museums: Kelly J. Day. Smithsonian Magazine. 2022. URL: <https://www.smithsonianmag.com/blogs/smithsonian-education/author/kelly-j-day/> (дата звернення: 09.05.2023).

17. 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. Washington, DC: Executive Office of the President. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED590474>. (дата звернення: 09.05.2023).

18. Herr D. J. C., Akbar B., Brummet J., Flores S., Gordon A., Gray B., Murday J. Convergence education – an international perspective. *Journal of Nanoparticle Research*. 2019. No. 21, 229. <https://doi.org/10.1007/s11051-019-4638-7>. (дата звернення: 09.05.2023).

19. Bernard C. K. Choi, Anita W. P Pak Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clin Invest Med*. 2006. No. 6. P. 351–364. URL: http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/politica_formativa/documentos_de_estudio_referencia/multidisciplinarity_interdisciplinarity_transdisciplinarity.pdf.

20. Сліпухіна І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С., Меньяйлов С. М. Інтердисциплінарний аспект застосування STEM підходу у навчанні фізики. *Наукові записки [Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]*. Серія: Педагогічні науки. 2019. Вип. 177(2). С. 91–96. URL: <https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/article/view/278>.

21. Стрижак О. Є., Сліпухіна І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62, № 6. С. 16–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_62_6_4.

22. Pohl C., Pearce B., Mader M., Senn L., Krütli P. Integrating systems and design thinking in transdisciplinary case studies. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*. 2020. No. 29(4). P. 258–266. <https://doi.org/10.14512/gaia.29.4.11>.

23. Pearce B.J., Deutsch L., Fry P., Marafatto F. F., Lieu J. Going beyond the AHA! moment: insight discovery for transdisciplinary research and learning. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2022. No.9, 123. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01129-0>.

24. Pearce B. B. J. Learning to fail forward – operationalizing productive failure for tackling complex environmental problems. *Interdisciplinary and Transdisciplinary Failures*. London: Routledge, 2020. P. 217–236. <https://doi.org/10.4324/9780367207045-17>.

25. Authentic Assessment. NJIT: New Jersey Institute for Technology. URL: <https://www.njit.edu/ite/authentic-assessment>.

26. Steinberg A. *Real Learning, Real Work: School-to-Work As High School Reform (Transforming Teaching)*. New York: Routledge, 1998, 198 p.

27. Convergence education: A Framework to help K-12 educators teach about transdisciplinary phenomena. *Smithsonian Education: YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=noxrpTN2mqA>. (дата звернення: 09.05.2023).

28. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Горбань Л. В. Стратегії дослідницького пошуку: навч. посіб. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2021. 144 с. <https://doi.org/10.32405/978-617-7734-19-1-2021-144>.

29. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Онопченко Г. В., Онопченко О. В. *Основи наукових досліджень : роб. зошит*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2021. 72 с. <https://doi.org/10.32405/978-617-7734-35-1-2021-72>.

30. Білик Ж. І., Чернецький І. С., Поліхун Н. І. Реалізація STEM-підходу до навчання у процесі комплексних досліджень природних об'єктів рідного краю. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2018. № 4. С. 73–79. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Otros_2018_4_14.

31. МАНЛаб: сайт. URL: <https://stemua.science/>. (дата звернення: 09.05.2023).

32. Автоматичний полив рослин на Arduino. МАНЛаб. URL: <http://surl.li/ggngc>. (дата звернення: 09.05.2023).

33. Будова м'яза. Модель м'яза та виготовлення пневмом'яза. Частина 2. МАНЛаб. URL: <http://surl.li/ggnkb>. (дата звернення: 09.05.2023).

1.4 Концептуальні та науково-методичні засади розвитку STEM-освіти

© Лозова О. В.,

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2394-3813>

Модернізація освітньої системи, усіх її складових нерозривно пов'язана з глобальними і суспільними викликами та є запорукою науково-технічного, економічного, соціального, політичного, культурного прогресу. Перед сферою освіти повсякчас постає завдання щодо створення нових освітніх технологій, інноваційних методик навчання, пошуку перспективних педагогічних підходів до формування ключових компетентностей здобувачів освіти.

Нині одним із сучасних інноваційних підходів у сфері освіти є STEM-освіта. STEM – освітній напрям, що охоплює наукові, технічні, інженерні та математичні знання, їх практичне використання у поєднанні із творчим пошуком особистості для вирішення реальних проблем. STEM-освіта орієнтується на нагальні й перспективні прикладні проблеми, серед яких, екологічні та безпекові проблеми, перероблювання відходів, знезараження вод і ґрунтів, інженерні технології, технологічні рішення у галузі оборонно-промислового комплексу, авіації та ракетобудування, соціальні та гуманітарні проблеми тощо.

Упровадження STEM-освіти в освітній процес націлене на підвищення якості освіти, інтеграції системи освіти України до європейського і світового освітнього простору; формування і розвиток у здобувачів освіти навичок науково-дослідницької, винахідницької, підприємницької діяльності; популяризацію науково-технічних та інженерних професій; досягнення гендерної рівності у науковій, інжиніринговій, технологічній сферах; надання рівного доступу до здобуття STEM-освіти здобувачам освіти з особливими потребами; запровадження інноваційних методик з розвитку критичного і системного мислення тощо.

Згідно Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [1, с. 3, 4] STEM-освіта базується на певних психолого-педагогічних підходах та принципах: оновлення змісту освіти з урахуванням розвитку технологій і досягнень науки; інтегративному підході, в якому істотну роль відіграє математика; наступності, що передбачає формування необхідних компетентностей на всіх складниках і рівнях освіти; патріотизмі й громадянській спрямованості; продуктивній мотивації здобувачів освіти до здійснення науково-дослідницької, проєктної діяльності, винахідництва; формування у здобувачів освіти навичок цифрової грамотності, інноваційності, кретивних якостей, комунікації; використанні технологій розвивального та проблемного навчання; особистісному підході, спрямованому на врахування вікових, індивідуальних особливостей здобувачів освіти, їх здібностей та інтересів, особливих освітніх потреб тощо.

Основними завданнями STEM-освіти є упровадження інноваційних методик навчання, формування критичного мислення, наукового світогляду, технологічної, інженерної компетентностей, природничо-математичної грамотності, практичних вмінь та творчих здібностей здобувачів освіти тощо. STEM-освіта також націлена на підвищення зацікавленості здобувачів освіти до вивчення предметів природничої, технологічної, математичної освітніх галузей, сприяння більш якісній підготовці молоді до успішного працевлаштування та популяризацію STEM-професій.

Проблемі упровадження та розвитку STEM-освіти присвячені наукові праці багатьох зарубіжних учених: Дж Браун, М. Гарісон, Ш. Герке, Д. Гершбах, М. Гуздіал, Л. Діркінг, А. Кезар, Т. Келлі, Н. Морел, Дж. Ноулз, Дж. Реріг та вітчизняних наукових і науково-педагогічних працівників: В. Андрієвська, Н. Балик, О. Барна, Ж. Білик, Л. Білоусова, О. Бутурліна, І. Василяшко, І. Василенко, Н. Гончарова, С. Горбенко, Н. Гущина, Ю. Завалевський, Л. Клименко, О. Коршунова, О. Кузьменко, О. Лісовий, О. Лозова, Н. Морзе, О. Патрикєєва, М. Ростока, І. Савченко, І. Сліпухіна, Н. Сороко, О. Стрижак, Н. Поліхун, К. Постова, І. Чернецький, В. Черноморець, Є. Шаповалов, Н. Шмигер та інших.

Синтез теоретико-методологічних підходів до розуміння сутності STEM-освіти показав, що більшість науковців розглядають STEM-освіту як інтегровану систему. Так, Т. Келлі та Дж. Ноулз запропонували концептуальну основу STEM, що поєднує ситуаційне навчання, інженерне проєктування, наукові дослідження, технологічну грамотність і математичне мислення. [2, с. 4]. STEM перетворюється на мета-дисципліну, що усуває традиційні бар'єри між предметами, а натомість зосереджується на інноваціях і прикладному процесі проєктування із використанням сучасних інструментів і технологій.

Важливим компонентом STEM-освіти є *технології*. Поняття «технологія» може трактуватися не лише як окрема наука, а як засіб виконання певного педагогічного завдання і має на меті вдосконалення освітнього процесу. Науковці розглядають технологію як процес із діяльністю, що включає проєктування, виготовлення та використання технології; як концепцію, згідно з якою технологія керується людською волею і, як наслідок, є вбудованою в нашу культуру, керовану людськими цінностями; як знання з багатьох галузей навчання; як перевірку економічних можливостей проблеми; як таку, що істотно причетна до взаємодії науки, мистецтва й людських цінностей.

Вітчизняні та зарубіжні вчені виділяють *інженерію* як достеменний контекст для вивчення математики та природничих наук, водночас, розглядають її як прикладну науку, як процес проєктування, як інструмент для сприяння розвитку комунікативних навичок і командної роботи [3, с. 27; 4, с. 4]. Інженерія має на меті розв'язання різноманітних технічних проблем шляхом застосування наукових знань, практичних умінь та інженерних навичок.

Водночас, засадничою складовою STEM-освіти є *науковий підхід*. Такий підхід спрямований на формування наукового стилю мислення, зокрема здатності приймати рішення на основі критичного аналізу даних, розв'язувати

комплексні проблеми, створювати інноваційні розв'язки, творити і виявляти ініціативу, розуміти сутність глобальних і локальних викликів, відповідально взаємодіяти з навколишнім середовищем і в громаді, усвідомлювати соціальну взаємозалежність [5, с. 5]. Формування та розвиток наукового мислення здійснюється шляхом вивчення закономірностей явищ, створення нових теорій чи гіпотез та їх перевірку через дослідження і експерименти.

Вагома роль у STEM-освіті відводиться *математиці*. Математика є ключовою дисципліною в інтегративному підході реалізації STEM-освіти, саме завдяки їй формується логічне, абстрактне та критичне мислення.

Методологічною основою формування змісту STEM-освіти є *трансдисциплінарний підхід* [1, с. 5]. Трансдисциплінарність позначає об'єднання міждисциплінарних ресурсів в єдиних методологічних і теоретичних рамках, які включають широкий спектр питань, що стосуються соціальних, політичних, екологічних та інших факторів з кола даної проблеми [6, с. 17; 7, с. 94]. Водночас, науковці та педагоги-практики зазначають, що нові трансдисциплінарні знання успішно здобуваються через *проектну діяльність*, що в свою чергу, сприяє розвитку в здобувачів освіти метауміння застосовувати ці знання на практиці. [8, с. 11; 9, с. 30; 10, с. 61].

Отже, концептуальними засадами STEM-освіти є: поєднання наукових досліджень, технологічної грамотності, інженерного проектування та математики в єдину парадигму; трансдисциплінарність виступає як методологічна основа змісту STEM-освіти; визначальною в інтегративному підході реалізації STEM-освіти є математика; STEM-освіта спрямована на розвиток наукового мислення здобувачів освіти, що здійснюється шляхом вивчення закономірностей явищ, перевірку нових теорій і гіпотез через дослідження і експерименти; використання сучасних інструментів і технологій, що мають на меті удосконалення процесу навчання; STEM-освіта спрямована на вирішення реальних технологічних, економічних і соціальних проблем.

Концепцією розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [1] визначено ряд проблем, що є наслідком загальних недоліків у сфері освіти. Серед цих проблем можна виділити невідповідність змісту природничо-математичних предметів вимогам сучасності та недосконалу мережу освітніх закладів, що не забезпечує належних умов для навчання та розвитку здобувачів освіти. До того ж, існує проблема застарілого матеріально-технічного забезпечення навчальних кабінетів з природничо-математичних предметів та інші.

Однак, нині є певні здобутки з даної проблематики. Наприклад, організація STEM-навчання не обмежується лише реформою «Нова українська школа», яка була запроваджена у 2022 році на рівні базової середньої освіти, а враховуються заходи, спрямовані на реалізацію Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року [11]. Концептуальні засади STEM-освіти були впроваджені при створенні цілісної системи навчання в 5–6 класах Нової української школи. Роль математики посилюється в інтегративному підході до реалізації STEM-освіти та забезпечується якісне її викладання. У цьому напрямі Кабінетом Міністрів

України було затверджено план заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року [12].

Крім того, створюється мережа STEM-центрів/STEM-лабораторій. У 2020 році держава виділила фінансування на обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій згідно з Типовим переліком засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій, затвердженим Міністерством освіти і науки України [13].

Розвиток STEM-освіти не можливий без цілеспрямованої організації освітнього STEM-середовища у закладах освіти. Освітнє STEM-середовище характеризується як єдність інтелектуальних, навчально-методичних та матеріально-технічних умов для упровадження науково-дослідної діяльності, інжинірингу, робототехніки та формування компетентностей здобувачів освіти, реалізацію їх інноваційного, творчого потенціалу. Таке освітнє середовище спрямоване на запровадження у освітній процес практико-орієнтованого, проєктного та міждисциплінарного підходів для вивчення дисциплін природничо-математичного циклу [14, с. 59; 15, с. 59].

Важливими компонентами STEM-середовища науковці й практики визначають інтегровані навчальні програми, курси за вибором, що зорієнтовані на формування компетентностей, а також практико-орієнтоване навчання в межах STEM-дисциплін і поза ними. При цьому домінантними організаційними формами є інтегровані уроки, проєкти, кейси, квести, екскурсії, тематичні дні, наукові виставки, конкурси, фестивалі, хакатони з акцентом на проєктній, командній та груповій роботі здобувачів освіти [10, с. 9,10].

Мережа STEM-центрів/STEM-лабораторій, віртуальних STEM-центрів є невід'ємною складовою розвитку STEM-освіти. Науковцями розроблено інтерактивну регіональну карту STEM-центрів, згідно якої на початку 2022 року STEM-центри працювали у всіх регіонах України на базі закладів загальної середньої освіти, вищої та позашкільної освіти. Метою діяльності таких центрів/лабораторій є організація науково-дослідної, винахідницької діяльності здобувачів освіти з використанням сучасних засобів навчання та запровадженням інноваційних освітніх методик; розвиток креативних якостей та інноваційності, популяризація результатів винахідницької діяльності здобувачів освіти; професійне удосконалення педагогічних працівників [1, с. 5]. Напрямами діяльності STEM-центрів можуть бути програмування, штучний інтелект, електроніка, мехатроніка, біоніка, адитивні технології, числове програмне керування, комп'ютерне моделювання, фрезерні та лазерні технології, кліматичні, астрономічні, біологічні спостереження та опрацювання їх результатів, робототехніка, інженерія, ракетомоделювання, аерокосмічні технології, радіоелектроніка, авто-, авіа-, судномоделювання, тривимірне моделювання; хіміко-біологічні та агроекологічні технології; конструювання; веб-дизайн, основи відеотехнології, цифрове мистецтво тощо [1, с.5].

Прикладом сучасного віртуального STEM-центру в Україні є STEM-центр, утворений на базі Малої академії наук України. Діяльність центру здійснюється в дистанційному та очному режимі і направлена на методичну і технологічну допомогу в організації STEM-навчання, наукових та навчальних

досліджень з математики, фізики, хімії, біології, географії, екології, мінералогії, астрономії. Робота даного центру направлена на поєднання міждисциплінарного і проєктного підходів у навчанні, підготовку молоді до технологічних інновацій життя та підтримку інтересу до природничо-математичних і технічних дисциплін [7, с. 95, 98].

Освітнє середовище STEM-лабораторії МАНЛаб включає складові: інформаційно-технологічну (навчальні програми, методичні матеріали, віртуальні лабораторії); просторово-матеріальну (обладнання провідних вітчизняних та закордонних виробників); соціально-особистісну (здобувачі освіти, наукові, науково-педагогічні та педагогічні кадри, фахівці-волонтери з різних галузей виробництва та ентузіасти розвитку STEM-освіти в Україні) [7, с. 98].

Важливим для розвитку STEM-освіти є співпраця представників закладів освіти та академічних наукових установ, наукових музеїв, науково-дослідних лабораторій, громадських організацій, підприємств, у тому числі із залученням їх до створення STEM-середовища. З метою розширення соціального діалогу між освітою і стейкхолдерами та для розробки навчально-методичного й ресурсного забезпечення освітніх програм STEM-спрямування, реалізується інноваційний освітній проєкт за темою «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів» на базі закладів освіти України (2022–2027 роки). Метою цього проєкту є розробити, науково обґрунтувати та експериментально перевірити організаційні й науково-методичні умови створення і функціонування STEM-центрів як освітніх хабів Національного освітнього технопарку в умовах реформування освітньої галузі, цифровізації та цифрової трансформації.

Нині набирають популярності інтерактивні наукові музеї. Музейний простір може стати ефективним доповненням до традиційних засобів навчання та надавати знання через наукові, освітні, творчі, заходи, інтегровані уроки з різних предметів, майстер-класи тощо. Відвідування здобувачами освіти музеїв сприяє формуванню інтересу до наукового пізнання та технічної творчості.

Отже, створення STEM-середовища допоможе втілити завдання залучення молоді до науково-дослідної та інженерної діяльності, ефективно здійснювати освітній процес з допомогою сучасного обладнання та забезпечити можливість спільної роботи науковців, педагогів, здобувачів освіти, залучитись підтримкою стейкхолдерів.

Водночас, великого значення набуває розроблення навчальних програм, методик STEM-освіти для викладання курсів, факультативів, організації роботи науково-технічних гуртків, з робототехніки, інженерії, природничих дисциплін з урахуванням кращого вітчизняного та міжнародного досвіду. Такі методики й програми мають бути спрямовані на формування актуальних на ринку праці компетентностей, а саме: когнітивних, науково-дослідницьких, технологічних, психомоторних, комунікаційних навичок, інженерного та алгоритмічного мислення, цифрової грамотності, креативних якостей, готовності до інновацій [14, с. 58; 1, с. 3].

Нині розроблено низку інтегрованих навчальних програм. Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.07.2021 № 795 надано гриф «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» модельним навчальним програмам для базової середньої освіти, у змісті яких реалізуються концептуальні засади Державного стандарту базової середньої освіти, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 30.09.2020 № 898, серед яких: «STEM. 5–6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» (авт. Бутурліна О.В., Артем'єва О.Є.) [16], «Робототехніка. 5–6 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Сокол І. М., Ченцов О. М.) [17].

На основі модельних програм, які отримали гриф «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» заклади освіти, які мають досвід системного розвитку STEM-освіти, можуть створювати власні навчальні програми, затвердивши їх Педагогічною радою закладу освіти. Однак, такі програми повинні орієнтуватися на Державний стандарт базової середньої освіти і містити опис результатів навчання в обсязі не меншому, ніж передбачено відповідними модельними навчальними програмами.

Навчальні програми та методики STEM-освіти націлені на формування науково-дослідницьких навичок: проведення наукових досліджень, висунення, обґрунтування і перевірка гіпотези, експериментування, аналіз даних та підготовка висновків, що підтверджують, спростовують або модифікують гіпотезу, а також спостереження, вимірювання, прогнозування, використання просторово-часових зв'язків, інтерпретація даних. Прикладом такого навчально-методичного забезпечення є програми, методичні розробки та ідеї Всеукраїнського освітнього інноваційного проєкту «Я – дослідник» та «Дослідник 2.0». У ході реалізації даного проєкту досягнуто значних результатів, зокрема, розроблено та апробовано педагогічну модель організації навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти з використанням ІТ- та STEM-підходів; розроблено та схвалено для використання у загальноосвітніх навчальних закладах предметними комісіями Науково-методичної ради Міністерства освіти і науки України близько 30 навчально-методичних посібників [18, с. 32].

Вагома роль у якісному STEM-навчанні відводиться педагогічним працівникам, адже вони є рушійною силою інноваційних змін у сфері освіти. Варто зазначити, що нині спостерігається позитивна тенденція у ставленні педагогів до STEM-освіти. За даними досліджень, проведеними відділом STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», у 2016 році більшість респондентів не могли надати чіткого формулювання поняття «STEM-освіта» та визначити своє ставлення до цієї інновації, однак, у 2021 році – 98,4% респондентів називають STEM-освіту ефективним напрямом реалізації концептуальних засад Нової української школи, більше половини (55%) вважають STEM ефективною для здобуття якісної освіти інноваційною педагогічною технологією [9, с. 70; 19, с.124].

Діяльність вчителя в умовах STEM-освіти направлена на формування і розвиток дослідницьких та винахідницьких компетентностей здобувачів освіти. Успішність такої роботи передбачає усвідомлення практичної значущості

STEM-освіти і ґрунтується на особистісній спрямованості, готовності до інноваційної діяльності. Організація STEM-навчання вимагає від освітян активного використання новітніх педагогічних підходів до викладання та оцінювання, практики міжпредметного навчання, упровадження інноваційних методів та форм навчання.

Серед найпоширеніших форм STEM-навчання, що успішно втілюються у освітньому процесі: STEM-проект, STEM-урок, STEM-хакатон, STEM-квест тощо. STEM-проект передбачає створення практичного продукту у ході навчально-дослідницької діяльності; STEM-урок – цікаве творче заняття, що базується на інтеграції предметів природничо-математичного циклу; STEM-квест – інтелектуальне змагання, що охоплює набір проблемних завдань з елементами гри; під час STEM-хакатону команди розв'язують певну тематичну, соціальну проблему в обмежений проміжок часу.

Результатом використання вищезазначених педагогічних підходів та новітніх форм навчання є мотивація учнівства до науково-дослідної, конструкторської, винахідницької діяльності та формування навичок: когнітивних навичок, критичного, алгоритмічного мислення, цифрової грамотності, інженерного мислення, технологічних навичок, науково-дослідницьких навичок, креативних якостей та інноваційності, навичок комунікації тощо.

STEM-освіта є складовою державної політики з підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняної економіки та вирішення реальних проблем суспільства. Важливого значення для розвитку STEM-освіти набуває створення освітнього STEM-середовища, використання інноваційних навчальних програм та методик, впровадження інноваційних форм та методів навчання, сучасних освітніх технологій тощо. Успішного зростання освітнього напрямку STEM можливо досягнути шляхом співпраці представників закладів освіти, науково-дослідних лабораторій, наукових музеїв, стейкхолдерів, у тому числі із залученням їх до створення STEM-середовища.

Список використаних джерел

1. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.
2. Kelley T. R., Knowles J. G. A conceptual framework for integrated STEM education. *IJ STEM*. 2016. С. 3–11.
3. Балик Н, Шмигер Г. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2017. 2 (12). С. 26–30.
4. Moore T., Tank K., Glancy A., Kersten J., Smith K., Stohlmann M. A framework for implementing engineering standards in k-12. *College Engineering Education Research*. 2014. 4 (1). С. 1–13.
5. Гриневич Л. М., Морзе Н. В., Бойко М. А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. 77 (3). 1–26. <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980>.

6. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарність навчально-інформаційного середовища. *Наукові записки Малої академії наук України*. Серія : Педагогічні науки. 2016. 8. С. 13–28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/snjasu_2016_8_4.
7. Стрижак О., Сліпухіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Ключові поняття STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. Серія : Педагогічні науки. 2017. 10. С. 88–103.
8. Андрієвська В. М. Проект як засіб реалізації STEAM-освіти у початковій школі. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: Педагогіка. Соціальна робота. 2017. 2 (41). С 11–14.
9. Завалевський Ю., Горбенко С., Лозова О. Психолого-педагогічні умови впровадження STEM-освіти. *Проблеми освіти: збірник наукових праць*. Електронне видання ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». 2022. 2 (97). 61–77. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-97.2022.04>.
10. Поліхун Н., Постова К., Сліпухіна І., Онопченко Г., Онопченко О. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України. 2019. 80 с.
11. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.01.2021 № 131-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>.
12. Про затвердження плану заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.04.2021 № 320-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shchodo-populyarizaciyi-prirodnichih-nauk-ta-s140421>.
13. Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій : наказ Міністерства освіти і науки України від 29.04.2020 № 574. URL: <https://imzo.gov.ua/2020/04/30/nakaz-mon-vid-29-04-2020-574-pro-zatverdzhennia-typovoho-pereliku-zasobiv-navchannia-ta-obladnannia-dlia-navchal-nykh-kabinetiv-i-stem-laboratoriiv/>
14. Патрикеева О., Горбенко С., Лозова О., Василяшко І. Проблема розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). *Проблеми освіти: збірник наукових праць*. Електронне видання ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». 2021. 2 (95). С. 53–67. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.04>.
15. Сороко Н. Рокоман О. Функції та роль STEAM-орієнтованого освітнього середовища основної школи для розвитку STEAM-освіти. *Нова педагогічна думка*. 2019. 4 (100). С. 55–60.
16. Модельна навчальна програма «STEM. 5–6 класи (міжгалузевий інтегрований курс)» для закладів загальної середньої освіти / авт. Бутурліна О. В., Артем'єва О. Є. 2021. 33 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/STEM.5-6.kl.Buturlina.Artyemyeva.04.10.pdf>.

17. Модельна навчальна програма «Робототехніка. 5–6 класи» для закладів загальної середньої освіти / авт. Сокол І. М., Ченцов О. М.. 2021. 13 с. URL:

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Mizhhal.intehr.kursy/Robototekhn.5-6.kl.Sokol.Chentsov.04.10.pdf>.

18. Завалевський Ю., Гущина Н., Василяшко І., Коршунова О., Патрикеева О. Створення педагогічних умов для впровадження дослідницького методу навчання з використанням ІТ- та STEM-технологій в закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2021. Вип. 2–3 (21–22). С. 29–39. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/730637>.

19. Черноморець В., Василенко І., Коваленко М. Проблеми та перспективи STEM-освіти очима педагогів та керівників закладів освіти України (за результатами дослідження «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі. Стан розвитку STEM-освіти»). *V Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Науково-методичні засади створення інноваційної моделі STEM-освіти»*. 2021. С. 123–126.

Розділ II. STEM-освіта: науково-прикладні аспекти й досвід упровадження інновацій

2.1 Експериментальна діяльність у вирішенні завдань STEM-освіти

© Бойко С. М.,

канд. філос. наук, ст. досл.,

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4999-4603>

© Проценко Г. О.,

канд. пед. наук,

школа № 307 з поглибл. вивченням природнич. наук м. Києва, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5724-2455>

© Дзюба А. М.,

благодійна організація «Благодійний фонд “Фонд освітніх ініціатив”», м. Київ,
Україна

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1204-322X>

© Чухлєб А. В.

ТОВ «Навчальний центр “Стітрейн”», м. Бориспіль, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9384-9763>

Актуальність проблеми створення інноваційного освітнього простору України в наші дні набуває особливого значення. Воєнний стан вимагає посиленої уваги до освітньої системи та її готовності до реагування на складні ситуації. В таких умовах освіта відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки, розвитку критичного мислення, підтримці соціальної стабільності та формуванні громадянської свідомості. Така ситуація вимагає прийняття стратегічних рішень щодо розвитку освіти, які передбачають адаптацію до швидкозмінного світу, впровадження інноваційних підходів та застосування передових технологій.

Дослідження інновацій, інноваційних технологій, інноваційної діяльності є актуальними як в освітній, так і в науковій сфері у всьому світі. Зокрема, Глобальний індекс інновацій (Global Innovation Index, GII) є яскравим прикладом такого дослідження, яке оцінює інноваційну діяльність та розвиток країн у міжнародному контексті. Цей індекс розраховується щорічно Міжнародною школою інноваційного бізнесу (INSEAD) разом з Корнелльським університетом та Всесвітньою організацією інтелектуальної власності.

У 2022 році був опублікований п'ятнадцятий звіт Global Innovation Index 2022 Всесвітньою організацією інтелектуальної власності, який містить рейтинг інноваційної діяльності та рівень економічного розвитку 132 країн світу [1]. Це дослідження використовує комплекс базових показників, що охоплюють макроекономічні дані з офіційних джерел та оцінки інших міжнародних інституцій та експертів. У Глобальному інноваційному індексі 2022 року Україна зайняла 57-е місце. Звіт також вказує на значне зростання інвестицій у інноваційну діяльність в Україні у 2020–2021 роках і про існування певних

невизначеностей щодо перспектив на 2022 рік (через різкі зміни в економіці та низький рівень продуктивності інновацій порівняно з 2020 роком).

Інноваційна діяльність у сфері освіти – це важливе поле для вивчення процесів модернізації освіти. Шляхом здійснення інноваційної діяльності можна вирішити протиріччя між традиційною освітньою системою та актуальними суспільними проблемами. Проведення експериментів та реалізація інноваційних освітніх проєктів сприяють у розробленні та впровадженні інновацій в сферу освіти.

Експеримент є механізмом, який дозволяє здійснити інноваційну діяльність у закладах освіти. Цей процес включає розробку освітніх інновацій та проведення експериментальних перевірок їх ефективності в освітній сфері з метою впровадження їх у загальну практику. Це дозволяє підвищити якість освіти та забезпечити її передовий розвиток.

Експериментальна діяльність у вирішенні завдань STEM-освіти вимагає наукового супроводу у запровадженні й удосконаленні форм і методів STEM-навчання, розвитку STEM-компетентності у здобувачів освіти, побудови й апробації різних моделей створення STEM-центрів, розробці курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників з питань STEM-освіти та її складових.

Експеримент як важлива складова забезпечення інноваційної діяльності в закладі освіти

Розвиток і сучасний стан України, вихід з кризових ситуацій у значній мірі залежать від здійснення інноваційної діяльності в освіті.

Здійснення інноваційної освітньої діяльності шляхом проведення педагогічних експериментів та реалізації інноваційних освітніх проєктів є ефективним способом розвитку молодого покоління української нації та модернізації освіти. Інноваційна діяльність дозволяє вирішити суперечності між традиційною системою освіти і сучасними проблемами, що виникають у суспільстві.

Дослідники, такі як В. Андрущенко, Є. Баженов, Т. Бережна, І. Бех, Л. Ващенко, Л. Даниленко, І. Дичківська, О. Дубасенюк, К. Журба, Ю. Завалевський, І. Зязюн, С. Кириленко, О. Кіян, О. Козлова, Г. Коломоєць, В. Кремень, В. Луговий, О. Мариновська, В. Огнев'юк, В. Паламарчук, І. Підласий, О. Савченко, С. Сисоєва та ін., в своїх роботах детально розглядають питання модернізації освіти та використання інноваційних підходів.

Результати авторських досліджень та розробок українських науковців та педагогів-новаторів, таких як С. Белуха, М. Гузик, А. Захаренко, Г. Матвеева, С. Мельник, С. Романовський, Г. Сазоненко, В. Сергієнко, О. Сухомовський, І. Ткачук, В. Хайруліна, М. Чумарна та ін., свідчать про ефективність інноваційної освітньої діяльності на рівні окремих освітніх закладів. У їхніх роботах розробляються та впроваджуються авторські педагогічні системи, методики навчання та виховання, спрямовані на покращення якості освіти та всебічний розвиток здобувачів освіти.

Науковцями і педагогами-новаторами підготовлено ряд наукової і навчально-методичної літератури, яка розкриває рух авторських шкіл в Україні.

До них належать такі навчально-методичні посібники, як «Академія дитячої творчості»: авторська школа Ганни Матвєєвої» (2020), в якому розкриваються науково-педагогічні основи та методика розробленої авторської інноваційної моделі спеціалізованої школи художньо-естетичного спрямування на Миколаївщині. Концептуальна ідея такого закладу полягає у забезпеченні всебічного розвитку особистості здобувача освіти, його творчого потенціалу, закладеного в дитині природою, креативності й критичного мислення.

У навчально-методичному посібнику «Школа культури здоров'я» (2020) висвітлено концептуальні напрями діяльності й розвитку «Школа культури здоров'я» Бердянської гімназії № 1 «Надія» як авторської інноваційної моделі Валентини Сергієнко. У посібнику представлені матеріали концептуального обґрунтування й практичного застосування здоров'язбережувальних технологій, якими наповнена організаційно-змістова діяльність закладу загальної середньої освіти.

Вагомим у розкритті інноваційної діяльності в освіті є посібник «Національна автентична школа-ліцей»: авторська модель Олександра Сухомовського (2021), в якому розкрито авторську систему розвитку здібних і обдарованих дітей в закладі освіти нового типу на Вінничині, який представляє ліцей № 7. Цей заклад є одним із перших в Україні, що забезпечує здобуття якісної профільної освіти на рівні світових стандартів й сприяє зміцненню інтелектуального потенціалу нації, збереженню фізичного, психічного та духовного здоров'я дитини.

Відповідно до законодавства України, а саме Закону «Про інноваційну діяльність», поняття «інновації» визначається як новаторські або вдосконалені технології, продукти або послуги, а також організаційно-технічні рішення у виробничій, адміністративній, комерційній або інших сферах, які значно покращують структуру та якість виробництва і соціальної сфери [2].

О. Мариновська у навчально-методичному посібнику «Педагогічна інноватика & Менеджмент інновацій» наголошує, що інновація базується на новій ідейній концепції, яка розвивається до рівня концепту та проєктується, після чого піддається експериментальній апробації [3]. Інновація також може розглядатися як процес, спрямований на досягнення певних результатів у формі інноваційної діяльності.

Освітня діяльність з інноваційним підходом у системі освіти є напрямом діяльності, спрямованим на розроблення та використання результатів наукових досліджень та розробок у сфері освіти [2]. Інноваційна освітня діяльність на рівні закладу освіти в Україні, згідно з Положенням про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності, включає розроблення та застосування певних напрямів, які стосуються таких систем, як: управлінська, освітня, виховна та навчальна [4].

В освітньому процесі значна увага приділяється базовому компоненту загальної середньої, дошкільної, позашкільної та професійної (професійно-технічної) освіти. В управлінні освітою – на науково-методичне, кадрове, матеріально-технічне та фінансове забезпечення освітнього процесу у закладах

освіти, врахування громадської думки щодо змін у галузі освіти, взаємодію з інститутами громадянського суспільства.

Результатом інноваційної діяльності є: 1) експериментальні навчальні програми, навчально-методичні посібники, підручники, розроблені у процесі експерименту/інноваційного освітнього проєкту з метою поліпшення результатів освітньої діяльності; 2) розроблені нові інноваційні технології, системи, форми, методи підвищення кваліфікації керівних, науково-педагогічних та педагогічних працівників; 3) розроблені нові засоби, методи і форми навчання та виховання; 4) розроблені та вдосконалені механізми співпраці між органами управління освітою, адміністрацією закладів освіти та педагогічними працівниками (ці форми співпраці спрямовані на ефективну координацію діяльності, обмін інформацією та досвідом, спільне планування та реалізацію інноваційних підходів у сфері освіти); 5) розроблені нові форми і засоби співпраці між вчителями і здобувачами освіти, що слугують покращенню якості освітнього процесу, створенню сприятливого навчального середовища та розвитку професійних компетенцій педагогічних працівників [5].

Експериментальна діяльність, згідно з визначеннями у науковій літературі [5], є науково обґрунтованим досвідом, цілеспрямованою та контрольованою педагогічною діяльністю, спрямованою на створення та апробацію інноваційних педагогічних технологій навчання, виховання та розвитку здобувачів освіти, а також на управління закладом освіти.

Центром експериментальної педагогіки є Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти» (далі – ДНУ «ІМЗО»). Співпрацюючи з Міністерством освіти і науки України, Національною академією педагогічних наук України, обласними інститутами післядипломної педагогічної освіти, закладами загальної середньої, професійної (професійно-технічної), позашкільної, дошкільної та вищої освіти України, ДНУ «ІМЗО» забезпечує координацію експериментальній діяльності, надає науковий і навчально-методичний супровід експериментальним закладам освіти [6].

ДНУ «ІМЗО» реалізує державну політику у сфері освіти, дотримуючись законодавчих актів, що регулюють освітній процес, та сприяє впровадженню інноваційної діяльності в закладах освіти, проведенню інноваційних освітніх проєктів та науково-педагогічних експериментів, які є певною відповіддю на виклики сучасності. Наразі особливу увагу звернено на експерименти з національно-патріотичного виховання, збереження української ідентичності та формування ціннісних орієнтацій, виховання свідомого громадянина-патріота у профільних закладах освіти та ін. [6].

Останнім часом великою увагою користується проведення експериментів щодо удосконалення дистанційного навчання, створення сприятливих умов для здійснення навчання в змішаному форматі, поширення цифрової трансформації в освіті та розвиток інформаційних технологій. Також відводиться значна увага розвитку STEM-освіти, бізнес-освіти, здоров'язбережувальних практик, а також розробці психолого-педагогічної підтримки для здобувачів освіти, їх батьків та вчителів. У цих напрямках актуальними є такі проєкти та експерименти, як

«Нова Українська школа», «Авторська школа в Україні», «Вальдорфська школа в Україні», «Школа тьюторської майстерності», «Атмосферна школа», «Європейська інтегрована модель школи з угорською мовою навчання», «Ліга крилатих» (базова школа), «Інтелект України», «Національний освітній технопарк», «Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр (ВНМВ STEM-центр)», «Єдине мережецентричне інформаційно-освітнє середовище закладів освіти України», «Педагогічна технологія «Росток», «Я – дослідник», «Я – дослідник 2.0 (дидактична система природничо-математичної початкової освіти)», «Інформаційно-комунікаційна система «Єдина школа», «Технологія навчання учнів початкової школи “Розумники” (SmartKids)» та ін.

Експерименти та інноваційні освітні проєкти українського рівня відображають сучасні вимоги та потреби українського суспільства, сприяють модернізації освітнього простору. За результатами експериментів на всеукраїнському рівні, проведених з 1996 по 2019 роки, якими опікувався відділ інноваційної діяльності та дослідно-експериментальної роботи ДНУ «ІМЗО», було виявлено, що найбільша кількість успішно завершених експериментів проведена в Дніпропетровській, Запорізькій, Київській, Рівненській, Хмельницькій, Черкаській областях та місті Києві [7, с. 7].

Науково-методична підтримка та координація на початок 2020 року були забезпечені ДНУ «ІМЗО» для 107 експериментів, 2-х інноваційних освітніх проєктів міжнародного рівня та 7 інноваційних освітніх проєктів всеукраїнського рівня, які реалізувалися в 1052 закладах освіти. Серед закладів освіти, які брали участь в експериментах та проєктах, найбільший показник займають заклади загальної середньої освіти – 1010, значно меншою є кількість закладів професійної (професійно-технічної) освіти – 28, закладів позашкільної освіти – 8 і закладів дошкільної освіти – 6) [8]. Такі показники свідчать про те, що є потреба у зверненні уваги до проблем здійснення інноваційної діяльності в закладах дошкільної, позашкільної і професійної (професійно-технічної) освіти.

Діяльність закладів освіти, що беруть участь у всеукраїнських експериментах та проєктах, активно висвітлюється у фахових педагогічних наукових виданнях, які включені до затвердженого переліку Міністерства освіти і науки України або до наукометричних баз «Web of Science» і «Scopus», колективних монографіях, навчально-методичних посібниках («Школа толерантності: шлях до формування толерантного суспільства», «Навчально-виховний комплекс «Потенціал»: здоров'язбереження через партнерство» та інші), педагогічній пресі («Рідна школа», «Методист», «Управління освітою», «Директор школи» та інші).

Для популяризації нововведень в освіті та розвитку культури інноваційної діяльності, працівники відділу інноваційної діяльності та дослідно-експериментальної роботи ДНУ «ІМЗО» підготували науково-методичний poradnik з організації експериментальної діяльності [9], інформаційно-аналітичні довідники «Впровадження ідей, систем, моделей, технологій у практику роботи закладів загальної середньої освіти як результат експериментів усеукраїнського рівня» [7], «Дослідно-експериментальна робота всеукраїнського рівня у закладах освіти України» [8], довідник про актуальні

інноваційні педагогічні технології, які застосовуються в закладах освіти України [5]. У 2022 р. працівники відділу долучилися до підготовки науково-методичного збірника, що розкриває інноваційну діяльність в умовах воєнного стану [6].

Результати проведення експериментів та реалізація інноваційних освітніх проєктів в усій Україні мають велике значення для реформування освітньої політики, модернізації змісту освіти та залучення науковців до вирішення актуальних педагогічних проблем. Вони сприяють збереженню та розвитку української освіти і науки, а також формуванню громадянської поведінки молодого покоління України. Експерименти та інноваційні освітні проєкти є важливими факторами, що підтримують українську ідентичність та сприяють зростанню педагогічної культури у країні.

Інноваційні освітні проєкти та експерименти як вагома складова у формуванні STEM-освіти

В Україні STEM-освіта набуває все більшої популярності та поширення. Вже з 2016 року в українських закладах освіти поступово починаються впроваджуватися STEM-підходи, що ґрунтуються на наукових та інженерних методах. Відповідно до досліджень С. Кириленко та О. Кіян, такі підходи активно реалізуються у позашкільних закладах освіти та спеціалізованих закладах освіти [10]. Прикладом різноманітних заходів зі STEM-освіти та її складників у закладах позашкільної освіти є такі, як: олімпіади, діяльність Малої академії наук, конкурси та фестивалі науки. У спеціалізованих закладах, наприклад, в Технічному ліцеї Шевченківського району м. Києва, в рамках всеукраїнського педагогічного експерименту, була впроваджена рання профілізація, що передбачала створення класів з профільним вивченням окремих предметів з 7-го класу. Здобувачам освіти пропонувалося профільне вивчення предметів, авторські навчальні програми, спецкурси та гуртки, спрямовані на розвиток творчого потенціалу особистості.

У науковій літературі існує кілька розумінь поняття STEM-освіта, при цьому в різних країнах воно має свої варіації. Наприклад, у США використовується термін STEAM-освіта, де до абревіатури STEM додано Arts – мистецтво [10]. В загальному розумінні STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Math) означає навчання, спрямоване на підготовку здобувачів освіти до працевлаштування, подальшої освіти чи інших сфер діяльності, які вимагають розуміння та використання наукових, технологічних, інженерних та математичних понять та навичок.

За даними довідника, підготовленого співробітниками ДНУ «ІМЗО» [8], станом на 01 лютого 2020 року здійснювалась координація та надавався науково-методичний супровід декільком інноваційним освітнім проєктам/експериментам усеукраїнського рівня, що пов'язані з формуванням складових STEM-освіти в Україні. До них належать такі експерименти: «Створення та апробація методичної системи навчання основам робототехніки як складової STEM-освіти»; «Методична система навчання основам технологій та робототехніки як складової STEM-освіти»; «Організаційно-педагогічні умови створення і функціонування STEAM-

центру» та інноваційні освітні проєкти «Розроблення і впровадження навчально-методичного забезпечення інтегрованого курсу «Природничі науки» та «Науково-методичні засади створення та функціонування всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)».

Елементи формування STEM-освіти прослідковуються у таких інноваційних освітніх проєктах, як: «Я – дослідник», «Я – дослідник 2.0», «Єдине мережецентричне інформаційно-освітнє середовище закладів загальної середньої освіти України», «Технологія навчання «Розумники» (SmartKids)) для учнів початкової школи».

З 2021 року цей список поповнився ще новими інноваційними освітніми проєктами та експериментами всеукраїнського рівня за темами: «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів» та «Організаційно-педагогічні умови моделювання розвитку ліцею «STEAM-school».

Загальна інформація про ці експерименти і проєкти наведена у табл. 2.1.1.

Таблиця 2.1.1.

Список інноваційних освітніх проєктів/експериментів усеукраїнського рівня, які пов'язані з формуванням STEM-освіти (2016–2023 роки) [8]

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
2016 рік			
1	Експеримент на тему «Створення та апробація методичної системи навчання основам робототехніки як складової STEM-освіти» (2016 – 2021) Наказ МОН України від 02.07.2016 № 759 Наказ МОН України від 08.08.2022 № 714	Закладів освіти – 3 (в м. Києві). Інститут післядипломної освіти Київського університету імені Бориса Грінченка	Наталія Вікторівна Морзе , проректор з інформатизації навчально-наукової та управлінської діяльності Київського університету імені Бориса Грінченка, член- кореспондент НАПН України, докторка педагогічних наук, професорка
2017 рік			
2	Інноваційний освітній проєкт за темою «Науково-методичні засади створення та функціонування всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM- центру (ВНМВ STEM- центр)»	Закладів освіти – 16, з яких у: м. Київ – 5, Кіровоградській обл. – 2, Хмельницькій обл. – 2, Чернігівській обл. – 2, Чернівецькій обл. – 2, Донецькій обл. – 1, Дніпропетровській обл. – 1,	Олександр Євгенович Стрижак , заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук України», доктор технічних наук

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
	(2017–2021) Наказ МОН України від 17.05.2017 № 708 Наказ МОН України від 28.10.2021 № 1156	Сумській обл. – 1, Національний центр «Мала академія наук України». Обласних інститутів післядипломної освіти – 8	
3	Експеримент на тему «Науково-методичні засади формування єдиного мережецентричного інформаційно-освітнього середовища загальноосвітніх навчальних закладів України» (2017–2021) Наказ МОН України від 08.06.2017 № 818 Наказ МОН України від 06.04.2022 № 301	Закладів загальної середньої освіти – 3, з яких у: Дніпропетровській обл. – 1, Одеській обл. – 1, Чернівецькій обл. – 1. Обласних інститутів післядипломної освіти – 3	Олександр ЄвгеновичСтрижак, заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук України», доктор технічних наук
4	Експеримент на тему «Технологія навчання учнів початкової школи «Розумники» (SmartKids)» (2017–2022) Наказ МОН України від 30.08.2017 № 1234 Наказ МОН України від 01.08.2022 № 687	Закладів освіти – 117, з яких у: Волинська обл. – 4, Донецька обл. – 3, Дніпропетровська обл. – 7, Житомирська обл. – 6, Запорізька обл. – 6, Івано-Франківська обл. – 1, Київська обл. – 17, Луганська обл. – 13, Львівська обл. – 1, Миколаївська обл. – 8, Одеська обл. – 16, Полтавська обл. – 4, Рівненська обл. – 3, Сумська обл. – 14, Тернопільська обл. – 1, Херсонська обл. – 1, Хмельницька обл. – 1, Черкаська обл. – 3, Чернівецька обл. – 1,	Світлана Григорівна Литвинова, заступник директора з наукової роботи, старший науковий співробітник Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, докторка педагогічних наук

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
		Чернігівська обл. – 1 м. Київ – 6. Обласних інститутів післядипломної освіти –21	
2018 рік			
5	Експеримент на тему «Методична система навчання основам технологій та робототехніки як складової STEM-освіти» (2018–2022) Наказ МОН України від 04.04.2018 № 323 Наказ МОН України від 01.08.2022 № 686	Закладів освіти – 1 (в Чернівецькій обл.). Інститут післядипломної педагогічної освіти Чернівецької області	Григорій Іванович Білянін , директор Інституту післядипломної педагогічної освіти Чернівецької області, кандидат педагогічних наук, доцент
6	Інноваційний освітній проєкт за темою «Розроблення і впровадження навчально-методичного забезпечення інтегрованого курсу «Природничі науки» (2018–2022) Наказ МОН України від 03.08.2018 № 836 Наказ МОН України від 06.12.2022 № 1099	Закладів освіти – 142, з яких у: м. Київ – 19, Дніпропетровській обл. – 18, Запорізькій обл. – 18, Полтавській обл. – 15, Харківській обл. – 10, Чернігівській обл. – 8 Київській обл. – 7, Одеській обл. – 7, Рівненській обл. – 7, Волинській обл. – 6, Сумській обл. – 6, Луганській обл. – 5, Львівській обл. – 4, Черкаській обл. – 4, Чернівецькій обл. – 3, Вінницькій обл. – 2, Миколаївській обл. – 2, Тернопільській обл. – 1. Обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти – 18	Віра Романівна Ільченко , завідувачка відділу Інституту педагогіки НАПН України, дійсна членкиня НАПН України, докторка педагогічних наук, професорка; Дмитро Андрійович Шабанов , професор Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктор біологічних наук; Юрій Іванович Завалевський , Перший заступник директора ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», доктор педагогічних наук, професор; Алла Василівна Степанюк , професорка кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
			університету імені Володимира Гнатюка, докторка педагогічних наук, професорка; Тетяна Миколаївна Засєкіна , заступниця директора з науково- експериментальної роботи Інституту педагогіки НАПН України, кандидатка педагогічних наук, старша наукова співробітниця; Інна Олександрівна Дьоміна , вчителька біології, хімії, природознавства, співзасновниця школи сучасних наук ScienceGen та освітнього проєкту SOM.Science, біохімічка, біотехнологія
7	Інноваційний освітній проєкт за темою «Я – дослідник» (2018–2021) Накази МОН України від 13.04.2018 № 366, від 12.06.2019 № 830 Наказ МОН України від 16.03.2022 № 241	Закладів освіти – 80, з яких у: Сумській обл. – 10, Миколаївській обл. – 8, Дніпропетровській обл. – 7, Житомирській обл. – 6, Запорізькій обл. – 6, Київській обл. – 6, Тернопільській обл. – 6, Хмельницькій обл. – 6, Івано-Франківській обл. – 5, Харківській обл. – 5, Полтавській обл. – 4, м. Київ – 3, Донецькій обл. – 2, Одеській обл. – 2, Чернігівській обл. – 2, Волинській обл. – 1, Черкаській обл. – 1. Обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти – 17	Юрій Іванович Завалевський , Перший заступник директора ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», доктор педагогічних наук, професор

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
2019 рік			
8	Експеримент на тему «Організаційно-педаго- гічні умови створення і функціонування STEAM-центру» (2019–2022) Наказ МОН України від 10.07.2019 № 954 Наказ МОН України від 17.01.2023 № 43	Закладів професійної (професійно-технічної) освіти – 2, з яких: ДПТНЗ «Криворізький навчально-виробничий центр». Національний центр «Мала академія наук України»	Ірина Миколаївна Савченко , вчений секретар Національного центру «Мала академія наук України», кандидатка педагогічних наук; Віктор Валентинович Паржницький , начальник відділу науково-методичного забезпечення професійної освіти ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», кандидат педагогічних наук
2021 рік			
9	Інноваційний освітній проєкт за темою «Я – дослідник 2.0 (дидактична система природничо- математичної початкової освіти)» (2021 –2024) Наказ МОН України від 16.06.2022 №559	Закладів загальної середньої освіти – 2, з яких у: Запорізькій обл. – 1, Волинській обл. – 1. Обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти – 2	Наталія Іванівна Гущина , доцент кафедри відкритих освітніх систем та інформаційно- комунікаційних технологій Державного закладу вищої освіти «Університет менеджменту освіти» НАПН України, кандидатка педагогічних наук, доцент
2022 рік			
10	Інноваційний освітній проєкт за темою «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM- центрів» (2022–2027) Накази МОН України від 12.08.2022 № 741, від 31.01.2023 № 103 (про розширення бази)	Закладів освіти – 78, з яких у: Дніпропетровській – 11, Хмельницькій – 11, Черкаській – 10, Донецькій – 9, Запорізькій – 9, Полтавській – 9, Тернопільській – 6, м. Київ – 5, Миколаївській – 4, Харківській – 4. Обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти – 10	Юрій Іванович Завалевський , Перший заступник директора ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», доктор педагогічних наук, професор

№	Тема експерименту/ проєкту, терміни проведення, накази МОН (про проведення і завершення)	База проведення та установа, яка надає науково-методичний супровід експериментальним закладам освіти	Науковий керівник
11	Експеримент на тему «Організаційно- педагогічні умови моделювання розвитку ліцею «STEAM-school» (2022–2027) Наказ МОН України від 24.01.2023 № 70	Закладів освіти – 1 (в м. Київ). Інститут післядипломної педагогічної освіти – 1	Михайло Федорович Войцехівський , директор Інституту післядипломної освіти Київського університету імені Бориса Грінченка, кандидат педагогічних наук, доцент

На основі даних з таблиці 2.1.1 видно, що формування різних складових STEM-освіти відбувається в рамках інноваційних освітніх проєктів та експериментів. До деяких з них є посилена увага. Це такі проєкти, як: «Розроблення і впровадження навчально-методичного забезпечення інтегрованого курсу «Природничі науки». У цьому проєкті брали участь 142 заклади освіти. Метою проєкту було розроблення та впровадження інтегрованого курсу, що охоплює різні галузі природничих наук. Реалізація проєкту сприяла поглибленню знань здобувачів освіти з природничих наук і розвитку їх наукового мислення.

Проєкт «Технологія навчання учнів початкової школи «Розумники» (SmartKids)) був реалізований із залученням 117 закладів освіти. Його основною метою було використання сучасних технологій навчання для розвитку творчого мислення та компетенцій здобувачів освіти початкової школи. Учасники проєкту активно використовували інтерактивні ресурси та здійснювали практичні завдання, що сприяло їхньому активному залученню до процесу навчання.

Проєкт «Я – дослідник» здійснювався у 80 закладах освіти. Він сприяв розвитку дослідницьких навичок здобувачів освіти та їх активному пізнанню навколишнього світу через проведення наукових досліджень та експериментів. Здобувачі освіти брали участь у науково-пошуковій діяльності та представляли свої дослідження на наукових конференціях. Серед праць, які представляють наукову продукцію реалізації проєкту є 30 навчально-методичних посібників «Я – дослідник» (для учнів 2–9 класів), варіативний курс «STEM-Lab» (для учнів 5–9 класів), навчально-методичний комплект з наборами мікроелектроніки на основі micro:bit: «Інформатика з micro:bit», міні-STEM лабораторія «Моя STEM лабораторія на основі MICRO:BIT» та ін.

Нині швидко набирає обертів проєкт «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів», базою дослідження якого є 78 закладів освіти. Серед очікуваних результатів проєкту є: розроблення Положення про STEM-центр, розвиток STEM-компетентностей здобувачів освіти у закладах, які є учасниками проєкту, розроблення Концепції створення та функціонування STEM-центрів, створення моделі функціонування обласного

STEM-центру та моделі обласної регіонально розподіленої мережі STEM-центрів, розроблення STEM-освітніх програм для учнів 5–9 класів та ін.

На основі результатів проведеної експериментальної роботи можна зробити висновок про те, що серед основних складників розвитку STEM-освіти вагомим є заохочення здобувачів освіти до науково-дослідницької роботи. Стимулювання їх до проведення наукових досліджень та проєктів допомагає розвивати здібності здобувачів освіти в області STEM. Заклади загальної середньої освіти та університети можуть організовувати наукові конференції, студентські та учнівські науково-дослідницькі конкурси та програми підтримки для тих, хто прагне виконувати дослідження.

Гуртки, конкурси та фестивалі з фокусом на STEM дозволяють здобувачам освіти займатися практичними проєктами, спілкуватися з однодумцями та професіоналами відповідних галузей. Це надає можливості для практичного використання знань та навичок, що допомагає засвоїти STEM-предмети та зрозуміти їх застосування.

Створені спеціальні приміщення з необхідним обладнанням (STEM-кабінети, STEM-лабораторії, STEM-центри) дозволяють здобувачам освіти отримати практичний досвід роботи з сучасними технологіями та науковими інструментами. Забезпечення належних матеріальних ресурсів та навчальних посібників допомагає здобувачам освіти активніше розвивати компетентності в сфері STEM.

Експериментальна діяльність з розвитку STEM-освіти: методичні й технологічні особливості проведення

Проведення експерименту або проєкту передбачає здійснення інноваційної освітньої діяльності на базі закладів освіти упродовж 4–5 етапів. На I (організаційно-підготовчому етапі) передбачається робота педагогічного колективу над основними напрямками дослідження (визначення проблеми дослідження, обґрунтування її актуальності, вивчення ресурсів та можливостей її дослідження, проведення діагностики готовності закладу освіти до проведення експериментальної роботи, формування позитивного ставлення учасників освітнього процесу до майбутніх змін, розроблення завдань та шляхів їх реалізації).

На цьому етапі важливо створити необхідні кадрові, організаційні, матеріально-технічні умови й фінансове забезпечення проведення експерименту. Ця умова передбачає створення робочих груп вчителів/викладачів, розподіл управлінських функцій, посадових обов'язків адміністрації, педагогів-експериментаторів, визначення змісту та форми співпраці з науковим керівником, автором ініціативи, консультантами, координатором експерименту/проєкту.

Підписання договорів або меморандумів про співпрацю між експериментальними закладами освіти та інститутами, громадськими організаціями та іншими науковими, науково-дослідними установами є також ваговою складовою у вирішенні різних питань проведення експерименту.

На II (концептуально-діагностичному) етапі розробляється Концепція досліджуваної педагогічної ідеї, відбувається добір діагностичного

інструментарію (методик, анкет, опитувальників), які потрібно буде використовувати протягом реалізації експерименту/проєкту. Розробляється і визначається стратегія й тактика діяльності закладу освіти, здійснюється науково-теоретична підготовка педагогічного колективу до проведення інноваційної діяльності (вивчення методологічних основ, теорії та практики, методів дослідження). На цьому етапі розробляються критерії і показники, визначається інструментарій відстеження процесу проведення експерименту/реалізації проєкту. Уточнюється термінологічна база (основні дефініції) дослідження.

III (формувальний) етап передбачає формування навчально-методичної бази, розробку курсів, програм, методик; впровадження в практику роботи закладу освіти нового змісту освіти; розроблення інноваційної моделі закладу освіти та заходів щодо вдосконалення окремих аспектів педагогічної діяльності; відстеження процесу впровадження інноваційних педагогічних технологій (накопичення проміжних результатів про хід реалізації Проєкту, їхній аналіз, внесення необхідних коректив в експериментальну діяльність).

На IV (узагальнювальному) етапі відбувається узагальнення і впровадження результатів інноваційної діяльності, відповідно до програми моніторингу проводиться аналіз результатів проведення експериментальної діяльності (узагальнення завдань якісного і кількісного аналізу результатів), співвідносяться результати з поставленою метою і завданнями експерименту/проєкту, відбувається узагальнення і поширення досвіду роботи. Результати діяльності висвітлюються у публікаціях у наукових фахових журналах, готуються навчально-методичні посібники й інша науково-методична продукція. На цьому етапі суттєвим є корегування гіпотези відповідно до отриманих результатів.

V (корегувальний) етап передбачає внесення корегувань, доповнень до прогнозованих результатів інноваційної діяльності. Учасниками експерименту проводиться статистичне опрацювання даних інноваційної діяльності, здійснюється їх аналіз та готуються результати роботи у підготовці висновків (аналітичних матеріалів, методичних рекомендацій тощо). Формується список друкованої продукції.

Підсумком кожного етапу є наказ Міністерства освіти і науки України про результати інноваційної освітньої діяльності на базі експериментальних закладів освіти, затвердження програми наступного етапу (відповідно до планових завдань експерименту/проєкту).

Уточнення термінологічної бази (основних дефініцій) дослідження

Педагогічні колективи закладів освіти під час проведення експерименту/проєкту розробляють термінологічну базу дослідження, визначають основні поняття, які необхідні будуть для використання під час проведення експериментальної роботи. Учасниками експерименту проводиться аналіз ключових понять STEM у розрізі концептуальних засад реформування нової української школи, визначаються ключові компетентності, які необхідно сформувати у здобувачів освіти. Опрацьовуються завдання Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти).

Підвищення кваліфікації педагогів з питань STEM-освіти

З метою підготовки педагогічної спільноти до роботи в STEM-напрямах обласні інститути післядипломної педагогічної освіти розробляють освітні програми, курси підвищення кваліфікації педагогів із врахуванням сучасних викликів і безпекових заходів. Так, з метою організації інформаційно-методичного забезпечення інноваційного освітнього проекту «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів» педагогами Комунального навчального закладу «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради» розроблено: програми спеціалізованого курсу «Діджиталізація освіти: компетентності особистості XXI століття»; курсу за вибором «SMART-технології як засіб підвищення якості освіти в умовах цифрового суспільства»; спецкурсу «STEM-орієнтований напрям в освіті: моделі. технології. практика»; спецкурсу «Змішане навчання: моделі. технології. практика»; спецкурсу «Використання гаджетів для проведення STEM-уроків» та ін.

Підготовлені навчально-методичні посібники: «STREAM-проекти в освітньому процесі НУШ: моделі, технологія, практика», «SMART-технології як засіб підвищення якості освіти в умовах цифрового суспільства», «Особливості використання інтерактивних освітніх платформ при викладанні дисциплін природничо-математичного циклу», «Доповнена реальність як тренд Нової української школи», «Шолом віртуальної реальності: можливості для STEM-освіти» та ін.

З метою підготовки педагогів до впровадження STEM-орієнтованого напрямку в освіті з 2017 року на базі КНЗ «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради» потужно функціонує навчально-тренінговий центр STEM-освіти. Черкащина є першим регіоном, що має цілу мережу закладів освіти, які проводять навчання за програмою «LEGO Education», починаючи з 2015 року. На сьогодні таких закладів освіти – 47.

Навчально-тренінговий центр STEM-освіти пропонує широкий спектр форм роботи для педагогів, а саме:

- діджитал-школа «ІТ для навчання і виховання дітей»;
- навчальні студії «Використання можливостей Web 2.0 при організації різних видів діяльності в освітньому процесі», «Можливості Web 2.0 для дистанційного навчання», «Classroom: виклики та можливості»;
- вебіари «Організація освітнього процесу за допомогою Classroom», «ІКТ інструментарій в умовах трансформації освіти», «Безпечний інтернет: можливості для вчителя»;
- тренінги «Інтерактивні STEM-студії як форми розвитку НУШ», «ОНЛАЙН-ШКОЛА: виклики та можливості»;
- освітні студії «Особливості застосування інтерактивних робочих аркушів WIZER.ME в освітньому процесі НУШ», «Цифрові інструменти та сервіс Prezi», «Онлайн інструменти для створення інтерактивних вправ та ігор», «Створення інтерактивних онлайн-ових вправ»;

– практикуми «Можливість реалізації STEM-освіти на уроках природничо-математичного напрямку», «STEM-освіта як засіб реалізації міжпредметних зв'язків», «Реалізація STREAM-освіти через проєктну діяльність», «Алгоритм застосування практичних інструментів Goformative, Mentimeter та Padlet з метою активізації учнівської молоді до реалізації STEM-освіти», «Використання інтерактивної платформи MOZAIK в умовах реалізації STREAM-освіти», «Arduino, Інтернет речей та Makeblock в освітній діяльності сучасного педагога», «Написання 3-D моделей для друку на принтері», «Апробація веб-сервісу «Tinkercad» та запис відеоуроку з використання сервісу», «Аналіз апаратних засобів програмування поширеного мікроконтролера BrainPad», «Особливості підготовки до всеукраїнського турніру Robotica» та ін.

Співпраця учасників експерименту з партнерами

Співпраця учасників експерименту з громадськими організаціями, благодійними фондами, науково-дослідними установами, інститутами, закладами вищої освіти може дати позитивні результати в таких напрямках:

1) підвищення рівня професійних компетентностей педагогів (співпраця з іншими професіоналами у галузі STEM дозволяє педагогам постійно вдосконалювати свої знання та навички; вони можуть обмінюватися досвідом, навчатися новим методикам і технологіям, що допомагає підвищити якість STEM-освіти);

2) менторська та методична підтримка педагогів (учасники експериментів з розвитку STEM-освіти можуть ділитися своїми знаннями та досвідом з педагогами з ін. закладів освіти, надавати необхідну підтримку, проводити тренінги та семінари для педагогів, що сприяє підвищенню якості STEM-навчання);

3) розширення мережі зв'язків з партнерами (співпраця з громадськими й благодійними організаціями, підприємствами й іншими установами сприяє матеріально-технічному забезпеченню закладу освіти в сфері STEM; співпраця з закладами вищої освіти, науково-дослідними інститутами розширює можливості для спільних проєктів, обміну ресурсами та експертизою, а також забезпечує доступ до нових можливостей для здобувачів освіти та педагогів).

Усі ці аспекти співпраці сприяють розвитку STEM-освіти і покращенню її якості.

Формування навчально-методичної бази

На основі проведення експериментів та проєктів із розвитку STEM-освіти формується потужна навчально-методична база. І кожна експериментальна робота привносить свої позитивні результати і здобутки. Так, на основі експериментальної роботи, присвяченої створенню та апробації методичної системи навчання основам робототехніки (2016–2021) було створено, обґрунтовано та апробовано методологічну систему навчання базовим принципам робототехніки як важливого елементу STEM-освіти: виділено три етапи впровадження навчання з основ робототехніки як частини STEM-освіти (навчання в 1–4 класах, 5–9 класах і 10–11 класах). Цей процес включав інтеграцію традиційних навчальних дисциплін і курсів, таких як хімія,

математика, біологія, фізика, астрономія, географія на кожному етапі навчального циклу. Результати експерименту висвітлені у наукових публікаціях Н. Морзе, М. Войцеховського, Ю. Гапонюк, О. Густяк, С. Дзюби, Ю. Кінькова, Т. Проценко та ін.

Результатом проведення експерименту за темою «Науково-методичні засади формування єдиного мережецентричного інформаційно-освітнього середовища загальноосвітніх навчальних закладів України» (2017–2021) було наукове обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності науково-методичних засад формування єдиного мережецентричного інформаційно-освітнього середовища закладів загальної середньої освіти, що безумовно, забезпечить інтегроване використання науково-освітніх ресурсів на засадах єдиного інформаційного простору в педагогічній системі освіти України. З результатами проведення експерименту можна ознайомитися у науковому доробку таких учених, як В. Величко, В. Дем'яненко, С. Довгий, С. Кальної, М. Надутенко, Р. Новогрудська, М. Попова, В. Приходнюк, І. Савченко, О. Стрижак.

Проблеми і виклики у здійсненні експериментальної діяльності з розвитку STEM-освіти

У здійсненні експериментальної діяльності з розвитку STEM-освіти можуть виникати різні труднощі та перешкоди, включаючи проблему вибору найякісніших та найвідповідніших ресурсів у різних форматах цифрового представлення для використання в STEM-освіті.

Для подолання цієї проблеми, можна розглянути декілька підходів. По-перше, варто звернутися до науково-методичних центрів, освітніх організацій та наукових установ, які спеціалізуються на STEM-освіті, для отримання рекомендацій. Другий підхід – співпраця та обмін досвідом з колегами, які вже займаються STEM-освітою. У них можна дізнатися, які ресурси вони використовують і чи можуть порекомендувати якісні матеріали.

Важливо стежити за актуальними дослідженнями, новинами та публікаціями в галузі STEM-освіти. Це дозволить бути в курсі останніх тенденцій та інновацій у цій сфері і вибирати найактуальніші ресурси.

Необхідно також враховувати потреби та особливості здобувачів освіти. Адже кожен клас, учень/учениця можуть мати власні інтереси, тому вибір ресурсів повинен бути спрямований на відповідність їхнім запитам та можливостям.

Під час експериментальної діяльності бажано зважати і на власний досвід педагога. Використовуючи різноманітні ресурси він повинен сам спостерігати за результатами і визначати що працює краще для класу і сприяє розвитку STEM-навичок здобувачів освіти. Поступово він зможе визначити найякісніші та найвідповідніші ресурси для практичного застосування.

Науковцям і освітянам потрібно розробляти інструменти та методики оцінювання якості навчальних матеріалів та навчальних ресурсів, щоб забезпечити їх ефективне використання.

Для забезпечення якісної STEM-освіти важливо мати засоби перевірки достовірності, актуальності та наукової обґрунтованості інформації. Це

допоможе педагогам та здобувачам освіти обирати найбільш якісні та достовірні матеріали для навчання та дослідницької діяльності. Відсутність інструментів оцінювання якості інформаційно-навчальних матеріалів є серйозним викликом для освітян.

У контексті STEM-освіти важливо також забезпечити взаємозв'язок та синхронізацію між різними інформаційно-навчальними матеріалами, щоб створити цілісний та послідовний освітній процес, на що звертав увагу О. Стрижак під час проведення експериментальної діяльності [11]. Розробка інструментів та платформ, які дозволяють об'єднувати, організовувати та інтерактивно використовувати інформацію значно підсилить якість STEM-освіти [12; 13].

Варто звернути увагу і на те, що упродовж реалізації проєктів/експериментів з розвитку STEM-освіти виникають труднощі, що зумовлені воєнним станом у країні. Вагомими серед них є такі: частина областей тимчасово окупована російськими загарбниками, деякі заклади освіти розташовані на окупованій території і здійснюють свою діяльність дистанційно, частина педагогів знаходиться на підконтрольній території, частина на окупованій території. Також, ще один із викликів – це повна відсутність матеріально-технічної бази у цих закладах освіти.

Складна ситуація з розвитком STEM-освіти в закладах, які мають своє місце розташування у прифронтовій зоні, що знаходиться під систематичними обстрілами. Безпекова ситуація у регіоні не сприяє організації освітнього процесу в очному форматі. Всі заклади освіти працюють у дистанційному режимі, що також, не дає можливості використовувати наявну матеріально-технічну базу для організації освітнього процесу.

Крім того, іншими можливими труднощами можуть бути обмежені фінансові ресурси для придбання необхідного обладнання та матеріалів, брак кваліфікованих вчителів, які володіють достатніми знаннями та навичками у STEM-освіті, а також недостатня підтримка з боку адміністрації та батьківського колективу. Для подолання цих перешкод, важливо залучати додаткові фінансові ресурси, надавати належну підтримку та навчання вчителям, а також встановлювати співпрацю зі стейкхолдерами для підтримки і розвитку STEM-освіти.

Важливо зазначити, що перешкоди та труднощі, які виникають, є невід'ємною частиною процесу експериментування та розвитку STEM-освіти. Шлях до успіху полягає в систематичному аналізі, пошуку рішень та постійному вдосконаленні освітнього процесу.

База дослідження

Аналіз результатів проведення експериментальних досліджень з розвитку STEM-освіти та її складових [14] підтверджує активний науковий і освітній інтерес освітян до цієї тематики. Щороку база дослідження зростає, збільшується географія учасників. Так, на основі реалізації проєкту «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів» (2022–2027) можна відзначити таку активність (рис. 2.1.1). На початок реалізації проєкту брали участь заклади освіти з 5 областей (Дніпропетровської,

Запорізької, Миколаївської, Харківської, Черкаської). Згодом, упродовж I етапу реалізації проєкту відбулося розширення бази – долучилися заклади освіти ще з 5 областей (Донецької, Київської, Полтавської, Тернопільської та Хмельницької).



Рис. 2.1.1. Кількість закладів освіти в областях, які є учасниками реалізації проєкту «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів»

Важливим є і той факт, що у проєкті беруть участь не лише заклади загальної середньої освіти, а й заклади позашкільної, професійної (професійно-технічної) і вищої освіти (рис. 2.1.2). Так, учасниками проєкту є 67 закладів загальної середньої освіти, 4 заклади професійної (професійно-технічної) освіти, 3 заклади позашкільної освіти, 4 заклади вищої освіти. Науково-методичний супровід надають 10 обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти.

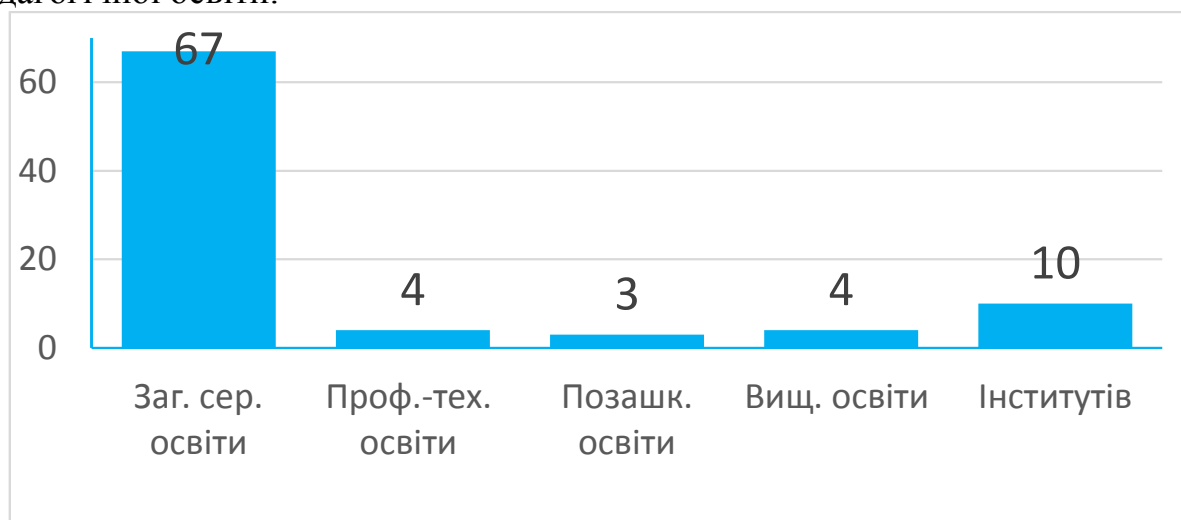


Рис. 2.1.2. База дослідження проєкту «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів»

Відповідно до результатів проведення експериментів/проєктів усеукраїнського рівня, робота яких була спрямована на розвиток STEM-освіти

та її складників, було визначено, що найбільш ефективними механізмами формування і розвитку STEM-освіти є такі: заохочення молоді до науково-пошукової роботи; мотивація здобувачів освіти до активної діяльності в гуртках, конкурсах, фестивалях; організація в закладі освіти необхідних організаційних та науково-методичних умов щодо створення і функціонування STEM-кабінетів, STEM-лабораторій, STEM-центрів; налагодження взаємодії з партнерами (громадськими організаціями, благодійними фондами, науково-дослідними установами, інститутами, закладами вищої освіти) задля забезпечення належної матеріально-технічної бази для розвитку STEM-освіти; впровадження елементів STEM-орієнтованого навчання у роботі закладів освіти; проведення роз'яснювальної роботи з батьками здобувачів освіти щодо формування і розвитку STEM-освіти; підвищення кваліфікації педагогічних працівників у сфері STEM-освіти тощо.

Крім того, важливо розглянути можливість співпраці з представниками Національного центру «Мала академія наук України», які спеціалізуються на STEM-освіті. Вони можуть надати доступ до своїх ресурсів, програм навчання, експертів та менторів, що значно збагатить освітній процес та підтримає вибір якісних матеріалів.

Під час проведення експериментальної діяльності з метою вирішення завдань і викликів, які виникають в процесі роботи, варто активно використовувати інтерактивні ресурси в сфері STEM, які є на сайті Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти». Нині існує багато онлайн-курсів, вебінарів, відеоуроків, додатків, які сприяють розвитку STEM-навичок здобувачів освіти.

На основі результатів експериментальної діяльності в сфері STEM можна зробити висновок, що цей напрям освіти потребує систематичної праці, постійного дослідження та вдосконалення. Завдяки експериментам/проєктам та активній практичній діяльності здобувачі освіти отримують можливість застосовувати свої знання та навички у реальних ситуаціях, розвивати творче та креативне мислення.

STEM-освіта надає можливість здобувачам освіти вивчати наукові предмети із практичною спрямованістю, розвивати критичне мислення та вміння аналізувати й розв'язувати проблеми. Вона стимулює розвиток цифрових та технологічних навичок, що є важливим у сучасному світі.

Однак важливо пам'ятати, що STEM-освіта є динамічним процесом, який постійно змінюється та вдосконалюється. Тому є потреба продовжувати досліджувати та впроваджувати нові інновації та технології для покращення якості STEM-освіти.

Перспективними для розвитку STEM-освіти є: популяризація в закладах освіти інженерних та науково-технічних професій; розвиток можливостей для здобувачів освіти із особливими потребами до здобуття STEM-освіти, вивчення і застосування методів і форм роботи вітчизняних і зарубіжних педагогів-новаторів, поширення й популяризація здобутків у розвитку STEM-напрямів в освіті, активне залучення вчителів, викладачів і здобувачів освіти до вивчення англійської мови, як мови міжнародної науки та STEM, що сприятиме

активному інтегруванню української освіти до європейського й світового освітніх просторів.

Діагностика готовності педагогічних колективів до реалізації інноваційного освітнього проєкту за темою «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів»

Відповідно до Рекомендації 2018/0008 (NLE) Європейського Парламенту та Ради ЄС, схваленої 18 січня 2018 року, успішна особистість має впродовж життя постійно розвивати вісім ключових компетентностей: грамотність; мовна компетентність; математична компетентність та компетентність у науках, технологіях та інженерії (STEM); цифрова компетентність; особиста, соціальна та навчальна компетентність; громадянська компетентність; підприємницька компетентність; компетентність культурної обізнаності та самовираження (Art).

Відповідно до Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), яка була схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 року № 960-р, мережа STEM-центрів/лабораторій та підвищення кваліфікації педагогічних працівників є невід’ємною складовою якісного впровадження цього підходу.

З метою реалізації вищезгаданої Концепції у 2022 році був розпочатий проєкт за темою «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів» (відповідно до наказів Міністерства освіти і науки України від 12 серпня 2022 року № 741 та від 31 січня 2023 року № 103) на базі закладів загальної середньої освіти Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської, Харківської, Черкаської, Донецької, Київської, Полтавської, Тернопільської та Хмельницької областей (далі – Проєкт).

Упродовж реалізації I етапу вивчено стан готовності педагогічних колективів до реалізації програми Проєкту шляхом опитування. Актуальність проведення опитування зумовлена насамперед потребою визначення основних ефективних і привабливих методів впровадження навчальних програм з навчальними методиками STEM-освіти; удосконалення підготовки педагогічних працівників та забезпечення їх професійного розвитку; стимулювання здобувачів освіти до обрання науково-технічної діяльності, що передбачає здійснення заходів, які дають змогу розв’язати проблеми соціального сприйняття науки і науково-технічних, інженерних професій, а також професійної орієнтації, спрямованої на розвиток партнерства між закладами освіти і роботодавцями.

Окрім того, досвід проведення опитувань переконливо свідчить про дієвість цього заходу для сприяння консолідації всіх зацікавлених сторін. У даному випадку це залучення педагогічної громадськості до процесу прийняття рішень як на рівні інститутів післядипломної педагогічної освіти, так і держави загалом.

Мета та завдання опитування

Метою опитування стало вивчення думки педагогічної громадськості щодо готовності педагогічних колективів до впровадження STEM освіти та створення умов в системі післядипломної педагогічної освіти для підвищення поінформованості, професійного рівня та компетентності учителів і керівників

закладів освіти з урахуванням впровадження реформ, які здійснюються в освітній сфері та вироблення на цій основі рекомендацій щодо подальшого удосконалення системи професійного розвитку педагогічних працівників в царині STEM-освіти.

Завданнями опитування стали:

- з'ясування незалежної думки щодо готовності педагогічних колективів до впровадження STEM освіти (навчальний та технічні аспекти);
- розвиток STEM-компетентностей здобувачів освіти у закладах, які є учасниками проєкту;
- визначення впливу навчально-методичного, організаційного забезпечення на впровадження STEM-освіти;
- залучення педагогічної громадськості до обговорення ролі і впливу заходів Плану реалізації Проєкту у підвищенні якості навчальних умов, збагаченні навчально-методичних ресурсів.

Принципи організації опитування

Опитування здійснено за участі обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти (далі – ОІППО) упродовж травня 2023 р.

Основними принципами організації опитування було:

- охоплення широкої аудиторії викладачів ОІППО, які працюють з різними категоріями вчителів, методистів, голів окружних методичних об'єднань вчителів; директорів закладів освіти; керівників та викладачів ЗВО;
- збереження автентичності відповідей, що гарантувалося використанням технічних засобів при опрацюванні результатів опитування;
- публічне оприлюднення результатів дослідження та рекомендацій щодо розв'язання наявних проблем освітнього сектора.

Інструментарієм опитування є Google-форма, уніфікована для всіх вище перерахованих закладів освіти.

Питання до опитувальника розроблялись за підтримки представництва STEM.org в Україні, фахівцями обласних інститутів післядипломної педагогічної освіти на чолі з науковим керівником Проєкту Ю. І. Завалевським та автором ініціативи Проєкту – А. М. Дзюбою. Опитувальник розсилався на всі експериментальні заклади освіти.

Опитувальний лист, запропонований респондентам, містив як запитання закритого типу для визначення найактуальніших проблем через ранжування запропонованих варіантів відповідей і запитання відкритого типу, на які можна було відповідати в довільній формі.

Опитувальник побудовано за блоками, що охоплюють найважливіші сфери освітнього сектора, торкаючись проблем ефективності роботи системи післядипломної педагогічної освіти, управління освітою, розвитку змісту освіти, становлення системи моніторингу якості, стратегії підготовки та перепідготовки педагогічних кадрів, системи підвищення кваліфікації та створення відповідного освітнього середовища.

Порядок проведення:

1. Інформування учасників опитування щодо мети та порядку його проведення – на адреси ОІППО (пілотних областей відправлені інформаційні листи;

2. Організація зворотного зв'язку з питань проведення опитування засобами телефонного зв'язку (на час проведення опитування відкрита телефонна лінія, номер консультанта міститься у відповідному інформаційному листі) та сервісів Інтернету.

3. Проведення онлайн опитування із використанням, у разі необхідності, усних інструкцій.

4. Опрацювання та аналіз отриманих даних опитування здійснювалось згідно розробленої факторно-критеріальної моделі.

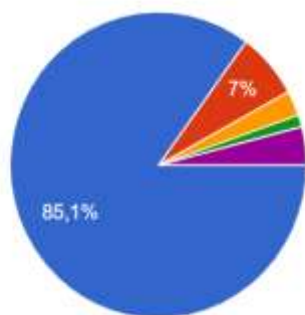
Аналіз показників опитування.

У ході дослідження було опитано 791 респондент таких цільових груп: керівники та викладачі ОІППО; керівники та викладачі ЗВО; директори закладів освіти та вчителі; керівники та викладачі закладів професійної (професійно-технічної) освіти; керівники та співробітники закладів позашкільної освіти (рис. 2.1.3).

У якому закладі Ви працюєте

791 відповідь

 Копіювати



- Заклад загальної середньої освіти
- Заклад професійної (професійно-технічної) освіти
- Заклад позашкільної освіти
- Заклад вищої освіти
- Інститут післядипломної педагогічної освіти

Рис. 2.1.3. Заклади, в яких працюють учасники Проєкту

Найбільша частина опитаних респондентів представляє сільські заклади освіти (34,4 % у загальній виборці), тоді як доля опитаних з міських закладах складає 27,2%, а закладів зі селищ міського типу (сmt) – 19,8% (табл. 2.1.2.).

Таблиця 2.1.2.

Густота учасників Проєкту в населених пунктах

Тип населеного пункту, в якому розташовується заклад освіти, у %	
Місто	27,2
Селище міського типу (сmt)	19,8
Село	34,4
Всього:	100

За соціо-демографічними даними більшість респондентів можна описати як жінку 41–50 років, яка має педагогічний досвід роботи на посаді понад 15 років та мешкає в тому ж населеному пункті, де знаходиться заклад освіти. Більш детальна соціо-демографічна інформація щодо опитаних за статтю,

посадою, віком, педагогічним досвідом представлена у рис. 2.1.2., 2.1.3., 2.1.4. та таблиці 2.1.2.

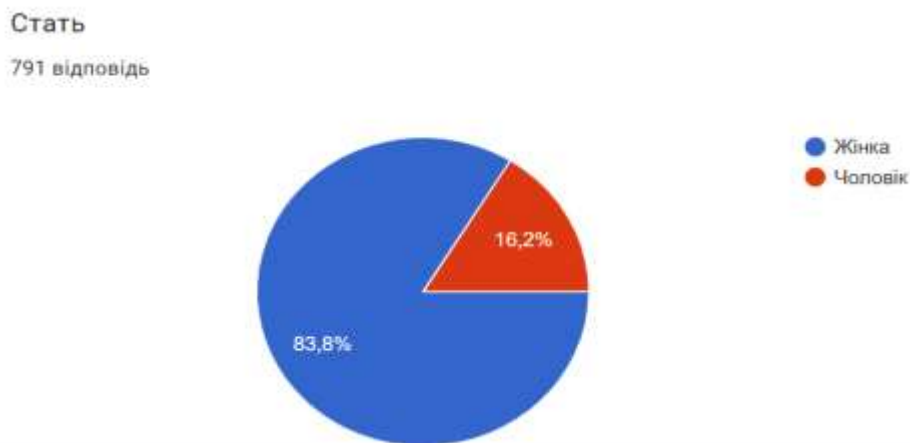


Рис. 2.1.4. Визначення кількості учасників педагогічних колективів, які беруть участь у Проекті, за гендерною ознакою

Освітня галузь знань, пов'язана з професійною діяльністю (див. Перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF#Text>))

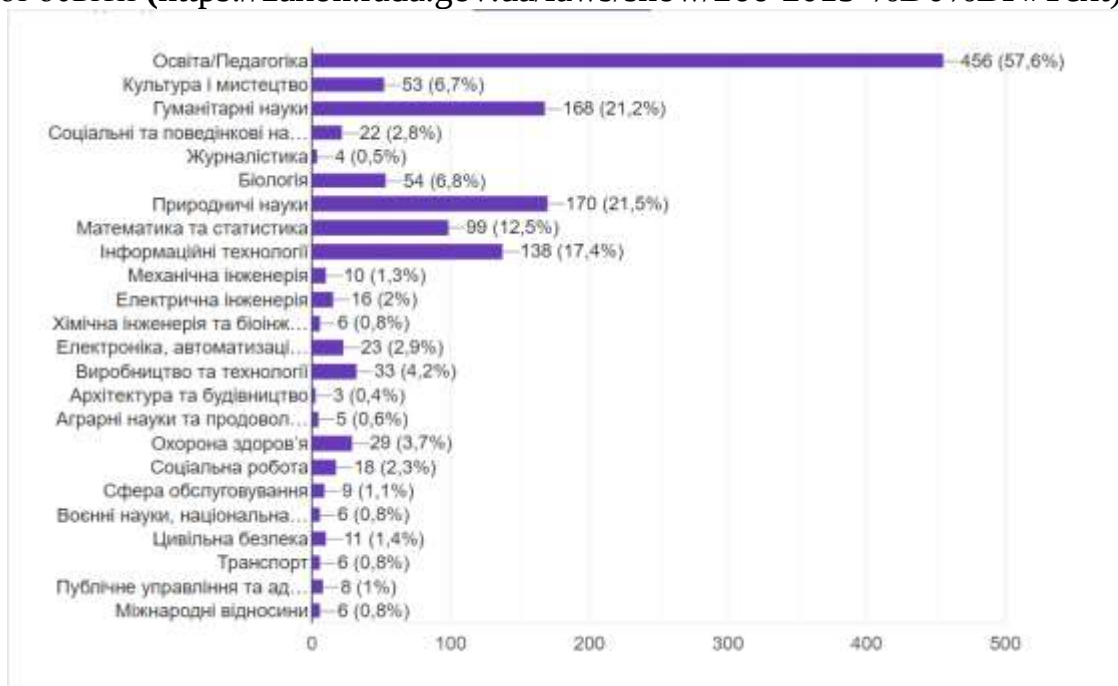


Рис. 2.1.5. Освітні галузі знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти

Таблиця 2.1.3.

Вік керівника закладу освіти, який бере участь у Проекті

Вік керівника закладу освіти, у %	
31–40 років	14
41–50 років	50
Понад 50 років	36
Всього:	100

Ви маєте досвід

 Копіювати

791 відповідь

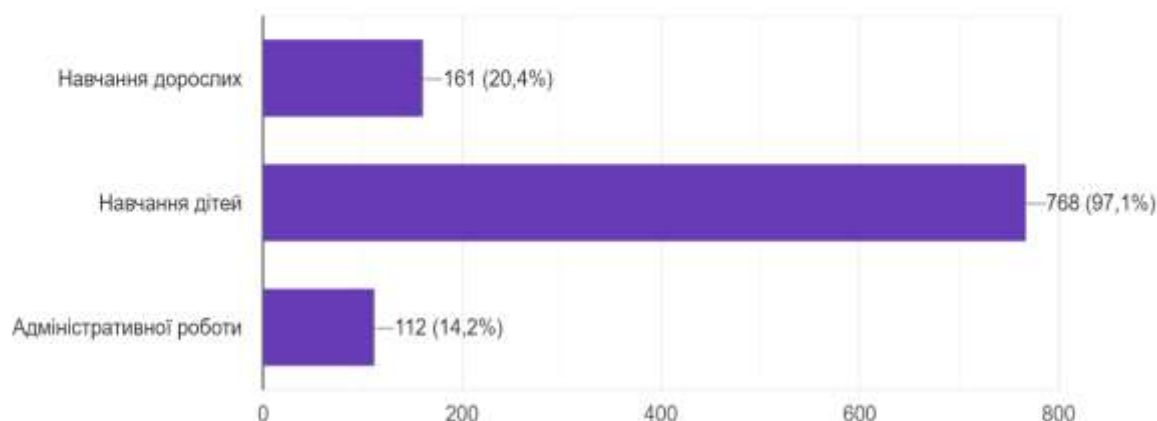


Рис. 2.1.6. Досвід педагога, який бере участь у Проєкті

Відповідно до рис. 2.1.6. можна побачити ступінь готовності педагогів (педагогічний аспект) щодо впровадження STEM-освіти у рамках реалізації Проєкту.

Респондентам різних цільових груп було запропоновано визначити рівень мотивації щодо участі у Проєкті (рис.2.1.7).

Оцініть рівень власної мотивації до участі у проєкті.

 Копіювати

791 відповідь

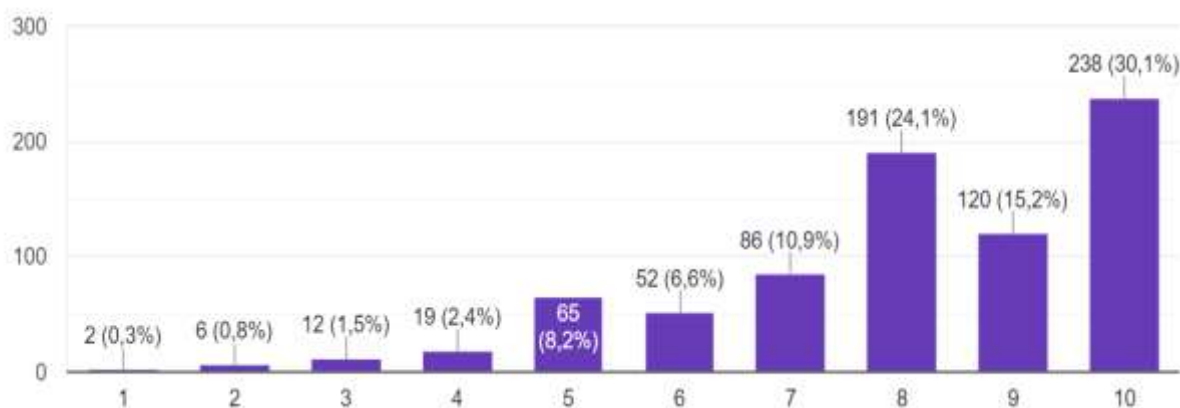


Рис. 2.1.7. Рівень власної мотивації педагога до участі в Проєкті

Варто зазначити комплексний підхід у визначенні цього питання, оскільки представники груп:

- 43,2% бажають активно організовувати STEM-проєкти; лише 3% невмотивовані щодо впровадження STEM-освіти (рис. 2.1.7);
- 55% респондентів мають бажання здійснювати навчання дорослих основам STEM-освіти, 21% – не зацікавлені такою діяльністю (рис. 2.1.8);
- поглибили власний фаховий рівень;
- набути дослідницької компетентності.

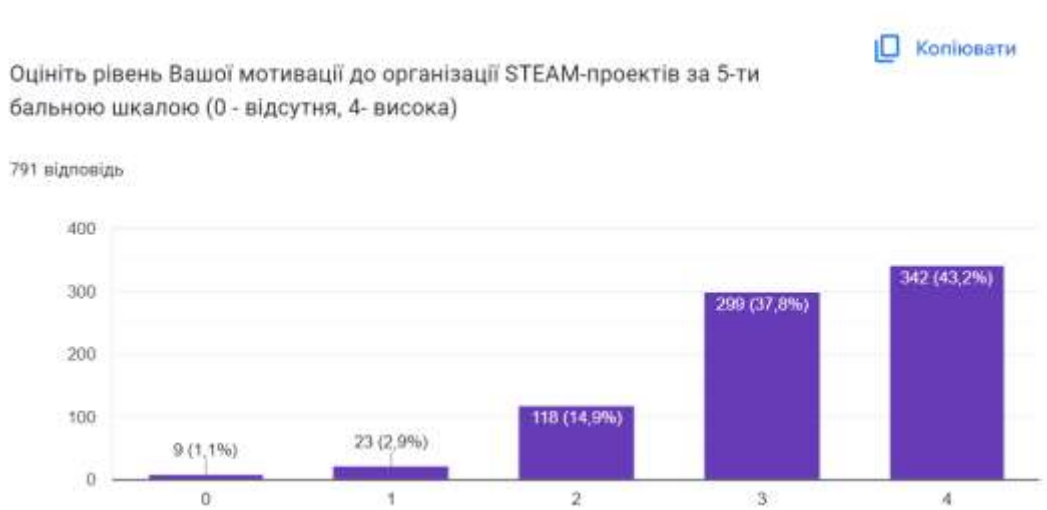


Рис. 2.1.8. Рівень мотивації педагогів до організації STEAM-проектів



Рис. 2.1.9. Рівень мотивації педагогів до тренерської роботи з організації STEAM-проектів

Найменше відповідей було біля таких запропонованих позицій в опитувальнику:

- недостатній рівень фахової підготовки респондентів, що є доволі сумнівним з огляду на опис фахових показників учасників опитування;
- невіру у власні «сили» чи цінність власних напрацювань;
- невміння налагоджувати комунікацію та працювати у команді тощо.

90% педагогів знають і розуміють основні поняття, пов'язані із STEM-освітою, 25% опитаних педагогів у своїй практиці використовують STEM-підходи. Найпоширеніші приклади упровадження STEM-навчання педагоги назвали: STEM-проекти (72%); STEM-школа (47%); STEM-тиждень (40%).

Результати опитування показали, що педагоги ознайомлені з напрямками STEM-освіти, такими як: робототехніка, комп'ютерне моделювання, програмування, веб дизайн, цифрове мистецтво тощо.

Перевагу з питань підвищення кваліфікації та професійного розвитку респонденти надають в більшій мірі самоосвіті – 63%, в той час як курсам підвищення кваліфікації з даного напрямку віддали перевагу тільки 29%

опитаних. Такі показники є свідченням недостатньої роботи з розроблення системи підвищення кваліфікації з питань впровадження STEM-освіти як на державному, так і на регіональному рівнях.

Зростання фахового рівня викладачів (не тільки і не стільки інформатики), надані технічні можливості та внутрішня мотивація спричинили позитивні зрушення у соціалізації і профорієнтації здобувачів освіти, а також сприяли набуттю ними STEM-компетентності (рис. 2.1.10). Цікаво відмітити, 45% опитаних зазначають, що невідстрочене у часі навчання викладачів і директорів закладів загальної середньої освіти (далі – ЗЗСО) дозволило максимально ефективно використати надані технічні засоби.

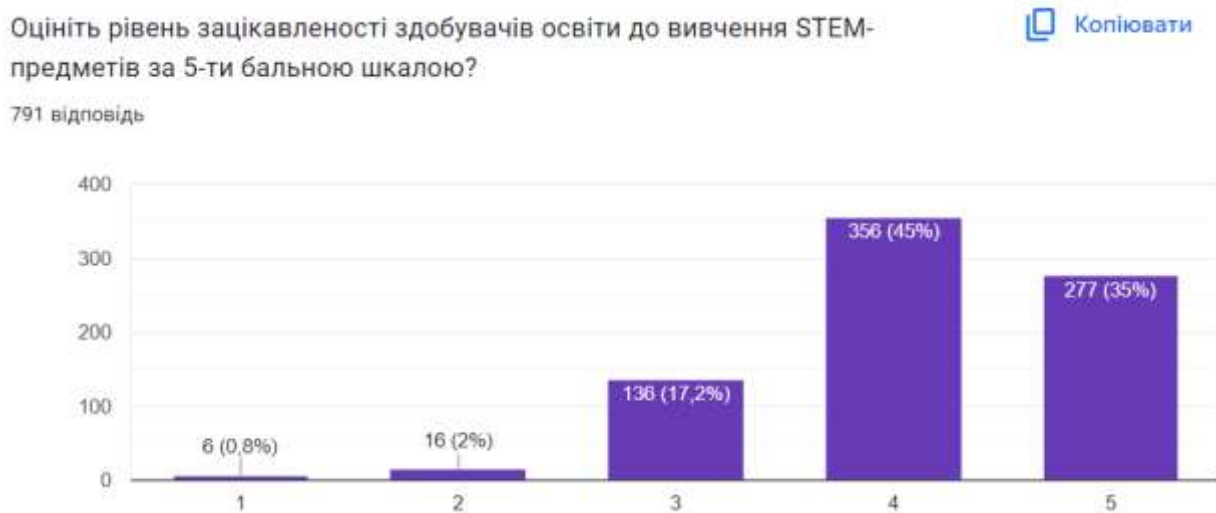


Рис. 2.1.10. Ступінь готовності педагогів (технічний аспект) щодо впровадження STEM-освіти у рамках Проєкту

Сучасне суспільство потребує від шкільної освіти підготування молоді, здатної відповідати на виклики часу, компетентної та мобільної на сучасному ринку праці, яка має громадянську позицію та ефективно здійснює діяльність, саморозвивається та здатна навчатись протягом життя. Сучасна шкільна освіта покликана не тільки надавати знання та формувати навички для життя в суспільстві, а й сприяти набуттю життєвих ціннісних орієнтацій, розвитку вмінь прийняття рішень, застосування інформаційних і комунікаційних технологій, мобільності й адаптивності. Це обумовлює необхідність побудови змісту освіти на компетентісних засадах. Для створення умов для STEM на компетентісних засадах потрібно відповідне технічне обладнання, зокрема облаштування STEM-центрів/STEM-лабораторій/STEM-хабів.

Враховуючи світовий досвід, ефективним механізмом розгортання STEM-центрів є утворення у кожній області відокремленого закладу освіти відповідно до окремого положення (може бути структурним підрозділом обласного інституту післядипломної педагогічної освіти та/або мати регіонально розподілену мережу підрозділів/відділів).

Обласний STEM-центр має бути обладнаний як надсучасна STEM-лабораторія з урахуванням уже наявних технічних засобів у закладах загальної середньої та професійної (професійно-технічної) освіти області.

На думку учасників Проєкту, STEM-лабораторія – комплекс навчальних кабінетів або приміщень закладу освіти, оснащений сучасними засобами навчання та обладнанням для залучення здобувачів освіти до навчально-дослідницької, дослідницько-експериментальної, конструкторської, креативної, винахідницької та пошукової діяльності відповідно до стандартів освіти, освітніх та навчальних програм з використанням проєктних технологій в освітньому процесі.

Слід зазначити, що лише 11,8% респондентів мають STEM-лабораторії (рис. 2.1.11). Важливим також є той факт, що 50% лабораторій розміщені в одній аудиторії (рис. 2.1.12).

Чи є в вашому закладі освіти STEM-лабораторія?

34 відповіді

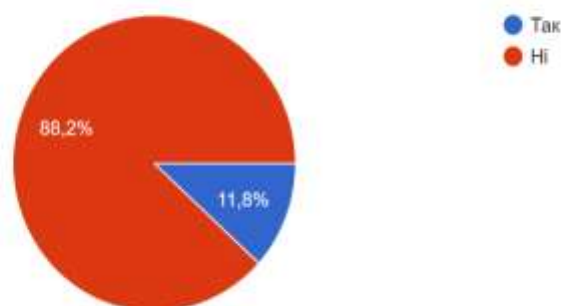


Рис. 2.1.11. Наявність STEM-лабораторії у закладі освіти, що бере участь в Проєкті

STEM-лабораторія побудована, як -

4 відповіді

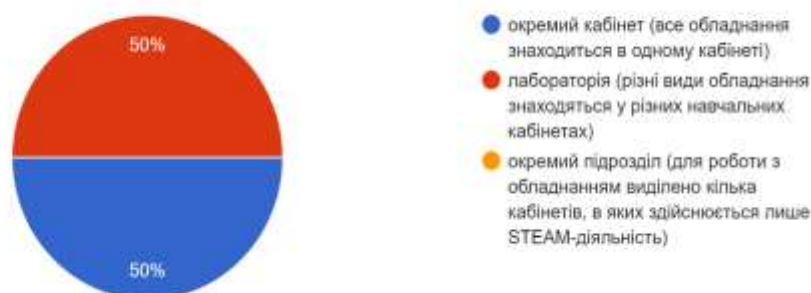


Рис.2.1.12. Особливості побудови STEM-лабораторії у закладі освіти

Щодо оснащення сучасними засобами навчання та обладнанням для залучення здобувачів освіти до навчально-дослідницької, дослідницько-експериментальної, конструкторської, креативної, винахідницької та пошукової діяльності з використанням проєктних технологій в освітньому процесі:

25% опитаних підтвердили, що в STEM-лабораторії реалізовано технології 3D друку та 3D моделювання (рис. 2.1.13), розгорнуто фото-відео студію, системи візуалізації (рис. 2.1.14), робототехніка (рис. 2.1.15)

В STEM-лабораторії реалізовано технології 3D друку та 3D моделювання

4 відповіді

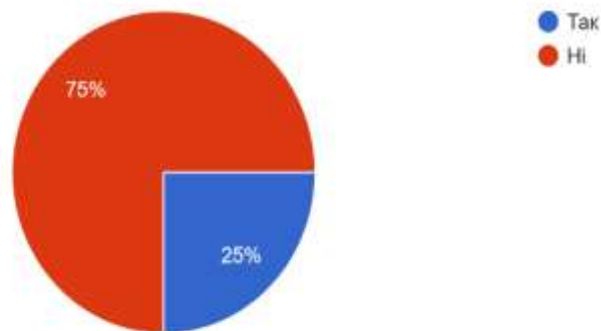


Рис. 2.1.13. Наявність технології 3D друку та 3D моделювання в STEM-лабораторії закладу освіти

Чи розгорнуто фото- відео студію, системи візуалізації

4 відповіді

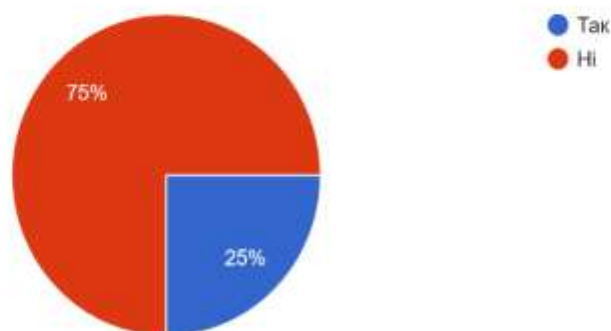


Рис. 2.1.14. Система візуалізації, фото-відео студія в STEM-лабораторії закладу освіти

Чи представлений в STEM-лабораторії напрям робототехніки

4 відповіді

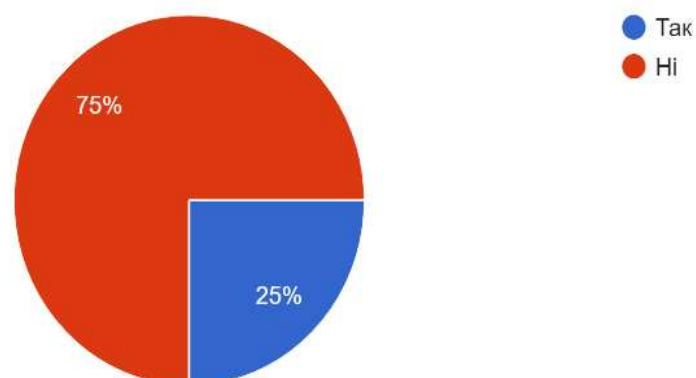


Рис. 2.1.15. Робототехніка в STEM-лабораторії закладу освіти 50% закладів-учасників Проєкту впроваджують такий напрям, як електроніка (рис. 2.1.16)

Чи представлений в STEM-лабораторії напрям електроніки

4 відповіді

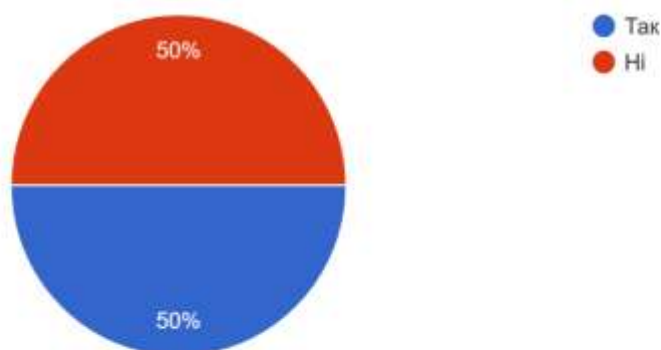


Рис. 2.1.16. Електроніка в STEM-лабораторії закладу освіти

Щодо вміння працювати із засобами навчання та обладнання, то педагоги всіх закладів освіти відмічають, що володіють фото-, відеопристроями, далі у рейтингу з обладнання у педагогів ЗЗСО – 3D ручки, у педагогів закладів позашкільної освіти – навчальні роботи. Щодо педагогів ЗЗСО, 11% опитаних зазначили, що не володіють та не використовують STEM-обладнання, в закладах позашкільної освіти такий показник є нульовим.

З огляду на це респондентам було запропоновано оцінити обладнання STEM-лабораторії під кутом впливу на формування в здобувачів освіти соціальних, комунікативних, інформаційних, саморозвиткових і самоосвітніх компетентностей та здійснюваних у здатності до продуктивної творчої діяльності. 50% опитуваних підтвердили можливість проведення лабораторних/практичних робіт з біології та хімії, 25% з медицини, 75% з фізики (рис. 2.1.17).

Чи є в STEM-лабораторії обладнання для проведення робіт з

4 відповіді

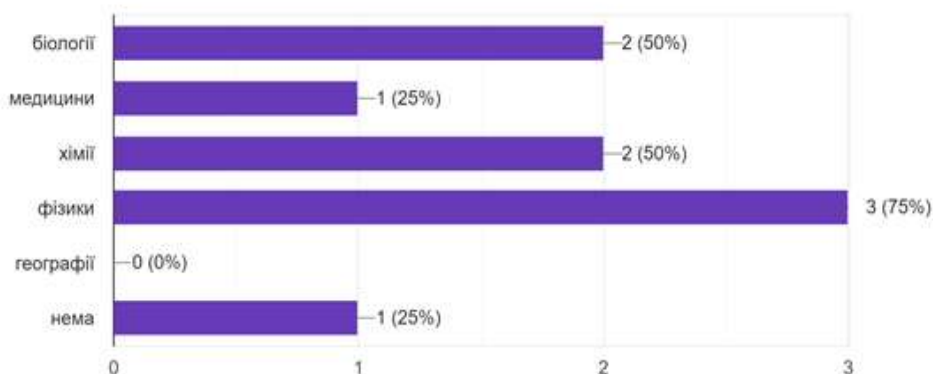


Рис. 2.1.17. Наявність обладнання для проведення робіт в STEM-лабораторії закладу освіти

Однак незалежно від форми проведення навчання, респонденти всіх цільових груп відмічають практичну значущість такого навчання.

У процесі проведення опитування серед респондентів із напряду STEM авторами дослідження відпрацьовано методику проведення онлайн-опитування відповідно до визначених принципів та завдань.

Результати опитування свідчать про актуальність реалізації Плану заходів Проєкту.

Аналіз показників опитування дозволив виявити наступні протиріччя:

- між вимогами до STEM-освіти і традиційним змістом методичної роботи;
- між змістом основних напрямів STEM-освіти та наявними програмами підвищення кваліфікації педагогів зі STEM-освіти;
- між наявною системою атестації педагогічних кадрів і необхідністю регулярної об'єктивної оцінки рівня сформованості професійних компетентностей вчителів та керівників закладів в сфері STEM;
- між переважно державним характером фінансування і необхідністю створення ринку освітніх послуг для функціонування STEM-освіти;
- між актуальністю побудови персоніфікованих моделей роботи з педагогічними працівниками в сфері STEM і відсутністю розробок щодо діяльності системи підвищення кваліфікації при реалізації диференційованого підходу професійної підготовки в STEM напрямі;
- між тенденціями мережевої взаємодії методичних служб, освітніх установ та закладів освіти, окремих педагогів в сфері STEM і відсутністю науково-методичного обґрунтування цього процесу.

Список використаних джерел

1. Глобальний індекс інновацій 2022. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2022/ (дата звернення: 12.05.2023).
2. Закон України «Про інноваційну діяльність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text> (дата звернення: 12.05.2023).
3. Мариновська О. Я. Педагогічна інноватика & Менеджмент інновацій : навч.-метод. посіб. Івано-Франківськ : Місто НВ, 2019. С. 346.
4. Положення про порядок здійснення інноваційної освітньої діяльності, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 07 листопада 2000 року № 522 (зі змінами), зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 26 грудня 2000 року за № 946/5167. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0946-00#Text> (дата звернення: 12.05.2023).
5. Інноваційні педагогічні технології в практиці роботи закладів загальної середньої освіти України: Інформаційно-аналітичний довідник / За заг. ред. Ю.І. Завалевського. Київ–Чернівці: «Букрек», 2018. 292 с.
6. Освіта України в умовах воєнного стану. Інноваційна та проєктна діяльність: Науково-методичний збірник / за загальною ред. С. М. Шкарлета. Київ–Чернівці «Букрек». 2022. 140 с.

7. Впровадження ідей, систем, моделей, технологій у практику роботи закладів загальної середньої освіти як результат експериментів усеукраїнського рівня: інформаційно-аналітичний довідник / За заг. ред. Ю. І. Завалевського. Київ–Чернівці: «Букрек», 2020. 144 с.

8. Дослідно-експериментальна робота всеукраїнського рівня у закладах освіти України: інформаційно-аналітичний довідник / Упорядники: С. М. Бойко, Л. М. Павлова, О. І. Кіян, Г. Е. Самойленко, І. Д. Кондратюк та ін. / За заг. ред. Ю. І. Завалевського, С. В. Кириленко. Київ: редакційно-видавничий центр Київського Палацу дітей та юнацтва, 2020. 72 с.

9. Організатору інноваційної діяльності та дослідно-експериментальної роботи у загальноосвітньому навчальному закладі: методичний poradnik / Автори-упорядники: І. Н. Євтушенко, Ю. І. Завалевський, С. В. Кириленко, О. І. Кіян, К. В. Таранік-Ткачук. Київ–Чернівці: Букрек, 2014. С. 150.

10. Кириленко С., Кіян О. Поліфункціональний урок у системі STEM-освіти: теоретико-методологічні та методичні сегменти. *Рідна школа*. 2016. № 4. С. 50–54.

11. Stryzhak O., Dovgyi S., Demianenko V., Popova M., Gayevska O. Cognitive digital platforms of scientific education. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*. 2021. No 19. P. 35–47. <https://doi.org/10.31392/iscs.2021.19.035>.

12. Інформаційно-навчальні ресурси. Капсули знань : колективна монографія / за ред. С. О. Довгого, О. Є. Стрижака. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 215 с.

13. WEB-програмний комплекс «Редактор онтологічних сценаріїв бази знань». Методичні рекомендації створення електронних освітніх ресурсів на основі використання когнітивних сервісів комплексу формування онтологічних сценаріїв. Київ: Видавництво «Національний центр «Мала академія наук України»», 2020. 195 с.

14. Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України. URL: www.stemua.science (дата звернення: 19.06.2023).

2.2 Прикладні дослідження як інструмент ефективного розвитку STEM-освіти в Україні

© **Черноморець В. В.,**

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4143-5046>

© **Василенко І. В.,**

ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6832-0930>

Реформування та модернізація сучасної освіти України у напрямку інтеграції в Європейський освітній простір передбачає розробку та впровадження інноваційних освітніх систем і технологій. Рівень реалізації технологічного підходу є одним із найважливіших критеріїв, за якими визначається конкурентоспроможність та престиж навчального закладу, оскільки освітні технології забезпечують системність, цілеспрямованість, ефективність, результативність його діяльності [1, с.80].

Посилення ролі STEM-освіти зумовлюється підвищенням мотивації учнівської молоді до вивчення предметів природничо-математичного циклу й, водночас, високим запитом виробничої сфери на працівників, що володіють компетентностями для постановки і виконання завдань у сферах: інженерії, медицини, екології, ІТ, фармацевтики, нанотехнологіях, авіабудуванні та інших.

Використання провідного принципу STEM-освіти – інтеграції, дає змогу осучаснити методологічні засади, зміст, обсяг навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію навчання та формування навчальних компетентностей якісно нового рівня [2, с.38].

Проблематика досліджень, які спрямовані на вивчення тенденцій та механізмів впровадження STEM-освіти в Україні висвітлена у працях О. Бутурліної, Т. Лисоколенко, С. Довгаля, О. Патрикєвої, В. Черноморець, І. Василенко, М. Коваленко та інші.

Активізувало подальшу роботу науковців, методистів, педагогів ухвалення Кабінетом Міністрів України Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), реалізація якої передбачена до 2027 року, та плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року.

За останні п'ять років STEM-освіта перетворилась на повноцінну галузь вітчизняного освітнього простору. Особливостями STEM-освіти є: планомірний, прогресивний й динамічний розвиток, здатність швидко реагувати на процеси модернізації і реформування, оперативно відповідати на виклики сьогодення, пов'язані із широким впровадженням таких форм здобуття освіти, як дистанційна та змішана.

Основні напрями, за якими відбувається розбудова STEM-освіти були і залишаються: створення законодавчо-правової бази, методологічного та науково-методичного підґрунтя, проведення досліджень змісту та результатів

процесу, ознайомлення педагогів із кращими зразками зарубіжного та українського інноваційного досвіду, навчання, супровід та підтримка STEM-вчителів тощо.

Вагомим інструментом, за допомогою якого вдається отримувати, аналізувати дані щодо стану розвитку STEM-освіти, є систематичні дослідження змісту, процесів та результатів явищ притаманних галузі, які щороку проводить ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». Це не просто збір і обробка первинних даних, а насамперед, їх аналіз та трансформація у значиму і корисну інформацію, яку можна використовувати для прийняття управлінських рішень.

Тематика досліджень різноманітна, вона продиктована самою логікою розвитку STEM-освіти, це: вивчення думки педагогічної громадськості щодо визначення сутності STEM-освіти, з'ясування рівня готовності навчальних закладів до інноваційної діяльності, вивчення стану рівного доступу учнівської молоді до вибору та отримання STEM-професій, стану розвитку STEM-освіти в Україні, ефективності освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі, стану розвитку STEM-центрів/лабораторій в Україні тощо.

Основними завданнями проведених досліджень є:

- з'ясувати реальний стан впровадження та розвитку STEM-освіти в закладах освіти України;
- проаналізувати дані щодо забезпечення науково-методичної, матеріально-технічної баз STEM-освіти, розвитку професійної компетентності зі STEM-освіти тощо;
- проаналізувати динаміку створення STEM-центрів/лабораторій в Україні.

На підготовчому етапі, зазвичай, створюється робоча група, яка займається організацією проведення дослідження (формулює мету і завдання дослідження, готує запитання до анкет, проводить апробацію інструментарію, затверджує аналітичний звіт за результатами дослідження. До складу робочої групи входять науковці (доктори та кандидати педагогічних, філософських, економічних наук, методисти, вчителі-новатори з різних установ та областей України).

У 2016 році, більшість опитаних (до 60%) не могли надати чіткого формулювання змісту поняття STEM-освіта та визначити своє ставлення до впровадження такої інновації. У 2021 році 98,4% респондентів називають STEM-навчання ефективним напрямом реалізації концептуальних засад НУШ, більше половини (до 55%) вважають STEM передовою інноваційною педагогічною технологією навчання, ефективним процесом здобуття якісної освіти за STEM-дисциплінами в умовах НУШ, шляхом до збільшення кількості спеціалістів у сфері професій майбутнього: ІТ-, нано- та біо- технологій, інженерії тощо.

Результати досліджень свідчать, що на сьогодні в Україні формально забезпечено рівний доступ юнаків та дівчат до обрання та отримання STEM-професій, тих, які сьогодні називають «професії майбутнього». Відсутня виражена гендерна асиметрія при виборі старшокласниками життєвої

траєкторії. І юнаки, і дівчата планують отримати вищу освіту, працювати за фахом, поєднати кар'єру з сімейними обов'язками тощо.

Вибір молоддю професії продовжує відповідати усталеним у суспільстві стереотипам: більшість дівчат (64%) орієнтуються на «жіночі» професії суспільно-гуманітарного, адміністративно-управлінського, юридично-правового, культурологічного та медичного напрямків а хлопці (68%) на «чоловічі» професії інженерно-технологічного, фізико-математичного, фінансово-економічного, інформаційно-комунікаційного та військового спрямування [2, с.14].

Інтерес до технологічних професій вище у юнаків. Лише 17% опитаних старшокласниць заявили про те, що їх майбутня професія буде мати природничий напрям (10%), фізико-математичний (2,8%), інженерно-технологічний (2,4%), інформаційно-комунікаційний (2,2%). Вплинути на ситуацію можливо завдяки впровадженню комплексних профорієнтаційних заходів для здобувачів освіти у форматі проєктів «Професії майбутнього», тижнів із популяризації STEM-освіти тощо, які передбачені планом заходів щодо реалізації Концепції розвитку STEM-освіти до 2027 року [2, с.15].

Безумовно позитивним є той факт, що 82,2% дівчат та 76,9% впевнено заявили, що не бачать жодної дискримінації за гендерною ознакою при доступі до обрання та оволодіння інженерними, високотехнологічними професіями.

65,5% опитаних вважають, що учні з особливими освітніми потребами також мають рівний доступ до обрання та оволодіння інженерними, високотехнологічними професіями. Маємо практично такі ж результати, щодо умов для вільного доступу учнів з особливими освітніми потребами до STEM-центрів, гуртків, куточка профорієнтаційної роботи тощо [3, с.53].

Ринок праці – система, яка змінюється дуже швидко. Поява нових технологій та інші процеси можуть як піднести в топ не особливо популярні сьогодні професії, так і, навпаки, зруйнувати популярність затребуваних зараз напрямів. Плануючи майбутнє своєї дитини, батьки обирають напрями майбутньої професійної діяльності, серед яких найпопулярніші: батьки дівчат – гуманітарний (16,3%), батьки хлопців – інженерно-технологічний (20,6%). Крім того, батьків цікавлять економічно-фінансовий напрям, природничий, юридично-правовий, охорона здоров'я, суспільний (соціологія, психологія, політологія, міжнародні відносини).

Освітнє STEM-середовище є структурним елементом освітнього середовища у цілому, це сукупність інтелектуальних та матеріальних умов впровадження науково-дослідної роботи, технологій, інжинірингу, інтегрованих знань, які забезпечують саморозвиток вільної і активної особистості, реалізацію творчого потенціалу дитини. Основними структурними компонентами освітнього STEM-середовища закладу є: алгоритм упровадження STEM у навчальному закладі (розробляють окремо для кожного закладу з огляду на реальні умови функціонування); STEM у позаурочній роботі (шкільні STEM-центри, STEM-лабораторії, гуртки за STEM-напрямами), методичне забезпечення (використання спеціальних програм та науково-методичних

розробок для впровадження STEM), кадри (наявність підготовлених фахівців, тренерів, тьюторів та умови для їх подальшого навчання й самоосвіти) тощо.

Результати досліджень показали, що 34% вчителів вважають, що в їхньому закладі освіти існує належне STEM-середовище, 17% зазначили, що створено частково, 49% респондентів відповіли, що не створено взагалі (рис. 2.2.1).



Рис. 2.2.1. Відповіді респондентів щодо STEM-середовища у закладах освіти

Респонденти вказали, що у закладі освіти створено: пришкільний майданчик для проведення ботанічних, астрономічних і метеорологічних спостережень, дослідів тощо (18%), клас/центр з освітньої робототехніки (14%), технічну лабораторію/майстерню (13%), оснащену лабораторію зі STEM-предметів (9%), ІТ-лабораторію (8%), STEM-центр (7%), віртуальний STEM-центр/лабораторія (6%). Чверть опитаних вказали, що жодного з перерахованого не існує в закладі освіти (рис.2.2.2).



Рис. 2.2.2. Наявність умов у закладах освіти для створення STEM-середовища

Відповідно до наявного обладнання відбувається визначення пріоритетності напрямку STEM діяльності закладу. Основними напрямками діяльності є: конструювання (37%), програмування, штучний інтелект (22%) освітня робототехніка (18%), тривимірне моделювання (13%), інженерія (10%), електроніка (8%), мехатроніка (3%) (рис. 2.2.3).

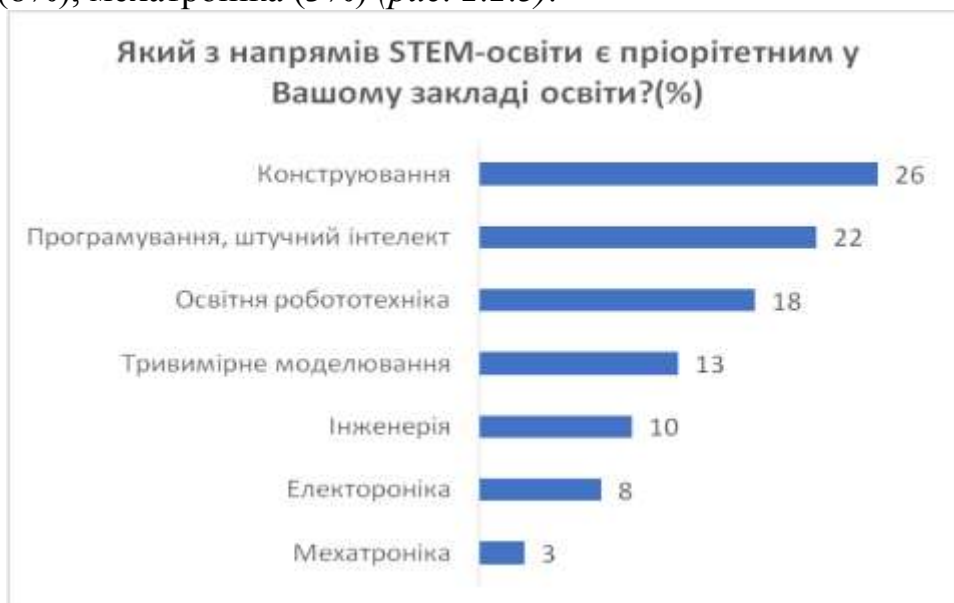


Рис. 2.2.3. Пріоритетні напрями STEM-освіти у закладах освіти

Осередками сучасного освітнього простору, які забезпечують реалізацію, науково-дослідницької діяльності здобувачів освіти є STEM- центри та STEM-лабораторії. Вони створюють умови щодо формування науково-орієнтованої освіти на основі модернізації математично-природничих та гуманітарних профілів, сприяють популяризації інженерно-технологічних професій серед молоді. За результатами дослідження 87% STEM-центрів/лабораторій створені та функціонують на базі закладів загальної середньої освіти. 5% працюють у закладах позашкільної освіти. Основними напрямками діяльності STEM-центрів/лабораторій є: робототехніка, наукові дослідження з предметів природничо-математичного циклу, програмування, ІТ-технології, 3D-моделювання, електроніка, мехатроніка. Для роботи використовуються набори конструкторів для проведення занять з робототехніки, обладнання для проведення навчальних досліджень з предметів фізики, хімії, астрономії, біології та географії, інтерактивні комплекси, цифрові лабораторії та датчики, 3D-принтери [4, с.237].

Керівники закладів освіти вважають, що необхідно покращити забезпечення викладання предмету сучасним обладнанням (82%). На запитання «Яке обладнання необхідно для ефективної роботи STEM-центру/лабораторії?» більшість відповідей склала: набір конструкторів для проведення занять з робототехніки, цифрові лабораторії та датчики, 3D-принтер, конструктор LEGO, комп'ютерна техніка, швидкий інтернет тощо. Найголовніше – присутність педагога, спроможного працювати в інноваційному просторі, бо без нього – все буде просто стояти(зі слів респондента).

Останні дослідження проведені відділом STEM-освіти ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» свідчать про те, що 91% опитаних педагогів-практиків знайомі із змістом Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) і підтримують такі її основні положення, як необхідність: підвищення рівня професійної компетентності педагогічних працівників, залучення фахівців високотехнологічних галузей до освітнього процесу (63%); модернізації навчально-методичної та матеріально-технічної бази профільних навчальних кабінетів та лабораторій закладів освіти (53,4%); оновлення змісту природничої, математичної та технологічної освітніх галузей, забезпечення доступності STEM-освіти (53%).

Як доводять результати досліджень, більшість (до 80% опитаних) керівників закладів освіти, вчителів, та керівників гуртків вважають що на сьогодні найбільш сприятимуть ефективному розвитку STEM-освіти такі заходи як: матеріально-технічна підтримка процесів розвитку STEM-навчання; створення STEM-середовища з урахуванням потреб та здібностей всіх здобувачів освіти: забезпечення освітнього процесу інтегрованими програмами за напрямками STEM; підготовка педагогічних працівників нової формації тощо.

Незважаючи на значні успіхи у розбудові STEM-освітньої галузі, значній державній підтримці, активній діяльності педагогів-новаторів залишаються проблеми, які потребують вирішення. Учасники досліджень (до 75%) вказують, на необхідність: забезпечення викладання предметів сучасним обладнанням; включення в курси підвищення кваліфікації програм з питань розвитку STEM (61%); сприяння популяризації та ознайомлення з досвідом педагогів-новаторів, які розвивають напрями STEM (60%). Майже 94% респондентів-вчителів потребують додаткових теоретичних та практичних знань з питань методики розробки та проведення STEM-уроків, реалізації STEM – проєктів.

Окрім науково-дослідницького значення, дослідження які проводить ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», мають і практичну спрямованість. Відповідно до результатів досліджень робляться висновки про реальний стан розвитку вітчизняної STEM-освіти, про проблеми які хвилюють педагогів та здобувачів освіти. Визначаються шляхи подолання перешкод для вільного доступу до STEM-навчання. Із результатами досліджень ознайомлюється педагогічна громадськість, вони стають предметом обговорення під час конференцій, семінарів, круглих столів і вебінарів.

Відповісти на виклики сьогодення, досягти бажаних результатів можна лише шляхом об'єднання та координації зусиль всіх зацікавлених у підготовці сучасних, освічених, професійних кадрів: управлінців, методистів, педагогів, батьків, представників громадськості.

Список використаної джерел

1. Новак О. Особливості впровадження інноваційних технологій у практику роботи загальноосвітніх навчальних закладів. *Психолого-педагогічні проблеми сільської школи*. 2014. 51. С. 80.

2. Патрикеева О. О., Каменева І. В., Черноморець В. В., Коваленко М. В. Як старшокласники обирають майбутню професію (за результатами

дослідження «Вивчення стану рівного доступу учнівської молоді до вибору та отримання STEM-професій»). Методист, 2019, № 8 (92). С. 12–28.

3. Патрикєєва О. О., Каменєва І. В., Черноморець В. В., Коваленко М. В. Професійне майбутнє старшокласників (висновки та пропозиції). Методист, 2019 № 8 (92) С.52–59.

4. Черноморець В. В., Василенко І. В., Коваленко М. В. Впровадження STEM-освіти в закладах освіти України (за результатами дослідження «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі. Стан розвитку STEM-освіти»). Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції, 12–13 травня 2021 р. м. Кропивницький: Льотна академія НАУ, 2021. С. 236–240.

5. «Про освіту» Закон України від 05.09.2017 № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.

6. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018- 2020 роки (2018): розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.01.2018 № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80>

7. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

8. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах середньої та позашкільної освіти у 2023/ 2024 навчальному році. Лист ІМЗО від 01.08.2023 № 1242. URL: https://drive.google.com/file/d/1XohXNsGS5xfSqFlxyen_QKZJ0ifi1HFj/view

9. Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій : наказ Міністерства освіти і науки України від 29.04.2020 № 574. URL: <https://imzo.gov.ua/2020/04/30/nakaz-mon-vid-29-04-2020-574-pro-zatverdzhennia-typovoho-pereliku-zasobiv-navchannia-ta-obladnannia-dlia-navchal-nykh-kabinetiv-i-stem-laboratoriiv/>

10. Про затвердження плану заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.04.2021 № 320-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shchodo-populyarizaciyi-prirodnichih-nauk-ta-s140421>.

11. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.01.2021 № 131-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>.

12. Національний Звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2018. URL: https://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/PISA_2018_Report_UKR.pdf.

2.3 Practice-oriented features of STEM-education in physics and technical disciplines in institutions of higher education

© Kuzmenko O. S.,

D. Sc. in Pedagogy, Associate Professor, Professor,
Donetsk State University of Internal Affairs, Kropyvnytskyi, Ukraine
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

© Savchenko I. M.,

PhD in Pedagogy, Senior Researcher,
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

© Demianenko V. B.,

PhD in Pedagogy,
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

© Skiba J.,

Cuiavian University in Włocławek

In the Concept of Development of the National Innovation System of Ukraine, education is defined as one of the leading institutions or the implementation of consistent state policy regarding innovations, the country's innovative and intellectual potential, its competitiveness on the world market of technologies, scientific knowledge and labor resources. Ensuring the innovative orientation of education should be carried out by creating innovative educational structures (STEM-centers, STEM-laboratories, etc.), reforming the education system taking into account the requirements of European standards and preserving cultural and intellectual national traditions, implementing educational programs aimed at nurturing creativity in children and youth thinking and a positive attitude towards innovations [1].

The transition to an innovative type of development of higher education institutions (HEIs) is of great socio-economic and humanistic importance since today the main focus is on the processes of transforming a person from an agent of scientific, technical and social progress into a real subject, the deployment of a person's creative potential and its realization [2].

The professions of the future require the acquisition of professional competencies (soft skills of the next generation) using STEM technologies (3D printers, robotics kits, digital technologies, STEM teaching methods, etc.), which create conditions for finding optimal ways to interest students in the process study of physics and technical disciplines in conditions of transdisciplinarity.

Education is one of the important vectors of the reformation (approval of the Concept of Development of Science and Mathematics (STEM-education) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>), which not only remained aloof from processes of globalization, processes of software nation, innovative development, and is actively involved in them. The acceleration of the processes of globalization in the economy and politics imposes new requirements on

the structure and quality of education, science and the implementation of innovative learning technologies (digital, virtual, mechatronic, additive, etc.). Therefore, we note that when considering the didactic aspects of technical HEIs, it is important to take into account two main learning theories that are characteristic of the development of STEM:

- *associative* – the basis of explanatory and illustrative teaching, which was founded in the 17th century. D. Locke, J. Komenskyi and improved by L. Vygotskyi (zone of personality development), which was successfully developed by D. Bogoyavlenskyi, N. Menchynska; L. Zankov (developmental function of traditional education); P. Yerdniev, B. Yerdniev (consolidation of didactic learning units); V. Shatalov, Z. Shevchenko (intensification of visual learning); S. Lysenkova (anticipatory training); E. Ilyin, T. Goncharova, (using the educational potential of training); V. Cheredov, S. Kurganiv, V. Dyachenko, A. Reznik, N. Guzik (organization of training based on effective interaction of training subjects); V. Volkov (individualization of training) and others;

- *activity* – the theory of problem-based learning by A. Matyushkin, M. Makhmutov, the theory of the step-by-step formation of mental actions by P. Halperin, N. Talyzina, based on the works of L. Vygotskyi, the theory of the psychology of educational activity.

Without rejecting the theories defined above, we share the point of view of V. Kremen, O. Lyashenko, M. Fitsula, V. Lozova, that modern didactics consists in ensuring effective education, spiritual enrichment, development of the subject of learning, its activity, talent, creative potential, abilities to independently acquire new knowledge, in creating conditions for its self-realization, which is directly revealed in the features of the implementation of STEM education technologies.

Therefore, based on modern realities, it is advisable to enrich the associative and activity theory with the theoretical achievements of transdisciplinary, competence-oriented, professionally oriented approaches to the study of educational phenomena and processes in the teaching of physics and technical disciplines based on STEM technologies. The implementation of cognitive, operational-technological, axiological, motivational and other components of the specified approaches should ensure the formation of education seekers not only modern knowledge, the practical direction of abilities and skills in teaching physics and technical disciplines based on STEM technologies, but also an emotional and valuable attitude towards lifelong learning. In this regard, the task arises to determine effective means of implementing the outlined approaches in STEM education of future technical and engineering specialists.

Practice-oriented features of teaching physics and technical disciplines based on STEM education

The search for ways and means of improving the quality of training of competitive specialists is outlined in works [3; 4; 5]. Theoretical and practical issues of the implementation of STEM technologies in the educational process of educational institutions are discussed in works (I. A. Slipukhina, O. E. Stryzhak, I. M. Savchenko, N. I. Polihun, I. S. Chernetskyi, V. D. Sharko., O. O. Patrikeeva, etc.), in which methodological approaches, definitions, ways of forming

professionally important qualities regarding the implementation of STEM training in the educational process of educational institutions are disclosed.

Recommendations for the implementation of STEM-education reform (Australia, England, USA, Netherlands, Scotland) are described in [6–11].

Australia, China, England, Korea, Taiwan, and the United States have experience with K-12 STEM curricula designed as a set of integrative interdisciplinary approaches in each of the STEM disciplines (physics, engineering, technology, and mathematics). A great deal of attention in these training programs is given to the students to understand how STEM-education will affect careers in the profession and gender balance in education [6; 7; 8]. In France, Japan, and South Africa, general education institutions and extracurricular professional organizations are engaged in the development of informal STEM-education programs (summer camps, extracurricular activities, competitions, etc.), which draw the attention of schoolchildren to STEM professions and provide opportunities for learning in various directions STEM-education [9; 10]. In order to popularize engineering and technical professions among education seekers in Ukraine, the project "STEM: professions of the future" was implemented as part of the program of the European organization CSR Europe (Brussels) – "Deploy Your Talents – Stepping up the STEM Agenda for Europe".

STEM integration in institutions of general secondary and higher education was outlined in works of scientist P. Atamanchuk [12]; the peculiarities of teaching physics, labor protection and life safety are outlined in the work of scientist S. Dembitska; N. Polihun determined the criteria and indicators of the inclination of subjects of study to their own research searches, taking into account the concept of STEM-education [3]; I. Slipukhina revealed the features of the application of a multidisciplinary approach in STEM-education and the pedagogical prerequisites for the use of digital measuring complexes as a formative factor of a STEM-oriented educational environment; the category of transdisciplinarity as a fundamental integrated category of STEM-education was explored by O. Stryzhak in his works.

It should be noted that one of the directions of reforming physical education in HEIs, particularly technical ones, is to strengthen its methodological focus with the use of STEM learning technologies. There is a need for physics, as a science, to be perceived by the subject of study, not as a list of discoveries or the presence of formulas, but rather to form scientific thinking in the process of learning about the surrounding world and to have a significant impact on the students' study of professional disciplines of technical specialities.

The chosen direction of scientific research is related to the topic of the scientific research work "Introduction of innovative technologies in the process of teaching physical and mathematical disciplines in the conditions of the development of STEM education" (state registration No. 0117U000789) and to the research and experimental work of the All-Ukrainian level on the topic "Scientific and methodological principles of the creation and functioning of the All-Ukrainian scientific and methodological virtual STEM centre" (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 708 of 05/17/2017).

The purpose of the research is to theoretically substantiate the practically oriented features of STEM-education in physics and technical disciplines based on STEM technologies, which will allow ensuring their active cognitive and search-independent activity throughout life while ensuring high accessibility and quality of education.

The research concept is based on the fact that physical and mathematical training of technical and engineering specialists in HEIs is the foundation for the further formation of soft skills in students, taking into account the innovative trends of STEM education.

Improving the teaching methodology of physics with the use of STEM technologies involves: using new methods, techniques, teaching tools that would help solve a number of methodological tasks from all sections of physics; application and implementation of interesting and important scientific achievements in the educational process in physics and technical disciplines, as well as strengthening those aspects that stimulate and activate independent cognitive activity.

Therefore, to form convincing ideas about physics and technical disciplines (integration of end-to-end generating concepts (https://www.cuspu.edu.ua/images/autoreferats/2020/m03/dis_KuzmenkoOS.pdf), it is necessary to create and develop an appropriate methodology for teaching physics, which would improve the level of knowledge and skills and stimulate active cognitive-searching and independent work of education seekers in the process of learning physics and technical disciplines in the context of STEM-education.

The possibility of carrying out an educational experiment in the conditions of the modern development of education, in particular STEM technologies, is connected with the material equipment of the physical office. Solving the problem of modernizing modern physics classrooms by the trends in the development of STEM-education is urgent, so let's consider the proposals we have highlighted for the material support of the physics experiment:

- ensuring universal use of physics STEM equipment;
- provision of changes in the conditions of conducting physical research in the process of experimentation using STEM education technologies;
- convenience and ease of maintenance;
- ensuring the performance of tasks from the experiment without additional settings, adjustments;
- selection of materials from which the part and installation element are made;
- expansion of the variability of physics practicum works by ensuring compliance with modern requirements of STEM-education, which will increase students' motivational aspect, practical orientation and integration of the content of educational material;
- ensuring the readability of experimental installations, which is made possible by the introduction of laboratory fields and polygons;

- involvement of modern measuring devices, digital sets, software and pedagogical support and new-generation teaching aids in laboratory training facilities;
- compliance with the functional and constructive conditionality of parts and devices, the rationality of the form of devices and installations;
- compliance with the ratio and harmony of cross-sections of devices, their geometric sizes and shapes. The environment and surrounding objects should have a positive effect on the psychological state of the physics subject.

The main practice-oriented features of the use of STEM tools in the educational process of physics and technical disciplines in the technical profile of HEIs include:

1) the use of technical teaching aids (TTA) in combination with ICT gives educational and methodological work with students a richer, more creative and intensive character due to the study of elements of STEM-education (science, engineering, technology and mathematics) and is an important direction for improving the effectiveness of the educational cognitive process in physics and technical disciplines;

2) the use of STEM technologies in the teaching of physics and technical disciplines is determined by the objective laws of the physiology of higher nervous activity and is based on the psychology of the personal perception of the subject of study;

3) the problem of increasing the intensification of educational activities is carried out in two main directions: a) through the further qualitative improvement of the methods of teaching physics and technical disciplines in technical HEIs; b) by stimulating the educational activities of those who have obtained a master's degree to study technical and engineering disciplines, introducing elements of scientific research, strengthening independent creative work in physics based on STEM technologies;

4) the rapid increase in the effectiveness of active learning methods is ensured by the wide application of STEM technologies (robotics kits, 3D printers, elements of artificial intelligence, etc.) at the stage of independent training of students in lectures, practical and laboratory classes;

5) at various stages of the formation of physics knowledge in technical HEIs, an increase in the level of independent cognitive and research activity of students is expected, which can be ensured by creating sets of STEM equipment, where all elements and components are coordinated with each other, meet ergonomic requirements, and allow to obtain the best results and achieve the appropriate level of physical education, awareness of the role of the individual in it;

6) to focus on the development of STEM teaching tools for physics and technical disciplines of multifunctional purpose, which should be aimed at the implementation of intra-subject and inter-subject connections and the integration of the content of the disciplines of the natural-mathematical cycle;

7) provide for the possibility of forming the ability of education seekers to use modern STEM tools and ICT in teaching physics and technical disciplines, orienting them to the further use of information tools both in educational activities and in the future professional sphere;

8) introduction of electrical measurements of non-electric physical quantities based on STEM technologies in the educational experiment;

9) permanent introduction of STEM kits and self-made equipment into the educational process in physics and technical disciplines to develop a physics experiment system.

Physics experiments on the basis of STEM as a fundamental factor in the formation of soft skills in students of education

In this section, we propose to consider new devices and, based on them, give a list of experiments in physics (chapters: mechanics, molecular physics and thermodynamics [13], optics [14]) in the Technical Education Higher Secondary School. The physics experiment is provided with various new kits and devices that are appropriate to use in the context of the development of STEM-education.

The technology for the implementation of STEM innovations in the teaching methodology of physics and technical disciplines consists of the development and implementation of a technological process – a system of technological units oriented to a specific result. In order for the process of implementing innovations in the process of teaching physics to be technological, we will highlight the *main requirements*:

- systematicity of the implementation process, which arises as a result of cause-and-effect substantive and functional connections between goals, content, forms and methods of interaction of innovation subjects;
- scientificity of ideas, theories, and principles that underlie the innovation of physics and technical disciplines based on STEM-education;
- the conceptuality of theoretical and methodological positions – systems of views on the innovation process as a natural phenomenon of the development of the educational and innovative environment of physics based on STEM technologies;
- focus on the guaranteed achievement of goals in the process of learning physics and technical disciplines based on STEM technologies, which can be diagnosed as changes in the system as a result of the implementation of innovation;
- structuredness – the division of the process into successive, interconnected stages, coordination of actions, and operations;
- algorithmic – the unequivocal performance of actions and operations included in the technology according to a clearly defined scheme in the process of studying physical phenomena, concepts, and laws that are integrated into the study of definitions of the technical direction;
- controllability – the possibility of adjusting actions and analyzing diagnostic data at each technological stage of implementing innovation in physics and technical disciplines based on STEM technologies;
- efficiency – a positive ratio of the results obtained and the number of resources spent;
- reproducibility – implies the possibility of carrying out a physical process by other subjects under similar conditions, guided by the description of all its characteristics.

Taking into account the above requirements, we will consider experimental experiments that reveal the integration of physical concepts in the study of technical disciplines based on STEM technologies.

Experiment 1. Observation of interference and diffraction of light at the Young slit

Equipment: Jung interferometer.

Set the test – object № 2 in the neutral "center" position.

The test bar – object № 1 is set to position "2" (Young's slit) and the interferometer is directed through the entrance slit at the source of continuous spectrum radiation (Sun, slide projector, table lamp).

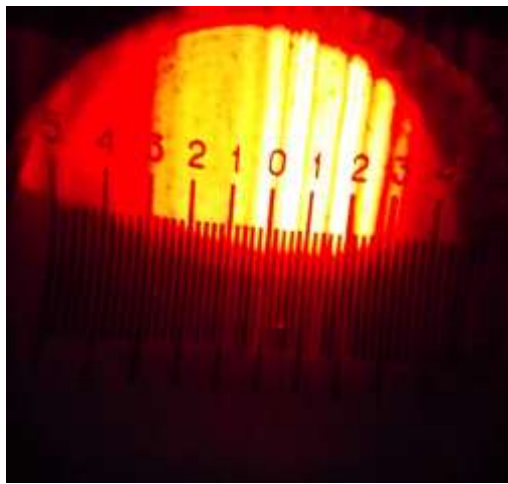


Fig. 2.3.1. Observation of the phenomenon of the interference pattern

Pre-adjust the eyepiece for a sharp vision of the lines of the reticle scale. Looking through the mesh through the eyepiece, dark and light multi-coloured bands appear in the field of vision. This will be the interference pattern (*Fig. 2.3.1*).

The conclusion from the experiment: for white light, the visible interference pattern is an alternation of coloured bands, both at the edge and in the center. There is no complete darkening anywhere – the places of minima for one wavelength coincide with the position of maxima for another.

The second stage of the experiment is as follows. A standard illuminator made of two LEDs with autonomous power supply on finger batteries is fixed on the transition sleeve of the interferometer. LEDs emitting red and blue light are alternately turned on. Comparing the interference patterns observed from radiation sources with different spectral composition (the Sun with a continuous spectrum and LEDs with a quasi-monochromatic spectrum of radiation), we conclude that the interference bands have become more contrasting and monochromatic, and the size of the interference pattern has increased. In addition, different widths of interference bands are formed in the images obtained from blue and red LEDs (*Fig. 2.3.2*).



a)



b)

Fig. 2.3.2 Image of the interference pattern using a Jung interferometer when using red (a) and blue (b) LEDs

Conclusions from the experiment: the emission of LEDs is almost monochromatic in terms of spectral composition. As a result, numerous interference bands (maxima and minima) observed when using compositions of the continuous spectrum disappear. The interference pattern becomes monochromatic and contrasting, and the different widths of the interference bands are caused by different lengths of light waves in these areas of the spectrum.

Experiment 2. Observation of light diffraction at a single slit

Equipment: Jung interferometer.

Set the test – object № 2 in the neutral "center" position. Bring the eyepiece of the interferometer to a sharp vision of the lines of the grid. Set the test object № 1 in the "center" position (the gap is straight and narrow) and fix it. Direct the interferometer through the entrance slit at the source of radiation (Sun, slide projector, table lamp). Looking through the mesh-screen eyepiece, dark and light bands with a colored border are sought in the field of vision and the diffraction pattern is observed (Fig. 2.3.3).

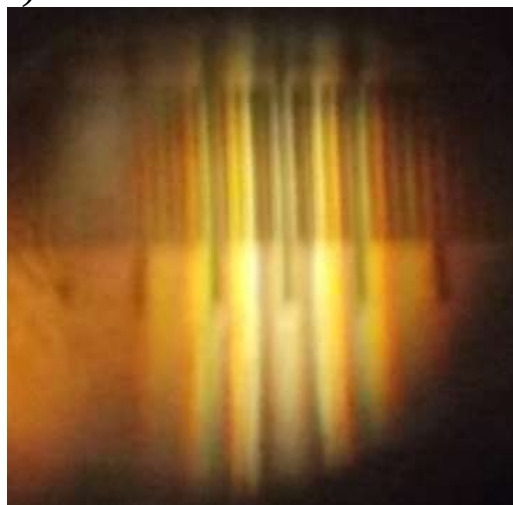


Fig. 2.3.3 Observation of the phenomenon of light diffraction

Conclusions from the experiment: for white light, the visible diffraction pattern is an alternation of coloured bands, both at the edge and in the centre. There is no

complete darkening anywhere: the locations of minima for one wavelength coincide with the position of maxima for another.

Set a bar with test objects in position "1" (slit straight narrow) and "centre" (slit straight wide). Aim the eyepiece at a clear image of the divisions of the grid. A standard illuminator is fixed on the interferometer adapter sleeve. Alternately including red and blue LEDs, observe the diffraction pattern on the grid scale of the eyepiece of the interferometer. The diffraction pattern "Fresnel diffraction on a slit" is observed in the field of view, while a thin slit serves as a test object (it replaces the classical point diaphragm). A broad maximum is observed in the center of the diffraction pattern (*Fig. 2.3.4*).

The width of the maximum depends on the width of the slit and the wavelength of light. The narrower the slit, the wider the maximum, the longer the light wavelength, the larger the diffraction maximum. On both sides of the broad diffraction maximum, the maxima (minima) of the 2nd, 3rd, etc. are visible diffraction orders, as well as when observing Fresnel zones on the hole.

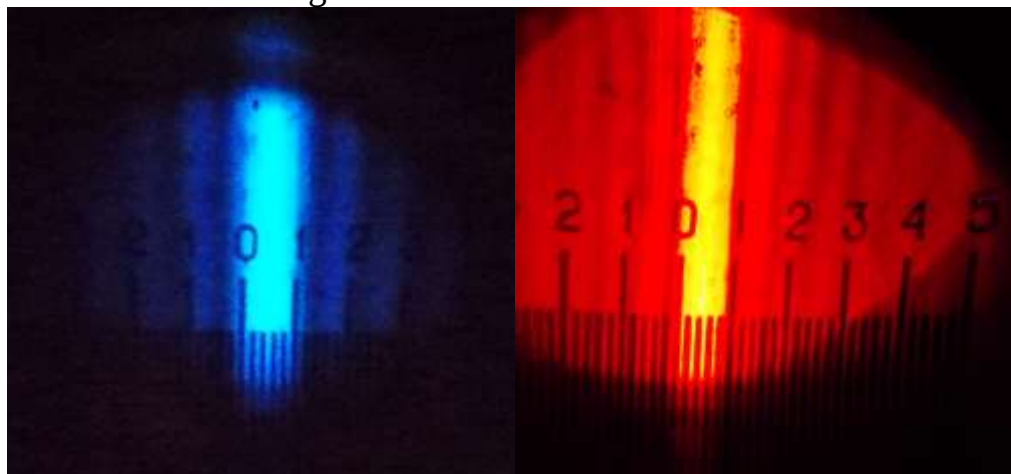


Fig. 2.3.4 Spectral intervals of the maximum and minimum of light diffraction

The conclusion from the experiment: red and blue LEDs have a narrow spectral range of emission. As a result, numerous diffraction bands (maxima and minima) characteristic of the visible part of the solar spectrum disappear. The picture becomes almost monochromatic and contrasting.

The implementation of the STEM-education system in Ukrainian HEIs will contribute to:

- modernization of the system of psychological-pedagogical, methodical, practical training of future STEM specialists;
- the application of an approach to the educational process, which involves personality development, aimed at active and constructive participation in modern social and political processes and achieving a high level of self-realization.

Experiment 3. Observation of light diffraction from different elements

Equipment: radiation source (LED), diffraction elements from the kit for studying optics, screen, and guide.

During the demonstration in the installation, a radiation source is fixed on one edge of the guide, and a demonstration screen is placed on the opposite edge. At a certain distance from the screen, the diffraction elements described in [15] are

inserted one by one into the water. The phenomenon of diffraction is observed on the screen (*Fig. 2.3.5*).

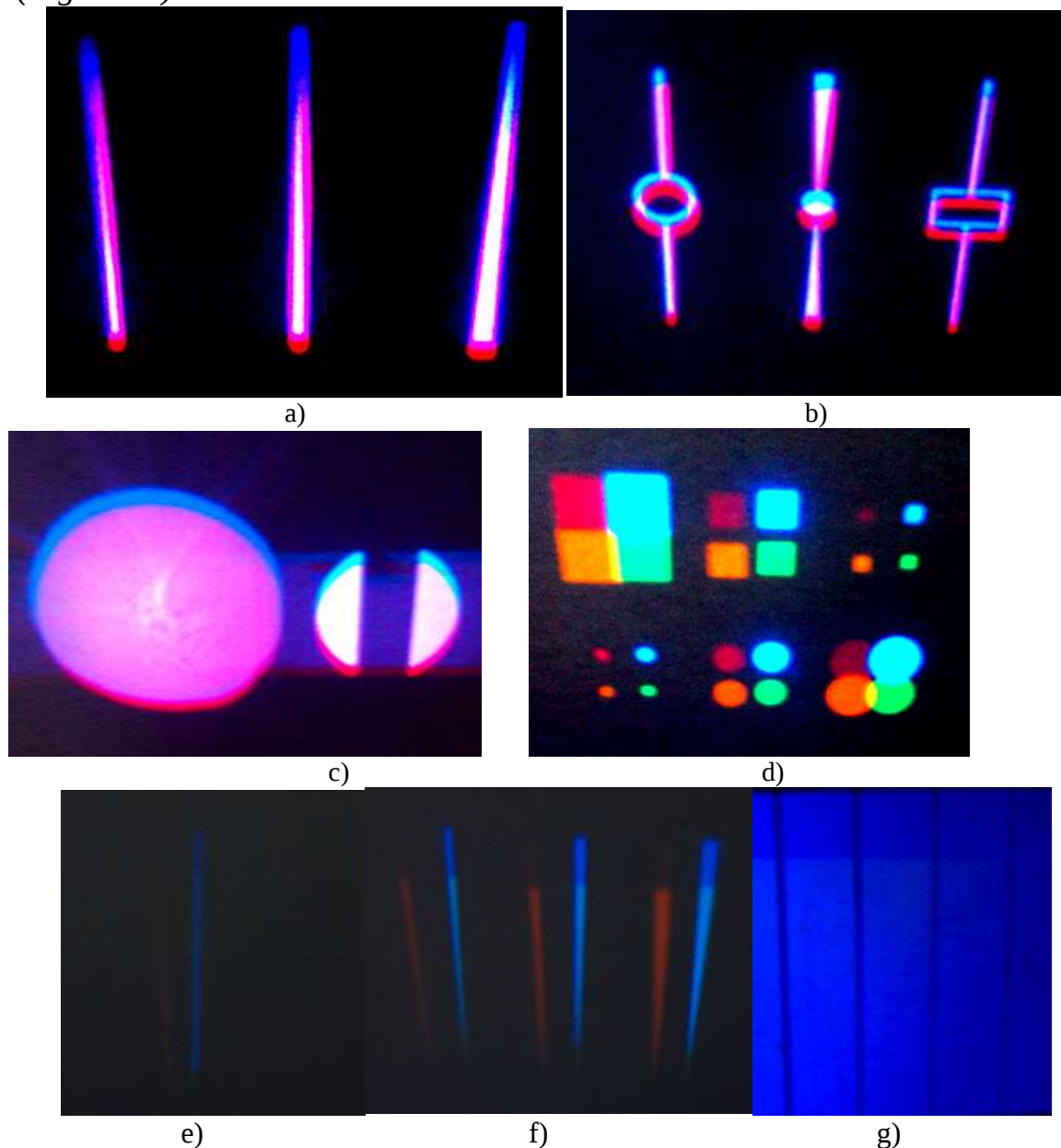


Fig. 2.3.5 Observation of light diffraction from diffraction elements: a) from wedge-shaped slits; b) from differently shaped elements; c) from a cylindrical lens; d) from square and round shapes; e) from one gap; f) from three slits; g) from four slits

At the same time, we note that their involvement in the design and manufacture of homemade equipment, which allows effective independent observations, is important and significant for solving the issue of the development of the creative active activity of the acquirers. Therefore, it is expedient to acquaint students with, for example, the characteristics of propagation and properties of light, wave optics, the possibility of using optical devices based on available and fairly common equipment, and modern STEM kits. Under these circumstances, the development of new and improvement of known educational experiments, laboratory works and, accordingly, recommendations for their effective implementation are required.

In the process of conducting the research, we tested a number of textbooks [13–17] that reveal the methodology of teaching physics and technical disciplines based on STEM-education.

To fulfil the tasks of the ascertainment experiment, we conducted a special experimental study to determine the level of correspondence of the educational process in physics to the needs of physical, innovative education in the context of the development of STEM-education. For this purpose, a survey of scientists from leading institutions of Ukraine was conducted, namely: the Institute of Modernization of the Content of Education in Kyiv, the National Center "Junior Academy of Ukraine" in Kyiv, the Institute of Pedagogy of the National Academy of Sciences of Ukraine, scientific and pedagogical employees of HEIs and teaching staff of general secondary education institutions.

Attended conferences, seminars and STEM events organized by leading educational institutions of Ukraine and in which the STEM-center of the Flight Academy of the National Aviation University was involved (see <https://www.facebook.com/groups/1026882964067345/>), as a result of which it was established, that in all links of this stage of the experiment, there is a certain inconsistency and contradiction of modern requirements for the content of the process of formation of abilities and skills with the corresponding characteristics of higher education, in particular the technical profile of education.

It was revealed that there is no interdisciplinary, integrated, competent and systematic approach to determining the content of various forms of activity of higher education students in the process of learning physics and technical disciplines using STEM technologies: test tasks, experimental tasks (experiments, laboratory work, frontal laboratory work, physical practicum) for the formation of practical skills, the introduction of ICT and computer test programs, as well as improvement of the methodology of their implementation by the defined goal.

In the process of monitoring the selected indicators of the performance of the main types of work of students of physics and technical disciplines during the performance of independent tasks based on STEM technologies, we used a 5-point scale, according to which: from 0 to 1 – very low level; from 1 to 2 – low; from 2 to 3 – satisfactory; from 3 to 4 – good; from 4 to 5 – very good. The results of the observations are shown in Table 2.3.1, convincing that the method of teaching physics and technical disciplines based on STEM-education technologies is a powerful factor that affects the development of thinking of subjects of study and activates cognitive and research activities in the process of teaching physics and technical disciplines in technical HEIs.

According to such indicators (*Table 2.3.1*), we conducted a comparative analysis of the performance of independent work in physics, which was given to students of education according to the traditional method of teaching physics and using the technologies of STEM-education.

The pedagogical experiment was conducted at the Flight Academy of the National Aviation University, the National Aviation University and the Vinnytsia National Technical University with first-year students studying technical and engineering specialties during 2012–2019.

Table 2.3.1

Distribution of education seekers of the control and experimental groups by levels of educational achievements in the process of performing independent work in physics and technical disciplines based on STEM-education technologies

Percentage of education seekers evaluated by ECTS category										
Group	E/50-59/ enough		D/60-74/ satisfactorily		C/75-79/good		B/80-89/ very good		A /90-100/ excellent	
	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%
Learning new physics material based on STEM technologies										
CG (341)	87	25,5%	93	27,2%	75	21,9%	59	17,3%	27	7,9%
EG (353)	59	16,7%	89	25,2%	98	27,2%	85	24,1%	22	6,23%
Δ	-28	8,8%	-4	2%	+23	5,3%	+26	6,8%	-5	1,67%
Performing tasks of a research nature based on STEM technologies										
CG (341)	48	14,1%	113	33,13%	85	24,9%	78	22,9%	17	4,98%
EG (353)	34	9,6%	95	26,9%	102	28,8%	90	25,5%	32	9,1%
Δ	-14	4,5%	-18	6,23%	+17	3,9%	12	2,6%	15	4,12%
Solving physics problems with the selection of components of STEM education										
CG (341)	63	18,5%	134	39,3%	92	26,9%	41	12,02%	11	3,2%
EG (353)	49	13,9%	125	35,4%	83	23,5%	67	18,9%	29	8,2%
Δ	-14	4,6%	-9	3,9%	-9	3,4%	+26	6,9%	+18	5%
Implementation of educational and research projects in physics using STEM technologies										
CG (341)	73	21,4%	111	32,5%	90	26,4%	59	17,3%	8	2,3%
EG (353)	52	14,7%	87	24,6%	115	32,6%	78	22,1%	21	5,9%
Δ	-21	6,7%	-24	7,9%	+25	6,2%	+19	4,8%	+13	3,6%

Two groups were selected for the study: sample (1) – an experimental group with several 353 people and sample (2) – a control group with several 341 people. A total of 694 students took part in the pedagogical experiment. The selection of experimental and control groups was carried out based on the analysis of the distribution of education seekers by levels of educational achievements.

Students were offered tasks in physics and technical disciplines, which must be performed independently using STEM-education technologies [16; 17].

During the performance of research tasks in physics and technical disciplines for students of education based on STEM-education technologies, we observe in fig. 2.3.6 quality improvement in the assessment category C by (3.9%), B (2.6%) and A (4.12%).

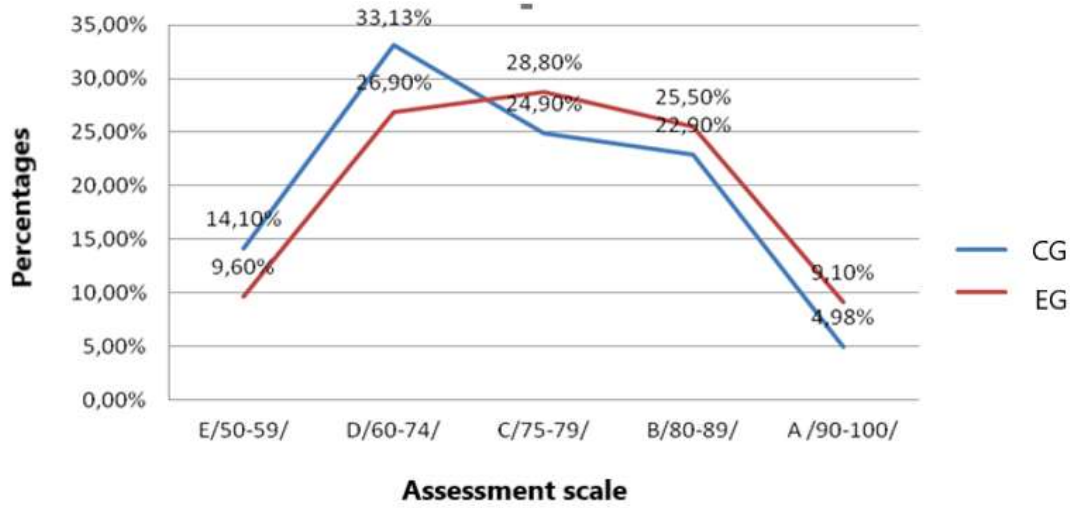


Fig. 2.3.6. Percentage distribution of education seekers during the performance of research tasks based on STEM technologies

From the obtained data (Fig. 2.3.6), we observe the growth dynamics of positive evaluations of categories A, B, and C and their total increase, namely C by 9.6%, B by 11.7%, and A by 8.6%.

To identify statistically significant differences in the knowledge levels of students of the control and experimental samples during independent work in physics and technical disciplines based on STEM technologies, we use the method of testing the null and alternative hypotheses according to the Pearson test (χ^2), since all the necessary conditions for this are met, that is: 1) both samples are random; 2) the samples are independent and the members of each of the samples are independent of each other; 3) the scale of measurements is a scale of names from 5 categories, which is given in table 2.3.1.

We denote by p_{1i} ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) the statistical probability of the students of the first sample completing the work for grade i ; p_{2i} ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) is the statistical probability that students of the second sample will complete the work for grade i .

Based on the experimental data shown in the above table, we test the null hypothesis: $H_0: p_{1i} = p_{2i}$ for all categories ($C=5$). An alternative hypothesis for $H_1: p_{1i} \neq p_{2i}$: at least for one of the mentioned five categories. We calculate experimental statistics according to the formula [18, p. 106]:

$$\chi^2 = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \cdot \sum_{i=1}^c \frac{(n_1 \cdot Q_{2i} - n_2 \cdot Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}} \quad (1)$$

According to tabular data [18, p. 130] $\alpha=0.05$ and the number of degrees of freedom $\nu=C-1=5-1=4$ we find the critical value of the χ^2 criterion statistic: $\chi_{1-\alpha}^2 = 9.48$.

The experimental value of Pearson's χ^2 according to formula (1) is 13.51, which confirms the validity and reliability of the hypothesis that the levels of learning new material from physics based on STEM technologies are different in the two groups, and this difference indicates the effectiveness of using STEM in the educational process technologies.

Thus, we will determine the experimental value of Pearson's χ^2 test to detect statistically significant differences:

1) during the performance by students of various groups of works of a research nature based on STEM-education technologies. It follows from the obtained results that $\chi^2_{\text{teor.}} < \chi^2_{\text{exp.}}$ ($9.48 < 10.723$);

2) during the solving of physical problems with the selection of components of STEM education by students of the experimental and control groups. From the obtained results, we get that $\chi^2_{\text{teor.}} < \chi^2_{\text{exp.}}$ ($9.48 < 16.68$);

3) during the implementation of educational and research projects based on STEM technologies by students of education. After calculating the results, we get that $\chi^2_{\text{teor.}} < \chi^2_{\text{exp.}}$ ($9.48 < 17.73$).

As a result of the pedagogical experiment, it was established that the use of STEM technologies in teaching physics contributes to the formation of student's skills in working independently with educational material, planning the implementation of research tasks, the ability to formulate and solve physical problems, analyze the received data, draw conclusions and evaluate the results. prepare material for participation in student conferences (see http://www.glau.kr.ua/index.php/ua/?option=com_content&view=article&id=383).

It is shown that the method of using STEM technologies during classes in physics and technical disciplines with students of non-physics majors of technical universities allows them to develop STEM competencies in physics and a professionally oriented direction. The expediency of subordinating the content of educational material in physics and technical disciplines based on fundamental concepts, one of which is symmetry, which is considered in many sections of physics and technical disciplines, is considered. Accordingly, education seekers' familiarization and study of physics definitions, which are thoroughly generative through the study of technical topics, will contribute to the formation of modern scientific thinking in them, and will also ensure the systematization of physics knowledge in HEIs and the formation of a scientific worldview.

Conclusions. The technical profile of physical workshop work, research works based on STEM-education technologies, and physical problems presented in our approved manuals and physics textbooks [19] were developed and implemented in the practice of HEIs. The problem of forming the creative activity of the student of education is one of the most relevant in the theory of pedagogical science and in the practice of higher education. Didactic scientists claim that the greatest role in the development of the creative activity of students belongs to the physical experiment based on STEM technologies, during which the subjects of education learn to observe phenomena: determine the conditions under which these phenomena arise and take place; qualitatively and quantitatively evaluate them or find phenomena; find causal relationships between them. The importance of the physical experiment in the educational process in the conditions of the development of STEM-education also follows from the fact that in the process of psychological development of the subject of learning, her practical activity is ascending.

It has been established that in order to improve the quality of physics education for future technical professionals, it is necessary to systematically improve the method of organizing educational and cognitive activities, to more widely apply modern STEM learning technologies, which leads to productive mental and practical activity of education seekers in the process of mastering educational material.

Список використаних джерел

1. Про затвердження плану заходів на 2021–2023 роки з реалізації Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1687-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 11.03.2023).

2. Інноваційна Україна 2020: національна доповідь / за заг. ред. В. М. Гейця та ін.; НАН України. Київ. 2015. 336 с.

3. Стрижак О. Є., Сліпухіна І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. [Електронне наукове фахове видання]. Київ : ІТЗН НАПН України, 2017. Т. 62. № 6. С.16-33. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1753/1276> (дата звернення: 12.03.2023).

4. Патрикеева О., Черноморець В. Сучасні засоби формування STEM-грамотності. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2017. Вип. 10. Серія: Педагогічні науки. С. 8–17.

5. Шарко В. Д. Перехід на STEM-освіту як напрям модернізації шкільної і вузівської систем навчання. *Сучасні тенденції навчання природничо-математичних та технологічних дисциплін у загальноосвітній та вищій школі*: [матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, м. Кропивницький (Кіровоград), 17–22 жовтня 2016 р.]. Кропивницький (Кіровоград): РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. С. 112–118.

6. Building a science, technology, engineering and math agenda. [Електронний ресурс]. National Governors Association (NGA). 2007. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf> (дата звернення: 13.03.2023).

7. Pitt J. Blurring the boundaries – STEM education and education for sustainable development. [Електронний ресурс]. Design and Technology Education: An International Journal. 2009. № 14 (1). Р. 37–48. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Blurring-the-Boundaries--STEM-Education-and-for-Pitt/b3b000e2d0eb82576708523e29a3c37532c538f5> (дата звернення: 13.03.2023).

8. Supporting Scotland's STEM education and culture. [Електронний ресурс]. Science and Engineering Education Advisory Group. 2012. URL: <https://www.gov.scot/publications/supporting-scotlands-stem-education-culture-science-engineering-education-advisory-group/> (дата звернення: 12.03.2023).

9. Project Lead the Way (PLTW). (2014). Today's STEM realities. [Електронний ресурс] 2015. URL: <http://www.pltw.org/> (дата звернення: 13.03.2023).

10. Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education 5-Year Strategic Plan. May 2013. URL:

https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf (дата доступу: 13.03.2023).

11. Le Xuan Quang, Le Huy Hoang, Vu Dinh Chuan, Nguyen Hoai Nam, Nguyen Thi Tu Anh and Vu Thi Hong Nhung Integrated Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education through Active Experience of Designing Technical Toys in Vietnamese Schools. *British Journal of Education, Society & Behavioural Science* 11(2): 1-12, 2015. URL: https://www.academia.edu/14779116/Integrated_Science_Technology_Engineering_and_Mathematics_STEM_Education_through_Active_Experience_of_Designing_Technical_Toys_in_Vietnamese_Schools (дата звернення: 11.03.2023).

12. Атаманчук П., Атаманчук В. STEM-інтеграція як важлива інноватика сучасної освітньої парадигми. STEM-освіта – проблеми та перспективи : матеріали II Міжнар. науково-практичного семінару, 25–26 жовтня 2017 р., Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. С. 9–10.

13. Kuz'menko O., Sadovy N. Physics. Mechanics. Molecular Physics and Thermodynamics, Electromagnetism. Oscillations and wave optics. Quantum and atomic physics. Kropivnitskiy: KFANAU, 2017. 324 p.

14. Кузьменко О. С., Садовий М. І., Вовкотруб В. П. Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням : навч. посіб. для студ. ВНЗ. Кіровоград : КЛА НАУ, 2015. 204 с.

15. Кузьменко О. С. Використання сучасних технологій під час проведення фізичного практикуму з оптики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи: зб. наук. праць*. Київ, 2012. Вип. 33. С. 102–109.

16. Борота В. Г., Кузьменко О. С., Остапчук С. А. Механика и молекулярная физика. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по физике на базе комплекта «L-микро» для курсантов академии всех специальностей. [2-е изд., перераб. и доп.]. Кировоград : КЛА НАУ, 2012. 100 с.

17. Борота В. Г., Кузьменко О. С. Фізика. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи з фізики (робота № 1). Кіровоград: КЛА НАУ, 2014. 48 с.

18. Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Москва : Педагогика, 1977. 216 с.

19. Sadovyi N., Gavrylenko O., Kuz'menko O. Method and technique of experiment for optics. Kirovohrad: EPDKSPU name dafter Volodymyr Vynnychenko, 2012. 256 p.

2.4 Аналітичний погляд на розвиток STEM-навчання в базовій та профільній освіті

© Юзбашева Г. С.,

канд. пед. наук, доц.,

КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», м. Херсон, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3714-1125>

Тенденції розвитку української освіти ґрунтуються на концептах Нової української школи [1], яка базується на переході з особистісно орієнтованої до компетентісно орієнтованої системи навчання. У державних документах наголошено, що основою успіху високоосвіченої особистості стає не сума знань, а досвід використаних знань, умінь в життєвих ситуаціях. Сьогодні суспільству потрібна високоосвічена, інтелектуальна особистість, яка може критично мислити, аналізувати, проєктувати власну діяльність.

Для вирішення проблем варто залучати молодь до вивчення природничо-математичних дисциплін. Поява великої кількості нових професій вимагає від фахівця володіння інформаційно цифровими, технологічними, математичними, інноваційними компетентностями. У світі динамічно зростає потреба в ІТ-фахівцях, фармацевтах, програмістах, нано-інженерах, операторах дронів тощо. Саме інноваційні технології стануть визначальним фактором у розвитку національної економіки та життєвого рівня населення. STEM-освіта стає важливим інструментом виховання наукової еліти, здатної забезпечити запити суспільства.

Освіта виконує головну роль у розвитку особистості та формування її як фахівця. Сучасна базова та профільна освіта допомагає здобути комплекс знань, умінь, цінностей та відкриває можливості для отримання вищої освіти. Особистість здобувача освіти залишається головним елементом освітнього процесу з її індивідуальними здібностями та способом мислення. Сучасна молода людина об'єктивно змушена критично, аналітично і творчо мислити, бути більш мобільною, інформованою і більш мотивованою до самонавчання й саморозвитку. Нова освітня парадигма спрямована на зміни в діяльності сучасного педагога, створення нового освітнього середовища, у відносинах до батьків, до громадських організацій.

Інтеграція української освіти з європейським освітнім простором розширює інновації як у навчанні природничо-математичного та технологічного напрямку, зокрема впровадження STEM-навчання, так і науково-технічного, що змушує талановитого зацікавленого працівника до саморозвитку, самонавчання в сфері виробничої діяльності. Важливо підкреслити, що якісна освіта стає пріоритетом для молоді, яка прагне стати конкурентноспроможною на ринку праці. STEM-навчання дозволяє визначати компетентного фахівця орієнтованого на самореалізацію як суб'єкта вітчизняної та міжнародної системи наукового бізнесу.

Як стверджують науковці, Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) STEM-навчання зосереджено на компетентісно

орієнтованому підході, який змушено змінює зміст навчання, акцентуючи освітній процес на формуванні знань, умінь, використання їх на практиці, розвиток способів мислення. Вибір майбутньої професії випускника закладу загальної середньої освіти направлено на громадянську активність, свідомий вибір фахової діяльності, самореалізацію, самовдосконалення для блага українського народу [2].

Важливо зауважити, що майбутня професія базується на формуванні ключових компетентностей здобувачів освіти через оновлення змісту й удосконалення організації освітнього процесу при вивченні природничо-математичних дисциплін. Погляд на педагогічний феномен «компетентність» дозволяє з'ясувати велику кількість компонентів, які характеризують його як: знання, уміння, навички, soft та hard skills, досвід, способи мислення, цінності, погляди, особисті якості. Реалізація цих компонентів зумовлена досягненням результатів навчання через впровадження STEM-освіти, яка систематизує роботу зі здобувачами освіти, організовує дослідницьку діяльність при вирішенні навчальної проблеми.

Саме такі інновації в освіті дозволяють змінити відношення між знаннями і вміннями, між поглядами і цінностями, між читанням і розумінням. Інновації змінюють шкільне життя здобувачів освіти забезпечують навчання такими рисами як здобувати знання, навчанням жити, навчанням жити разом, навчанням жити і заробляти гроші. Реалізація цих завдань здійснюється через моделювання різноманітних процесів і явищ, усвідомлено формулює якісно нові трансдисциплінарні знання STEM-освіти. Реалізація державних документів в освітній процес дозволяє поєднати науку зі шкільними знаннями, формувати в здобувачів освіти ключові компетентності майбутнього фахівця.

Тобто, торкаючись характеристики сучасної людини XXI століття, варто підкреслити, що компетентнісна людина має: критичне, аналітичне, творче, інноваційне мислення, вміє працювати в команді, володіє інформаційною грамотністю і навичками ефективного використання ІКТ, приймає рішення, обґрунтовує власну позицію, оцінює ризики – все це складає неповний перелік успішної особистості. Новітні педагогічні, інформаційні технології сьогодні дають можливість досягти цих змін.

Стає зрозумілим, що відмінною рисою стандартів нового покоління є орієнтація на результати освіти, якщо здобувач освіти вже на виході із закладу освіти буде володіти актуальним запасом практичних знань з урахуванням сучасних педагогічних технологій та навичками пошуку, аналізу інформації, то можна очікувати, що він принесе користь не тільки самій собі, а й державі. Україна долучилася до STEM-проекту, який втілюється в загальну середню, післядипломну, вищу освіту в межах комплексного міждисциплінарного навчання науки-технології-інженерії та математики.

Аналіз вступної компанії декількох років в закладах вищої освіти показує, що малий відсоток абітурієнтів обирає предмети природничо-математичного циклу. З одного боку ці предмети надто складні, а з іншого боку ця проблема стала перетворюватись в глобальну не тільки в Україні, а й в усьому світі. Саме тому STEM-освіта здобувача вищої освіти, або науково-

технічна стає пріоритетним в державах, де розвивається високотехнічне виробництво, яке направлено на напрями програмування, мехатроніку, біоніку, комп'ютерне моделювання, хіміко-біологічні та агроекологічні технології, конструювання, цифрове мистецтво тощо. Гостру необхідність в науково-інженерних кадрах, IT- спеціалістах усвідомлює держава, яка орієнтується на технологічний прогрес і зростання інноваційної економіки [2].

Починаючи з 2017 року STEM-навчання проникло в різні види (формальна, неформальна, інформальна) освіти українських закладів освіти. Неформальна освіта більш активно почала впроваджувати STEM-освіту. Позашкільна STEM-освіта представлена різноманітними фестивалями, олімпіадами базових предметів, гуртками, факультативами (Мала академія наук, інші заклади позашкільної), і різноманітними інтелектуальними конкурсами і заходами: Intel Techno Ukraine; Intel Eco Ukraine; Фестиваль науки Sikorsky Challenge; наукові пікніки, хакатони тощо. STEM-навчання у формальній освіті почало застосовуватися повільними темпами, а деінде і пробуксовує. Тому спробуємо розглянути STEM навчання в базовій та профільній освіті.

STEM-навчання як методика викладання природничо-математичних та технологічних предметів

Теоретичний аналіз педагогічної літератури засвідчує інтерес науковців до різних аспектів STEM-освіти (А. Фролов, О. Бочкова, А. Волков, С. Горинський, Д. Ліванов, В. Рохлов, С. Сосновський, П. Ситніков, А. Федоренко, Р. Drucker, М. John, R. Florida, G. Harpham, С. Kerr, А. Nicolas, J. Schwab, J. Tarnoff). З огляду на те, що STEM-освіта має постати одним із актуальних напрямів реформування базової та профільної освіти України, варто дослідити її вплив на оновлення сучасних технологій навчання природничо-математичних та технологічних дисциплін.

Питання вивчення STEM-освіти дозволило встановити, що воно пов'язано з навчальними темами, які об'єднують практичну інтеграцію матеріалу, компоненти з курсу математики, предметів природничого циклу, технологій. Взаємозв'язок між компонентами спрямований на формування soft навичок здобувачів освіти: креативність, творчість, робота в команді, розв'язування завдань, спілкування, фантазія, презентація освітнього продукту тощо. Єдність цих компонентів впливає на розвиток здобувача освіти, який прагне стати компетентнісним, відповідальним, самовизначеним у майбутній професії [2].

Аналіз поглядів науковців вимагає посилення [3] інтеграції змісту освіти за трьома рівнями:

- внутрішньо-предметної – спільність понять, знань, умінь у змісті окремих навчальних предметів (хімії, фізики, математики, біології тощо);
- міжпредметної – терміни, закони, факти, поняття, принципи тощо при вивченні кількох дисциплін (хімії з математикою, фізикою, біологією);
- транспредметної – більш складний рівень інтеграції, який об'єднує міжпредметну з додатковою освітою, яка може включати матеріал не програмного об'єму (хімія з медициною, фармакологією, валеологією,

екологією). Отриманий інтегрований продукт роботи здобувачів освіти може у подальшому використовуватись як у формальній, так і в неформальній освіті.

Результати аналізу навчальних програм з предметів (хімія) [4] показав, що інтеграція предметів різних освітніх галузей збільшує мотивацію здобувачів освіти до вирішення актуальних проблем. STEM-навчання активізує розвиток таких видів діяльності як: дослідницьку, пошукову, творчу; розвиток логічного, системного аналітичного, прогностичного, критичного, інноваційного мислення.

Тож такі способи мислення гарантують нарощення навчально-дослідницької діяльності в середній освіті, що є невід'ємною частиною STEM-навчання. Варто зазначити, що в українських закладах загальної середньої освіти дослідницька діяльність у класній та позакласній роботі (навчальні проекти, олімпіади МАН, інтелектуальні змагання, конкурси, турніри) складає 5–10 % від загального навчального навантаження. Важливо підкреслити, що такий відсоток не може якісно сформуванати пізнавально-дослідницькі вміння здобувачів освіти.

Порівнюючи з досвідом Ізраїльських закладів освіти з даного питання [5], варто підкреслити, що випускникам до складання іспитів додається обов'язково дослідницька робота. Таку роботу здобувачі освіти виконують під керівництвом тьютора-студента із університету. В Ізраїлі офіційно на державному рівні навчальне навантаження поділяється на традиційне – 70 % навчального навантаження, та на дослідницьку роботу – 30 %. Такий підхід змінює ставлення ізраїльських здобувачів освіти до виконання дослідницької роботи, формує у них міцні вміння бачити проблеми з різних боків та використовувати різноманітні шляхи розв'язування їх, що допомагає розвивати STEM-освіту.

Система середньої освіти адаптується до мінливого ринку праці і відмовляється від формування застарілих навичок, щоб не з'явився «даремний клас». Зрозуміло, що ринок праці постійно змінюється, орієнтуючись на рейтинг професій майбутнього. Вирішення цієї проблеми вважаємо через впровадження STEM-навчання.

Вивчення педагогічного досвіду вчителів-практиків звертає увагу на посилення складників методики STEM-навчання:

1) STEM-навчання базується на інтеграції навчальних тем, предметів. Інтегроване навчання об'єднує знання та вміння з предметів навчальних дисциплін. Для успішного і результативного дослідження варто зосередити увагу на виборі об'єкту. Об'єкт дослідження має бути доступним з навчальних дисциплін, цікавим для здобувачів освіти, відповідати їх віковим особливостям. Інтеграція навчальних дисциплін, як свідчить практика, здійснюється двома шляхами: через інтегровані уроки (бінарні, інтегровані, гендерночутливі), де здійснюються міжпредметний зв'язок при вивченні об'єкта дослідження, формується цілісна картина світу; другий шлях через інтегровані курси (наприклад курси «Природничі науки», «Добробут. Безпека. Здоров'я», «Пізнаємо природу», «STEM. 5–6 класи (міжгалузовий інтегрований курс)» для

закладів загальної середньої освіти). Другий шлях об'єднує міжпредметну та транспредметну інтеграцію в навчанні;

2) невід'ємною частиною STEM-навчання є навчальні проекти, які базуються на використанні науково-технічних знань у реальному житті. Аналіз навчальних програм [14] предметів довів, що вони містять навчальні проекти для здобувачів освіти певного класу. Тематика цих проектів, яка перелічена в навчальних програмах предметів, орієнтовна. За бажанням вчителя, здобувачів освіти можна змінювати тему проекту, доповнювати, корегувати приближаючи тему до життєвих ситуації. Обрана цікава інтегрована тема проекту змушує здобувача освіти із задоволенням долучатись до роботи і проводити дослідницьку діяльність.

На прикладах розглянемо декілька інтегрованих проектів профільної середньої освіти, де в процесі роботи об'єднуються знання, уміння. На уроках фізики здобувачі освіти вивчають конкретний проект, наприклад, «Альтернативне джерело енергії», у результаті чого створюють прототип реального продукту. Здобувачі освіти, вивчаючи альтернативні джерела енергії, будують власний вітрильник з певними фізичними якостями (енергія вітра, тертя), обговорюють конструювання корпусу. Створюється власний освітній продукт, який є результатом STEM-навчання.

Державний стандарт базової середньої освіти [6], дозволив встановити, які компетентності формуються у здобувачів освіти при виконанні такого міждисциплінарного STEM-проекту:

- здобувач опрацьовує інформацію з різних джерел у різних освітніх галузях і контекстах, критично осмислює її та використовує для комунікації в усній та письмовій формі;
- обґрунтовує свої погляди;
- набуває досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації;
- розуміє зміни, зумовлених людською діяльністю; відповідальність за наслідки такої діяльності;
- критично і відповідально використовує цифрові технології для власного розвитку і спілкування;
- створює цінності у будь-якій сфері життєдіяльності.

Другий приклад, на уроках біології здобувачі освіти вивчають та описують проект «Якісна вода» (водойми України). на основі причинно-наслідкових зв'язків з'ясовують якість води, що залежить від багатьох факторів особливо забруднення навколишнього середовища. Розглядається хімічний склад води річки, особливо у спекотну погоду, де відбуваються біологічні процеси між рослинами, тваринами, рибами, молюсками. Здобувачі освіти після вивчення матеріалу обговорюють шляхи розв'язання проблеми та формують власне рішення.

Інший приклад. На уроках обслуговуючої праці (технологія) здобувачі освіти знайомляться з інтегрованим навчальним проектом «Як зберегти харчові продукти» (відеоролик). Аналіз різних способів збереження (бродіння,

засолення, маринування, в'ялення) зумовлює обговорення хімічних, біологічних, технологічних процесів, що відбуваються з продуктами при обробці. Розробка критеріїв оцінки кожної технології. Після обговорення створюється власний проєкт з урахуванням всіх оцінних критеріїв на якісне збереження харчових продуктів.

Вищезазначені приклади дозволяють зробити висновок, що навчальні інтегровані проєкти розширюють кругозір здобувачів освіти, вчать об'єднувати знання, уміння, направляти дії до отримання кінцевого результату, до розв'язування життєвих ситуацій. Розглянуті приклади підказали, що тематику інтегрованих навчальних проєктів краще пропонувати здобувачам освіти з оточуючого середовища, в якому вони живуть;

3) наступним складником STEM-навчання є розвиток критичного мислення. За висновками Американської Національної Ради з навчання критичного мислення, механізмом критичного мислення виступають мисленнєві операції, які визначають процес мислення та аргументації: постановка цілі, виявлення проблеми, висунення гіпотез, способів її вирішення, аргументація, передбачення наслідків, прийняття або неприйняття альтернативних точок зору [7]. Критичне мислення потребує від людини не лише орієнтуватися в інформаційному потоці, а й відбирати та оцінювати, що надходить ззовні. Критичне мислення займає в методиці STEM-навчання одну із провідних ліній розвитку особистості XXI століття. Розвиток критичного мислення здійснюється кропіткою, повсякденною, системною, самостійною роботою здобувачів світи разом з вчителем. Доведено, що шлях розвитку критичного мислення проходить поступово: іде від усвідомлених знань до нових, утворення блоку нових знань, заглиблення у фактичний матеріал нових знань, аналіз матеріалу, відбір правдивих, перевірених фактів, явищ для подальшої роботи.

Отже, аналіз багатьох психолого-педагогічних досліджень дає підстави стверджувати, що під критичним мисленням розуміється тип мислення, який характеризується самостійністю, організованістю, цілеспрямованістю, практичністю та рефлексивністю і дає можливість людині здійснювати оцінку, обґрунтування вибір власної позиції, думок, дій, вчинків, поведінки [8];

4) STEM-навчання вимагає посилення такого компонента, який підвищує впевненість у своїх силах. Для здобувача освіти створення власного проєкту, отримати оцінку роботи, коригування і продовження роботи над презентацією вимагає великих зусиль та терпіння. Тож впевненість у собі розвиває у здобувачів освіти такі характеристики: ефективне спілкування, просування до мети, рішучість, гарні стосунки з оточенням, активність, ініціативність.

Відтак, використання методики STEM-навчання доводить, що здобувачі освіти в кінці дослідження, вирішуючи всі проблеми своїми силами, доходять до цілі. Для здобувачів освіти це – натхнення, перемога, адреналін і радість. Після кожної перемоги вони стають все більше впевненими у своїх силах;

5) методика STEM-навчання зосереджує увагу на активній комунікації і командній роботі. Держава, реагуючи на зміни в суспільстві, змушена

впроваджувати стандарти освіти в заклад загальної середньої освіти, які дають гарант якості освіти. Забезпечення якості освіти розглядається через командну роботу здобувачів освіти, яка знайшла теоретичне обґрунтування у працях Н. Буринської, Г. Костюк, Ю. Мальованого, О. Ярошенко. Педагогічний феномен «педагогічна команда» показує, що це група однодумців від 3 до 12 здобувачів освіти, яка створюється вільно для досягнення мети. Цілісна система характеризується сумісними діями, створенням психологічної атмосфери комфорту, готовністю до дискусій, висловленням думок, обговоренням та оцінюванням висловів та відпрацюванням командного рішення.

Практика загальної середньої освіти свідчить, що системна робота команди покращує результат роботи. Здобувачі освіти набувають нові уміння роботи в команді, уміння поважати думку інших, уміння приймати командне рішення [9].

Отже, перед успішною роботою команди здобувачів освіти вчителю потрібно ретельно продумати підготовчий етап. Командна робота здобувачів освіти – це спільна і системна діяльність, яка створюється в межах класу або поза класом на відносно тривалий час для досягнення мети при умовах:

- психологічної сумісності представників однієї групи, їх бажання спільно працювати над розв’язуванням навчальної проблеми;
- наявності у складі малих груп не менше 50% здобувачів освіти, які здатні на належному рівні здійснювати дослідницьку роботу [9];

6) обґрунтування методики STEM-навчання вимагає посилення на об’єднання сучасного з майбутнім. Об’єднання змушує підходити до цього складника методики STEM-навчання з урахуванням перспективи. Перспективні напрямки до навчання посилює дослідний і науково-технологічний потенціал здобувачів освіти, розвиває навички критичного, інноваційного та творчого мислення. Формування STEM-середовища з предметів природничо-математичного та технологічного циклу дозволяє реалізувати завдання міжпредметних, транспредметних знань, а також дає змогу зробити власними руками навчальний проєкт. Сучасне STEM-середовище з інформатики та інформаційних технологій, обладнання для дослідження занадто дороге, тому сьогодні існує не мало прикладів як педагогічні колективи закладів освіти вирішують цю проблему.

Нові цифрові професії в маркетингу, аналітиці, кібербезпеці пов’язані зі STEM-навчанням. Саме сьогодні небайдужих, талановитих, креативних учителів у нашій країні достатньо, щоб створювати STEM-середовище, яке буде сприяти та підсилювати об’єднання сучасного з майбутнім, від якого буде залежити вибір майбутніх професій поколінням;

7) підготовка здобувачів освіти до технологічного інноваційного життя вимагає акцентування STEM-навчання в закладах освіти. STEM-програми готують здобувачів освіти до технологічно розвиненого світу. За останні 60 років технології сильно розвинулась з відкриттям Інтернету (1960). Інтернет надав кожній людині величезні можливості для розвитку, самонавчання та самовдосконалення, спілкування та поповнення професійних потреб. Важливо,

щоб людина змогла знайти внутрішній ресурс для подолання цих викликів і йти в ногу з часом [10].

Реалізація методики STEM-навчання визначила напрями модернізації загальної середньої освіти, що пов'язана з упровадженням компетентнісного підходу до організації освітнього процесу, орієнтацію вчителя до розвитку STEM-мислення, створення STEM-середовища, планування дослідницької діяльності. На засадах державних документів: закону «Про освіту», Державного стандарту базової середньої освіти, Концепції Нової української школи, Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) підсилюється значення цього питання та надихає на підвищення рівня професіоналізму вчителів загальної середньої освіти [1, 2, 6].

Досягаючи ці виклики, підкреслимо переваги STEM-навчання:

- визначати причинно-наслідкові зв'язки під час аналізу інформації, отриманої в процесі формальної та неформальної освіти;
- висувати нові ідеї на засадах всебічного аналізу наявних знань;
- розуміти зв'язок між частинами інформації, які отримані з різних джерел;
- виділяти головні від несуттєвих завдань при діяльності;
- організувати STEM-середовище;
- аналізувати недоліки, помилки в дослідницькій роботі;
- не боятися робити помилки;
- співпраця з членами команди, вчителем у процесі роботи над STEM-проектом;
- притримуватись логічної послідовності при виконанні роботи;
- розрізняти перевірені факти від суб'єктивних припущень, власних думок, маніпуляцій, неперевірених суджень;
- ухилятися від неправильних висновків;
- вимагати від себе підвищення рівня самоосвіти.

Досягти успіхів у розвитку STEM-мислення можна при умові: а) проаналізувати освітні програми з базових дисциплін; б) спланувати STEM-уроки на навчальний рік; в) впроваджувати STEM-курси (інтегровані міжгалузеві) на кожну паралель класу; г) активізувати тематику STEM-проектів; д) опанувати інноваційні технології вчителям. Важливо підкреслити, що при цих умовах впровадження методики STEM-навчання будуть сформовані такі вміння, як мислити в команді, розв'язувати проблеми, самостійно приймати рішення, інтегрувати матеріал з різних джерел, оцінювати результати діяльності.

Компетентнісний підхід в STEM-навчанні - основа майбутньої професії

Для підтримання стійкого інтересу до вивчення природничо-математичних та технологічних предметів пропонуємо використовувати STEM-навчання, що змінює та налаштовує здобувачів освіти до інтерактивного навчання.

Вагомий внесок у дослідження дидактичних можливостей та впровадження компетентнісного підходу у викладанні природничо-математичних та технологічних предметів зробили І. Гурняк [11], О. Локшина [12], Т. Мантула [13], І. Родигина [14] та інші.

На прикладах одного із природничих предметів (хімія) розглянемо доповнення навчальної програми з хімії методикою STEM-навчання на основі компетентнісного підходу. Аналіз освітньої програми з хімії довів, що її необхідно розширити та доповнити вправами, методами, які допомагають формувати критичне мислення у здобувачів освіти на уроках хімії.

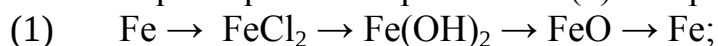
Так, при вивченні теми «Речовини. Властивості речовин» (7 клас), зі здобувачами освіти вчитель хімії обирає метод бесіди, який перетворюється в дискусію про властивості речовин, застосування, маркування небезпечних речовин, професії, що пов'язані з використанням та добуванням речовин, як зберегти життя при користуванні їдкими, легкозаймистими речовинами. При проведенні дискусії здобувачі освіти орієнтуються на свій життєвий досвід, на поєднання попередніх з новими знаннями про речовини, на поради, які можна надати населенню при використанні їх у побуті. Семикласники розробили правила безпеки роботи з небезпечними речовинами, які присутні на різних хімічних виробництвах. Розглядаються регіональні виробництва (АЕС, завод «Титан», база «Холодильник», фабрика «Меблі», лако-фарбне підприємство тощо). У процесі роботи здобувачі освіти обговорюють не тільки відомі речовини (попередні знання), а й отримують відомості про незнайомі їм речовини та їх властивості (нові знання) [9].

Сучасний STEM-урок ґрунтується на самостійній діяльності здобувачів освіти. Практично доцільно враховувати три основні компетентності навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Організація самостійної роботи здобувачів освіти залежить від мети, яку вони досягають. Кожна компетентність складається із таких компонентів: репродуктивні (копіюючі); частково-пошукові (евристичні); дослідницькі (ситуативні) [13].

Прикладом завдання репродуктивного типу є «Практична робота» (7 клас) щодо ознайомлення здобувачів освіти з прийомами поводження з лабораторним посудом, нагрівними приладами; евристичний тип компетентності можна представити виконання кожним здобувачем освіти найпростіших лабораторних операцій (зібрати прилад для нагрівання рідини або прилад для добування газоподібних речовин); дослідницький тип обумовився проведенням досвіду вдома (спостереження за горінням свічки). Частково-пошуковий тип мотивує здобувачів освіти до свідомої діяльності з опорою на старі знання, а дослідницький тип самостійної роботи наштовхує здобувачів до планування дій, аналізу, співставлення, фіксування спостереження, формування висновку, презентація результатів. Тобто такі дії розвивають STEM-мислення у здобувачів освіти на основі самостійності, творчості, цікавості, бажання отримати результат.

Важливо підкреслити, що завдання для самостійної роботи постійно ускладнюються згідно освітньої програми, сформованим навичкам здобувачів

освіти. Яскравим прикладом частково-пошукової роботи є здійснення хімічного генетичного перетворення неорганічних (1) чи органічних (2) речовин.



Такі вправи змушують здобувачів освіти повторювати старі знання, об'єднувати їх в ланцюжок змін і прогнозувати кінцевий результат. Подібні вправи використовує вчитель хімії для розвитку прогностичного мислення, що є компонентом STEM-навчання.

Реалізацію STEM-навчання зосереджено на впровадженні ситуативних завдань, де здобувачі освіти застосовують програмні знання в нових умовах. Наприклад, при вивченні теми «Амоніак» можна запропонувати життєву надзвичайну ситуацію: на заводі стався витік амоніаку, який використовується як холодоагент у холодильних машинах. У повітря потрапила значна кількість амоніаку. Як зберегти здоров'я, не отруїтися газом? Запропонуйте модель вирішення проблеми.

Здобувачі освіти спираються на програмні знання про хімічну речовину (будова, фізичні та хімічні властивості), знання з анатомії людини (про будову дихальної, кровоносної систем, функції), знання з основ здоров'я (про першу домедичну допомогу, технологію приготування засобів захисту) самостійно відпрацьовують матеріал, потім починається командне обговорення моделі вирішення проблеми, формується висновок, приймається командне рішення, презентація моделі захисту здоров'я людини. При вирішенні ситуативних завдань важливим елементом компетентнісного підходу є перехід знаннєвого в діяльнісний компонент, уміння використовувати знання в практичній ситуації [9].

Освітній процес не можливо уявити без контрольної-оцінної діяльності, яка полягає в тому, щоб з'ясувати відповідність реальних досягнень здобувачів освіти з запланованими цілями навчання. Один із актуальних видів оцінювання є формувальне, яке залучає здобувачів освіти приймати рішення, мотивує до розуміння себе суб'єктом навчання, дає стимул для подальшої роботи над собою. Елементами формувального оцінювання визначені самооцінювання і взаємооцінювання.

Взаємооцінювання – це партнерська взаємодія, коли здобувачі освіти оцінюють роботу одне одного, допомагаючи покращувати свої навчальні результати. Формування уміння досліджувати результати навчання здобувачу освіти корисно навчитися оцінювати:

- свою діяльність на уроці;
- засвоєння змісту навчального матеріалу;
- свій внесок в урок;
- свої емоції, настрої.

Кожний елемент формувального оцінювання має переваги, ризики. При формуванні компетентностей здобувачів освіти в процесі STEM-навчання вчителю хімії треба дотримуватися правила: розробляти критерії для елементів формувального оцінювання спільно зі здобувачами освіти; оцінювати слід не особистість, а її роботу; навчати здобувачів освіти толерантно надавати

коментарі одне одному поради, сприймати критику, аргументовано пояснювати свою позицію – усе це складники STEM-навчання.

При такому підході можна підкреслити, що успіх STEM-навчання, формування компетентностей здобувачів освіти залежить від діагностики освітнього процесу, щоб далі спланувати роботу із суб'єктами освіти.

Серед складників, що забезпечують STEM-навчання, є командна робота. Аналітичний погляд на застосування командної роботи в навчанні хімії варто підкреслити, що цей вид діяльності люблять як здобувачі освіти, так і вчителі. Команда чисельністю 3–4 особи є найефективнішою для проведення освітнього процесу й управління ним. Планування завдань для команд має різний характер, залежить від мети і форми проведення уроку. В команді здобувачі освіти навчають одне одного, допомагають, мають спільну мету. При обговоренні чи проведенні дискусії здобувачі освіти вчаться формулювати і ставити питання одне одному. Проблема, яка виникає в процесі навчання, націлює вчителя на збільшення вправ із формування мисленнєвої діяльності.

У формувальній освіті використання командної роботи несе диференційований характер особливо при перевірці навчальних досягнень здобувачів освіти. Завдання для самостійної роботи добирають з урахуванням рівневої диференціації, при якій здобувач освіти отримує право вибирати рівень завдань. Це залежить від рівня засвоєння навчального матеріалу (але не нижче мінімального) і переважно практичного спрямування. Здобувачам освіти вчитель хімії пропонує різноманітні види завдань: від простих тестів до проблемних запитань. Важливо, щоб вправи мали зростаючу складність, комбіновані завдання, творчі, розрахункові задачі, вправи на моделювання.

Заслугує на увагу командна робота здобувачів освіти під час підготовки до нестандартних уроків. У даному випадку група завчасно отримує завдання, готує його в позаурочний час, а на навчальному занятті звітують про його виконання (презентація) [15].

Методика STEM-навчання, як було доведено, працює в формальній освіті, має певні результати, але аналіз навчальних програм, за якими працюють учителі природничих дисциплін відображають тільки предметні компетентності, для визначення міжпредметних, або транспредметних компетентностей потрібно додатковий час для підготовки вчителю, формування ключових, предметних компетентностей за темами зазначається поверхнево, методична література із STEM вимагає доповнення до кожного предмета. Визначені труднощі можна подолати в процесі викладання матеріалу.

Важливо у методиці STEM-навчання визначити функції компетентностей, що:

- є відображенням соціального замовлення на мінімальну підготовленість молодих громадян для повсякденного життя в навколишньому світі;
- є умовою реалізації особистісних сенсів здобувача освіти в навчанні, засобом подолання його відчуження від освіти;
- задають реальні об'єкти навколишньої дійсності для цільового комплексного використання знань, умінь і способів діяльності;

- задають мінімальний досвід предметної діяльності здобувача освіти, необхідний для надання йому здатностей та практичної підготовленості по відношенню до реальних об'єктів дійсності;
- присутні в різних навчальних предметах та освітніх галузях, тобто є метапредметними елементами змісту освіти;
- дозволяють пов'язати теоретичні знання з їх практичним використанням для рішення конкретних задач;
- являють собою інтегральні характеристики якості підготовки здобувачів освіти і засоби організації комплексного особистісного й соціально значущого освітнього контролю.

Варто зазначити, що компетентний випускник школи – це особистість, яка вміє: гнучко адаптуватися в мінливих життєвих ситуаціях, самостійно здобуваючи необхідні знання, вміло використовуючи їх на практиці для вирішення різноманітних проблем; самостійно критично мислити, бачити в реальній дійсності проблеми та шукати шляхи їхнього раціонального вирішення, використовуючи сучасні технології, чітко усвідомлювати, де та яким чином набуті знання можуть бути застосовані в довкіллі; генерувати нові ідеї, творчо мислити; грамотно працювати з інформацією (вміти збирати необхідні для розв'язання певної проблеми факти, аналізувати їх, пропонувати гіпотези, робити необхідні узагальнення, співставлення з аналогічними чи альтернативними варіантами вирішення, встановлювати статистичні закономірності, робити аргументовані висновки, застосовувати отримані висновки для виявлення і розв'язання нових проблем); бути комунікабельним, контактним у різних соціальних групах, уміти працювати у групах у різноманітних сферах діяльності, у різних ситуаціях, запобігаючи і вміло виходячи з конфліктних ситуацій; самостійно працювати над розвитком власної моралі, інтелекту, культурного рівня; аналізувати власну діяльність і діяльність інших; оцінювати соціальні звички, пов'язані із здоров'ям, навколишнім середовищем.

Перераховані особливості випускника закладу освіти розвиваються через застосування методики STEM-навчання на компетентнісному підході. На цих етапах здобувачі освіти мають розвивати творчий потенціал, цінувати свої думки та ідеї. Учитель повинен бути не тільки джерелом інформації, а й відстежувати та стимулювати активність здобувачів освіти в навчальній діяльності, пропонувати не методи пасивного навчання, а вводити інтерактивні методи, які перетворюють випускника з об'єкта навчання на суб'єкт.

Для апробації розробленої методики та експериментальних матеріалів було обрано наступні ключові задачі:

1. Перегляд навчальних програм з метою узгодження їх з державними стратегічними напрямами модернізації середньої освіти.
2. Реалізація програм відновлення матеріально-технічної бази закладів освітніми реактивами, приладами, дослідною технікою для реалізації задач STEM-освіти. Ресурси, для навчання здобувачів освіти, необхідно знаходити в лабораторіях підприємств, шляхом укладання договорів про співпрацю.

3. Реалізація здобувачами освіти власних дослідних проєктів на міжпредметній основі.

4. Обов'язкове співробітництво закладу загальної середньої освіти у напрямках: заклад загальної середньої освіти – заклад вищої освіти та заклад загальної середньої освіти – промисловість.

5. Проведення міждисциплінарних конкурсів, виставок серед здобувачів освіти 1–11-х класів, а в майбутньому і 12-х класів.

6. Належна профорієнтаційна робота здобувачів освіти шляхом проведення навчальних екскурсій на підприємствах, до лабораторій, знайомство з вимогами до професій та належна психологічна діагностика потреб, здібностей і нахилів здобувачів освіти.

З метою досягнення запланованих результатів учитель має застосовувати технології, які дозволять: максимально пов'язувати науку з практикою, життям; застосовувати проєктні технології; навчати здобувачів освіти за технологією перевернутого класу з метою збільшення мотиваційного потенціалу до навчання; підтримувати курси в онлайн-середовищі; застосовувати WEb-2.0 (онлайн – карти, схеми, діаграми, інструменти ведення проєктів та співробітництва); застосовувати популярні канали на Youtube та ін; впроваджувати DIY (робототехніку та мейкерство) [3].

Впровадження нових інформаційних технологій у освітній процес дозволяє активізувати процес навчання, підвищити темп уроку, збільшити обсяг самостійної та індивідуальної роботи здобувачів освіти. Сьогодні, щоб процес навчання був мотивованим, бажано спланувати і провести інтегрований урок з використанням цифрових освітніх ресурсів, тому що такий урок буде сучасним, яскравим, цікавим, насиченим, більш продуктивним [13].

В українській школі вчитель природничих предметів працює одночасно з 25 здобувачами освіти, які мають різні навчальні досягнення, індивідуальні здібності, темп навчання та інші психолого-педагогічні якості. Такі умови вимагають від учителя використовувати диференційоване навчання створюючи комфортне середовище для здобувачів освіти. Цифрові технології дозволяють кожному здобувачу освіти працювати самостійно, збільшується якість наочності в освітньому процесі, який заснований на інтеграції, компетентності, дослідженні, розвитку критичного мислення.

Залучення здобувачів освіти в STEM-навчання може підтримати не лише розвиток критичного мислення та формування компетентності дослідника, а й сприяти кращій соціалізації особистості, тому що ця методика розвиває такі навички, як: співробітництво, комунікативність, творчість.

Використання цифрових ресурсів як інноваційний елемент методики STEM-навчання допомагає розвивати такі завдання:

- залучення здобувачів освіти до навчально-практичної та науково-дослідницької діяльності;
- поглиблення знань здобувачів освіти із технічних та природничих дисциплін;
- формування пізнавальних інтересів здобувачів освіти, організація їхньої самостійної та групової пізнавальної діяльності;

- сприяння професійному самовизначенню здобувачів освіти.

Наступним елементом методики STEM-навчання є *тестові завдання* (Тесторіум, Майстер – тест) спрямовані на об'єктивне оцінювання рівня підготовки здобувача освіти, виявлення недоліків і вчасне їх усунення.

Одним із цифрових сервісів, який застосовують здобувачі освіти, є *LearningApps.org*. Він дозволяє створювати інтерактивні вправи, які підвищують мотивацію навчання. А також їх можна використовувати при роботі з інтерактивною дошкою або як індивідуальні вправи для здобувачів освіти.

Дидактичні можливості сервісу LearningApps.org:

- урізноманітнення типів навчальних завдань;
- забезпечення негайного зворотного зв'язку;
- індивідуалізація процесу навчання, використання основних і допоміжних навчальних впливів;
- застосування ігрових прийомів;
- можливості відтворення фрагментів навчальної діяльності;
- активізація навчальної роботи здобувачів, посилення мотивації навчання.

Важливо зазначити, що використання електронного методичного посібника з природничих предметів (хімія) відкриває і допомагає здобувачам освіти підвищувати ефективність самостійної роботи при розв'язуванні розрахункових задач. Він дає нові можливості для творчості, знаходження й закріплення умінь і навичок у ході розв'язання розрахункових та експериментальних задач. також поєднуватися з психологічною діяльністю (вправи, тренінги). Стимулом Використання комп'ютера дає можливість здобувачам освіти не тільки формувати знання, уміння, а до дії є елементи гри, які дають можливість отримати швидку реакцію-відповідь [16].

Важливим компонентом у STEM-навчанні відзначається STEM-проект. Бажано звернути увагу на проєктну діяльність, яка розвиває у здобувачів освіти мотиваційність, самостійність, активність, зацікавленість. Розглянемо приклад організації роботи над проєктом на уроці за темою: «Визначення кислотності ґрунтів» (Доцільно виконувати під час вивчення теми: «Вода». 7 клас.)

Актуальність: Зміна кислотності ґрунтів значною мірою впливає на доступність для рослин поживних речовин. Надмірно лужне та надмірно кисле середовище ґрунтів діють на коріння рослин токсично, що призводить до зниження урожайності та, навіть, загибелі рослин.

Мета дослідження: Визначити кислотність ґрунту на певній ділянці; З'ясувати вплив кислотності ґрунтів на стан рослин; ознайомитись із способами зменшення, або збільшення кислотності ґрунтів.

Об'єкт дослідження: зразки ґрунту певної ділянки.

Міжпредметні зв'язки: мінеральне живлення рослин, видові особливості рослин (біологія); рух води по капілярах фізика; види ґрунтів (географія).

Методи дослідження: експеримент, спостереження.

Етапи проведення дослідження:

1. Вивчити літературні джерела і відібрати необхідну інформацію з даного питання.
2. Визначити кислотність зразків ґрунту певної ділянки.
3. Дослідити вплив кислотності ґрунту на рослини.
4. Перевірити вплив вапнування на кислотність ґрунту.

Методика дослідження:

1. Зробити кілька ямок розміром 30х30 см² у різних місцях ділянки.
2. По всій глибині ямок зняти тонкий шар ґрунту і змішати його.
3. Частину суміші змочити дистильованою водою.
4. Стиснути суміш ґрунту у руці разом із смужкою індикаторного паперу.
5. Проаналізувати колір індикаторного паперу (папірці можна придбати в аптеці).

Висновки і рекомендації.

Під час захисту проєкту доцільно продемонструвати експеримент, або фото домашнього експерименту.

У сучасному закладі освіти з метою активізації освітнього процесу використовуємо ігрові технології навчання як на уроці, так і в позаурочний час. Навчальна гра передбачає ігрове моделювання подій та явищ, що вивчаються, має чітко поставлену мету навчання і відповідний меті результат [15].

Варто підкреслити, що арсенал ігор, які використовуємо на уроках навчальних предметів є моделюючий. Кожна гра відбувається за конкретною схемою. Здобувачі освіти «вводяться» в ситуацію, на основі якої вони отримують ігрове завдання. Для його виконання клас поділяється на групи й обираються відповідні ролі.

Розвиток критичного мислення на уроках дозволяє здобувачам освіти формувати таке уміння як аналіз інформації. Методичні прийоми розвитку критичного мислення розкривають логічний ланцюжок дій. Починаємо з проблеми (1-й крок), здобувачі освіти стикаються з тим, що їм не вистачає інформації, яку отримують від учителя. Аналіз цієї інформації – наступний етап (2-й крок); далі пропонується дидактична рольова гра, що реалізує кілька етапів (3-й крок). Після завершення сценарію відбувається обговорення, рефлексія (4-й крок).

У підсумку зазначимо, що впровадження в освітній процес методики STEM-навчання дозволяє сформувати у здобувачів освіти найважливіші характеристики, які притаманні компетентній особі: уміння побачити проблему; уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і зв'язків; уміння сформулювати дослідницьке запитання і шляхи його вирішення; гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору і стійкість у відстоюванні своєї позиції, оригінальність, відхід від шаблону; здатність до перегруповування ідей та зв'язків; здатність до абстрагування або аналізу; здатність до конкретизації або синтезу; відчуття гармонії в організації ідеї.

Здійснення освітнього процесу відповідно на вимог методики STEM-навчання передбачає наявність у самого вчителя умінь навчати здобувачів освіти: розуміти текст і викладати інформацію своїми словами; ділити текст на

логічні частини і формулювати запитання; систематизувати матеріал; робити вступ до відповіді; робити аналіз, синтез, порівняння, класифікацію, узагальнення та систематизацію, формулювати висновки; використовувати першоджерела; виділяти з тексту логічну структуру матеріалу, яка піддається систематизації; залучати додатковий матеріал з інших підручників або з життя для обґрунтування викладеного; застосовувати порівняння, далекі та близькі аналогії; самостійно формулювати питання до тексту або пояснень учителя чи здобувачів освіти та планувати пошук відповідей на них; проводити елементарні дослідження для вирішення пошукових задач; робити спостереження на основі аналізу кількох документів, джерел інформації; висувати гіпотези та знаходити шляхи перевірки їх достовірності; створювати логічно завершену розповідь з обґрунтуванням особистого ставлення до викладених фактів (абстрактно й логічно мислити); фантазувати і генерувати ідеї (дивергентно мислити); критично оцінювати власні пропозиції та пропозиції інших дітей (критично мислити); проектувати фізичний експеримент та застосовувати математичний апарат для дослідження отриманих експериментальних даних; користуватись комп'ютерною технікою і мережею Інтернет.

Впровадження методики STEM-навчання в загальну середню освіту змінює ставлення здобувачів освіти до процесу здобуття знань. Молоде покоління стає більш зацікавленим до навчання, самостійного дослідження, спостереження за явищами, які оточують їх. У молоді з'являється бажання навчатись із задоволенням.

Застосування методики STEM-навчання потребує подальшої апробації та методичного забезпечення. Провідним завданням майбутнього фахівця є здатність вчитись та сприймати зміни, а не самі знання, які нині стають застарілими з неймовірною швидкістю.

Переглянувши зміст навчальних програм і запропонувавши доповнення до програми з хімії, учитель має можливість упроваджувати методику STEM-навчання в освітній процес під час вивчення предмета, який він викладає. Формування вищезазначених умінь стає провідним завданням закладів не тільки загальної середньої, а і вищої педагогічної, а також післядипломної освіти з підготовки і підвищення кваліфікації вчителів закладів загальної середньої освіти.

Обласні інститути післядипломної освіти, Академії неперервної освіти України активізують цей напрям роботи з учителями, проводять спеціалізовані курси підвищення кваліфікації працівників всіх категорій, розробляють навчальні заняття (лекції, практичні заняття, спецкурси, факультативи) з метою підвищення інтересу до STEM-навчання, презентують новинки методичної літератури.

Вивчення шляхів застосування STEM-навчання у загальній середній, вищій, післядипломній освіті до кінця не вичерпна і має перспективу подальшого наукового дослідження.

Список використаних джерел

1. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988-р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80#n8>.
2. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 серп. 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.
3. Кіт І. В., Кіт О. Г. Методичні особливості інтеграції курсів інформатики та робототехніки. *Комп'ютер в школі та сім'ї*. Київ, 2016. № 5. С. 35–37.
4. Хімія. 7–9 клас Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів освіти. Київ : УОБЦ «Оріон», 2017. 112 с. <https://osvita.ua/school/program/program-5-9/56133/> (дата звернення 07.03.2023).
5. Навчання в школах Ізраїлю : <https://migrant.biz.ua/izrail/navchannya-il/shkola-v-izraili.html> (дата звернення 07.03.2023)
6. Державний стандарт базової середньої освіти : постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola/derzhavnij-standart-bazovoyi-serednoyi-osviti>.
7. Facione P. A. Critical thinking: What it is and why it counts. Available:www.calpress.com/pdf_files/what&why.pdf (May 7, 2011) (дата звернення 07.03.2023).
8. Навчаємо мислити критично: посібник для вчителів. / автори-укладачі О. І. Пометун, І. М. Сущенко. Дніпро : ЛІРА, 2016. 144 с.
9. Юзбашева Г. С. Диференційоване навчання хімії в шкільній освіті України : монографія. Херсон, Україна : Айлант, 2017, 380 с.
10. Journal of STEM Education. № 15 (2). 2014 р. с. 35 URL: <http://ojs.jstem.org/index.php?journal=JSTEM&page=issue&op=archive> (дата звернення 07.03.2023).
11. Гурняк І. А. Методика реалізації компетентнісного підходу в процесі навчання хімії. Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2008. 80 с.
12. Локшина О. І. Моніторинг рівнів досягнень компетентностей: інноваційні підходи. *Компетентнісний підхід в освіті: світовий досвід та українські перспективи* : кол. монографія. /Бібліотека освітньої політики / за заг. ред.. О. В. Овчарук. Київ : «К.І.С.», 2004. С. 26–33.
13. Мантула Т. І. Реалізація компетентнісного підходу в процесі навчання: моделювання уроку з використанням Веб-2.0 : наук.-метод. посіб. Кіровоград: ТОВ «Поліграф-сервіс», 2009. 132 с.
14. Родигина І. В. Компетентнісно орієнтований підхід до навчання. *Управління школою*. Вип. 8 (32)). ISBN 966-333-214-X. Харків : Вид. група «Основа», 2005. 96 с.

15. Садкіна В. І. 101 цікава педагогічна ідея. Як зробити урок. Харків : Вид. група «Основа», 2009. 88 с.

16. Юзбашева Г. С. Шкільний підручник з хімії як педагогічний інструмент компетентнісного підходу української школи: історія та сучасність: кол. монографія. *Теоретико-методологічні основи модернізації навчання: компетентнісний підхід.* / за ред. Г. С. Юзбашева. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2020. С. 143–163.

2.5 Особливості підготовки STEM-тренерів для закладів загальної середньої освіти Луганської області

© Буряк О. О.,

канд. пед. наук, доц.,

Луганський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти,

м. Сєвєродонецьк, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5960-9441>

STEM-освіта на сьогодні є одним із перспективних напрямів розвитку сучасної методології освіти. За кордоном освітянин, що має сертифікат тренера STEM, отримує більше переваг під час пошуку роботи, розвитку кар'єри та істотного підвищення оплати своєї праці.

В Україні щодо STEM-освіти почали наголошувати в період активного реформування освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти. З'явилися роботи вітчизняних науковців стосовно застосування STEM-підходів задля розвитку компетентностей здобувачів освіти. Можна назвати таких авторів, як Патрикєєву О. О. [1], Подлесного С. В. [2], Поліхун Н. І. [3], Морзе Н. В. [4], які зробили значний внесок у впровадження STEM-освіти у вітчизняний освітнянський процес. Окремо в цій ланці хочеться виділити науковця та менеджера Національного центру «Мала академія наук України» Стрижака Олександра Євгеновича [5], який своїми роботами систематизував українські визначення та ключові поняття в STEM-освіті, а також дослідив технічну складову та інформаційні технології для навчання за STEM-методологією [6–7].

Актуальність зазначеної теми полягає у тому, що STEM-методологія не є набором усталених методик та правил, і підготовка STEM-тренерів є не просто підвищенням кваліфікації педагогів, а є формуванням нового погляду на навчання, на основі якого створюється унікальне поєднання природничих наук, технологій, інжинірингу та математики у творчому середовищі, яке стимулює пізнавальну діяльність здобувача освіти, спонукає до власних дій та пошуку необхідної інформації для цього. Необхідно підготувати викладачів так, щоб STEM-освіта стала не просто новими знаннями, а змістовною складовою процесів отримання та засвоєння нових знань.

Акронім STEM – доволі відомий на сьогодні [5]. Сполучення природничих наук (Science), технологій (Technology), інжинірингу (Engineering) та математики (Mathematics) визначає унікальне поєднання знань в єдине ціле в педагогіці. Нині до вмісту акроніму ще додають мистецтво (Art), як засіб мислити креативно. Зазначені сфери знань представлені окремими дисциплінами, але поєднаними у логічний комплекс. Дослідженню комплексного підходу у представленні знань, вивченні особливостей, донесення їх до здобувача освіти і присвячена робота з підготовки тренерів для загальної середньої освіти (ЗЗСО).

Мета дослідження полягає у визначенні деяких особливостей підготовки STEM-тренерів для ЗЗСО, враховуючи нахили, уподобання, навички і, навіть,

прояви деяких талантів здобувачів освіти. Ці особливості підготовки визначені під час проведення заходів з підвищення кваліфікації педагогів закладів загальної середньої освіти у Луганському обласному інституті післядипломної педагогічної освіти (Луганський ОІППО), а деякі практичні рекомендації з врахування особливостей були апробовані в процесі підготовки STEM-тренерів з числа місцевих педагогів ЗЗСО та викладачів вузів.

Техніка, технологія та творчо-пошукова активність здобувачів освіти у сучасній школі

Акронім STEM виник на вістрі пошуку форм і методів навчання. Прискорення темпів науково-технічного прогресу послабило зацікавленість здобувачів освіти до навчального процесу через покращення можливостей знаходження будь-якої інформації в Інтернеті. В той же час нові технології почали вимагати якісно нових знань та навичок. В цей період у життя здобувачів освіти активно почали входити різноманітні гаджети, які переставали бути атрибутом деякої приналежності до «елітності», а ставали побутовою річчю, яка підносила на інший щабель розвитку. Тобто, без деяких знань, вмінь, навичок, ставало неможливим користування інформаційно-комунікаційними технологіями.

Однак одного користування було замало. Віртуалізація простору вимагала власного творчого підходу, уміння програмування, розробки, знань, які не можна було отримати, просто гортаючи підручник. Саме тому постало питання сучасного підходу та гармонійності розвитку здобувачів освіти.

У 2016 році в Україні почало обговорюватися питання про застосування STEM-підходу у закладах загальної середньої освіти. Луганський ОІППО завжди підтримував новаторські практики, оскільки орієнтувався на потреби, що висували батьки здобувачів освіти до сучасних ЗЗСО. Реформа шкільної освіти «Нова українська школа» передбачала навчання через діяльність, а от як реалізувати це на практиці – ставало задачею для педагогів, директорів ЗЗСО і, частково, батьків.

Орієнтація сучасної нової української школи на гуманізацію процесу освіти й різнобічний розвиток особистості дитини припускає, зокрема, необхідність гармонійного поєднання навчальної діяльності, у рамках якої формуються базові знання, уміння й навички, з діяльністю творчою, пов'язаною з розвитком індивідуальних задатків здобувачів освіти, їхньої пізнавальної активності, здатності самостійно вирішувати нестандартні завдання, здатності вільно спілкуватися на різні теми не лише на уроці в школі, а й у повсякденних життєвих ситуаціях, як в режимі онлайн, так і офлайн.

Значимість зазначених вище питань у освітньому процесі обумовлена, насамперед, тією обставиною, що сама по собі навчальна діяльність, спрямована в традиційному її розумінні на засвоєння здобувачами освіти вимог базової шкільної програми без надійної інформаційної бази та відповідних вмінь і навичок у сучасному суспільстві, що активно розвивається, не буде мати тісного зв'язку з повсякденням. Налагодити такий зв'язок можливо завдяки STEM-підходу у освітньому процесі з метою підвищення творчо-пошукової активності здобувачів освіти.

STEM поєднує у собі технологію, але не є лише технологією. В даному випадку технологія не виступає строгим комплексом науки та інженерії певного спрямування. Скоріше, тут технологію можна розглядати як машинізацію виробничих, соціальних, наукових процесів, інструмент для розвитку мислення і знаряддя для отримання нових знань і вмінь.

А якщо, наприклад, розглядати суто інформаційні технології, то тут вже не йде мова лише про «машинізацію». Бо саме тут є інженерія, математика, наука і, навіть, мистецтво. Саме тому інформаційні технології у STEM-освіті стають базою, і не можна уявити STEM-тренера без ґрунтовних знань інформаційних технологій.

Сьогодні варто вводити термін «інформаційна інфраструктура» [6], за яким розуміти всі ті інформаційно-комунікаційні технології, без яких важко уявити сучасне життя. «Розумні годинники», інтерактивні дошки, будинки, які «самостійно» слідкують за витратами електроенергії і тепла, електронні крижки і інтернет-комунікації, – все те, що стало невід’ємним атрибутом життя розвиненого суспільства і наповненням сучасної школи. Та й школа значною частиною перемістилася до віртуального простору, чим не зменшила, а розширила свої можливості у пізнанні світу.

Такий акцент на використання інформаційних технологій в STEM-освіті та, відповідно, у підготовці STEM-тренерів, базується на основних технічних досягненнях:

- поява нового середовища нагромадження інформації на носіях (від фізичних карток пам’яті до хмарних сервісів, активно використовуваних при реалізації STEM-проектів);

- створення сучасних комунікаційних технологій, що дозволяють без перешкод спілкувалися, розвиваючи творче мислення та обмін думок з будь-якою точки світу в режимі реального часу. Вже радіо та телевізор стали чимось на кшталт анахронізму, такою собі «машиною часу», коли спілкування йде лише від промовця до слухача. Сучасні люди за допомогою технологій безбар’єрно спілкуються за допомогою електронних перекладачів, надсилають листи іншими мовами, створені за допомогою штучного інтелекту, комунікують за допомогою відеозасобів, знаходячись один від одного на відстані тисяч кілометрів;

- автоматизована обробка даних та вирішення складних STEM-задач за допомогою інформаційних технологій. Наприклад, в мережі Інтернет існує багато ресурсів, які дозволять вирішити складну математичну або фізичну задачу за заданим алгоритмом різними способами.

Тобто, як можна побачити, сучасні інформаційні технології – це інтегрованість, гнучкість та інтерактивність [7]. І саме без цього не можна уявити STEM-освіту. Сучасний учитель, що використовує STEM-підхід у роботі, повинен не просто досконало володіти інформаційними технологіями, а й, розуміючи їх сутність, вміти застосувати для вирішення різноманітних задач, пояснити принцип конкретної дії та дати необхідний поштовх у сукупності з певною базою знань до подальших самостійних дій.

Як було зазначено [6], STEM виник саме тоді, коли зацікавленість здобувачів освіти у шкільній освіті почала стрімко знижуватися. Але цей процес виник не одночасно. З середини 70-х років у вітчизняній школі виявилася небезпечна тенденція зменшення інтересу здобувачів освіти до занять. Відчуження здобувачів освіти від пізнавальної праці педагога намагалися зупинити різними способами. На загострення проблеми масова практика відреагувала застосуванням на уроках нових технологій, які мають на меті виникнення й утримання інтересу здобувачів освіти до навчальної діяльності, сприяють інтенсивному навчанню [8], допомагають знайти власні підходи та методики до засвоєння знань.

Зазначене стало підґрунтям STEM-освіти, яке отримало нові надбудови при інформатизації суспільства. Це викликане прискоренням розвитку навколишнього світу, сучасними науковими досягненнями, створенням всесвітньої інформаційної мережі, обміном знань і технологій між країнами світу.

Думки педагогів [6, 8] щодо застосування інформаційних технологій у навчанні розходяться: вимушені використовувати їх всі, проте одні вважають інформаційні технології надійним кроком вперед, а інші – відхиленням від класичної педагогіки і передачі функцій мислення неживій машині.

Та чи є в сьогоднішній школі процес навчання суто взаємодією здобувача освіти і вчителя згідно встановленої програми? Враховуючи [9], в останні часи, з активізацією дистанційної форми отримання знань через пандемію, цей процес зазнав докорінних змін. Проте, як і раніше, до основних структурних компонентів, що розкривають його сутність, відносять цілі навчання, зміст, діяльність викладання й навчання, характер їхньої взаємодії, принципи, методи, форми навчання. Через ці загальні сутнісні характеристики можливе виявлення особливостей застосування інформаційних технологій у навчанні STEM-тренерів та подальшої підготовки вчителів до роботи за STEM-технологіями.

Не можна сказати, що ідея застосування інформаційних технологій у навчанні нова, що раніше проблеми розвитку здобувача освіти в процесі навчання не ставилися й не вирішувалися. Можна перелічити ряд імен (Л. С. Виготський, Є. М. Кабанова-Міллер, Н. О. Менчинська, І. С. Якиманська й ін.), з якими пов'язані проблеми інформатизації у розвитку особистості в процесі навчання. У той або інший період історії суспільства ця ідея висувається на передній план або тимчасово «забувається», але ніколи не знімається, ніколи не припиняється її вивчення, а головне практична реалізація в школі. Зазначене у STEM-освіті має основне смислове навантаження. Адже інформаційні технології в навчанні не заперечують важливість і необхідність освітніх завдань, але й не визнають трьох паралельно існуючих завдань, а припускають їхнє злиття в триєдине завдання, що забезпечує органічне злиття навчання й розвитку, при якому навчання виступає не самоціллю, а умовою розвитку здобувача освіти за застосування необхідної інформації для STEM-процесу [6].

Як зазначається у роботі [6], виділити кілька типів уроків, на яких необхідно застосовувати саме STEM-підхід, який дозволяє інтенсивно вивчати

будь-які предмети окремо чи паралельно у межах одного зайняття. Їхні назви дають деяке подання про цілі, завдання, методiku проведення таких занять. Перелічимо найпоширеніші типи уроків, які вимагають застосування STEM-технології для інтенсифікації знань:

1. Уроки – ділові ігри;
2. Уроки – прес-конференції;
3. Уроки – змагання;
4. Уроки типу КВВ;
5. Театралізовані уроки;
6. Комп'ютерні уроки;
7. Уроки творчості;
8. Уроки із груповими формами роботи;
9. Уроки – заліки;
10. Уроки – конкурси;
11. Уроки – діалоги;
12. Уроки – конференції;
13. Уроки – екскурсії;
14. Уроки – семінари.

STEM-тренер повинен легко застосовувати вказані технології та використовувати їх під час занять. Адже тут необхідно не лише застосувати особливий підхід до кожного здобувача освіти без створення зайвого навантаження, а й самому спроектувати свої дії чи допомогти розібратися з цим іншим вчителям, щоб приносити більше користі здобувачам освіти, ніж буденні навчальні заняття зі строгою структурою, які ґрунтуються на роботі з підручником та ведуться в рамках монологу або діалогу.

І тут варто згадати про те, що уособлює поняття інжинірингу у акронімі STEM – тобто, способи і методи, завдяки яким досягається поставлена мета. І саме тут діяльність викладача, що працює за STEM-підходом, підпорядкована одному з відомих принципів дидактики – принципу систематичності та послідовності навчання. Саме за цим принципом визначають календарі термінів виконання якогось завдання та відзначають їх у відповідній графі плану.

Це вказує на те, що STEM не є грою, хоча тут наявні ігрові елементи. STEM підпорядковується певним правилам послідовного виконання завдань і пристосування здобувачів освіти до думки, що кожна робота має свій дедлайн. Проблема планування часу та відповідності дедлайнам серед здобувачів освіти різник вікових категорій ЗЗСО особливо проявилася під час переходу на дистанційну форму освіти.

Дистанційна освіта останніх двох років показала, що однією з проблем сучасних здобувачів освіти є невміння пов'язати мету та час виконання. Найчастіше це проявляється у моменти, коли вчитель дає завдання для самостійного виконання, яке потребує пошуку та аналізу іншого матеріалу та зазначає, що хоче побачити виконане завдання через визначений проміжок часу. При використанні STEM-освіти визначений час ділить всю роботу на явні чи неявні проміжки. Такий підхід має не лише велике організаційне значення

для формування юної особистості. Він ще дозволяє дитині зрозуміти важливість часу та необачливу марність втрачати час даремно.

У процесі підготовки STEM-тренерів неодноразово наводилися приклади, доступні як для сприйняття дорослими, так і для розуміння здобувачами освіти. Наприклад, можна навести аматорський твір (фанфік) за мотивами відомих творів Дж. Ровлінг про Гаррі Поттера – «Гаррі Поттер і методи раціонального мислення». В цьому аматорському творі розповідь йде про те, що Гаррі Поттер виховувався зовсім в інших умовах і формувався як маленький вчений, який вимагав, щоб наявність магії йому довели. І хлопчик не просто просив махати чарівною паличкою, а потребував ставити експерименти, які сам і планував. Ретельне планування дозволяло йому доводити одне – магією є те, чого ще не змогла пояснити наука. Тобто, у даному творі є цікавий приклад того, що ретельне планування із досягнення будь-якої мети вже є половиною пройденого шляху.

Тому й у випадку планування дедлайнів варто зазначити, що найкраще реалізація STEM-підходу буде відбуватися у тому разі, коли учитель сам розуміє планування та терміни часу.

У STEM-освіті план роботи не є робочою програмою у тому розумінні, як представлено при реалізації класичного підходу навчання. Для складання робочої програми потрібна типова програма предмета. За цією програмою визначають приблизний погодинний розподіл предмета за розділами та темами. Далі послідовно перераховують усі навчальні елементи, що вивчаються в предметі, розділяючи їх за двогодинними порціями.

Планування роботи при реалізації STEM-підходу є чимось на кшталт бізнес-плану, де є види дій і терміни виконання, навіть, можуть бути і вартості етапів, у разі, якщо якихось приладів та компонентів не вистачатиме для реалізації задуманого. План роботи охоплюватиме багато пояснень, а безпосередньо часові відрізки виконання розподілятимуться на підетапи.

В останньому випадку можуть виникати труднощі з розподілом. Тому на початку STEM-тренерам рекомендується розділяти навчальні елементи шляхом репетиційної підготовки. До складу репетиційної підготовки включають обов'язкову перевірку можливого легкого відтворення висновків, доказів, гіпотез. Усі приклади, завдання та вправи, які викладач намітив показати на занятті, обов'язково треба спочатку розв'язати самостійно та продумати, де можуть виникнути додаткові запитання.

Якщо через труднощі виконання якогось завдання необхідно збільшити час, то це коригується за результатами фактичних витрат під час безпосереднього виконання завдання. Але обґрунтовано, з поясненням здобувачам освіти причини такого зміщення часу. Тільки тоді здобувачі освіти зможуть планувати подальшу роботу самостійно.

STEM-тренерам під час підготовки було рекомендовано зазначати в процесі роботи всі зміни, висновки, рішення, доповнення, тим самим коригуючи і майбутню поведінку педагогів, які працюватимуть далі самостійно, до постійної аналітики дій.

Одним із найважливіших та необхідних етапів підготовки STEM-тренерів у Луганському ОІППО виступав етап розробки плану кожного заняття. Планування слід розпочати з чіткого формування цілей заняття: що хоче здійснити учитель у процесі та в результаті його проведення. У плані мають бути чітко вказані елементи заняття.

Наприклад, характерні такі формулювання основних цілей:

1. Контроль засвоєння базових навчальних елементів.
2. Засвоєння здобувачами освіти навчальних елементів, необхідних для розуміння завдання та його виконання.
3. Інструктаж про обсяг, зміст, послідовність та способи виконання та представлення самостійної роботи.

Відповідно до намічених цілей складають план заняття. Він складається з наступних узагальнених пунктів:

1. Організаційний момент. Тут вказують способи та послідовність підготовки аудиторії та здобувачів освіти до початку заняття, перевірки всіх необхідних приладів, компонентів, матеріалів тощо;

2. Контроль засвоєння попередніх тем. Зазначаються способи контролю засвоєння, заздалегідь підготовлені питання для усного опитування, перелік необхідних наочних посібників, макетів, моделей, пристроїв;

3. Викладення нового матеріалу з демонстрацією дій. Наводяться по порядку навчальні елементи, що підлягають вивченню, перелік необхідних навчальних посібників та обладнання, опис того, що підлягає засвоєнню на занятті.

4. Закріплення нового матеріалу зі спробою здобувачів освіти відобразити це самостійно. Формулюються питання щодо закріплення нового матеріалу.

5. Пояснення самостійної роботи або завдання додому. Тут поряд із зазначенням основної та додаткової літератури для самостійного дослідження, повинні бути сформульовані чітко та однозначно вимоги, які будуть пред'явлені до здобувачів освіти при перевірці завдання наступного разу.

За кожним пунктом вказують запланований час.

У процесі заняття і після закінчення учитель робить у плані позначки, фіксує фактично витрачений час, відзначає невдалі прийоми, фіксує питання, що задавалися здобувачами освіти, реєструє їхню реакцію за різних способів проведення заняття тощо. На основі плану та зауважень до нього учитель аналізує підготовку її проведення заняття, і, користуючись методами педагогічного дослідження, домагається при кожному наступному викладі даного навчального елемента найкращих результатів.

План бажано вести в електронній формі, що спрощує внесення поправок, доповнень, нотаток та інформації, що має зв'язок з темою і безпосереднє відношення до теми. Таким чином план постійно вдосконалюється й стає основним робочим документом вчителя.

STEM-підхід в освіті має постійний розвиток. Тож не можна стверджувати, що наведене з прикладу роботи Луганського ОІППО є сталим підходом для підготовки STEM-тренерів. Варто зазначити, що існують системи

педагогів-новаторів [5, 6], які пропонують методики застосування STEM-освіти у підготовці педагогів ЗЗСО та STEM-тренерів. І, навіть, торкаються одного з «найболючіших» питань педагогіки [6] – чи всі здобувачі освіти є талановитими і слід докладати зусиль у розвитку їх талантів, чи варто все ж розрізняти здібності та обдарованості і розмежовувати підходи у навчанні?

Цьому питанню теж приділялася важлива роль при підготовці STEM-тренерів для закладів загальної середньої освіти на Луганщині. Опис деяких моментів з практики підготовки наведений в наступному розділі роботи.

Здібність, обдарованість і колектив у роботі STEM-тренера

При підготовці STEM-тренерів на базі Луганського ОППО в різних групах і на різних заняттях обов'язково хтось зі слухачів задавав питання щодо того, чи дозволить STEM-методика формувати класи геніїв? Або – чи можливо у кожного здобувача освіти розвинути за допомогою STEM всі наявні здібності? Чи все ж – для роботи за STEM-методикою варто відбирати саме талановитих і обдарованих, і потім лише шліфувати їх якості?

Таких дивних питань буває багато. Але слід відразу зазначити, що значні труднощі у визначенні понять «здібності» й «обдарованості» пов'язані з загальноприйнятим, побутовим розумінням цих термінів. Якщо звернутися до тлумачних словників, яких зараз безліч в мережі Інтернет, то можна помітити деяку синонімічність уживання слів «талановитий», «здібний», «обдарований». Тобто, зазначені терміни підкреслюють виразність здібностей, але саме виразом «має талан» зазначають природні схильності людини до деякої справи.

Звернемося до тлумачного словника В. Даля [10], де здібний визначається як придатний чи зручний. Інакше – спритний, схильний до чогось, до якоїсь роботи чи дій. Здібний тут фактично розуміється як умілий, а поняття «вміння» у словнику немає. Тобто, здібний визначається успіхами в діяльності. Зі сказаного можна зробити висновок, що здатності – це, одночасно, обдарованість, схильність до чогось, а з іншого боку ніби і мають ледь помітну різницю. Адже говорячи про здібності, підкреслюють можливість людини щось робити, а говорячи про талант (обдарованості), підкреслюється природжений характер даної якості (здібності) людини. Разом з тим, і здібності й обдарованість виявляються в успішності діяльності.

STEM-освіта націлена на знаходження і розвиток творчих задатків здобувачів освіти [6]. І про це необхідно постійно пам'ятати STEM-тренеру, як під час безпосередньої роботи в учнівському колективі, так і наголошуючи та скеровуючи педагогів до подальшого використання STEM-освіти у практичній діяльності.

На занятті присутній колектив, який складається не просто з деяких умовних одиниць – здобувачів освіти, а з особистостей, які мають свої задатки та таланти. І тут кожен STEM-тренер може зупинитися перед дилемою: як донести до вчителя, що навчальний процес стає перш за все процесом спілкування особистостей у колективі, який вирішує одну або декілька спільних задач?

Саме тому при підготовці STEM-тренерів звертається увага на багатofункціональність спілкування у колективі та використання цієї особливості у процесі навчання через пізнання.

STEM-навчання стає неможливим без формуючої функції спілкування. Тут спілкування постає як найважливіша умова формування та зміни психологічного розуміння однієї особи, як колективу, що працює над задачею.

І саме тому організація та підтримка міжособистісних відносин відіграє у STEM-освіті роль такого собі фундаменту, на якому базуються всі подальші дії. Усі рішення, дії, висновки пов'язані з оцінюванням інших учасників колективу. Емоційне ставлення до іншої людини практично завжди може бути виражене в термінах симпатії/антипатії, подобається/не подобається. Емоційні міжособистісні відносини – не єдиний вид соціального зв'язку, доступний сучасній людині, проте вони пронизують всю систему взаємовідносин між людьми, часто накладають свій відбиток і на ділові, і навіть на рольові відносини [4].

Нарешті, можна назвати і п'яту функцію спілкування – внутрішньо особистісна. У разі спілкування людини із собою (через внутрішню чи зовнішню мову, побудовану на кшталт діалогу) може розглядатися як універсальний спосіб мислення людини. І в процесі реалізації STEM-підходу відбувається перехід індивіда до особистості.

Відповідно до традиції, що склалася, у вітчизняній соціальній психології виділяють три різних за своєю орієнтацією типу міжособистісного спілкування імператив, маніпуляцію і діалог. Чи всі вони «підходять» до STEM-освіти?

Імперативне спілкування – це авторитарна, директивна форма впливу на партнера зі спілкування з метою досягнення контролю над його поведінкою та внутрішніми установками, примусу до певних дій або рішень. У разі партнер зі спілкування сприймається як об'єкт впливу, виступає пасивною ланкою. Особливість імперативу у цьому, що кінцева мета спілкування – примус партнера не завуальований. Як засоби впливу використовуються наказ, вказівки, приписи та вимоги [8].

Можна назвати цілу групу соціальних діяльностей, у яких використання імперативного виду спілкування цілком виправдано і з цільової та з етичної точок зору. Але не за STEM-підходом. У STEM-освіті є місце інструкції, настанові користувачу чи виконавцю. Різниця полягає у тому, що інструкція чи настанова виступає керівним впливом на подальшу дію особистості, дозволяючи виконати завдання за попередньо розробленим планом.

Маніпуляція теж є дуже поширеною формою спілкування. На жаль, часто і в школі, адже передбачає вплив на партнера зі спілкування з метою досягнення своїх прихованих намірів. Найтиповіша форма маніпуляції з боку вчителя у взаєминах зі здобувачем освіти: «Якщо ти не ..., то я повідомлю батьків».

Як і імператив, маніпулятивне спілкування передбачає об'єктне сприйняття партнера зі спілкування, яким користується маніпулятор для досягнення своїх цілей. Споріднює їх і те, що при маніпулятивному спілкуванні також ставиться за мету домогтися контролю над поведінкою та думками іншої

людини. Корінна відмінність полягає в тому, що партнер не інформується про справжні цілі спілкування: вони або просто приховуються від нього, або підмінюються іншими.

І тут варто підкреслити, що в процесі STEM-освіти маніпуляція неприпустима. STEM-тренер повинен донести до вчителів наступну думку: маніпулятивний підхід до STEM-освіти перекреслює будь-які позитивні результати, представлені у підсумку на загал. Маніпуляцією неможливо розкрити позитивні якості особистості.

Для роботи за методиками STEM-освіти підходить лише діалогічне спілкування, що дозволяє перейти від егоцентричної, фіксованої на собі установки [9, 11], до встановлення на співрозмовника, реального партнера з узагальнення. Діалог – це рівність, що має на меті взаємне пізнання, самопізнання і саморозвиток обох сторін спілкування [12].

Важливість діалогу для спілкування розкривається через правила взаємовідносин у STEM-процесі:

- психологічний настрій на актуальний стан співрозмовника та власний актуальний психологічний стан при реалізації STEM-задачі. В даному випадку йдеться про спілкування за принципом «тут і зараз», з урахуванням тих почуттів, бажань і фізичного стану, які сторони діалогу відчують в даний момент;

- безоцінне сприйняття особистості кожного, апіорна довіра до його намірів при роботі над спільним STEM-проєктом;

- сприйняття кожного як рівного, що має право на власну думку та власне рішення STEM-задачі;

- змістом спілкування повинні бути не прописні істини і догми, а проблеми та невирішені питання (проблематизація змісту спілкування у STEM-освіті);

- персоніфікація спілкування – розмова від свого імені, без посилення на думки та авторитети, презентація своїх справжніх почуттів та бажань при представленні STEM-проєкту.

Безперечно, реалізація такого типу спілкування вимагає і відповідної життєвої ситуації, і внутрішньої готовності сторін до спілкування. Хочеться зазначити, що під час підготовки майбутніх STEM-тренерів дуже цікавим для спостереження є цей перехід: коли людина перестає відчувати себе наставником і починає сприймати себе, як сторону діалогу. Це ж саме відчуття STEM-тренер повинен передати і педагогу закладу загальної середньої освіти. Хоча у цьому випадку процес переходу вчителя від ментора до учасника діалогу може виявитися більш складним. Адже класичний підхід у педагогіці сприяє формуванню саме менторського, наставницького підходу, не дозволяючи розкривати свої особистісні риси при спілкуванні зі здобувачами освіти [13].

За роки проведеної роботи Луганського ОІППО підготував багато STEM-тренерів, які почали свою діяльність у навчальних закладах Луганщини. Деякі

прикладі та результати практичної діяльності із зазначеного напрямку наведені в наступному розділі роботи.

Практика роботи STEM-тренерів для закладів середньої освіти Луганщини

На початку жовтня 2021 року за ініціати́ви Департаменту міжнародної технічної допомоги, інноваційного розвитку та зовнішніх відносин Луганської обласної державної адміністрації відбулося відкриття нового сучасного Центру STEAM-освіти на базі обласної Малої академії наук у межах Програми ООН із відновлення та розбудови миру за фінансування Європейського Союзу. Центр став унікальним осередком для молоді, яка цікавиться технологічними інноваціями, майданчиком для забезпечення підвищення професійної кваліфікації педагогів. Центр був оснащений сучасним обладнанням для занять із робототехніки, 3D-моделювання та проведення унікальних лабораторних робіт із біології, географії, фізики та хімії.

У межах програми ООН з відновлення та розбудови миру з грудня 2020 року відбувалось навчання обласних STEAM-тренерів. Це навчання було успішно завершене, учасники склали всі заліки та практичні роботи. У Луганській області за міжнародно акредитованими навчальними програмами підготовлено 15 STEAM-тренерів, які у подальшому планували спрямувати свою роботу на підвищення кваліфікації учителів Луганщини з різних напрямів STEAM-освіти. Отримання сертифікатів відбувалось на початку лютого 2022 року, на жаль, активні військові дії унеможливили процес отримання документів всіма учасниками.

Хочеться зазначити, що розвиток STEM-освіти в Луганській області відбувався відповідно до Плану заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні (2016 рік, Міністерство освіти і науки України), Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), методичних рекомендацій щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2021/2022 навчальному році (ДНУ «ІМЗО»), наказів ДНУ «ІМЗО» «Про проведення фестивалю(ів) STEM-весна – 2021 (2022)», «Про організацію та проведення науково-практичних заходів «STEM-школи – 2021 (2022)», «Про проведення змагань з робототехніки – 2021 (2022)», «Про проведення заходу «Краща STEM-публікація – 2021 (2022)», листів ДНУ «ІМЗО» з питань проведення заходів зі STEM-освіти. Навчання STEM-тренерів Луганщини відбувалось за участі Луганського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти.

Як впливає із самого визначення, STEM-освіта – це низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує здобувачів освіти до успішного працевлаштування, до освіти після школи чи для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань та наукових понять. Щоб оволодіти цими навичками слід засвоїти деякі навички просторового сприйняття дійсності, в чому допомагає конструювання [11].

Тож початковим етапом STEM-освіти є LEGO-конструювання. Це важлива особливість в процесі підготовки STEM-тренерів: навчитися

передавати знання в процесі побудови та дослідження моделей з конструктора, захопити до подальших дій з дослідження, експериментування, креативної побудови нового.

Технології LEGO Education сприяють упровадженню інноваційних методів навчання в освітньому процесі школи (STEM-освіта) і навчають основ проектної, дослідницької та експериментальної діяльності. Робота з конструктором LEGO дозволяє молодшим здобувачам освіти у формі пізнавальної гри дізнатися багато цікавого й розвинути необхідні в подальшому житті навички. Особливості конструктора LEGO, його високі конструктивні можливості дозволяють дітям утілити найрізноманітніші проекти, працюючи за своїм задумом, самостійно вирішуючи поставлену задачу, бачити продукт своєї діяльності, конструювати власні моделі, у яких можна із задоволенням грати, змінювати й удосконалювати. Основним принципом навчання є принцип «навчання через дію» – зробити разом, не просто примусити здобувачів освіти повторити, а творити в процесі об'єднуючої роботи.

Ще у 2018 році Луганський ОІППО спільно з фондом LEGO Foundation провів навчання 20 тренерів з LEGO-конструювання для роботи в освітньому просторі Нової української школи, у 2019 році – до цієї роботи долучились ще 64 особи (тренери-педагоги). Останні навчили методик використання LEGO-конструювання в початковій освіті вчителів, що працюють за новим Державним стандартом початкової школи. У 2018–2021 роках були навчені 3 410 педагогів, які успішно втілювали свої знання в закладах загальної середньої освіти Луганщини.

Наступний етап підготовки STEM-тренерів – навчитися здійснювати трансдисциплінарну інтеграцію. І в цьому допомагає робототехніка – напрям, що спрямований на розробку автоматизованих технічних систем (роботів). Це порівняно нова галузь, що дозволяє залучити до інженерної творчості здобувачів освіти ще з молодшого шкільного віку, дає можливість виявити й розвивати знання і вміння здобувачів освіти у таких напрямках, як механіка, 2D- і 3D-моделювання, програмування, розробка штучного інтелекту.

Перевагами робототехніки як напряму STEM-освіти є:

- унікальна можливість просто, цікаво й доступно вивчати складні речі;
- потужність як інструменту для STEM-освіти;
- міжпредметні зв'язки та, як наслідок, нестандартні й захопливі уроки;
- командна, творча й проектна робота, яка дозволяє розкрити та розвинути потенціал здобувачів освіти.

У Луганській області цей напрям STEM-освіти був реалізований у КЗ «Лисичанський центр науково-технічної творчості учнівської молоді». Завдяки активній діяльності зі збереження та розвитку науково-технічного напряму позашкільної освіти й реалізації проекту «Прогресивна молодь у Лисичанську: підтримка науково-технічного молодіжного центру» з USAID, Центр зумів модернізувати матеріально-технічну базу та створити інноваційні напрями технічної творчості для здобувачів освіти і молоді, зокрема робототехніку. З метою підготовки педагогів області до роботи за даним напрямом у 2021 році для педагогів області було проведено курс за проблемою «Впровадження

STEM-освіти в освітній процес закладів позашкільної освіти», сертифікати отримали 8 педагогів.

STEM-освіта неможлива без інформаційних технологій (ІТ), які переплітаються з усіма іншими дисциплінами і дозволяють осучаснити будь-яку роботу, вивести її на якісно новий рівень. Тут варто враховувати, що ІТ не є рішенням у STEM-освіті. Це – інструмент до реалізації STEM-задач.

Даний напрям багатовекторний, адже застосування інформаційних технологій у освітньому процесі відкриває великі можливості для STEM-навчання. Прикладом комп'ютерних навчальних програм можуть слугувати віртуальні лабораторії. Перевагами їх використання є моделювання процесів, протікання яких принципово неможливі в лабораторних умовах, в тому числі, з якими неможливо ознайомитись без застосування додаткової техніки; ознайомлення з особливостями процесів, які відбуваються в іншому масштабі часу; дистанційне навчання та самостійне закріплення знань здобувачем освіти; безпека під час проведення експериментів, наприклад, у випадках з високою напругою або хімічними речовинами. В умовах інформатизації одним із дієвих напрямів використання інформаційних технологій в освітньому процесі є застосування онлайн-ресурсів, веб-сервісів, що можуть стати в пригоді вчителям під час викладання предметів природничо-математичного циклу.

Одним із дієвих векторів даного напрямку є застосування засобів віртуальної та доповненої реальності, що дозволяє зробити навчальне середовище не лише міждисциплінарним, але й більш привабливим, мотивувальним і гейміфікованим.

Викладачами Луганського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти ведеться системна робота щодо навчання педагогічних працівників Луганщини використовувати інформаційні технології у професійній діяльності. За зазначеним напрямом було проведено 58 заходів, а сертифікати отримали 1 351 педагог.

З використання ІТ в освітньому процесі витікає рівновекторні напрями, без яких неможлива повноцінна підготовка STEM-тренерів: проєктна діяльність і застосування цифрових вимірювальних комплексів. Перший напрям досліджує проблему та можливості її розв'язання не з погляду однієї науки, а інтегрувати знання з різних предметів для подолання означеної проблеми. На сьогодні це доволі поширений напрям STEM-освіти. Другий – занурює у світ дослідів.

Цифрові вимірювальні комплекси, на кшталт Einstein, LabQuest, DISLAB, містять різноманітні датчики, що дозволяють перетворити комп'ютер, планшет чи смартфон у повноцінну цифрову природничо-наукову лабораторію. Проведені дослідження дають можливість вивчати певний процес у часі, вплив чинників середовища на його хід. У Луганській області у 2018 році були закуплені цифрові вимірювальні комплекси Einstein (датчики з фізики та хімії) для 15 освітніх закладів області (заклади професійної (професійно-технічної) освіти та інтернати) і проведені навчання вчителів щодо особливостей налаштування та роботи цих комплексів.

Орієнтуючись на джерела [9, 11], STEM-освіта є актуальним та ефективним способом зацікавити здобувачів освіти, підвищити їхню мотивацію до вивчення предметів природничо-математичного циклу. Проте слід сказати і про виклики щодо підготовки STEM-тренерів, їх подальшої роботи. Адже для того, аби впроваджувати STEM-освіту слід мати облаштований простір, який дозволить експериментувати, моделювати та отримувати результати. Дуже приємно, що останнім часом це питання вирішується на місцях завдяки Міністерству освіти і науки України, адже у 2020 році були виділені кошти на закупівлю обладнання для STEM-лабораторій, STEM-центрів та кабінетів природничо-математичного циклу.

У Луганській області у 6 закладах освіти були закуплені STEM-лабораторії. Наприклад, у 2021 році таке обладнання придбано Луганським обласним ліцеєм з посиленою військово-фізичною підготовкою «Кадетський корпус імені героїв Молодої Гвардії», а у 9 закладах освіти – облаштовано кабінети природничо-математичного циклу. Всі ці заклади освіти активно включилися до різних проєктів, що дало змогу отримати додаткові кошти до розвитку і розширення обладнання кабінетів.

У 2021 році за кошти субвенції з державного бюджету на забезпечення якісної, сучасної та доступної загальної середньої освіти «Нова українська школа» Луганським ОІППО було проведено низку семінарів-тренінгів з метою підготовки вчителів до роботи за напрями STEM-освіти. Слід зазначити, що це навчання пройшли 424 педагоги, які успішно стали застосовувати отримані знання на практиці.

Наприкінці хотілося б зазначити, що упродовж останніх років Луганську область долучають до Всеукраїнських досліджень зі STEM-освіти. Так, 2021 році освітні заклади Луганської області були залучені до:

- Усеукраїнського дослідження «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі. Стан розвитку STEM-освіти». У опитуванні взяли участь 37 респондентів: керівники та вчителі міських та сільських шкіл області;

- Усеукраїнського опитування «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі. STEM-центри в Україні». У дослідженні взяли участь 5 закладів освіти, які отримали обладнання для STEM-центру.

У області діяв навчальний заклад, який працює над експериментальними дослідженнями з питання STEAM-освіти. Це Ліцей № 1 м. Северодонецька Луганської області, який працює над темою «Формування цифрової компетентності здобувачів освіти гуманітарно-естетичної гімназії на основі використання STEAM-технологій». Метою роботи була розробка й упровадження моделі формування цифрової компетентності в здобувачів освіти на основі використання STEAM-технологій. На жаль останній, узагальнюючий етап не було завершено через військову інтервенцію РФ.

На 2022 рік у Луганського ОІППО було в планах долучити нові навчальні заклади до упровадження STEAM-технологій, розбудови STEAM-простору. Проте, війна порушила плани, але не змінила вектору розвитку освітянського процесу. На даний момент Луганський обласний інститут післядипломної

освіти працює над створенням передумов для професійного вдосконалення педагогічних працівників області; проводить дистанційну роботу із залучення їх до педагогічних експериментів з розробки STEM-підходів в освіті; ознайомлює з методиками нових технологій, що лежать в основі STEM-освіти й надають можливість професійного зростання, підтримує підготовлених раніше STEM-тренерів та планує після деокупації Луганщини розгорнути роботу з новими силами.

Список використаних джерел

1. Патрикеева О. О., Василяшко І. П., Лозова О. В., Горбенко С. Л. Упровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах: методичний аспект. *Рідна школа*. 2017. № 9–10. С. 93–98.
2. Подлесний С. В., Тарасов О. Ф. Актуальність використання STEM-STEAM-STREAM-технологій в сфері інженерно-технічної освіти для сталого розвитку економіки України. *Вісник ВПІ*. 2019. Вип. 2. С. 123–131.
3. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. № 3. С. 5–9.
4. Морзе Н. В., Нанаєва Т., Омельченко Н. О. STEM в освіті: навч. посіб. Київ: ACCORD GROUP. 2018. 116 с.
5. Стрижак О. Є., Чернецький І. С., Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А. Ключові поняття STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2017. Вип. 10. С. 88–104.
6. Стрижак О. Онтологічні електронно-освітні ресурси – інформаційний базис підтримки розвитку обдарованості. *Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика*. 2013. Вип. 2. С. 79–87. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nivoo_2013_2_12
7. Камишин В. Інформаційні технології формування сучасних систем знань як основа інноваційного розвитку освіти. *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2015. Вип. 2. С. 22–28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ped_in_2015_2_5
8. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В., Онопченко О. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів : методичні рекомендації. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
9. Стратегія 2030: Україна – Learning Nation. Ukrainian Institute for the Institute for the Future. URL: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwDrHnCMcgZbfZbrvfmcnWbMklV?projector=1> (дата звернення: 01.03.2023).
10. Даль В. И. Большой иллюстрированный толковый словарь русского языка: современное написание, ок. 1500 ил. М.: Астрель: АСТ: Хранитель, 2007. 348 [4] с.: ил.

11. STEM-education. URL: <https://teach.com/what/teachers-know/stem-education> (дата звернення: 01.03.2023).

12. Sternberg R. Giftedness as developing expertise. *International handbook of giftedness and talent*. Amsterdam: Elsevier science, 2000. P. 55–66.

13. Tarnoff J. STEM to STEAM. Recognizing the Value of Creative Skills in the Competitive. URL: http://www.huffingtonpost.com/john-tarnoff/stem-to-steam-recognizing_b_756519.html (дата звернення: 01.03.2023).

2.6 Формування STEM, STEAM, STREAM-компетентності здобувачів освіти з використанням наборів LEGO

© Пойда С. А.,

канд. пед. наук,

Комунальний заклад вищої освіти «Вінницька академія

безперервної освіти» м. Вінниця, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9895-0220>

Сучасний світ неможливо уявити без технологій. Технології дають суспільству можливість будувати машини, добувати енергію, вирощувати їжу, робити життя кращим. Це означає, що суспільство потребує значну кількість фахівців, які будуть не тільки використовувати наявні технології, а й створювати нові. Це спонукає систему освіти вибудовувати освітній процес таким чином, щоб в його основі було формування у здобувачів освіти не тільки уміння користуватись наявними технологіями, а й конструювання та розробки нових, мотивація до науково та технологічно-ємної праці. Саме ці питання лежать в основі освітньої технології STEM.

Важливим напрямом STEM є робототехніка, яка водночас об'єднує діяльність, пов'язану із конструюванням машин та механізмів, створення дизайну роботів, покращення ергономічності та програмування. Під час навчальних занять з робототехніки здобувачі освіти можуть як імітувати існуючі пристрої, так і будувати нові машини та механізми. Одним із лідерів-виробників обладнання для реалізації технологій STEM, безумовно, вважається компанія LEGO.

Питання освітньої робототехніки досліджується у роботах багатьох українських та зарубіжних дослідників [1–5, 10–13]. Зокрема, Аму Eguchi стверджує, що «робототехніка в освіті ефективно залучає здобувачів освіти до вивчення концепцій STEM, кодування, обчислювального мислення та інженерних навичок, усіх необхідних знань і навичок, щоб здобувачі освіти могли стати успішними членами робочої сили в майбутньому. Навчальна робототехніка – це універсальний технологічний інструмент навчання, який сприяє майбутньому успіху наших здобувачів освіти і має бути все більше інтегрованим у шкільну програму [1].

Досліджуючи питання впровадження STEM-технологій у цілому, та освітньої робототехніки, зокрема, О. Струтинська [2], аргументує необхідність впровадження до навчального процесу загальноосвітніх шкіл освітньої робототехніки у зв'язку із збільшенням попиту на таких фахівців на світовому ринку праці.

Водночас, дослідники [3], аналізуючи стан впровадження робототехніки у закладах освіти стверджують, що підготовка до впровадження STEM та освітньої робототехніки потребує суттєвих змін у навчальних програмах майбутніх учителів природничих дисциплін та відповідного навчання педагогічних кадрів закладів загальної середньої освіти. При цьому О.Мартинюк [4] у своєму дослідженні звертає увагу важливість участі

здобувачів освіти у змаганнях з робототехніки для залучення їх до подальшого вивчення інформатики та цифрових технологій. Вона зазначає, що в Україні розвиток робототехніки «в рамках освітнього процесу відбувається на предметному рівні, при викладанні інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій. Тому особливе значення зараз має впровадження робототехніки в освітній процес середньої та вищої школи» [4].

Практичні аспекти впровадження освітньої робототехніки розглянуто у публікаціях Yoshihito Isogava та Daniel Bendetelli, які створили чудові методичні посібники для різних вікових категорій.

Використання робототехнічних наборів LEGO для формування предметних компетенцій здобувачів освіти

Створена у 1930-х роках столяром Оле Кірком Крістіансеном з Данії компанія LEGO розпочала з виготовлення дерев'яних [5], а пізніше – металевих іграшок. Важливою причиною популярності іграшок LEGO стала їх увага до деталей, максимальна подібність до реальних об'єктів. З 1946 року дизайнери LEGO починають експериментувати з пластиком, що дало можливість створити відому на весь світ цеглинку LEGO в 1947 році. Однак, сучасний вигляд цеглинка LEGO із автентичним кріпленням та пропорціями отримала лише у 1958, а у 1964 році замість ацетилцелюлози стала виготовлятися із акрилонітрилбутадієнстирол (ABS). Такий пластик краще витримує навантаження та тримає форму, стійкий до деформацій, дії сонячних променів, кислот тощо.

З самого початку керівництво компанії у своїй продукції реалізовувало принципи [5]:

- Обмеження розмірів та безмежна свобода уяви;
- Доступність;
- Простота, міцність та різноманітність;
- Розваги для дітей та дорослих;
- Справжня класика без необхідності в заміні;
- Простота дистрибуції.

Водночас кожен виріб мав дати своїм прихильникам «радість створення та гордість за свої витвори» [5].

Подальша розбудова ідеї призвела спочатку до появи у наборах коліс, а потім двигунів та джерел живлення, що зробили іграшки більш динамічними та сприяли їх поширенню.

Надзвичайно важливою при реалізації технологій STEM, STEAM, STREAM є можливість поєднувати навчання з грою. Особливо це актуально для молодших школярів. Компанія LEGO активно співпрацює із Міністерством освіти і науки України з метою реалізації принципів, покладених у основі Концепції нової української школи. Перш за все, мова йде про набори LEGO Duplo «Шість цеглинок» та дидактичний матеріал з набору «LEGO Play Box». Набори «Шість цеглинок» надаються кожному першокласнику, а LEGO Systems – з розрахунку кілька одиниць на клас [28].

Простоті та ефективності впровадження вказаних наборів сприяє наявність розширеної методичної підтримки. Компанія LEGO надала друковані та електронні матеріали, розміщені як на сайті компанії, так і на сайті МОН України [6]. Для вчителів початкових класів та вихователів дошкільних закладів освіти тренери The LEGO Foundation проводять тренінги, під час яких знайомлять педагогів із методиками використання обладнання.

Важливим аспектом STEM для здобувачів освіти є вивчення принципів дії машин та механізмів, що реалізується засобами LEGO Techniks. Набори LEGO Techniks призначаються для дітей віком від 8 років і дають можливість побудувати моделі існуючих механізмів. Або спроектувати власний. Крім традиційних пластикових деталей, вони містять адаптоване джерело енергії, двигуни та інструменти керування. Важливою частиною таких наборів є детальні інструкції для збирання. Варто зазначити, що конструкції LEGO Techniks не є жорсткими. Користуючись інструкціями, діти не тільки збирають готову модель, а й вивчають роботу її механічної частини, формують навички конструювання та можуть будувати власні механізми.

Цікавими також є набори «Технології та фізика», орієнтовані на вивчення різноманітних пристроїв та демонстрацію фізичних принципів, зокрема, для демонстрації роботи гідравлічних пристроїв. В основі робочого тіла такі набори використовують стиснене повітря. Іграшковий компресор, що входить до набору дає можливість нагнати повітря під досить високим тиском до спеціального резервуару, який гнучкими пластиковими трубками пов'язаний із механізмами, що приводяться в рух на основі гідравліки. Інструментами керування тут виступає набір клапанів. В процесі роботи з таким набором дитина може зрозуміти як працюють гідравлічні пристрої та познайомитися із поняттями двійкової логіки – клапан відкрито – є тиск – значення «1», клапан закрито – тиск відсутній – значення «0». З досвіду роботи можна стверджувати, що діти, які почали знайомство зі STEM-технологіями з набору для вивчення гідравліки, краще розуміють базові поняття програмування, досить легко оперують поняттями кон'юнкції та диз'юнкції тощо.

З 1980 року, компанія LEGO, розуміючи необхідність не тільки розважати, а й навчати дітей, створила окремий підрозділ, який розпочав розробку та впровадження нових наборів, орієнтованих на розвиток STEM. Хоча сам термін STEM з'явився дещо пізніше [7]. Набори, що випускаються в рамках цієї ініціативи об'єднуються назвою LEGO Education. Характерною особливістю таких наборів є наявність повної методичної підтримки. Крім самого набору, освітяни отримують інструкції для збирання, приклади програм, конспекти навчальних занять тощо, а педагоги можуть пройти навчання та взяти участь у заходах програми LEGO Education Ambassador.

У 1989 році випуск моделей LEGO, орієнтований на формування та розвиток STEM-компетентності доповнився серією наборів LEGO Mindstorms. Першим представником якої став LEGO Mindstorms RCX (Robotic Command eXplorer) 1.0. Вказаний набір доповнював класичні цеглинки новим типом конструкційних елементів – балкою, конекторами для їх з'єднання та осями для можливості приєднання елементів, що обертаються, а також колесами та

шестернями різного діаметру. Крім керуючого блоку (intellectual brick, «інтелектуальної цеглини», або просто «цеглини») до набору додавались три двигуни та три сенсори.



Рис. 2.6.1. Зовнішній вигляд LEGO Mindstorms RCX з двигунами та датчиками [8]

На рисунку 2.6.1 зображено зовнішній вигляд двох наборів LEGO Mindstorms RCX з різними комплектуючими та диском з програмним забезпеченням. Зверху на «цеглині» було розміщено LCD-дисплей, 4 кнопки керування та 3 вхідних і 3 вихідних порти, за допомогою яких можна було передавати дані. Спеціально розроблена система приєднання пристроїв на основі кріплення для «цеглинок 4x4» давала можливість отримувати дані з сенсорів (датчик доторку, світловий сенсор, сенсор кута повороту та температурний датчик), а також керувати трьома серводвигунами та світлодіодом.

Для керування роботом було розроблено спеціальну операційну систему. Програмувати RCX можна було за допомогою інфрачервоного порту. До комп'ютера приєднувалась спеціальна башта (Tower) із інфрачервоним портом для передачі даних.

Нове покоління LEGO Mindstorms, випущене у 2006 році отримало назву NXT 2.0.



Рис. 2.6.2 Зовнішній вигляд керуючого блоку, двигунів та сенсорів LEGO Mindstorms NXT 2.0 [9]

На рисунку 2.6.2 наведено зовнішній вигляд управляючого блоку LEGO Mindstorms NXT 2.0 з приєднаними двигунами та сенсорами. Зовнішній вигляд керуючого блоку суттєво змінився, порівняно з RCX: збільшився розмір екрану, який тепер міг відображати крім тексту ще й графічну інформацію, змінилась кількість та розміщення кнопок керування. Блок отримав 4 вхідних три вихідних порти. А головне – замість класичного способу кріплення цеглинок, блок тепер приєднувався до конструкції, побудованої за допомогою деталей з LEGOTechniks за допомогою спеціальних з'єднувачів-конекторів, що дало можливість будувати більш функціональні та ергономічні моделі, наближені до реально існуючих. До “цеглини” одночасно можна було підключити 3 серводвигуни та 4 сенсори. Серед сенсорів, частину з яких можна було придбати додатково були датчик доторку, датчики освітленості, кольору та температури, гіродатчик, магнітний компас, акселерометр, мікрофон та ультразвуковий датчик [9].

Особливістю набору став спосіб кріплення сенсорів та двигунів до керуючого блоку – будь-який кабель із набору давав можливість приєднати та керувати ними.

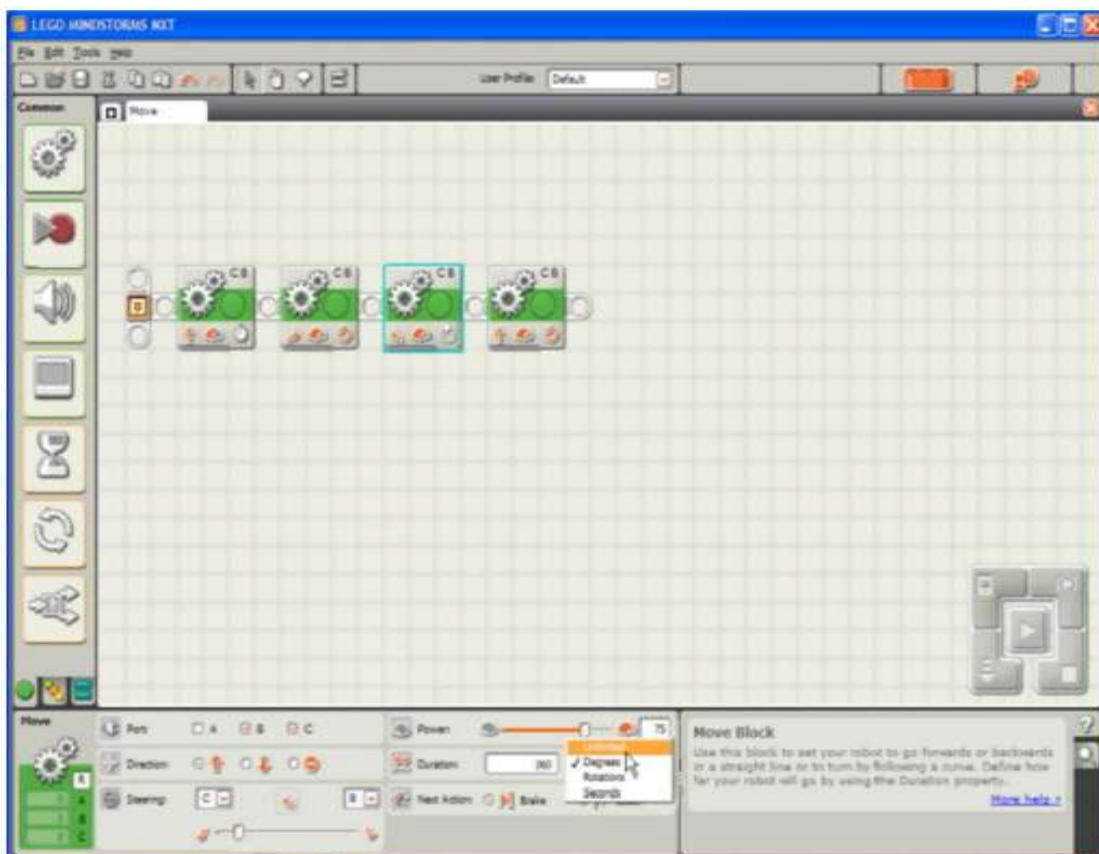


Рис. 2.6.3 Зовнішній вигляд програмної оболонки LEGO Mindstorms NXT 2.0 [10]

На рисунку 2.6.3 наведено зображення програмної оболонки, яка дає можливість програмувати «цеглину» LEGO Mindstorms NXT 2.0 на основі мови програмування NXT-G, або, як кажуть його користувачі – «програмувати кубиками». Програмне забезпечення додавалось до набору на диску. Зауважимо, що перепрошивка керуючого блоку давала можливість програмувати його на мові C++, що значно розширює можливості робота [11].

Приєднати та програмувати керуючий блок до комп'ютера можна за допомогою USB-кабеля.

Живлення «цеглини» та всієї електроніки, яка входила в комплект, здійснюється через Li-ion акумулятор LEGO моделі 9693, або набору з 6 батарей типу AA, чи відповідних їм за типорозміром акумуляторів.

Щодо комплектації наборів LEGO Mindstorms NXT 2.0, то крім основного набору LEGO Education Mindstorms NXT 2.0 (9797), випускався набір Mindstorms NXT 2.0 (8547), що містив дещо меншу кількість деталей та датчиків, а також ресурсний набір (8695). Використання ресурсного набору значно розширювало можливості юних конструкторів, а також приваблювало до нього дорослих.

Для того, щоб викликати інтерес до робототехнічних наборів компанія LEGO розробляла ряд рольових ігор, що передбачали виконання певних місій. До них виготовлялись розширені набори, за допомогою яких можна було створювати антураж гри. Серед таких місій варто відмітити “The Maya Adventure” [12] та “The King's Treasure”.

На зміну NXT 2.0 у 2013 році прийшов LEGO Mindstorms EV3. У новій моделі спостерігалось значне покращення як апаратної, так і програмної складової.



Рис. 2.6.4 Зовнішній вигляд набору LEGO Mindstorms EV3 (31313) [13]

Зображений на рисунку 2.6.4 набір LEGO Mindstorms EV3 (31313) містить інфрачервоний пульт керування, який можна також використовувати як інфрачервоний маяк в парі із інфрачервоним датчиком, який також використовувався як датчик для визначення віддалі до предмета. До набору (45544) входять 2 великих та один середній сервомотор, комбінований датчик

освітленості та кольору, гіродатчик, ультразвуковий датчик та 2 датчика дотику. Також можна придбати ресурсний набір (45560) із розширеною номенклатурою пластикових деталей для створення великих конструкцій.

LEGO суттєво покращили функціонал та зовнішній вигляд управляючого блока Mindstorms EV3 – збільшилась кількість кнопок, розмір та можливості LCD-екрана. Блок отримав 4 вхідних порти, до яких можна приєднувати сенсори та 4 вихідних, за допомогою яких можна керувати двигунами. На боку управляючого блока знаходиться динамік та порти для приєднання флеш-накопичувача та SD-карти. З'єднати управляючий блок з комп'ютером можна за допомогою USB-кабеля, Wi-Fi та Bluetooth з'єднання, що дає можливість керувати роботом за допомогою планшетів та смартфонів. Програмне забезпечення для роботи з набором LEGO Mindstorms EV3 можна безоплатно завантажити з сайту компанії LEGO у Home та Education версіях, які відрізняються методичним забезпеченням [14] та спрямуванням. Версія LEGO Mindstorms EV3 Home Edition орієнтована більше на гру та містить кілька інструкцій та програм для збирання досить великих та видовищних моделей, з якими цікаво грати. Версія Education орієнтована більше на вивчення механіки побудови різноманітних механізмів та їх програмування для виконання певних конкретних навчальних завдань.

Програмувати управляючий блок робота можна також за допомогою мов програмування C++, Python, що значно розширює можливості пристрою. Також, можна будувати програми за допомогою мови програмування Scratch третьої версії.

Йдучи назустріч побажанням своїх прихильників, компанія LEGO зробила сумісними деталі наборів NXT та EV3. При чому сумісність реалізована як щодо кріплення пластикових деталей на основі LEGOTechniks, так і для використання електронних компонентів. Кабелі-з'єднувачі у обох наборах однакові і користувач може програмувати сенсори та двигуни від NXT користуючись управляючим блоком EV3.

Як і у NXT, в EV3 живлення здійснюється через Li-ion акумулятор LEGO моделі 45501, або набору з 6 батарей типу AA, чи відповідних їм за типорозміром акумуляторів.

На жаль, з 2022 року, лінійка роботів Mindstorms зняті з виробництва і не будуть мати як програмного, так і методичного оновлення матеріалів.

На зміну роботам серії Mindstorms, лінійку LEGO Education доповнив новий пристрій – роботехнічний набір Spike Prime.

Як і попередні набори, цей продається у кількох версіях: LEGO Education SPIKE Essential Set (45345), LEGO Education SPIKE Prime Set (45678) та до них можна придбати ресурсний набір LEGO Education SPIKE Prime Expansion Set (45681). Цікавим є те, що до додаткового набору 45681 крім коліс та пластикових деталей входить великий сервомотор та датчик кольору, що у попередніх наборах не траплялось. Всі попередні додаткові набори містили лише пластикові деталі LEGOTechniks.



Рис. 2.6.5 Комплект LEGO Education SPIKE Prime Set [15]

На рисунку 2.6.5 зображено зовнішній вигляд комплекту LEGO Education SPIKE Prime Set (45678) [15]. Основним елементом конструктора, власне, самим роботом, став програмований хаб. Дизайнери LEGO прибрали з передньої частини LCD-екран, замінивши його на LED-матрицю 5x5, приховавши її під передньою частиною корпусу. Також на передню панель програмованого хаба виведено 2 кнопки керування. До комплекту також увійшли 1 великий та два середні кутові серводвигуни, а також 3 сенсори: ультразвуковий, комбінований освітлення/кольору та сили дотику. Водночас, сам хаб оснащений шістьма рівноцінними портами введення-виведення, 6-вісним гіроскопічним сенсором та динаміком.

Конструктори LEGO обмежили можливості приєднання хаба до комп'ютера, телефона чи планшета використавши лише підключення через Bluetooth. Живлення хаба здійснюється лише за допомогою акумуляторної батареї LEGO 45601. Пластикові деталі, які входять до комплекту, також отримали зміни. Значну кількість мілких деталей замінено на більш крупні, які можуть замінити частину з'єднань, що у попередній версії досягалось шляхом з'єднань мілкіших елементів.

Програмне забезпечення для роботи із SPIKE Prime схоже на Scratch і його можна безоплатно завантажити з сайту виробника. Існує можливість програмувати хаб за допомогою мов програмування C++ та Python. Також на сайті наявна велика колекція методичних матеріалів, інструкцій для збирання, завдань тощо.

Окремим продуктом у лінійці LEGO Education є набір LEGO Wedo та Wedo 2.0. Розглянемо останній більш докладно. Набір розраховано на роботу

дітей віку 6+ та містить 280 пластикових деталей, з яких можна будувати достатньо складні механізми, досліджуючи середовище, у якому ми живемо тощо. Методичні матеріали, що містяться у програмному забезпеченні дають можливість дітям моделювати біологічні, фізичні процеси, гратися та досліджувати.



Рис. 2.6.6 Компоненти набору LEGO Education Wedo 2.0 45300 [16]

До комплекту (рис. 2.3.6) входить Smart Hub, який живиться від 2 батарейок АА, або аналогічних акумуляторів. На корпусі присутня кнопка керування та кольоровий індикатор. Електронні компоненти можна приєднати до хаба за допомогою двох рівноцінних портів введення та виведення. До комплекту входить один серводвигун та два сенсори – нахилу та інфрачервоний за допомогою якого можна визначати віддаль до предмета.

Підключається хаб до пристроїв через Bluetooth-з'єднання. Програмне забезпечення можна безоплатно завантажити на сайті виробника. Проблеми, які були у застосунку першої версії та на початку випуску другої версії, переважно, виправлені виробником. Управління роботом досить просте, інтуїтивно зрозуміле. Робота з оболонкою схожа на роботу зі Scratch.

Користувачі, що працюють з цим набором відзначають, що його недоліком, є несумісність електронного обладнання Wedo та Wedo 2.0.

Наступником Wedo 2.0, який, однак, не входить в лінійку LEGO Education, можна вважати набір LEGO Boost (17101).



Рис. 2.6.7 Базові моделі, зібрані із конструкторів LEGO Boost (17101) [17]

Зображений на рисунку 2.6.7 набір має Move Hub з інтегрованими до нього двома двигунами та двома рівноцінними портами введення виведення. Сам хаб дещо більший, ніж у Wedo 2.0. Також у наборі є ще один двигун та один комбінований сенсор, який може працювати із кольором та визначати відстань. У наборі присутня велика кількість шестерень різного розміру, колеса та гусениці. Порівняно із Wedo 2.0 цей набір має значно більше пластикових деталей та дає можливість збирати 5 базових моделей. Проте, ніхто не забороняє збирати та програмувати будь-які інші пристрої та механізми.

Варто зауважити, що навіть якщо самі набори відсутні, можна конструювати пристрої, механізми та роботів, використовуючи відповідне програмне забезпечення. Серед таких застосунків можна виділити нащадка проєкта LEGO Дарвін [1] – застосунок LEGO Digital Designer.

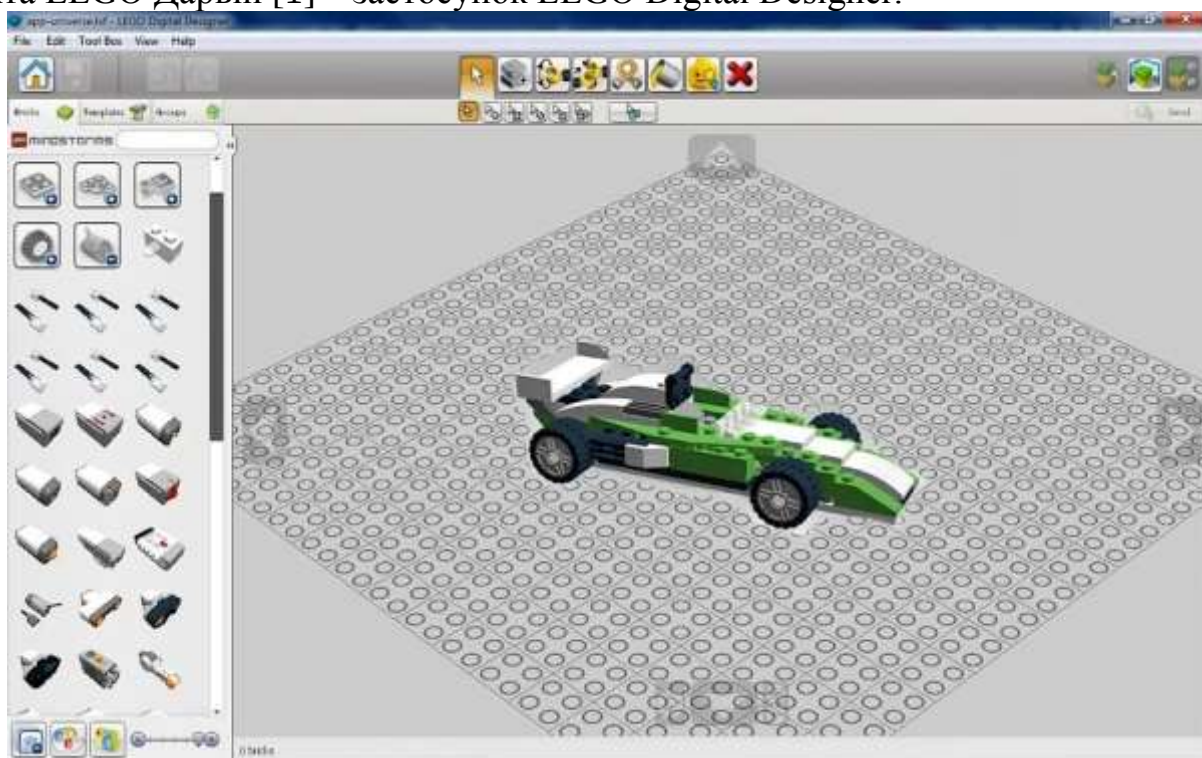


Рис. 2.6.8 Модель машинки, створена у програмі LEGO Digital Designer [18]

В програмі (рис. 2.6.8) кожен може знайти величезну кількість конструкційних матеріалів, у тому числі і електронні компоненти від LEGO Techniks, LEGO Mindstorms NXT, EV3, Wedo, Wedo 2.0 тощо. Користуючись можливостями застосунку, юні конструктори можуть збирати різноманітні пристрої та механізми. Результати роботи можна зберегти до окремого файла, який потім можна конвертувати у інструкцію із послідовністю збирання, або зберегти у форматі PDF.

На зміну цій програмі у 2022 році прийшов Bricklink Studio [19].

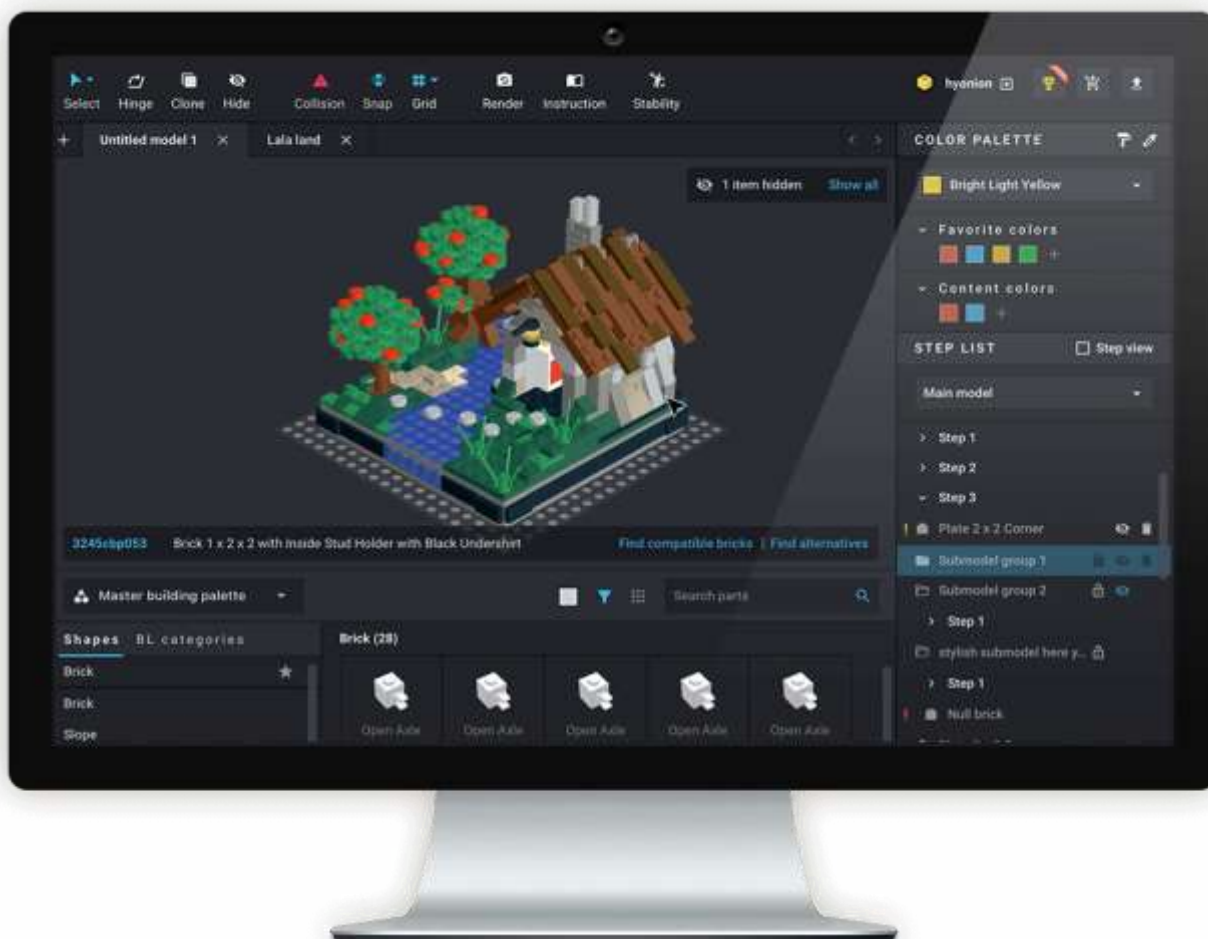


Рис. 2.6.9 Ситуаційна сцена, створена у застосунку Bricklink Studio

Новий застосунок (рис. 2.6.9) має розширені можливості та містить додаткові деталі, з яких можна конструювати будівлі, ситуаційні сцени, машини та механізми. При цьому, варто зауважити, що застосунок може відкривати та редагувати моделі, створені у LEGO Digital Designer.

Крім застосунків для конструювання статичних моделей, користувачі, які не мають доступу до робототехнічних наборів, можуть скористатись онлайн та офлайн програмним забезпеченням для моделювання віртуальних роботів.

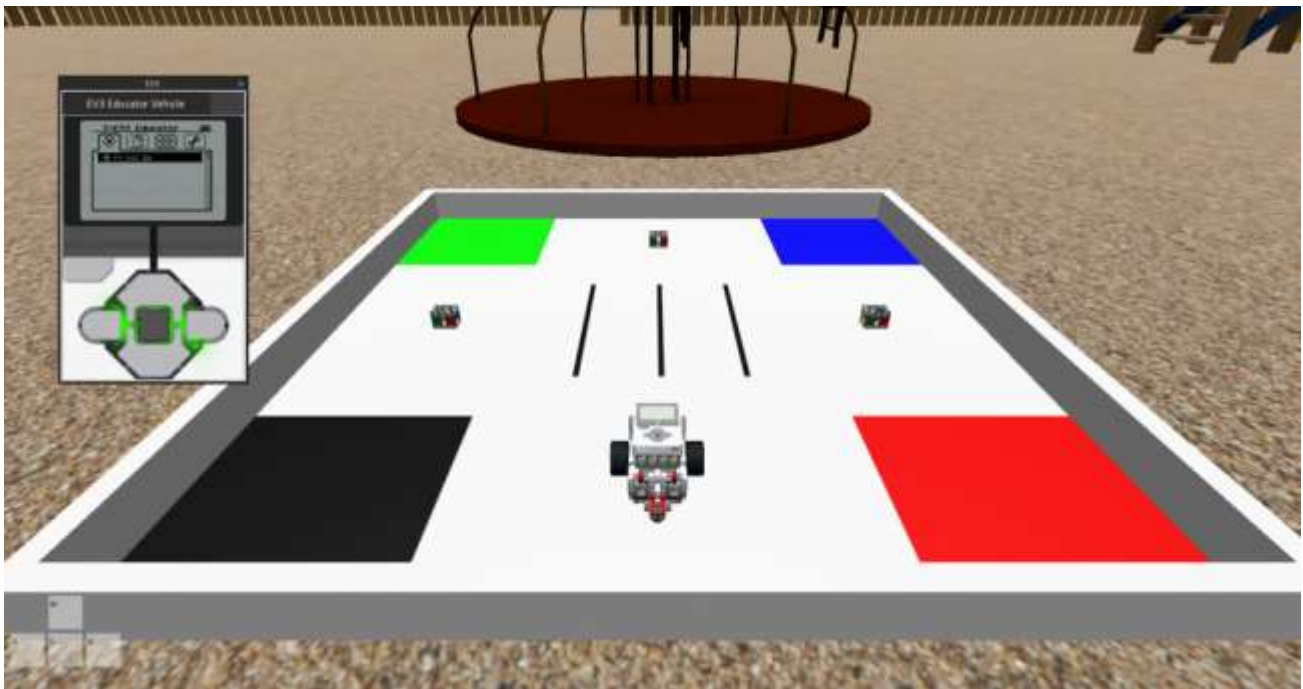


Рис. 2.6.10 Вигляд вікна застосунку Virtual Robotics Toolkit [20]

Наприклад, для моделювання роботи робота на основі LEGO Mindstorms можна скористатись застосунком Virtual Robotics Toolkit for LEGO Mindstorms (рис. 2.6.10) (<https://www.virtualroboticstoolkit.com>). Завантаживши та встановивши застосунок, користувачі можуть скористатись наявною у програмі класичною моделлю візка з LEGO Education, що містить 2 двигуни та набір датчиків. Або завантажити власну модель, сконструйовану у LEGO Digital Designer.

Після завантаження моделі, користувачі можуть програмувати віртуального робота та перевіряти правильність виконання програми у віртуальному середовищі. Крім вільного програмування, у середовищі наявні місії, правильність виконання яких контролюється середовищем, а також можливість запрограмувати робота та пограти у робофутбол, або змагатись у робосумо із віртуальним противником.

Зауважимо, що подібних застосунків для створення та моделювання поведінки віртуальних роботів на основі наборів LEGO існує досить багато. Аналіз можливостей деяких із них, порівняння параметрів та основні характеристики наведено у дослідженні RobTorok [21].

Ефективне використання такої великої кількості пристроїв, наборів та програмних засобів неможливе без суттєвої методичної підтримки. Підрозділ LEGO Education [22] пропонує вчителям різноманітні курси, як дають можливість освоювати нові освітні продукти від LEGO. Зокрема на сайті можна знайти навчальні матеріали, які висвітлюють питання педагогіки, навичок 21 сторіччя, STEAM та управління класом.

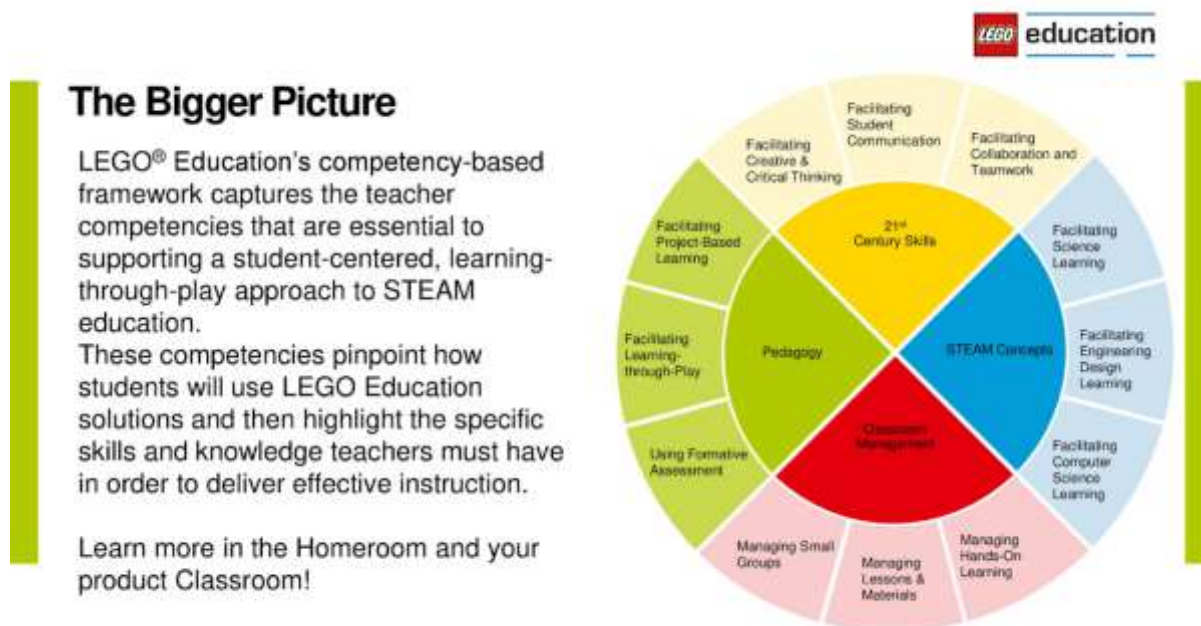


Рис. 2.6.11 Слайд презентації з навчального курсу на LEGO Education [23]

Крім навчальних курсів, що базуються на конкретних технологічних продуктах, на сайті LEGO Education (рис. 2.6.11) можна знайти деталізовані конспекти навчальних занять, схеми збирання пристроїв, приклади програм для них тощо.

Важливим аспектом навчальної діяльності LEGO Education вважає співпрацю між педагогами різних країн. Для них працює освітня спільнота (<https://community.legoeducation.com/home>). Тут можна поставити запитання та отримати відповіді від колег-експертів з інших країн, знайти корисні поради, першим дізнатись про можливості, які будуть з'являтися у нових та існуючих освітніх продуктах від LEGO, реєструватись та відвідувати різні освітні події як онлайн, так і офлайн.

LEGO Education підтримує розробку методичних матеріалів. Зокрема, надзвичайно популярними серед педагогів, які займаються LEGO-робототехнікою є книги Yoshihito Isogava (The LEGO Technic Idea Book: Simple Machines, The LEGO Technic Idea Book: Fantastic, The LEGO Technic Idea Book: Wheeled Wonders, The LEGO Mindstorms Ev3 Idea Book, The LEGO Power Functions Idea Book, The LEGO Boost Idea Book, The LEGO Mindstorms Robot Inventor Idea Book та ін) та Daniel Bendetelli (The LEGO BOOST Activity Book, The LEGO MINDSTORMS EV3 Laboratory, MINDSTORMS NXT Robots book та ін). Кожна з цих книг містить ідеї щодо збирання окремих машин та механізмів, приклади програм тощо. Роботи авторів перекладено кількома мовами.

Варто зазначити, що інструменти, запропоновані LEGO, в першу чергу, є іграшками, що повинні викликати позитивні емоції та покликані залучати до їх придбання та використання якомога більшу аудиторію. Компанія LEGO обрала для цього одну із найкращих стратегій, організувавши спільноту FIRST LEGO League (FLL) [24], створену у 1989 році Діном Каменом та власником LEGO Group К'єлдом Кірком Крістіансенем. Назва FIRST є акронімом від «For Inspiration and Recognition in Science and Technology» – «За натхнення та

визнання в науці та техніці». У FLL можуть брати участь діти різного віку. Молодша вікова категорія (Discover) – 4–6 років, будує свої конструкції, переважно, із кубиків LEGO Duplo, однак не забороняється використовувати й інші продукти LEGO. Робота в цій груповій категорії розпалює природну цікавість молодших здобувачів освіти та формує в них навички співпраці та роботи над навчальним проєктом. Середня вікова категорія (Explore) – 6–10 років, будує свої проєкти на основі LEGO System, та може використовувати робототехнічні набори LEGO Wedo та LEGO Spike Essential. Старша категорія (Challenge) – 9–16 років, беруть участь у дослідженнях, розв’язанні проблем, створенні та програмуванні роботів на основі освітніх продуктів LEGO.

Щорічно команда FIRST пропонує учасникам нову проблему реального світу, яку необхідно вирішити людству. Учасники програми мають запропонувати власні рішення цілої, або частини запропонованої проблеми. Як зазначено на сайті FIRST [24], участь у програмі можна виразити через філософію доброзичливого професіоналізму та співпрацю через основні цінності, серед яких: відкриття, інновація, вплив, інклюзія, командна робота та веселість. Водночас основні цінності також є критеріями оцінювання результатів роботи кожної команди.

В Україні організацією змагань опікується громадська організація «Інноваційні освітні технології», офіційний партнер програми FIRST. Щорічно ГО «Інноваційні освітні технології» надає закладам освіти гранти для того, щоб більше українських дітей змогли взяти участь у програмі FIRST, регіональних та міжнародних змаганнях. За даними сайту FIRST в Україні [25] до 2022 року в програмі взяли участь 1427 команд (7145 дітей) із 387 закладів освіти. У підготовці та проведенні заходів FIRST були залучені 1419 учителів та тренерів, а також 1250 суддів та волонтерів.

Дещо відрізняється від участі у FIRST програма міжнародних змагань, які підтримуються компанією LEGO – World Robot Olympiad (WRO) [26]. Тут змагання відбувається у чотирьох категоріях (RoboMission, RoboSports, Future Innovators, Future Engineers), кожна з яких (крім Future Engineers) також поділяється на вікові категорії (Elementary (8–12), Junior (11–15), Senior (14–19)). До участі у змаганні допускаються технологічні рішення, побудовані на основі продуктів LEGO. Правила змагань, наведені для кожної категорії окремо, встановлюють певні обмеження, що стосуються, переважно, габаритних розмірів створених пристроїв. У категорії Робомісія автономний робот має виконати певні дії на полі. Кожного року завдання та вигляд полів для змагань змінюються.

Категорія Робоспорт передбачає побудову автономного робота, який з автономним роботом іншої команди має грати в спортивну гру. У 2022 році такою грою обрано робофутбол. Особливістю цієї категорії є те, що, крім пристроїв LEGO при створенні робота, можна використовувати камеру стороннього виробника на вибір команди.

В категорії Інноватори Майбутнього команда має продемонструвати роботу інноваційного роботизованого рішення щодо розв’язання певної

проблеми, пов'язаної з темою сезону. Учасники цієї категорії можуть використовувати будь-яке обладнання.

Категорія Інженери Майбутнього – найстарша з усіх та не поділяється на вікові категорії. Її учасники мають 14–19 років. Учасники можуть використовувати будь-які матеріали та програмні продукти для побудови пристрою, що дає можливість розв'язувати проблему, відповідно до теми сезону. Тема сезону змінюється кожні 3–4 роки. У 2022 році – це автономне управління пристроями (водіння).

В Україні щороку проводиться відбірковий етап World Robot Olympiad під назвою Всеукраїнського фестивалю робототехніки «Robotica». Учасники мають можливість змагатись у категорії Робомісія, робосумо та слалом (їзда по лінії) за віковими категоріями. Особливістю Robotica є те, що крім змагань з робототехніки, у цьому фестивалі представляють свою роботу юні архітектори, які засобами LEGO створюють власний проєкт на задану тему. Зокрема, у 2014-му році темою архітектурного конкурсу були «Космічні технології», у 2015-му році – «Моє місто», у 2016-му році – «Світ розваг, пізнань та відкриттів», у 2017-му році – «Столиці світу».

В Україні проводиться велика кількість регіональних змагань з робототехніки, зокрема, у Дніпрі – «Робофест», Горішніх Плавнях – «FERREXPO ROBOT FEST», Вінниці «RoboCamp» та ін. Кожні змагання, зазначені у переліку мають свою родзинку, яка відрізняє їх від інших. Зокрема, на фестивалі RoboCamp у Вінниці молодша категорія учасників змагаються у біатлоні, а старша у тріатлоні. Біатлон передбачає змагання з робосумо та змагання з мехатроніки. Тріатлон – робосумо, слалом та мехатроніки. Змагання з мехатроніки особливо приваблює учасників фестивалю. Воно полягає у побудові автономного робота, який буде виконувати певну діяльність. На відміну від завдань FIRST та WRO учасники дізнаються про суть завдання та знайомляться із ігровим полем у день проведення змагань. Після годинної консультації із тренерами, учасники приступають до збирання та програмування автономного робота, діяльність якого можна перевіряти безкінечну кількість разів протягом 4 годин. Через 2 години після початку відбувається перша серія залікових спроб роботів учасників. Далі з інтервалом в 1 годину відбуваються ще 2 залікових спроб. Кожного разу перед спробами судді перевіряють відповідність роботів габаритним та програмним вимогам, а бали, що набрав кожен робот підсумовуються. За підсумками всіх випробувань визначається переможець. За сумою всіх видів змагань та за кожним окремим визначається переможець та команда, яка змогла вибороти 2 та 3 місце. Такі команди нагороджуються спеціальними призами від організаторів. Кожен учасник отримує диплом учасника та заохочувальні призи.

Розуміючи необхідність у залученні педагогічних кадрів до впровадження STEM, STEAM, STREAM – технологій в освітній процес, майже кожний заклад післядипломної педагогічної освіти України створив відповідний відділ чи лабораторію. Переважна більшість із таких лабораторій придбали робототехнічні набори різних виробників. Варто зазначити, що значна частина таких лабораторій оснащена наборами від LEGO різного типу та

складності. Цьому сприяла співпраця The LEGO Foundation із Міністерством освіти та науки України та підписаний меморандум [27].

У межах співпраці планується імплементувати чотири проекти: «Сприяння освіті» в дошкільній; підтримки Нової української школи; впровадження модулів і спецкурсів із діяльнісних методів навчання в освітні програми закладів вищої освіти та закладів післядипломної педагогічної освіти; підтримки наукових і моніторингових досліджень в Україні, зокрема з залученням міжнародних наукових інституцій [28].

За ініціативи The LEGO Foundation були у стислі терміни підготовані тренери програми, що дало можливість навчати педагогів України можливостям реалізації STEAM – підходу на основі наборів «Шість цеглинок» та «LEGO Play Box». Значну роль у підготовці таких тренерів та педагогів здійснили заклади післядипломної педагогічної освіти.

На базі закладів післядипломної педагогічної освіти діє значна кількість регіональних науково-методичних проєктів, пов'язаних із формуванням STEM, STEAM, STREAM – компетентностей через використання наборів LEGO. Зокрема, у КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» реалізується проєкти «Модернізація викладання предметів природничо-математичного циклу на основі STEM-технологій» [29] та «Впровадження ігрових та діяльнісних методів навчання в освітній процес початкової школи в умовах реалізації Концепції «Нова українська школа» [30]. Перший із них передбачає вивчення основ робототехніки на базі LEGO Mindstorms EV3 та використання цих наборів у навчальному процесі середньої та старшої школи. Другий передбачає навчання вчителів основам робототехніки на основі LEGO WeDo 2.0 та роботу із цими наборами у освітньому процесі початкової школи. Обидва проєкти дали позитивні результати, а їх випускники стали переможцями та лауреатами таких заходів, як «Конкурс на кращий гендерно-чутливий STEM-урок» та «Наука на сцені».

Таким чином, розглядаючи освітні рішення компанії LEGO, можна спостерігати чітку орієнтацію цих розробок на формування та розвиток STEM, STEAM, STREAM-компетентності дітей. Існує велика кількість освітніх рішень, орієнтована на різний вік осіб, які будуть їх використовувати – від дошкільників до дорослих. При чому, такі рішення можуть передбачати як відтворення уже існуючих будівель, конструкцій, машин та механізмів, так і побудову нових.

Впровадження технічних рішень LEGO до освітнього процесу надзвичайно просте та ефективне, оскільки існує потужна методична і дидактична підтримка LEGO Education. Кожен учитель може ознайомитись із ідеями щодо використання обладнання LEGO на уроках та у проєктній діяльності тощо. Разом із тим, кожен учитель може досить отримати досить ґрунтовну освіту з цього питання та стати Амбасадором LEGO, активно просуваючи ідеї STEM, STEAM, STREAM – освіти через використання обладнання LEGO.

Також потужним фактором формування та розвитку STEM, STEAM, STREAM – освіти є проведення змагань із використанням пристроїв та

обладнання, розробленого LEGO. Участь у FLL та WRO – це не тільки весело та цікаво, це ще й формування інженерного мислення, відповідно до вікових особливостей дітей. А постійний розвиток та зміна елементарної бази, зокрема, наборів з робототехніки, передбачає постійний розвиток інженерної думки, креативності та мислення всіх учасників освітнього процесу.

Потенціальні можливості існуючих наборів LEGO, які сприяють формуванню та розвитку STEM, STEAM, STREAM-компетенцій обмежуються лише фантазією та знаннями користувачів і забезпечують потужні умови для їхнього розвитку. Водночас постійні зміни та поява нових пристроїв від LEGO Education потребує додаткового вивчення та є підставою до подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Eguchi A. Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education, Padova (Italy), 24–37. URL: http://www.terecop.eu/TRTW-R-IE2014/files/00_WFr1/00_WFr1_04.pdf.

2. Струтинська О. В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету», спецвипуск «Нові педагогічні підходи в STEAM освіті»*. 2019. С. 324–344. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s30>.

3. Морзе Н., Струтинська О., Умрик М. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2018. № 5. С. 178–187. DOI: 10.28925/2414-0325.2018.5.178187.

4. Мартинюк О. С. Особливості підготовки фахівців у галузі освітньої робототехніки. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер.: Педагогічна. 2013. Вип. 19. С. 168–170. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znkp_ped_2013_19_59.

5. Robertson D., Breen B. Brick by Brick: How LEGO Rewrote the Rules of Innovation and Conquered the Global Toy Industry (London, England: Random House Business Books, 2013). URL: <https://www.goodreads.com/book/show/16054798-brick-by-brick> (дата звернення: 19.03.2023).

6. Цеглинок в освітньому просторі школи. Методичний посібник. /Упорядник О. Рома. TheLegoFoundation, 2018. 32 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/nova-ukrainska-shkola/LEGO/tseglinok-kviten-2018-web.pdf>.

7. Pisana Ferrari Trends in learning: STEM, STEAM, STREAM... a battle of acronyms? URL: <http://www.capstan.be/trends-in-learning-stem-steam-stream-a-battle-of-acronyms/> (дата звернення: 19.03.2023).

8. LEGO Mindstorms RCX 1.0. You could say I'm a machine intelligence expert. URL: <https://twitter.com/swiftonsecurity/status/543815795541696512> (дата звернення: 19.03.2023).

9. NXT: Sensors and Actuators URL: <https://cs.au.dk/~ocaprani/legolab/DigitalControl.dir/NXT/Actuators.html> (дата звернення: 19.03.2023).
10. Maria Assunta Calabretta Robotica Educativa: Sviluppo di un Ambiente di Apprendimento Basato su Robot LEGO URL: <http://www.studiodagiacomito.it/wordpress/wp-content/uploads/2015/01/Robotica%20Educativa.pdf> (дата звернення: 19.03.2023).
11. David T. Butterworth Teaching C/C++ programming with LEGO Mindstorms. 3rd International Conference on Robotics in Education (RIE). Prague, Czech Republic. September 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/327903430_Teaching_CC_programming_with_LEGO_Mindstorms (дата звернення: 19.03.2023).
12. Kelly James Floyd LEGO Mindstorms NXT. The Mayan adventure. Kahle/Austin Foundation. Berkeley [Calif.] : Apress, 2006, pp. 338. URL: https://archive.org/details/legomindstormsnx0000kell_z3u8/mode/2up
13. Lee Hutchinson Review: LEGO Mindstorms EV3 means giant robots, powerful computers. URL: <https://arstechnica.com/gadgets/2013/08/review-lego-mindstorms-ev3-means-giant-robots-powerful-computers/> (дата звернення: 19.03.2023).
14. User Guide Education Mindstorms EV3. URL: https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/files/user-guides/ev3/ev3_user_guide_ru-55c924b2039b054f2d746ce24f95302e.pdf (дата звернення: 19.03.2023).
15. Базовый набор LEGO® Education SPIKE™ Prime. URL: <https://www.lego.com/ru-ru/product/lego-education-spike-prime-set-45678> (дата звернення: 19.03.2023).
16. LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set. URL: <https://education.lego.com/en-us/products/lego-education-wedo-2-0-core-set/45300#wedo-20> (дата звернення: 19.03.2023).
17. LEGO Boost dará vida a robôs, animais e outras criações com programação simples. URL: <https://www.tudocelular.com/tech/noticias/n85629/lego-boost.html> (дата звернення: 19.03.2023).
18. LEGO DIGITAL DESIGNER. URL: <https://kubadownload.com/app/lego-digital-designer-download> (дата звернення: 19.03.2023).
19. Build, render, and create instructions. BrickLink Studio. URL: <https://www.bricklink.com/v3/studio/download.page> (дата звернення: 19.03.2023).
20. LEGO Engineering. Inspiration and support for teachers. URL: <http://www.legoengineering.com/wp-content/uploads/2020/04/vrt.png> (дата звернення: 19.03.2023).
21. Rob Torok Virtual Robots, Brick Emulators, and Simulated Environments. LEGO Engineering. Inspiration and support for teachers. URL: <http://www.legoengineering.com/virtual-robotics/> (дата звернення: 19.03.2023).
22. Self-guided learning. LEGO Education. URL: <https://pd.legoeducation.com/pages/74/onboarding> (дата звернення: 19.03.2023).

23. Competency-Based Framework. LEGO Education. URL: <https://pd.legoeducation.com/learn/course/151/play/662/competency-based-framework> (дата звернення: 19.03.2023).
24. FIRST LEGO League. The Official website. URL: <https://www.firstlegoleague.org/> (дата звернення: 19.03.2023).
25. Інноваційні освітні технології. Офіційний сайт. URL: <http://firstlegoleague.org.ua/> (дата звернення: 19.03.2023).
26. World Robot Olympiad. The Official website. URL: <https://wro-association.org/> (дата звернення: 19.03.2023).
27. Меморандум про взаєморозуміння між Міністерством освіти і науки України та The LEGO Foundation щодо співпраці у сфері освіти та науки. Від 30 листопада 2021 року. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/mizhnarodna/2020/Memorandumy%20i%20deklaratsiyi/Memorandum%20LEGO.pdf> (дата звернення: 19.03.2023).
28. Меморандум між МОН і LEGO FOUNDATION щодо співпраці у сфері освіти та науки. Міністерство освіти і науки. Офіційний сайт. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/memorandum-mizh-mon-i-lego-foundation-shodo-spiivpraci-u-sferi-osviti-ta-nauki> (дата звернення: 19.03.2023).
29. Кухарчук П., Адамович І., Пойда С. Шляхи впровадження STEAM в закладах освіти України. Наукові перспективи. 2021. №12 (18). С. 109–123.
30. Пойда С.А. Впровадження ігрових та діяльнісних методів навчання в освітній процес початкової школи в умовах реалізації концепції «Нова українська школа». Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. 9–10 листопада 2018 р. Суми/Вінниця: Ніко, 2019. 240 с. С.151–154.

2.7 Інтерактивний простір «Музей Науки» в системі STEM-освіти: практико-орієнтований підхід

© Савченко Я. В.,

Інституту обдарованої дитини НАПН України,
Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5790-6629>

Відповідно до Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), схваленої розпорядженням Кабінетом Міністрів України 05.09.2020 № 960, стратегію сталого розвитку України в умовах глобалізації спрямовано на досягнення європейських стандартів життя та зміцнення конкурентоздатності нашої держави шляхом ефективної взаємодії економіки, науки, освіти, реалізації низки заходів щодо розвитку людського капіталу, залучення інноваційних технологій до всіх сфер діяльності суспільства та прогресивних державних і соціальних процесів. Важливими драйверами економіки нашої держави є машинобудування, металургія, ІТ-сфера, будівництво, транспорт, наукоємне та високотехнологічне виробництво. Їх у XXI столітті називають узагальнено галузями STEM, такими, що безпосередньо пов'язані з наукою, технікою, діяльністю людини. Фахівці цих галузей роблять найбільш вагомий внесок у виробництво внутрішнього валового продукту і саме їх дефіцит особливо відчутний в Україні так само, як і в усьому світі. Вагомою причиною такого дефіциту є втрата популярності науково-технічних, інженерних професій і, як наслідок, зменшення зацікавленості у вивченні предметів природничої, технологічної, математичної освітніх галузей у молоді, про що свідчить у тому числі негативна динаміка кількості випускників закладів загальної середньої освіти, які проходять зовнішнє незалежне оцінювання з математики, фізики, хімії та біології. З огляду на зазначене природничо-математична освіта (STEM-освіта) має стати ключовим напрямом розвитку освітньої галузі, складовою державної політики щодо зміцнення конкурентоздатності економіки та розвитку людського капіталу, одним з головних чинників інноваційного розвитку освіти, що відповідає запитам сучасної економіки та потребам суспільства [1].

Інчхонська декларація «Освіта 2030» Всесвітнього освітнього форуму під егідою ЮНЕСКО (19–22.04.2015) визнала STEM-освіту як ключову стратегію досягнення цілей сталого розвитку у програмному документі Міжнародного бюро з питань освіти ЮНЕСКО «Дослідження STEM-компетентностей для XXI століття» [2].

Дослідженням Національного центру «Мала академія наук України» (далі НЦ «МАНУ») з проблем STEM-освіти, наукової освіти (Science education) сприяла співпраця з ЮНЕСКО, спеціалізованим закладом Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури.

У 2018 р., вивчивши досвід щодо організації дослідницької роботи з українськими школярами НЦ «МАНУ», ЮНЕСКО визначила його незаперечним лідером в роботі з творчою молоддю. 39-а Сесія Генеральної

дирекції ЮНЕСКО прийняла рішення про створення на базі НЦ «МАНУ» Центру ЮНЕСКО 2 категорії з наукової освіти для творчої молоді.

Відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України № 445-р, від 04 липня 2018 року «Про підписання Угоди між Урядом України та Організацією Об'єднаних націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) НЦ «МАНУ» – єдиний у Східній Європі центр з наукової освіти, розпочав активну роботу та ряд проектів з цією організацією щодо популяризації та впровадження наукової освіти (Science education), зокрема і в контексті створення інтерактивних наукових просторів для дітей.

У визначенні Закону України «Про освіту» дефініція «*освіта наукового спрямування*» представлена як вид спеціалізованої освіти, що базується на дослідно-орієнтованому навчанні, спрямований на поглиблене вивчення профільних предметів та набуття компетентностей, необхідних для подальшої дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької діяльності [3].

Наукова освіта на сьогодні є визнаним світовим лідером інновацій та локомотивом реформування системи освіти відповідно до викликів та вимог часу, а у освітньому дискурсі наукова освіта все частіше трактується як STEM (science, technology, engineering and mathematics) чи STEAM (science, technology, engineering, art and mathematics). У дискурсі STEAM зараз починає кристалізуватись окремий підхід, коли літера А у аббревіатурі може розумітись не тільки як мистецтво, а й як «all other disciplines», залучаючи широке коло дисциплін як інструменту розвитку наукового світогляду та стилю мислення [4, С. 76].

Ефективне впровадження системи STEM-освіти не уявляється на сьогодні без таких її важливих *елементів-складових, зокрема таких як:*

- сучасна високотехнологічна матеріально-технічна база STEM-центрів та лабораторій (*рис. 2.7.1–2.7.2*), що створюються;
- досвідчений, в аспекті викладання STEM, педагогічний персонал;
- наявні інтерактивні методики навчання і навчальні програми, що базуються на комплексному міждисциплінарному підході дослідницького пошуку у комплексі вивчення природничих наук (science), технологій (technology), інженерії (engineering) та математики (mathematics);
- створення інформаційних віртуальних ресурсів STEM-освіти (*рис. 2.7.3*) [5].



Рис. 2.7.1. STEM-центр МАНлаб



Рис. 2.7.2. STEM-центр МАНлаб

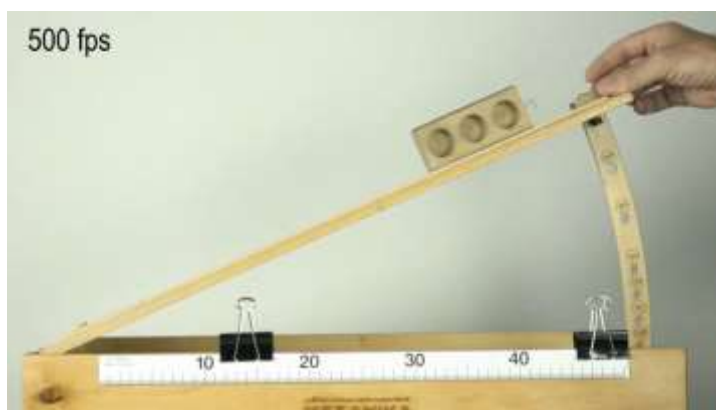


Рис. 2.7.3. Інформаційні віртуальні ресурси STEM-освіти

Впровадження STEM-освіти гальмують такі фактори:

- в навчальних закладах бракує достатньої кількості педагогів, здатних пробудити інтерес до наукової сфери, і STEM зокрема, які не мають відповідної підготовки щодо організації дослідницького пошуку;
- гальмує системна STEM-підготовка педагогів;
- відсутня програма розвитку наукової освіти у школах;
- бракує інтерактивних наукових просторів та еталонних середовищ, обладнання, дослідних STEM-лабораторій на рівні світових стандартів (що потребує державного фінансування);

- недостатньо розбудовані партнерські зв'язки між навчальними закладами, ВНЗ, дослідними інститутами, інноваційними виробництвами;
- відсутня широка популяризація науки серед молоді та пропагування наукових знань.

Наразі, на підставі аналізу компаративного досвіду з вивчення проблем STEM-освіти ми можемо констатувати, що важливою складовою системи є такий її елемент як інтерактивний освітньо-науковий простір.

Національний центр «Мала академія наук України» одним із перших в Україні закладав підвалини вітчизняної системи STEM-освіти. Починаючи з 2005 року було започатковано підходи щодо створення регіональної системи Малої академії наук з роботою наукових секцій і відділень, проведення хакатонів, змагань з робототехніки, літніх наукових шкіл для учнівської молоді, найрізноманітніших інтелектуальних конкурсів-змагань для учнів як на рівні України, зокрема і Конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН, міжнародних конкурсів юних дослідників, участю манівців у навчальних програмах провідних наукових центрів і лабораторій світу (CERN, Швейцарія, XLAB університету Геттінген тощо) (рис. 2.7.4–2.7.7).



Рис. 2.7.4. Всеукраїнська олімпіада з робототехніки



Рис. 2.7.5. Екологічний хакатон



Рис. 2.7.6. Манівці – учасники навчальних програм CERN, Швейцарія, та X-LAB університету Геттінген, Німеччина



Рис. 2.7.7. Учні МАН – учасники інтелектуальних наукових змагань

STEM-орієнтовані стратегічні напрями діяльності НЦ «МАНУ» охоплювали та охоплюють і сьогодні такі напрями роботи, як пропагування серед дітей та молоді цінностей наукових знань, умінь і навичок науково-дослідницької, конструкторської, винахідницької, пошукової діяльності; залучення їх до експериментальної й проектної роботи; вдосконалення професійних STEM-компетентностей педагогічних кадрів спеціалізованих закладів позашкільної освіти наукового профілю; створення STEM-розвивального науково-освітнього середовища для обдарованих дітей та молоді, зокрема STEM-центру МАНлаб (2015) та першого інтерактивного простору «Музей Науки» (2020).

Вивчення *зарубіжного досвіду STEM-освіти*, в контексті зростаючих потреб держави щодо оновлення наукового потенціалу країни, наштовхнув на

вивчення й розроблення такої проблеми в Україні як інтерактивний освітньо-науковий простір для учнівської молоді. Головна мета досліджень полягала в тому, як зробити науку цікавою, привабливою для молоді, як залучити до дослідницького пошуку як можна більше школярів, показати, що саме наука може бути цікавою та корисною, зокрема у соціальній реалізації та побудові власної кар'єри.

Саме такий феномен, як інтерактивний музей науки, що виник на зламі XX і XXI століть, у великому різноманітті музейних закладів, в епоху розвитку науки, техніки і технологій, став саме тим новим затребуваним елементом системи STEM-освіти, який взяв на себе місію зацікавлення і залучення до пізнання технологій та наукового пошуку молоді.

Інтерактивний музей науки – це інноваційний високотехнологічний музейний простір для розвитку пізнавальної активності дітей та юнацтва – «вікно в науку», створений для активної взаємодії відвідувачів з експонатами, які дозволяють вивчати науку та її закономірності засобами музею, а також задля формування стійкого інтересу обдарованих учнів до дослідницької діяльності.

Як що ми проаналізуємо класифікацію музеїв за профільними типами за М. Рутинським і О. Стецюк (рис. 2.7.8), то ми можемо впевнено сказати, що інтерактивний музей науки є інтегрованою комплексною категорією, тому що його одночасно можна віднести до різноманітних профільних груп, зокрема науково-технічної, педагогічної, віртуальної, природничої, науково-дослідної.



Рис. 2.7.8. Генетичний поділ музеїв за профільними типами (за М. Рутинським і О. Стецюк) [6, С.427]

Значну увагу дослідницькому компоненту в музейній справі, під час проєктування нового і сучасного інтерактивного простору «Музей Науки», приділяло керівництво Малої академії наук України. В контексті співвідношення характерних для музею суспільних функцій та методів планувалось поєднати в єдине ціле такі типи музеїв як науково-дослідний, освітній, навчальний.

Історія Оксфордського музею історії науки, який можна визнати одним з перших музеїв науки, починається наприкінці XVII століття у 1683, коли англійський вчений і антиквар Еліас Ешмол заповів музею свою неперевершену колекцію з понад 20 000 предметів – античних та середньовічних історичних наукових інструментів. Традиції музею продовжуються й сьогодні: у музеї, який є науковим центром проводяться лекції для школярів та уроки-квести [7].

Історичні факти свідчать, що 1920–30 роках у м. Амстердам було створено установу «Музей праці», яка у 50 роках була модернізована у Інститут індустрії і технологій, при якому відкрили освітній заклад для залучення дітей до науки, який пізніше став найпотужнішим нідерландським музеєм науки і технологій «НЕМО». Цей Музей має вигляд фантастичного величезного корабля, що містить у собі 5 поверхів, кожен із них присвячений своїй певній науковій темі. На першому поверсі знаходиться все, що будь-яким чином пов'язано з ДНК і ланцюговими реакціями. Відвідувачі можуть спостерігати дивовижні винаходи, наприклад, величезні кістки доміно або літаючу машину. На другому поверсі розташований кінозал, у якому показують науково-пізнавальні відео. Крім того, тут є сортувальний центр пластмасових кульок, які потрібно розділяти за розміром, вагою та кольором, після чого вони прямують на пакування. А ще можна відвідати виставки, присвячені воді, електриці та металам. Третій поверх є великою науковою лабораторією, у якій усі охочі можуть проводити справжні експерименти. На четвертому поверсі проводять численні лекції голландською та англійською мовами про науку. П'ятий поверх відведений під дитячий майданчик. Процес навчання проходить у вигляді гри, тому дітям легко все зрозуміти і запам'ятати. Підліткам тут дуже цікаво: тут можна будувати роботів, вивчати технології віртуальної реальності та навіть на деякий час стати архітектором, почути опис усіх явищ, мати у наочній інтерактивній формі пояснення різних процесів і явищ (рис. 2.7.9) [8].

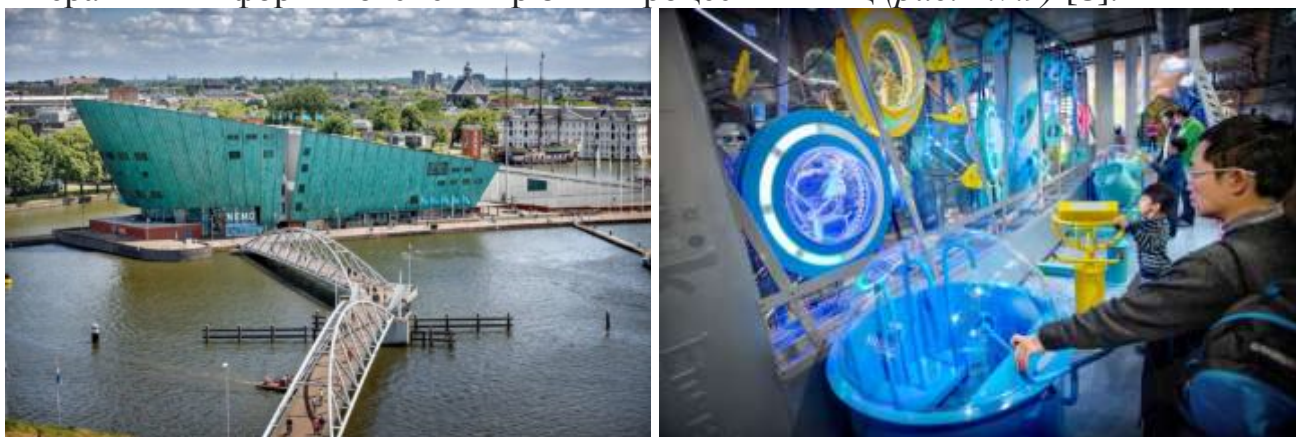


Рис. 2.7.9. Один з найстаріших музеїв науки для дітей у м. Амстердам

Вивчення зарубіжного досвіду показав, що світові інтерактивні музеї науки для дітей і молоді призначені для широкого кола громадян, надзвичайно різнопланові за тематикою та напрямками, що залежить від науково-технічних пріоритетів країни, технологій майбутнього і мають головну мету – формування стійкого інтересу до дослідницької діяльності обдарованих дітей.

Обдарованими дітьми ми вважаємо переважну більшість дітей, бо в кожній дитини, не зважаючи на тип темпераменту, психологічні особливості, є притаманні здібності, творчі якості, нахили до певної діяльності, які справжні педагоги, тьютори мають розвинути. І саме головне – кожна дитина прагне активно пізнавати світ, має мрії та мотивацію до власного розвитку.

Особливості інформаційного суспільства нашого століття вплинули на психологію сприйняття знань дітьми. Багато вчених і практиків констатували появу кліпового мислення у підлітків. Уперше термін «кліпове мислення» з'явився у середині дев'яностих. Назва походить від англійського слова clip, у перекладі «фрагмент», «уривок». Дослідниця Лілія Таран свідчить, що новий на той час тип мислення наробив багато шуму. Світ неабияк перелякався, отримавши інформацію про те, що кліпове мислення поширюється серед молодого покоління. Кліпове мислення характерне тим, що йому не властиві логічні побудови. Інформація сприймається у вигляді розрізнених образів. Люди з кліповим мисленням погано запам'ятовують почуте, прочитане. Немає зв'язку, немає системи, немає і пам'яті. Інформаційно-перенасичений простір сприяє розвитку кліпового мислення. Завелика кількість інформації призводить до того, що її сприймають поверхово. Наші діти звикли до коротких повідомлень, до швидкого перегляду ілюстрацій, читання лише заголовків. Нікого не цікавлять довгі тексти, читання книг. Відсутній аналіз отриманої інформації. Міняється процес сприйняття, переробки інформації. Все це лякає дорослих, які намагаються жити по-старому. Та у дітей з кліповим мисленням є і свої переваги. Ці діти можуть виконувати кілька справ одночасно. Вони швидко реагують на зміни. Мають здатність швидкого переключення уваги [9, С. 51].

Інтерактивні музеї науки намагаються використовувати особливості кліпового мислення і вплинути на критичне мислення та формування стійкого інтересу дитини до дослідницької діяльності у інтерактивних музеях науки засобами удосконалення музейних форм комунікації, динамічних наочних дослідів та ігрових технологій, яскравістю медіа засобів, практичністю логічних завдань-досліджень у взаємодії з експонатами, якістю і оперативністю отримання наукового результату під час формування нових умінь дослідницької роботи.

Інтерактивні музеї науки сьогодні є просторами, у яких зібрані експонати техніки всіх минулих часів та прототипи майбутніх ноу-хау, це простори природничих музеїв, тактильних зоопарків та океанаріїв, це експозиції наукових приладів для дітей щодо практичного вивчення законів природи та мистецько-наукові простори з можливістю взаємодії з інсталяціями з метою занурення відвідувачів в наукові процеси та світ STEAM. Тобто все те, що

може привернути увагу дітей, дозволити в ігровій формі мати взаємодію з експонатами і пізнавати в дії і експерименті світ.

Як що ми звернемось до такого інструменту як Google Trends (публічний web-додаток корпорації Google, заснований на пошуку Google, що показує, як часто певний термін шукають по відношенню до загального обсягу пошукових запитів у різних регіонах світу і на різних мовах. На горизонтальній осі основного графіка представлено час, а на вертикальній — як часто термін шукали по відношенню до загального числа пошукових запитів в усьому світі. Під основним графіком відображається розподіл популярності за регіонами, містами і мовами), то починаючи з 2004 року у світі можна помітити яскраво виражений сплеск пошукового інтересу у користувачів Інтернету щодо наукових музеїв (рис 2.7..10).

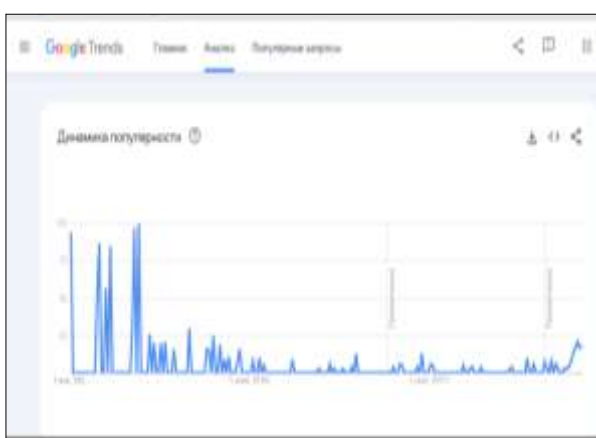


Рис. 2.7.10. Пошуковий світовий інтерес у користувачів Інтернету щодо проблеми наукових музеїв (динаміка пошукових запитів та країни запитів)

Інтерес в Україні до проблем інтерактивних музеїв науки збігається з запитами засобів Google Trends, що свідчить про підвищення інтересу до цієї проблеми у 2004–2005 рр. та у 2020–2023 рр. (рис. 2.7.11).

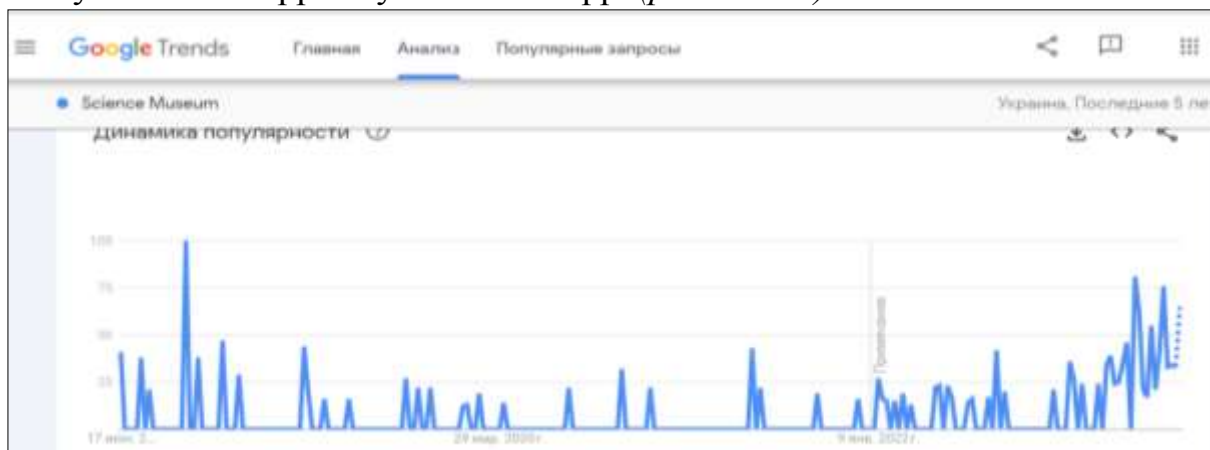


Рис. 2.7.11. Динаміка пошукових запитів в Україні у користувачів Інтернету щодо проблеми наукових музеїв

У світовій і вітчизняній освітньо-науковій практиці та музейній педагогіці останні 2–3 десятиліття спостерігається підвищена активність щодо розбудови сучасних, високотехнологічних інтерактивних наукових музеїв нового покоління, спрямованих на розвиток допитливості дітей, посилення

дослідницького компоненту освітнього процесу та профорієнтаційних заходів щодо наукових спеціальностей та зростання їх кількості.

Результатом цієї діяльності у світі стало створення понад 3000 високотехнологічних подібних музейних наукових просторів (як державних, так і приватних), які щороку відвідує понад 310 млн. відвідувачів [10] (рис. 2.7.12, 2.7.13).

У столицях майже кожної розвинутої країни сьогодні присутні такі музеї, які є місцями улюбленішого відвідування дітей різного віку. Почесне місце серед таких інтерактивних просторів займають Лондонський музей науки (найстаріший музей техніки, заснований у 1857 р.), музей науки і промисловості в Чикаго, музей природи «Cosmo Caixa» (1981) у м. Барселона та містечко науки і мистецтва у м. Валенсія (1998, Іспанія), музей людського тіла «Corpus» у м. Угстгест (2008, Нідерланди), науковий центр «Немо» у м. Амстердам (1997, Нідерланди), Науковий центр «Коперник» у м. Варшава (2011, Польща), Національний дитячий музей у Вашингтон (1910, США), Національний музей природничої історії у Вашингтоні, музей науки і промисловості в м. Чикаго (1911, США), «Exploratorium» у м. Сан-Франциско, містечко науки й індустрії у м. Париж (1986, Франція), музей Експериментариум у м. Копенгаген (1988, Данія), науково-освітній розважальний центр «АХХАА» в м.Тарту (1997, Тарту, Естонія) тощо (рис. 2.7.14–2.7.17) [11–15].



Рис. 2.7.12. Містечко науки і мистецтва в Валенсії



Рис. 2.7.13. Науково-освітній розважальний центр «АХХАА» в м. Тарту



Рис. 2.7.14. Дитяче містечко у місті науки й індустрії у м. Париж



Рис. 2.7.15. Національний Дитячий музей у м. Вашингтон



Рис. 2.7.16. Музей науки і промисловості в м. Чикаго



Рис. 2.7.17. Музей людського тіла «Corpus» у м. Угстгесті

Порівняльна методологія дозволила спостерігати та з'ясувати *особливості інтерактивних музеїв науки*, які є провідниками дітей в науку та стимуляторами дослідницького пошуку, що характеризуються наступними критеріями:

- створення високотехнологічних, яскравих експозицій, що ґрунтуються на найвідоміших яскравих і найкорисніших винаходах людства;
- максимальна наочність, можливість працювати, грати, вивчати, створювати, розбирати експонати;
- наявність незвичайних приладів, обладнання, техніки, які дозволяють унаочнювати найвідоміші наукові експерименти (рис. 2.7.18, 2.7.19);
- відсутність старих кліше щодо представлення навчального матеріалу – використання широкого спектру інтерактивних педагогічних методів і засобів, ігрових технологій, що зацікавлюють дітей до самостійного пошуку;
- бажання взяти участь у дослідженнях – спробувати висунути власну гіпотезу й отримати практичний науковий досвід-результат в музеї, навчитись новому, розібратись і пояснити певний дослід або явище;
- орієнтація на різновікові групи дітей, різні наукові вподобання;
- розгортання на базі цих просторів навчальних науково-дослідницьких дитячих студій, STEM-центрів і лабораторій, гуртків технічної творчості й моделювання для виховання майбутньої наукової зміни;
- можливість мати достатньо простору для рухливих ігор, дитячого спілкування (в деяких музеях є тактильні куточки живої природи, де дітям можна погратись та погодувати тварин);
- високий рівень безпеки життєдіяльності дітей, якому довіряють батьки;
- інтегровані програми відвідування, які розроблені з урахуванням потреб родини, яка приходить до музею з дітьми;
- зміна ролі екскурсовода на роль інтерпретатора – пояснююча явищ науки або керівника експерименту, аніматора тощо (рис. 2.7.20).



Рис. 2.7.18. Прилади, обладнання, техніка інтерактивних музеїв науки, які дозволяють унаочнювати найвідоміші наукові експерименти (виставка VELETRH VĚDY у міжнародному виставковому центрі PVA EXPO PRAHA 2018)



Рис. 2.7.19. Виставкове інтерактивне обладнання, тренажери для дослідницької роботи (виставка VELETRH VĚDY у міжнародному виставковому центрі PVA EXPO PRAHA)



Рис. 2.7.20. Працюють інтерпретатори

Такі музеї сьогодні – це простір для творчості та експериментів їх творців, для втілення найсміливіших дизайнерських проєктів та ідей, реалізувати які допомагають інноваційні можливості ексклюзивного аудіовізуального мультимедійного устаткування у експозиційній та фондовій роботі. Саме вони забезпечують яскравість, ефектність, емоційність, незвичайність наукових експозицій і інсталяцій, технічні ноу-хау й

високотехнологічні експонати – все те, що надовго залишає спогади в пам'яті дитини і змушує його повертатись, щоб ще отримати наукові знання.

Мультимедіа в таких музеях музеї стають самостійним об'єктом мистецтва. Спеціально створені аудіо-, відео- і мультимедійні програми, технічні можливості дають змогу відчувати себе в «іншій» реальності, набувають ваги перед відвідувачами в порівнянні з традиційними музейними експонатами. Особлива увага приділяється науковим шоу-яскравим наочним дослідом в великих аудиторіях або залах, які мають пояснити діти (рис. 2.7.21).



Рис. 2.7.21. Наукові шоу у інтерактивних музеях науки та виставках знань

В Україні процес створення інтерактивних наукових просторів, на тлі вивчення найкращого компаративного досвіду та потреб практичної активізації науково-дослідної складової в процесах навчання обдарованої учнівської молоді, активно розпочався у 2010–2012 рр. У цей період в Україні було відкрито понад 12 інноваційних закладів подібного спрямування. Україна (Дніпро, Харків, Оодеса, Тернопіль тощо).

Проте інтерактивний простір «Музей Науки» зі 120 інтерактивними експонатами, з якими можна безпосередньо взаємодіяти, вперше було відкрито 3 жовтня 2020 р. на ВДНГ у павільйоні 23 Національним центром «Мала академія наук України» за сприяння зарубіжних консультантів, провідних партнерів-виробників музейного обладнання, МОН України та НАН України (рис. 2.7.22).



Рис. 2.7.22. Інтерактивний простір «Музей Науки», павільйон № 23 на Виставці досягнень народного господарства

Інтерактивний простір «Музей Науки» по праву можна назвати STEM-освітнім проєктом Малої академії наук України. Даний проєкт виявився надзвичайно вдалим і результативним, про що свідчить кількість відвідувань даної установи.

Експозиції освітнього простору створювала Мала академія наук України разом з агенцією Gres Todorchuk за підтримки Міністерства освіти, а також Національної академії наук України. Над оформленням павільйону працювала агенція Fedoriv та команда MONO Architects. Завдяки співпраці Малої академії наук України з Міжнародною асоціацією науково-технологічних центрів у музеї з'явилися експонати із США, Канади, Великої Британії, Швеції та Польщі. Відвідувачі зможуть спробувати розгадати оптичну ілюзію, яку спеціально для Музею науки створив професор Техаського університету Девід Новік, доторкнутися до 60-кілограмового кристала, створити вулкан в інтерактивній пісочниці та вирушити у космічну подорож [11].

Наразі інтерактивний простір «Музей Науки» – це інтерактивний простір із понад 120 інсталяціями й експонатами про науку та дослідження. Крім вивчення цих експонатів кожен відвідувач зможе довідатися про цікаві факти з наукових досягнень українських науковців. Наприклад, фізика Івана Пулюя, який став першопрохідцем у дослідженні рентгенівських променів, Данила Заболотного, рятівника Індії від холери та інших.

Освітній інтерактивний простір – це не тільки виставки такі як «Великі винаходи», «Людина», «Акустика» та «Оптика», розроблені спеціально для Музею науки польською компанією «Strong Interactions», команда якої працювала над створенням знаменитого Центру науки «Коперник» у Варшаві, а й понад 200 популярних освітніх програм-занять із різними групами дітей. Найпопулярнішими програмами були «Аліса в Задзеркаллі» та «Гаррі Поттер».

Отже, підсумовуючи зазначимо, що мета STEM-освіти – комплексне просування STEM як наукоємної освіти та синергія зусиль учасників освітнього процесу та соціальних партнерів щодо забезпечення молоді міцним теоретичним фундаментом, який дасть їй змогу удосконалювати знання, розвивати науку, пропонувати інноваційні рішення на основі розвинутих дослідницьких компетентностей. У цьому комплексі дійсно одне з пріоритетних місць відведено інтерактивним музеям науки.

Список використаних джерел

1. Про схвалення концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : розпорядження Кабінету Міністрів України 05.09.2020 № 960 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

2. Déclaration d'Incheon: Education 2030: Vers une éducation inclusive et équitable de qualité et un apprentissage tout au long de la vie pour tous, Declaración de Incheon: Educación 2030: Hacia una educación inclusiva y equitativa de calidad y un aprendizaje a lo largo de la vida para todos URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233813> (дата звернення: 08.05.2023).

3. Закон України «Про освіту» 2017, Документ № 2145-VIII, Відомості Верховної Ради (ВВР), № 38–39, ст. 380. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
4. Александрова Ю.М. Освітній дискурс: збірник наукових праць 38(11–12), 2021 Наукова освіта, STEM та STEAM: до питання термінологічної взаємодії. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36954> (дата звернення: 08.05.2023).
5. Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України URL: <https://stemua.science/>; URL: <https://www.facebook.com/groups/1478556822414112/> (дата звернення: 08.05.2023).
6. Рутинський М. Й., Стецюк О. В. Музеезнавство: навч. посіб. Київ : Знання, 2008. С. 33
7. History of Science Museum/URL: <https://www.hsm.ox.ac.uk/> (дата звернення: 08.05.2023).
8. Музей науки Немо в Амстердамі. URL: <https://turvopros.com/muzej-nemo-v-amsterdame/> (дата звернення: 08.05.2023).
9. Лілія Таран. Кліпове мислення: міфи та реалії Педагогічний вісник Поділля №1 (2022), С.51.
10. Пуртова А. Про мережу інтерактивних музеїв науки. Блоги. URL: <https://osvita.ua/blogs/82278/> (дата звернення: 08.05.2023)
11. Богдан Олександрович Ведибіда, Сергій Якович Івахно До типології політичних репресій і тоталітаризму С. 427
12. Музей науки URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8_\(%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8_(%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2)) (дата звернення: 08.05.2023).
13. Концепція музею науки МАН URL: https://www.youtube.com/watch?v=IJNRLfh04E&ab_channel=%D0%92%D0%94%D0%9D%D0%93 (дата звернення: 08.05.2023).
14. Савченко І. М., Савченко Я. В. Інтерактивний науковий простір «Музей науки» як освітній STEM-проект Малої академії наук України. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем : зб. матер. доп. учасн. IX Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький : ЛНАУ, 2020. С. 120–123.
15. Савченко Я. В., Белан Т. І. Інтерактивний науковий простір «Музей науки» як каталізатор наукової освіти в системі Малої академії наук України. *Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії* : збірник матеріалів Другого Всеукраїнського відкритого науково-практичного онлайн-форуму, м. Київ, 25–26 жовтня 2020 р. Київ : МАН, 2020. 246 с., С. 234–236.

2.8 Ensuring educational seekers' motivation during providing STEM in education by using modern IT tools in terms of European integration

© Shapovalov Ye. B.,

PhD in Engineering,

National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-9486>

Introduction and literature review

In the realm of education, fostering educational seeker motivation is a key factor in ensuring successful learning outcomes. Traditional instructional methods are often limited in their ability to engage and motivate educational seekers effectively. However, with the rapid advancement of technology, educators now have access to a wide range of modern tools that can revolutionize the learning experience and enhance educational seekers' motivation [1–4]. This chapter explores the necessity of utilizing such tools, specifically focusing on three innovative approaches: physiological smart tools, Google Lens, and ontologies.

Integrating physiological smart tools into educational settings has emerged as a promising strategy for understanding and enhancing educational seekers' motivation. These tools employ sensors and wearable devices to capture and analyze physiological data, such as heart rate, skin conductance, and facial expressions. By monitoring these indicators, educators can gain valuable insights into educational seekers' emotional states, cognitive load, and overall engagement levels. Understanding the underlying factors that contribute to educational seekers' motivation allows educators to tailor their teaching approaches, provide timely support, and offer personalized feedback, thereby fostering a positive and motivating learning environment.

Another cutting-edge tool that holds significant potential for enhancing educational seeker motivation is Google Lens, an augmented reality application. By utilizing the camera of a smartphone or tablet, Google Lens enables educational seekers to interact with physical objects and access real-time digital information related to those objects. In an educational context, Google Lens can provide educational seekers with supplementary information, interactive simulations, and multimedia content. By bridging the gap between abstract concepts and real-world applications, Google Lens enhances educational seekers' understanding, stimulates curiosity, and promotes active engagement. This immersive and interactive learning experience can greatly enhance educational seekers' motivation to explore and learn.

Furthermore, ontologies, a systematic framework for organizing and structuring data, play a vital role in promoting a higher level of understanding among educational seekers. Ontologies categorize and relate concepts, topics, and learning resources, creating a structured and interconnected knowledge network. This structured approach enables educational seekers to grasp the relationships and dependencies between different knowledge domains, facilitating meaningful learning. Additionally, ontologies support personalized learning experiences by tailoring content and resources to educational seekers' individual needs and prior knowledge.

Educators can use ontologies to identify knowledge gaps, suggest relevant materials, and provide adaptive feedback, further enhancing educational seekers' motivation and promoting deep understanding.

The incorporation of modern tools, such as physiological smart tools, Google Lens, and ontologies, is becoming increasingly essential for educators seeking to enhance educational seeker motivation in the learning process. These tools leverage technological advancements to provide personalized, interactive, and immersive learning experiences. By understanding and responding to educational seekers' emotional and cognitive states, bridging the gap between abstract concepts and real-world applications, and providing a structured and interconnected framework for knowledge, these tools hold immense potential in fostering educational seekers' motivation and facilitating meaningful learning. In the following sections, we will delve deeper into each tool, exploring its functionalities, benefits, and implications for educational practice. Currently, especially, in Ukraine motivation of students is crucial for the educational process. It ensures a maintained efficient educational process for students as it provides tuition (due to existing of the interest) the whole time, even extracurricular. **Therefore, this paper aims to** describe the current state of the use of modern tools that ensure the motivation of students.

General Classification IT-based of Tools for STEM Education

STEM education, which encompasses science, technology, engineering, and mathematics, plays a crucial role in preparing educational seekers for the challenges of the modern world. To enhance STEM learning experiences, educators have increasingly turned to the integration of innovative tools and technologies. This section provides a general classification of digital tools used in STEM education, drawing insights from the research presented in [5]. Mostly digital tools could positively effect on motivation of the educational seekers because they foresees personalization and feeling of modernity of the education.

Simulation and Modeling Tools: Simulation and modeling tools have emerged as powerful aids in STEM education, allowing educational seekers to explore complex phenomena and scenarios in a virtual environment. These tools enable educational seekers to manipulate variables, observe outcomes, and gain a deeper understanding of scientific concepts. Simulation tools can simulate chemical reactions, physical forces, astronomical phenomena, and even real-world engineering challenges. Through interactive and immersive experiences, educational seekers can experiment, test hypotheses, and develop critical thinking skills.

Data Acquisition and Analysis Tools: Data acquisition and analysis tools are instrumental in STEM education, providing educational seekers with opportunities to collect, analyze, and interpret data. These tools range from simple sensors to advanced data logging devices and software. Educational seekers can use these tools to measure and record various parameters, such as temperature, pH levels, motion, and light intensity. Through hands-on data collection, educational seekers gain practical experience in experimental design and learn to make evidence-based conclusions. Data analysis tools facilitate visualization, statistical analysis, and pattern recognition, enabling educational seekers to extract meaningful insights from their collected data.

Programming and Robotics Tools: In an increasingly technology-driven world, programming and robotics tools have gained prominence in STEM education. These tools introduce educational seekers to the fundamentals of coding and computational thinking, fostering logical reasoning, problem-solving skills, and creativity. Programming tools range from block-based visual programming environments to text-based languages, accommodating learners of different ages and skill levels. Robotics tools, on the other hand, allow educational seekers to design, build, and program robots to solve challenges, promoting hands-on engagement and collaboration.

Visualization and Augmented Reality Tools: Visualization tools are valuable assets in STEM education, enabling educational seekers to visualize abstract concepts and complex data. These tools use interactive graphs, charts, and diagrams to represent scientific phenomena, making them more accessible and comprehensible to educational seekers. Augmented reality tools, such as virtual reality headsets and augmented reality applications, take visualization to the next level by overlaying digital information in the real world. This immersive experience enhances educational seekers' understanding and engagement by bridging the gap between theoretical concepts and their real-world applications.

Communication and Collaboration Tools: Effective communication and collaboration are essential skills in STEM fields. Therefore, tools that facilitate communication and collaboration among educational seekers and between educational seekers and educators are crucial in STEM education. These tools include online platforms, discussion forums, and collaborative software. By fostering collaborative problem-solving, knowledge sharing, and peer feedback, these tools promote active learning, teamwork, and the development of communication skills vital in scientific and technological domains. The integration of tools in STEM education offers diverse opportunities for enhancing educational seeker engagement, understanding, and motivation. Simulation and modeling tools, data acquisition and analysis tools, programming and robotics tools, visualization and augmented reality tools, and communication and collaboration tools contribute to creating interactive and immersive learning experiences. By embracing these tools, educators can empower educational seekers to explore, experiment, and develop the critical skills necessary for success in STEM fields.

Using physiological tools, AR-based AI tools like Google Lens and structuring tools seem perspective and worth describing. Considering this, the scientific institution National Center of Junior Academy of Science focused on the development approaches of such methods. The description of those methods, their use, and their the possible effect on students' motivation are shown in Table 2.8.1.

Table 2.8.1.

The description of proposed methods, their use, and the possible effect on students' motivation

Name of the Method	Description of ProposedMethods	Way of use	Possible Effect on Students' Motivation
Using Physiologic	Utilizing smartwatches, smart weight scales, and	In STEM education, these tools can be	Students may feel more engaged and interested in

al Tools (Smart Watches, Smart Weight)	other physiological tools to collect and analyze data related to student's physical health and activity	used during practical lessons and experiments to monitor students' heart rate, sleep patterns, physical activity, and body composition	learning when they can actively measure and track their health data. This hands-on approach can enhance their understanding of the subject and increase their motivation to participate in physical activities
AR-based AI Tools like Google Lens	Leveraging Augmented Reality (AR) technology and Artificial Intelligence (AI) through tools like Google Lens to enhance students' learning experiences	In STEM education, Google Lens can be used to provide interactive and real-time information, 3D models, and visualizations of complex concepts and objects	By integrating AR-based AI tools, students can experience immersive and interactive learning, which can increase their motivation and curiosity to explore STEM subjects through engaging and dynamic experiences
Structuring Tools in Web Portal STEMUA.Science	Implementing structuring tools within the web portal STEMUA.Science to facilitate the organization and presentation of STEM-related content, research, and resources	STEMUA.Science web portal can serve as a centralized platform for accessing STEM materials, research articles, and educational resources	Using structuring tools in the web portal can improve students' ability to navigate through vast STEM information efficiently. This organization can lead to better comprehension and motivation as students can find relevant content easily. Students and teachers have access to structured data related to STEM methods and projects in education
Ontology-based Tool https://manlab.ulif.org.ua/	Incorporating an ontology-based tool from https://manlab.ulif.org.ua/ to support semantic search, knowledge organization, and retrieval in STEM disciplines	This ontology-based tool can enhance students' information retrieval process and understanding of complex STEM concepts	Students may become more motivated to explore STEM topics when they have access to a powerful and user-friendly tool that helps them find accurate and comprehensive information in their areas of interest. Ontologies ensure a high level of structuring, and therefore, students that have a high level of situational interest could positively effect

Personal Physiological Smart Tools for improving educational seekers' motivation during STEM Education

In recent years, the integration of personal physiological smart tools in STEM education has gained attention as a promising approach to understanding and enhancing educational seekers' motivation and engagement. These tools, equipped with sensors and wearable devices, enable the measurement and analysis of

physiological indicators [6] to provide valuable insights into educational seekers' emotional states, cognitive load, and overall engagement levels.

Understanding Emotional States. Personal physiological smart tools offer educators a unique window into educational seekers' emotional states during STEM learning activities. By monitoring indicators such as heart rate, skin conductance, and facial expressions, these tools provide real-time data on educational seekers' emotional responses. Understanding educational seekers' emotional states is crucial as it enables educators to adapt their instructional strategies accordingly. For example, if an educational seeker shows signs of frustration or disengagement, educators can intervene promptly to provide support, offer alternative explanations, or adjust the difficulty level of the task. By personalizing the learning experience based on educational seekers' emotional responses, educators can create a supportive and motivating environment.

Monitoring Cognitive Load. Cognitive load, the mental effort required to process information, is a critical factor in effective learning. Personal physiological smart tools can provide valuable insights into educational seekers' cognitive load during STEM activities. By analyzing indicators such as heart rate variability, skin conductance, and eye movements, these tools can detect fluctuations in cognitive load levels. Educators can leverage this information to optimize instructional delivery. For instance, if educational seekers' cognitive load is found to be high, educators can implement strategies to alleviate cognitive overload, such as providing additional explanations, breaking down complex tasks, or offering opportunities for self-directed learning. By adapting the learning environment to educational seekers' cognitive load, educators can facilitate deeper understanding and sustained motivation.

Promoting Metacognitive Awareness. Personal physiological smart tools also contribute to the development of metacognitive awareness among educational seekers. By visualizing their physiological responses in real-time, educational seekers become more conscious of their emotional and cognitive states during the learning process. This self-awareness empowers educational seekers to regulate their learning, make informed decisions about study strategies, and develop metacognitive skills. For example, if educational seekers notice that their heart rate increases during certain STEM activities, they can reflect on the reasons behind this physiological response and adjust their approach accordingly. By fostering metacognitive awareness, personal physiological smart tools support educational seekers in becoming active and autonomous learners.

Providing Personalized Feedback. One of the key advantages of personal physiological smart tools is their ability to provide personalized feedback to educational seekers. By analyzing the collected physiological data, educators can offer tailored feedback to educational seekers based on their individual responses. This feedback can range from acknowledging and reinforcing positive emotional states and engagement levels to providing suggestions for improvement in managing cognitive load. Personalized feedback fosters a sense of individualized support and recognition, promoting intrinsic motivation and self-efficacy in educational seekers.

Therefore, personal physiological smart tools have the potential to significantly enhance engagement, motivation, and learning outcomes in STEM education. By monitoring and analyzing educational seekers' emotional states and cognitive load, these tools enable educators to tailor their instructional strategies and provide personalized feedback. Moreover, personal physiological smart tools promote metacognitive awareness and empower educational seekers to participate in their learning process actively. By integrating these tools into STEM education, educators can create dynamic and supportive learning environments that optimize educational seekers' motivation, engagement, and academic success.

Therefore, at the scientific institution National Center of Junior Academy of Science, the methods of using smart tools were developed previously (*Table 2.8.2*) [7].

Table 2.8.2.

Description of the previously developed methods

Topic	Aim
The measure of Heart Rate Before and After Physical Activity	To investigate the changes in heart rate before and after physical activity in boys and girls
The Effect of Sleep Duration on Heart Rate	To explore the relationship between sleep duration and heart rate in boys and girls
Determination of Differences in Muscle, Fat, and Bone Composition	To identify the differences in muscle, fat, and bone composition between men and women
Determination of the Level of Saturation in Suspected COVID-19	To teach students how to measure blood oxygen concentration and identify suspected COVID-19 cases
Diet Effect on Body Parameters, Especially on Muscle, Fat, Bone	To investigate the relationship between diet and body fat, and to help students set personal diet goals
The Physical Activity Effect on Sleep Duration and Heart Rate	To demonstrate the impact of physical activity on sleep and heart rate, and to help students improve their overall well-being
Physical Activity Effect on Human Muscle and Fat Tissue Amount	To show that regular exercise increases muscle tissue, and to help students track their fitness progress
Influence of Fitness Zone Training on Resting Heart Rate	To teach students how to calculate their fitness zone and its impact on resting heart rate, and to help them find the optimal physical activity for their individual needs

Google Lens and AI-Based Analyzing Tools for Plant Analysis in STEM Education

In the field of STEM education, the integration of innovative technologies can significantly enhance educational seekers' learning experiences. One such technology is Google Lens, an augmented reality application that utilizes artificial intelligence (AI) to provide real-time information and analysis. This section explores the application of Google Lens and AI-based analyzing tools in plant analysis within the context of STEM education. The technical details were described before [8–15].

Visual Identification and Information Retrieval. Google Lens, powered by AI algorithms, offers a powerful tool for visual identification and information retrieval in

plant analysis. By using the camera of a smartphone or tablet, educational seekers can capture images of plants, leaves, or flowers, and Google Lens can quickly identify the species and provide relevant information. This instant access to plant identification and related data enhances educational seekers' understanding of plant taxonomy, morphology, and ecological characteristics. It also sparks curiosity and encourages educational seekers to explore the diverse world of plants, fostering a deeper engagement with botany and environmental science.

Real-Time Data Analysis and Classification. AI-based analyzing tools, integrated with Google Lens, enable real-time data analysis and classification of plants. These tools employ machine learning algorithms to process the captured images and extract valuable information, such as leaf area, shape, color, and texture. Educational seekers can use this data to classify plants, compare different species, and analyze their growth patterns. The ability to obtain accurate and detailed plant data in real time promotes scientific inquiry and critical thinking skills. It also encourages educational seekers to conduct experiments, make observations, and draw evidence-based conclusions, deepening their understanding of plant biology and ecological processes.

Interactive Learning Experiences. Google Lens and AI-based analyzing tools provide interactive learning experiences by overlaying digital information onto the real-world plant specimens. Educational seekers can use their smartphones or tablets to scan QR codes or markers associated with plants, which trigger additional multimedia content, such as videos, animations, or 3D models. This augmented reality experience enhances educational seekers' engagement and enables them to explore plant structures, functions, and ecological interactions in a more interactive and immersive manner. Educational seekers can dissect virtual plant parts, observe microscopic structures, and witness dynamic processes that would be otherwise challenging to visualize, thus enriching their understanding of plant biology and ecological concepts.

Google Lens in citizen science. Google Lens and AI-based analyzing tools also promote collaboration and citizen science in STEM education. Educational seekers can share their plant analysis findings, images, and data with peers and experts through online platforms and collaborative tools. This collaborative approach fosters a sense of community, encourages knowledge sharing, and enables educational seekers to engage in authentic scientific practices. Additionally, educational seekers can contribute to citizen science projects by uploading their plant data to larger databases, thus contributing to real-world scientific research and conservation efforts. This involvement in citizen science initiatives enhances educational seekers' sense of ownership and purpose, fostering a deeper appreciation for environmental stewardship and scientific exploration.

The integration of Google Lens and AI-based analyzing tools in plant analysis offers significant benefits in STEM education. These tools enable visual identification, provide real-time data analysis, offer interactive learning experiences, and promote collaboration and citizen science. By utilizing these technologies, educators can create dynamic and engaging learning environments that deepen

educational seekers' understanding of plant biology, ecological processes, and environmental science.

Enhancing STEM Education with Stemua.science and Ontologies

In the field of STEM education, the integration of innovative tools and technologies continues to shape and enhance the learning experience. Stemua.science, an online platform developed specifically for STEM education, combined with the utilization of ontologies, provides a powerful framework for systemizing data and fostering a higher level of understanding. This section explores the use of Stemua.science and ontologies in STEM education.

Stemua.science: A Collaborative STEM Platform. Stemua.science is an online platform designed to support collaborative STEM learning experiences [16–19]. It offers a range of features and tools that facilitate interactive and engaging activities for educational seekers. The platform provides a space for educational seekers to explore STEM topics, engage in hands-on experiments, and collaborate on projects. Through Stemua.science, educational seekers can access multimedia content, participate in discussions, and share their work with peers and educators. This collaborative approach fosters knowledge sharing, critical thinking, and problem-solving skills, creating a dynamic and engaging learning environment.

Ontologies: Systemizing Data for Meaningful Understanding. Ontologies play a crucial role in organizing and structuring data within Stemua.science. They provide a systematic framework for categorizing and relating concepts, topics, and learning resources. By creating a semantic network of interlinked concepts, ontologies enable educational seekers to grasp the relationships and dependencies between different knowledge domains. This structured approach enhances educational seekers' ability to navigate and make connections within the STEM content, leading to a higher level of understanding.

Moreover, ontologies in Stemua.science facilitate personalized learning experiences by tailoring content and resources to educational seekers' individual needs and prior knowledge. By analyzing educational seekers' interactions with the platform, educators can identify knowledge gaps, suggest relevant materials, and provide adaptive feedback. This personalized approach ensures that educational seekers receive targeted support and resources, promoting a deeper level of understanding and motivation.

Enhanced Collaboration and Communication. Stemua.science, combined with ontologies, enhances collaboration and communication among educational seekers, educators, and experts in the field. The platform allows educational seekers to collaborate on projects, share ideas, and receive feedback from their peers and teachers. Additionally, Stemua.science facilitates communication between educational seekers and experts through features such as forums, discussion boards, and expert-led sessions. This collaborative and communicative environment encourages educational seekers to engage in meaningful interactions, exchange perspectives, and develop a deeper understanding of STEM concepts.

Authentic Learning and Real-World Applications. Stemua.science promotes authentic learning experiences by incorporating real-world applications of STEM concepts. The platform offers opportunities for educational seekers to apply their

knowledge and skills in practical contexts, such as designing experiments, solving engineering challenges, or analyzing real-world data. This authentic learning approach fosters critical thinking, problem-solving abilities, and the development of transferable skills. Educational seekers can see the relevance of STEM in their everyday lives, promoting a deeper appreciation for the subject and its impact on society.

The integration of Stemua.science and ontologies provide a powerful combination for enhancing STEM education. Stemua.science offers a collaborative online platform that engages educational seekers in interactive learning experiences, while ontologies systemize data and provide a structured framework for understanding. Through Stemua.science, educational seekers can collaborate, explore, and apply STEM concepts in real-world contexts, fostering a deeper level of understanding, motivation, and engagement.

Modern Approach for Using Ontologies in STEM Education

Ontologies is modern power tool to ensure high level of structurization [20–22] especially if it is accompanied by modern processing tools like decision making or aggregation (as provided in CIT Polyhedron) [23–25]. In the realm of STEM education, ontologies have emerged as a modern and powerful approach to organizing and structuring knowledge [26–33]. By providing a systematic framework for categorizing concepts and establishing relationships between them, ontologies contribute to a higher level of understanding and engagement.

The proposed approach uses the widely accepted IMRAD (Introduction, Methods, Results, and Discussion) structure to create ontologies that systemize research data in STEM education [29, 34, 35]. The IMRAD components serve as parent nodes in the ontological structure. Introduction, Methods, Results, and Discussion are represented as parent nodes, while specific parts of each component are used as branch nodes, and the individual study is represented as a leaf node. The general structure of the ontology for structuring research data is represented as:

$$REP \in \{I, M, R, P\} \quad (1)$$

where REP represents the set of reports, I represents the Introduction, M represents the Methods, R represents the Results, and P represents the instruments used in the processing of the results in the set of study discussions.

To further enhance systematization, the introduction is split into two parts: basic metadata and literature review. Basic metadata, represented as BMD , contains essential information about the study, such as the hypothesis, object, subject, practical value, and scientific novelty. The literature review, represented as LR , encompasses the sources used for the review.

One of the advantages of this approach is that certain parts of the introduction, materials and methods, and results of different studies can coincide. In such cases, the nodes can be linked based on their shared attributes or classes of data. Each study is represented as a set of Introduction, Methods, Results, and Processing of the data (Discussion):

$$REP_I = \langle I_I, M_I, R_I, P_I \rangle \quad (2)$$

$$REP_{II} = \langle I_{II}, M_{II}, R_{II}, P_{II} \rangle \quad (3)$$

These studies can be integrated into a single ontology using the IMRAD structure:

$$O = \langle S_I, S_{II} \rangle = \langle I_I, M_I, R_I, P_I, I_{II}, M_{II}, R_{II}, P_{II} \rangle \quad (4)$$

This approach allows for the integration and structuring of multiple studies simultaneously using an ontological graph. The resulting graph consists of nodes such as "Reports on biotechnology" and "Reports on anaerobic digestion", with sub-leaf nodes representing "Results", "Materials and methods", and "References". This hierarchical structure facilitates the organization and retrieval of scientific works.

The proposed approach also employs ranking and auditing mechanisms within the ontological database. Numeric and semantic characteristics are separated and used to process specialized algorithms within the IT solution Polyhedron. These tools allow for filtering, ranking, and auditing the information stored in the ontological database. The ranking mechanism assigns ranks to nodes based on numeric characteristics, enabling users to prioritize and compare different articles. The audit mechanism helps users validate the compliance of specific attributes, such as methods, results, and references, with the standard ontology. This ensures the consistency and quality of the research data.

The utilization of ontologies in STEM education offers a modern approach to organizing and structuring knowledge effectively. By employing the IMRAD structure as the basis for ontologies, educators can systematically categorize and relate concepts coherently. The integration of ranking and auditing mechanisms further enhances the functionality of the ontological database, providing tools for filtering, comparing, and validating research data. This modern approach fosters a deeper understanding, supports personalized learning experiences, and encourages collaboration and knowledge sharing in STEM education.

Conclusions.

This scientific paper explores a variety of methods aimed at enhancing students' engagement and motivation in STEM education. The proposed methods leverage advanced technological tools to foster active participation and immersive learning experiences. Through the utilization of physiological tools such as smartwatches and smart weight scales, students can actively monitor their physical health, heart rate, sleep patterns, and body composition during practical STEM lessons. This hands-on approach fosters greater interest and curiosity, leading to increased motivation among students to participate in physical activities and embrace STEM concepts.

Additionally, the integration of AR-based AI tools, exemplified by Google Lens, enhances students' learning experiences by providing interactive and real-time information, 3D models, and visualizations of complex STEM concepts. This dynamic and immersive learning environment captivates students' attention and drives their curiosity, ultimately inspiring them to explore and delve deeper into STEM subjects.

Furthermore, the inclusion of structuring tools within the web portal STEMUA.Science enables students to efficiently organize and access STEM-related content and research materials. This organized approach empowers students to navigate vast information with ease, leading to improved comprehension and

knowledge retention. Such accessibility can significantly contribute to students' motivation as they find relevant content readily available for their studies.

Moreover, the adoption of the ontology-based tool from <https://manlab.ulif.org.ua/> facilitates semantic search, knowledge organization, and retrieval in various STEM disciplines. This tool equips students with the ability to efficiently access comprehensive information and explore complex STEM concepts. The empowerment to find accurate and relevant knowledge through a user-friendly interface enhances students' motivation to delve deeper into their areas of interest and engage in rigorous research.

Proposed methods, ranging from physiological tools to AR-based AI applications and web portal structuring, present promising avenues to motivate students in STEM education. By utilizing cutting-edge technologies to foster interactive and immersive learning experiences, educators can inspire a greater passion for STEM subjects among students. These methods not only enhance students' understanding and comprehension of complex concepts but also encourage their active participation and curiosity, thus promoting a more effective and enjoyable learning journey in STEM disciplines.

Список використаних джерел

1. Shapovalov Y. B. Enchainning research skills and motivation of students by implementation of ontology-based approaches to simplify data access: Book of abstract. Part 2 of 89 International scientific conference of young scientist and students “Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution,” Kyiv April; 3–7; 2023. NUFT; Kyiv. 2023. p. 359.

2. Shapovalov Y. Enhancing interdisciplinary learning and students' motivation in STEM education with ontologies: Kremenets Science: Open Air, або наука в кросівках: збірник наукових статей. Випуск VIII, Кременець 2023, 2023. С. 4–6.

3. Fortus D., Touitou I. Changes to students' motivation to learn science. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. 2021. Vol. 3, No. 1. С. 1–14.

4. Sullivan T. J., Weiner B. Achievement Motivation and Attribution Theory. University of Wisconsin-Stout. 46 p.

5. Shapovalov Y. B., Bilyk Z. I., Usenko S. A., et al. Systematic analysis of digital tools to provide STEM and science education. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288, No. 1. p. 012032.

6. Pal D., Funilkul S., Vanijja V. The future of smartwatches: assessing the end-users' continuous usage using an extended expectation-confirmation model. *Universal Access in the Information Society*. 2020. Vol. 19, No. 2. p. 261–281.

7. Shapovalov Y. B., Bilyk Z. I., Usenko S. A., et al. Using Personal Smart Tools in STEM Education. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology, SCITEPRESS - Science and Technology Publications*. 2020. p. 192–207.

8. Bilyk Z. I., Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B. Use of mobile applications to identify plants. *Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. Vol. 3, No. 21–22. p. 23–32.

9. Shapovalov Y. B., Bilyk Z. I., Shapovalov V. B. Systematical overview of Google Lens efficiency during STEM classes: *Імерсивні технології в освіті*. Науково-практична конференція з міжнародною участю. 2021. р. 29–32.
10. Shapovalov Y. B., Bilyk Z. I., Atamans A. I. et al. The Potential of Using Google Expeditions and Google Lens Tools under STEM-education in Ukraine. *Педагогіка вищої та середньої школи*. 2019. Вип. 51. С. 90–101.
11. Білик Ж. І., Шаповалов В. Б., Антоненко П. Д. Вплив STEM-підходу з використанням Google Lens на психоемоційний стан учнів. *Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії*. IV Всеукраїнський відкритий науково-практичний онлайн-форум. 2022. С. 459–462.
12. Shapovalov Y. B., Bilyk Z. I., Atamas A. I. et al. The Potential of Using Google Expeditions and Google Lens Tools under STEM-education in Ukraine. *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018)*. 2018. Vol. 2257, No. 2257. р. 66–74.
13. Шаповалов Є. Б., Білик Ж. І., Шаповалов В. Б. Роль мотивації у STEM та науковій освіті на прикладі застосування Google Lens. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті*. XIV Міжнародна науково-практична інтернет конференція. 22. С. 126–127.
14. Шаповалов В. Б., Шаповалов Є. Б., Білик Ж. І. Використання інструменту доповненої реальності Google Lens для забезпечення STEM-освіти на уроках біології у середніх загальноосвітніх закладах. *Відкрите освітнє середовище сучасного університету*. 2019. No. Спецвипуск «Нові педагогічні підходи в steam освіті». С. 273–286.
15. Bilyk Z. I., Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B. et al. Comparison of Google Lens recognition performance with other plant recognition systems. *Educational Technology Quarterly*. 2022. Vol. 2022, No. 4. р. 328–346.
16. Shapovalov V. B., Atamas A. I., Bilyk Z. I., et al. Structuring Augmented Reality Information on the stemua. science. *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018)*. 2018. Vol. 2257, р. 75–86.
17. Шаповалов Є. Б., Шаповалов В. Б., Атамась А. І., Білик Ж. І. Використання порталу stemua.science як складової єдиного мережецентричного середовища. *Розбудова єдиного інформаційного простору української освіти – вимога часу*, Київ – Харків, 2018. С. 160–162.
18. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Bilyk Z. I. Representation of educational material on stemua.science and its structuring in form of ontologies to develop research skills and motivation. *Розвиток педагогічної майстерності майбутнього педагога в умовах освітніх трансформацій*. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції. 2023. С. 416–419.
19. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Andruszkiewicz F., et al. Analyzing of main trends of STEM education in Ukraine using stemua.science statistics. *7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE2019)*. CEUR, 20. P. 448–461.
20. Globa L., Sulima S., Skulysh M., et al. Architecture and Operation Algorithms of Mobile Core Network with Virtualization. IntechOpen. IntechOpen, 2020.

21. Globa L., Novogradskaya R., Zadoienko B., et al. Ontological Model for Scientific Institutions Information Representation. *International Conference on Problems of Infocommunications*. Science and Technology (PIC S&T), IEEE, 06.October.20. p. 255–258.
22. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Stryzhak O. Y., et al. Ontology-Based Systemizing of the Science Information Devoted to Waste Utilizing by Methanogenesis. *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*. 2018. Vol. 12, No. 12. p. 1009–1014.
23. Prychodniuk V., Stryzhak O. Y. Ontological GIS as a means of organizing geospatial information. *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*. 2017. Vol. 2(27). P. 167–174.
24. Stryzhak O., Horborukov V., Prychodniuk V., et al. Decision-making system based on the ontology of the choice problem. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1828, No. 1. P. 0–7.
25. Stryzhak O., Prykhodniuk V., Popova M., et al. Development of an Oceanographic Databank Based on Ontological Interactive Documents BT - *Intelligent ComputingCham*. Springer International Publishing, 2021. P. 97–114.
26. Tarasenko R. A., Shapovalov V. B., Usenko S. A., et al. The problem of structuring scientific material. Колективна монографія за матеріалами 20 Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року». Київ, 2021. Р. 206–209.
27. Шаповалов В. Б., Шаповалов Є. Б., Атамась А. І. та ін Інформаційні онтологічні інструменти для забезпечення дослідницького підходу в STEM-навчанні. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави*. Матеріали 10-ї міжнародної науково-практичної конференції, Чорноморськ, 2017. С. 366–370.
28. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Zaselskiy V. I. TODOS as digital science-support environment to provide STEM-education. *Педагогіка вищої та середньої школ.* 2019. Vol. 52. P. 89–104
29. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B. A Taxonomic Representation of Scientific Studies. *Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (CEUR Workshop Proceedings)*. Proceedings of the 17th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. 2021. Vol. 3013. P. 353–360.
30. Bilyk Z. I., Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., et al. Use of ontological resources of the universal network information educational media for STEM/STEAM-lessons. *Education and development of gifted personality*. 2019. Vol. 1, No. 72. P. 30–36.
31. Tarasenko R. A., Shapovalov V. B., Shapovalov Y. B., et al. Comparison of ontology with non-ontology tools for educational research. *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*. CEUR. 2020. Vol. 2879. P. 82–104.
32. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B., Savchenko I. M. Ontology-based approach to systemize data to simplify familiarization process with scientific developments in terms of STEM education and considering European legislation.

Актуальні аспекти розвитку STEAM-освіти в умовах євроінтеграції
Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. 2023. Р. 345–346.

33. Stryzhak O. Y., Shapovalov V. B., Shapovalov Y. B. Ontological support of educational research. *Information technologies of management of ecological safety, nature management, measures in emergency situations: developments and achievements to the 100 anniversary of the National academy of sciences of Ukraine*. Kyiv, 2018. p. 165–168.

34. Shapovalov Y., Shapovalov V., Bilyk Z., et al. Structurization of educational expedition studies in the form of taxonomies. *Educational Dimension*. 2022. Vol. 59. P. 130–149.

35. Shapovalov Y. B., Shapovalov V. B. Using IMRAD approach to provide structuration of scientific studies in form of ontologies to simplify understanding of subject area formed by educational and scientific studies. *Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи*. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Полтава, Україна, 20–21 березня 2023. 2023. С. 214–216.

Інформація про авторів / Information about the authors

Бойко Світлана Миколаївна, канд. філос. наук, старша дослідниця, завідувачка сектору авторського педагогічного новаторства відділу інноваційної діяльності та дослідно-експериментальної роботи Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, boyko-imzo@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4999-4603>

Boiko Svitlana, PhD in Philosophy, senior researcher, Head of the Original Pedagogical Novelty Sector, Department of Innovation Activity, Research and Experimental Work, State Scientific Institution “Institute of education content modernization”, Kyiv, Ukraine, boyko-imzo@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4999-4603>

Буряк Олена Олександрівна, канд. пед. наук, доцентка, завідувачка кафедри природничо-наукових дисциплін та методики їх викладання Луганського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти, м. Сєвєродонецьк, Україна, elenaokharchenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5960-9441>

Buriak Olena, PhD in Pedagogy, Associate Professor, Head of Department of Natural Sciences and Methods of Teaching, Luhansk Regional In-Service Teacher Training Institute, Sievierodonetsk, Ukraine, elenaokharchenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5960-9441>

Василяшко Ірина Павлівна, завідувач сектору інноваційних форм і методів діяльності педагогічних працівників відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, iryna.vasylashko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6832-0930>

Vasylashko Iryna, head of the sector of innovative forms and methods of teachers' activities of the STEM education Department State, Scientific Institution “Institute for the Modernization of the Content of Education” Kyiv, Ukraine, iryna.vasylashko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6832-0930>

Василенко Ірина Віталіївна, наукова співробітниця сектору досліджень освітніх процесів відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, irvitk@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-5659>

Vasylenko Iryna, researcher of the sector of research of educational processes of the department of STEM-education of SSI “Institute of education content modernization”, Kyiv, Ukraine, irvitk@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-5659>

Горбенко Світлана Леонідівна, канд. психол. наук, доцентка, начальниця відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, 712svetik@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1276-7105>

Gorbenko Svitlana, PhD in Psychology, Associate Professor, Head of the STEM Education Department of the State Scientific Institution “Institute of Education

Content Modernization”, Kyiv, Ukraine, 712svetik@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1276-7105>

Дем’яненко Валентина Борисівна, канд. пед. наук, завідувача відділенням інформаційно-дидактичного моделювання Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, valentyna.demianenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

Demianenko Valentyna, PhD in Pedagogy, Head of the Department of Information and Didactic Modeling National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, valentyna.demianenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

Дзюба Антон Миколайович, автор ініціативи реалізації інноваційного освітнього проєкту «Організаційні та науково-методичні умови створення STEM-центрів», голова правління благодійної організації «Благодійний фонд “Фонд освітніх ініціатив”», м. Київ, Україна, anton.dziuba@eif.org.ua; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1204-322X>

Dziuba Anton, author of the initiative of the innovative educational project "Organizational, scientific and methodological conditions for the creation of STEM centers", Chairman of the Board of the charitable organization "Educational Initiatives Foundation", Kyiv, Ukraine, anton.dziuba@eif.org.ua; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1204-322X>

Дівінська Наталя Олександрівна, канд. пед. наук, старша наукова співробітниця, завідувачка сектору науково-видавничої роботи відділу науково-методичного забезпечення підвищення якості освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, ndivinska@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6165-0133>

Divinska Natalia, PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Head of the Scientific and Publishing Work Sector of the Department of Methodological Support of Education Quality Enhancement of the State Scientific Institution “Institute of Education Content Modernization”, Kyiv, Ukraine, ndivinska@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6165-0133>

Довгий Станіслав Олексійович, д. фіз.-мат. наук, професор, президент Малої академії наук України, академік Національної академії наук України, академік Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна, Dovgyi.S.O@nas.gov.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-0162>
Dovgyi Stanislav, D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Presidium of Junior Academy of Sciences of Ukraine, Academician of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, Dovgyi.S.O@nas.gov.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-0162>

Завалевський Юрій Іванович, д. пед. наук, професор, перший заступник директора Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, zui1@imzo.gov.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1904-6642>

Zavalevskiy Yurii, Doctor Habilitated in Educational Sciences, Professor, First

Deputy Director of the State Scientific Institution “Institute of Education Content Modernization”, Kyiv, Ukraine, zui1@imzo.gov.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1904-6642>

Кузьменко Ольга Степанівна, д. пед. наук, професорка, учена секретарка секретаріату Вченої ради Донецького державного університету внутрішніх справ, м. Кропивницький, провідна наукова співробітниця відділу інформаційно-дидактичного моделювання Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Kuzmenko Olha, D. Sc. in Pedagogy, Associate Professor, Professor, academic secretary of the Academic Council Donetsk State University of Internal Affairs Kropyvnytskyi, leading researcher of the Department of Information Didactic Modeling of the National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv Ukraine, kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Лозова Оксана Володимирівна, завідувачка сектору науково-методичного забезпечення STEM-освіти відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», Київ, Україна, stemosvita@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2394-3813>

Lozova Oksana, head of the sector of scientific and methodological support of STEM Education of the Department of STEM Education, State Scientific Institution «Institute for the Modernization of the Content of Education», Kyiv, Ukraine, stemosvita@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2394-3813>

Пойда Сергій Андрійович, канд. пед. наук, старший викладач кафедри управління та адміністрування Комунального закладу вищої освіти «Вінницька академія безперервної освіти» м. Вінниця, Україна, serj.pojda@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9895-0220>

Poida Serhii, PhD in Pedagogy, Senior Lecturer of the Department of Management and Administration Community Higher Education Institution “Vinnitsa Academy of Continuing Education”, Ukraine, serj.pojda@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9895-0220>

Поліхун Наталія Іванівна, канд. пед. наук, провідна наукова співробітниця, завідувачка відділу підтримки обдарованості Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна, np.iod@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0176-0752>

Polikhun Nataliia, PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Head of the Giftedness Support Department, Institute of Gifted Child under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, np.iod@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0176-0752>

Постова Катерина Григорівна, канд. психол. наук, провідна наукова співробітниця відділу підтримки обдарованості Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна, kateruna_p@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9728-4756>

Postova Kateryna, PhD in Psychology, Leading Researcher of the Giftedness

Support Department, Institute of Gifted Child under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, kateruna_p@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9728-4756>

Проценко Галина Олександрівна, канд. пед. наук, вчитель інформатики спеціалізованої школи № 307 з поглибленим вивченням природничих наук м. Києва, м. Київ, Україна, galinapro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5724-2455>

Pronsenko Galyna, PhD in Pedagogy, informatics teacher of specialized school No. 307 with in-depth study of natural sciences in Kyiv, Kyiv, Ukraine, galinapro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5724-2455>

Савченко Ірина Миколаївна, канд. пед. наук, старша наукова співробітниця, учена секретарка Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, savchenko_irina@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

Savchenko Iryna, PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Science Secretary of the National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, savchenko_irina@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

Савченко Ярослав Володимирович, науковий співробітник, аспірант Інституту обдарованої дитини НАПН України, молодший науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, savchyarik@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5790-6629>

Savchenko Yaroslav, Researcher, postgraduate student at Institute of Gifted Child under National Academy of Sciences of Ukraine, junior researcher at the department of creation of intelligent network tools, National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, savchyarik@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5790-6629>

Скіба Джоанна, керівниця відділу іноземних мов, керівниця міжнародного відділу, експертка дистанційної освіти Куявського університету у Влоцлавеку, Республіка Польща, international@ksw.wloclawek.pl

Skiba Joanna, Head of Department of Foreign Languages Head of International Office Expert of Distant Education Cuiavian University in Włocławek, international@ksw.wloclawek.pl

Сліпухіна Ірина Андріївна, д. пед. наук, професорка, головна наукова співробітниця відділу підтримки обдарованості Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна, slipukhina2015@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9253-8021>

Slipukhina Iryna, D. Sc. in Pedagogy, Professor, Chief Researcher of the Giftedness Support Department Institute of Gifted Child under National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, slipukhina2015@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9253-8021>

Стрижак Олександр Євгенійович, д. техн. наук, професор, заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук

України», м. Київ, Україна, sae953@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>

Stryzhak Oleksandr, D. Sc. in Computer (Hub), Professor, Deputy Director for Research of the National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, sae953@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>

Чернецький Ігор Станіславович, канд. пед. наук, завідувач відділу створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України», Київ, Україна, manlabkiev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9771-7830>

Chernetckiy Ihor, PhD in Pedagogy, Head of the department for creating educational and thematic knowledge systems National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, manlabkiev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9771-7830>

Черноморець Валентина Василівна, завідувачка сектору досліджень освітніх процесів відділу STEM-освіти Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна, valenvas7@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4143-5046>

Chernomorets Valentyna, head of the sector of research of educational processes of the department of STEM-education of SSI “Institute of education content modernization”, Kyiv, Ukraine, valenvas7@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4143-5046>

Чухлєб Андрій Володимирович, директор ТОВ «Навчальний центр “Стімтрейн”», м. Бориспіль, Україна, andrew.chuhleb@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9384-9763>

Chukhlieb Andrii, the head of the company Steamtrain LLC, Boryspil, Ukraine, chuhleb@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9384-9763>

Шاپовалов Євгеній Борисович, канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, sjb@man.gov.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-9486>

Shapovalov Yevhenii, PhD in Engineering, Senior Researcher of department of education and thematic knowledge system creation, National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, sjb@man.gov.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-9486>

Юзбашева Галина Сергіївна, канд. пед. наук, доцентка, завідувачка кафедри теорії й методики викладання навчальних дисциплін КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», м. Херсон, Україна, galina.yuzbasheva@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3714-1125>

Yuzbasheva Galina, PhD in Pedagogy, associate professor, manager of the chair theory and methods of teaching educational disciplines, CHEE “Kherson Academy of Continuing Education”, Kherson, Ukraine, galina.yuzbasheva@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3714-1125>

РОЗДІЛ I. STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти та перспективи розвитку в Україні

1.1 STEM як парадигма трансдисциплінарної освіти

Довгий С. О., Стрижак О. Є.

Описується сучасний підхід щодо формування сучасного STEM-середовища навчального закладу. Визначаються теоретичні, системні та практичні засади STEM-освіти. Визначаються науково-педагогічні категорії, які складають технологічну основу STEM-середовища, а саме: наукова освіта, картина світу, онтологія, таксономія, трансдисциплінарність, наратив, дискурс; наративний дискурс, дискурсивна, спроможність навчального закладу, освітня логістика тощо. Також визначено трансдисциплінарні ознаки STEM-освіти такі як: онтологія, таксономія, онтологія задачі вибору, наративний дискурс і дискурсивна невизначеність. Описуються інструменти штучного інтелекту, які спроможні забезпечити освітню логістику в STEM-середовищі для кожного учня, основу яких складає компонентна архітектура когнітивних сервісів, що реалізуються на засадах трансдисциплінарних онтологій. Надана їх класифікація та ознаки кожного сервісу. Описується метод трансдисциплінарної консолідації мережевих інформаційно-освітніх ресурсів та систем знань в STEM-середовищі. Представлено технологічні інструменти формування STEM-середовища у форматі когнітивно-комунікативного сценарію взаємодії з консолідованими освітніми ресурсами. Описуються семантичні контури STEM-освіти. Представлено схему управління освітнім процесом формату STEM в основі якої лежить онтологічний інжиніринг. Визначаються технологічні риси онтологічного інжинірингу, а саме: семантично-лінгвістичний, концептографічний та системний аналіз усіх інформаційних процесів і ресурсів навчального закладу, включаючи багатокритеріальне оцінювання та підтримку прийняття рішень щодо станів науково-освітньої діяльності учнів, оцінювання якості навчальних програм і навчально-методичних матеріалів, вибір викладачів, моніторинг науково-навчальної діяльності учнів тощо. Представлено узагальнену схему консолідованої взаємодії учня з освітніми ресурсами у форматі STEM в освітньому середовищі.

1.2 STEM-освіта – ефективний інструмент удосконалення освітнього процесу

Завалевський Ю. І., Горбенко С. Л., Дівінська Н. О.

У статті представлено актуальність впровадження STEM-освіти як ефективного інструменту удосконалення освітнього процесу. STEM-освіта є інструментом для реалізації ключових положень Концепції Нової української школи. Посилення ролі STEM-освіти зумовлює підвищення мотивації вчителів до інтегрованого викладання предметів природничо-математичного циклу, інженерії, технологій, інформатики. STEM-навчання сприяє формуванню у здобувачів освіти компетентностей комплексного рішення проблем, що в свою чергу дає можливість розробляти новаторські підходи для економічної,

політичної, соціальної та духовної сфер суспільного життя. У результаті проведеного теоретико-експериментального дослідження емпірично доведено, що саме впровадження STEM-освіти у закладах освіти сприяє формуванню готовності здобувачів освіти до науково-дослідницької діяльності, гармонійного і конкурентоспроможного розвитку особистості, практичного й корисного застосування знань та вмінь при розв'язанні нагальних проблем. Надано рекомендації щодо формування готовності здобувачів закладів загальної середньої освіти до науково-дослідницької діяльності та пропоновано методiku діагностики дослідницької компетентності учнів за двома показниками, які визначають теоретичну і практичну готовність до участі у різноманітних видах наукової роботи.

1.3 Інтегроване навчання STEM: від предметності до трансдисциплінарності

Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С., Постова К. Г.

Світовий педагогічний досвід показує, що реалізація інтегрованого STEM-підходу до навчання в закладах освіти «у чистому вигляді» є доволі складним науково-методичним завданням і потребує розроблення зрозумілих теоретичних підходів та використання апробованих практик для його реалізації. В статті розкрито принцип поетапного сходження від нижчого до вищого рівня STEM-предметної інтеграції, від дисциплінарного рівня до трансдисциплінарного, через мультипредметний та міжпредметний рівні інтеграції. Виявлено ряд проблем, які стосуються впровадження STEM-підходу в освітній процес. Наголошено, що якісна STEM інтеграція навчання неможлива без засвоєння базових дисциплінарних основ в межах окремих предметів. Звернуто увагу на важливість і особливості формування автентичної системи оцінювання при інтегрованому навчанні, яка має, насамперед, стимулюючий характер; розкрито її можливості для практико-орієнтованої діяльності. На основі компаративного аналізу педагогічного досвіду описані способи організації інтегрованого STEM-навчання, подані рекомендації щодо планування освітньої програми STEM. Акцентовано увагу на навичках, пов'язаних з формуванням STEM-компетентностей, зокрема здатності здійснювати дослідницьку, винахідницьку, конструкторську діяльність на основі наукового й інженерного методів. Наведено приклади реалізації покрокового планування навчальних STEM-занять на різних рівнях предметної інтеграції в STEM-лабораторії експериментальних досліджень МАНлаб Національного центру «Мала академія наук України».

1.4 Концептуальні та науково-методичні засади розвитку STEM-освіти

Лозова О. В.

Стаття розкриває концептуальні та науково-методичні засади розвитку STEM-освіти. STEM-освіта є одним із сучасних інноваційних підходів у сфері освіти, її упровадження націлене на підвищення якості освіти, інтеграції системи освіти України до європейського і світового освітнього простору, поширення інновацій у сфері освіти тощо. Розвиток STEM-освіти не можливий без планомірної організації освітнього STEM-середовища у закладах освіти, що

спрямоване на запровадження практико-орієнтованого, міждисциплінарного та проєктного підходів у процесі навчання. Важливою складовою освітнього STEM-середовища є мережа STEM-центрів, STEM-лабораторій (у тому числі віртуальних). Метою діяльності таких центрів є організація науково-орієнтованої діяльності здобувачів освіти з використанням високотехнологічних засобів навчання, інноваційних моделей освіти, формування і розвиток у здобувачів освіти навичок науково-дослідницької, винахідницької, підприємницької діяльності. Великого значення набуває розроблення навчальних програм, методик STEM-освіти для викладання курсів, факультативів, організації роботи гуртків науково-технічних, з робототехніки, інженерії, природничих дисциплін, сучасних наукових напрямів, новітніх технологій з урахуванням кращого національного та міжнародного досвіду.

РОЗДІЛ II. STEM-освіта: науково-прикладні аспекти й досвід упровадження інновацій

2.1 Експериментальна діяльність у вирішенні завдань STEM-освіти

Бойко С. М., Проценко Г. О., Дзюба А. М., Чухлеб А. В.

У статті авторами розкрито актуальність експериментальної діяльності у створенні інноваційного простору в Україні та модернізації змісту освіти. Розкрито взаємозв'язок експериментальної діяльності та інноваційної діяльності в процесі проведення всеукраїнських педагогічних експериментів та проєктів. Висвітлено діагностику стану готовності педагогічних колективів до реалізації проєкту зі створення STEM-центрів. Здійснено комплексне дослідження здобутків реалізації інноваційних освітніх проєктів та експериментів усеукраїнського рівня, які спрямовані на посилену педагогічну діяльність з формування і розвитку STEM-освіти з 2016 по 2023 роки. Узагальнено і систематизовано впливові механізми формування і розвитку STEM-освіти. Визначено, що найбільш ефективними серед них є такі: заохочення молоді до науково-пошукової роботи; мотивація учнів до активної діяльності в гуртках, конкурсах, фестивалях; організація в закладі освіти необхідних організаційних та науково-методичних умов щодо створення і функціонування STEM-кабінетів, STEM-лабораторій, STEM-центрів; налагодження взаємодії з партнерами задля забезпечення належної матеріально-технічної бази для розвитку STEM-освіти; впровадження елементів STEM-орієнтованого навчання у роботі закладів позашкільної освіти; проведення роз'яснювальної роботи з батьками учнів щодо формування і розвитку STEM-освіти; підвищення кваліфікації педагогічних працівників у сфері STEM-освіти тощо.

2.2 Прикладні дослідження як інструмент ефективного розвитку STEM-освіти в Україні

Черноморець В. В., Василенко І. В.

У статті представлені результати систематичних досліджень стану розвитку STEM-освіти в Україні. Зокрема, вивчення думки педагогічної громадськості

щодо визначення сутності STEM-освіти, з'ясування рівня готовності навчальних закладів до інноваційної діяльності, вивчення стану рівного доступу учнівської молоді до вибору та отримання STEM-професій, ефективності освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі, стану розвитку STEM-центрів/лабораторій в Україні тощо. Дослідження здійснювались методом анкетування. Інструментарієм якого є GoogleФорми. Анкети містили різні за типом та змістом запитання, аналіз відповідей на які, дає змогу зробити висновки про стан впровадження STEM-освіти в Україні. Частину питань було сформовано так, щоб існувала можливість порівняти відповіді й таким чином з'ясувати бачення тієї чи іншої проблеми з точки зору кожної категорії респондентів. Завдяки узагальненим результатам досліджень маємо змогу зробити висновки, виробити рекомендації, а іноді й вдосконалити теоретичні підвалини галузі STEM-освіти.

2.3 Практико-орієнтовані особливості STEM-навчання з фізики та технічних дисциплін у закладах вищої освіти

Кузьменко О. С., Савченко І. М., Дем'яненко В. Б., Скїба Д.

У статті авторами проаналізовано практико-орієнтовані особливості STEM-навчання з фізики та технічних дисциплін. Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні практико орієнтованих особливостей STEM-навчання з фізики та технічних дисциплін на основі технологій STEM-освіти, що активізуватиме пізнавально-пошукову діяльність здобувачів вищої освіти та забезпечуватиме доступність до якісної освіти. Проаналізовано дві основні теорії навчання (асоціативну та діяльнісну). З'ясовано, що розвиток та впровадження STEM-освіти, як складової інноваційності впливає на модернізацію методики навчання фізики та технічних дисциплін у закладах вищої освіти технічного профілю. Ця модернізація потребує врахування загальних тенденцій розвитку психолого-педагогічних аспектів вищої освіти у контексті глобалізаційних та євроінтеграційних процесів. Стрімке зростання наукової інформації, фундаменталізації, забезпечує універсальне, системоутворювальне, інваріантне знання засобами STEM-технологій. Запропоновано сформулювати в здобувачів освіти фундаментальне ядро знань і уявлень про дефініції, явища, процеси з фізики на основі трансдисциплінарного підходу відповідно до тем дисциплін професійно-технічного спрямування, що сприяє формуванню в суб'єктів навчання soft skills в закладах вищої освіти технічного профілю. Врахування в статті інноваційних тенденцій є підґрунтям для розроблення та апробації методики навчання фізики та технічних дисциплін в умовах розвитку STEM-освіти. Результати формульованого експерименту засвідчили позитивні зміни у всіх показниках результативності розробленої методики навчання фізики та технічних дисциплін з використанням STEM-технологій та підтвердили основні положення мети та висунутої гіпотези.

2.4. Аналітичний погляд на розвиток STEM навчання в шкільній освіті

Юзбашева Г. С.

Актуальним питанням виступає STEM навчання і компетентнісний підхід як компоненти сучасного освітнього середовища в закладах середньої освіти. Стаття аналізує компетентнісний підхід через формування та розвиток характеристик та якостей особистості. Адаптації STEM – навчання в шкільне життя, впроваджує появи нової методики, яка допомагає в підготовці випускників шкіл до вибору майбутніх професій. Основою STEM – навчання є науково-дослідницька діяльність. Результати дослідження виявляють зміни у учнів до навчання, яке перетворюється в бажання вчитися з задоволенням.

2.5 Особливості підготовки STEM-тренерів для закладів загальної середньої освіти Луганської області

Буряк О. О.

У роботі автором проаналізовано деякі особливості підготовки STEM-тренерів для закладів загальної середньої освіти, враховуючи нахили, уподобання, навички і, навіть, прояви деяких талантів школярів. Висвітлені підходи до ведення роботи STEM-тренерами як з вчителями, так і з учнями, бо без практичної діяльності і демонстрації власних навичок, вмінь, прийомів не можливо передати досвід STEM-технології у навчальному процесі. Проаналізовано та зазначено вплив техніки і технології на життя сучасних школярів та використання природньої творчо-пошукової активності дітей для відкриття нового. Особливий акцент зроблено на застосуванні інформаційних технологій в організації та проведенні STEM-навчанні. Без належних знань та володіння інформаційно-комунікаційними технологіями не можна уявити STEM-тренера, бо комп'ютер в даному ракурсі представляє собою не лише технології (Technology) чи інжиніринг (Engineering) з акроніму STEM, а й інструмент, що дозволяє без перешкод ознайомитися з природничими науками (Science), математикою (Mathematics), а у підсумку додати мистецьку складову (Art). Зазначається, що кожен STEM-тренер повинен доносити основну думку до вчителів: STEM-підхід не універсальною методикою вибудовування талантів, але є підходом до пошуку і розкриття задатків, закладених у кожного в різній мірі. У роботі наведено приклад підготовки STEM-тренерів у Луганському обласному інституті післядипломної педагогічної освіти. Так, лише за 2021 рік середні освітні заклади Луганщини були залучені до ряду Всеукраїнських досліджень зі впровадження STEM-освіти. Навчальні заклади Луганщини отримували обладнання для STEM-лабораторій, куточків дослідників у школах. У області діяв навчальний заклад, який працював над експериментальними дослідженнями з питання STEAM-освіти. На даний момент Луганський обласний інститут післядипломної освіти працює над створенням передумов для професійного вдосконалення педагогічних працівників області та планує після деокупації Луганщини розгорнути роботу з новими силами.

2.6 Формування STEM, STEAM, STREAM-компетентностей школярів з використанням наборів LEGO

Пойда С.А.

Стаття досліджує важливі аспекти впровадження STEM та STEAM, а також роль компанії Lego у розвитку освітньої робототехніки для формуванні ключових навичок учнів різних вікових категорій. Дослідження охоплює системний підхід керівництва Lego щодо використання STEM-технологій у навчанні, починаючи з набору «6 цеглинок» для початкових класів, що продовжується різноманітними робототехнічними наборами із можливостями, які, в залежності від моделі ускладнюються та отримують додаткові можливості. Компанія Lego є одним із провідних гравців у розвитку робототехнічної освіти та створенні засобів для навчання учнів. У статті розглядається історія розвитку робототехнічних засобів компанії Lego, а також досліджуються зміни та підходи до розуміння принципів освітньої робототехніки зі зміною базових наборів. Автором також проведено аналіз прикладів успішної реалізації STEM-технологій навчання через організацію та проведення змагань World Robotic Olympiad та FIRST Lego League. Розглянуті в статті робототехнічні набори демонструють свідоме розуміння керівництва компанії Lego щодо необхідності впровадження STEM-технологій навчання відповідно до вікових особливостей дітей.

2.7. Інтерактивний простір «Музей Науки» в системі STEM-освіти: практико-орієнтований підхід

Савченко Я. В.

У роботі розглянуто ключові аспекти STEM освіти та її поточного стану в Україні в контексті взаємодії з інтерактивними музеями науки та іншими STEM-орієнтованими середовищами Малої академії наук України. Продемонстровано роль інтерактивного музею науки у системі STEM освіти, їх особливості та переваги для розвитку інтересу та залучення до науки серед широкого кола здобувачів освіти. Досліджено досвід створення та структуру як сучасних інтерактивних музейних просторів, так і історичні передумови та шлях розвитку цього напрямку, а також його актуальність в сучасних умовах. Зокрема досліджено питання переваг інтерактивного музейного середовища, у порівнянні з класичними освітніми та науковими заходами, які не тільки виконують актуальні завдання STEM освіти, а і розширюють їх у практичний спосіб. Всесвітня тенденція застосування hands-on підходу у вітчизняній музейній практиці продемонструвала свою значущість у сучасних умовах та перспективу розвитку в Україні. Не менш важливо те, що розраховуючи на підвищення креативності та інноваційності рішень серед здобувачів освіти, STEM сам застосовує їх у своїй практиці наочно демонструючи переваги такого підходу. Адаптація, пристосування до обставин що склалися з метою використати їх на свою користь - усе це одна з важливих характеристик діяльності, особливо у 21 сторіччі, особливо у області науки і технологій. Керуючись таким підходом STEM освіта використовує кліпове мислення та інші обставини як переваги втягуючи здобувачів освіти у захоплюючий світ

пізнання та дослідів тим самим розширюючи їх горизонти, широту мислення і таким чином впливаючи на них комплексно. Бурхливий ріст попиту та інтересу до STEM-орієнтованих просторів яскраво демонструє їх актуальність та перспективи, а його креативні та інноваційні практики розширюють не тільки коло залучених до освітніх процесів учасників, але і саме поняття освіти, її практики та навіть завдання.

2.8 Формування мотивації здобувачів освіти до навчання STEM шляхом використання сучасних ІТ-інструментів в умовах євроінтеграції

Шаповалов Є. Б.

У цьому дослідженні обговорюється, як використовувати технології для мотивації здобувачів освіти у навчанні STEM. Одним із способів є використання фізіологічних інструментів, таких як розумні годинники та розумні ваги, щоб допомогти здобувачам освіти відстежувати своє фізичне здоров'я, частоту серцевих скорочень, режим сну та склад тіла. Цей практичний підхід може допомогти здобувачам освіти розвинути більший інтерес до концепцій STEM і мати більшу мотивацію брати участь у фізичних вправах. Ще один спосіб мотивувати здобувачів освіти – використовувати інструменти ІІІ на основі AR, такі як GoogleLens. Ці інструменти можуть надавати інтерактивну інформацію в режимі реального часу, 3D-моделі та візуалізацію складних концепцій STEM. Це може допомогти здобувачам освіти краще зрозуміти концепції STEM і бути мотивованішими досліджувати їх далі. Проведено обговорення використання інструментів структурування, таких як веб-портал STEMUA.Science. Ці інструменти можуть допомогти здобувачам освіти організувати та отримати доступ до контенту та дослідницьких матеріалів, пов'язаних із STEM. Це може допомогти здобувачам освіти легше знаходити потрібну інформацію та мотивувати вивчати предмети STEM. Використання технологій для створення інтерактивного та захоплюючого досвіду навчання може допомогти мотивувати здобувачів освіти у навчанні STEM. Ці методи можуть допомогти здобувачам освіти розвинути інтерес до концепцій STEM, покращити їхнє розуміння концепцій STEM і бути вмотивованими вивчати предмети STEM.

CHAPTER I. STEM-education: scientific and theoretical aspects and prospects of development in Ukraine

1.1 STEM as a paradigm of transdisciplinary education

Dovgyi S. O., Stryzhak O. Ye.

The article describes a modern approach to the formation of a modern STEM environment of an educational institution. The theoretical, systemic and practical foundations of STEM education are defined. The scientific and pedagogical categories that make up the technological basis of the STEM environment are defined, namely: scientific education, world view, ontology, taxonomy, transdisciplinarity, narrative, discourse; narrative discourse, discursive, educational institution capacity, educational logistics, etc. The article also identifies transdisciplinary features of STEM education, such as ontology, taxonomy, ontology of the choice problem, narrative discourse, and discursive uncertainty. The article describes artificial intelligence tools that can provide educational logistics in the STEM environment for each student, based on the component architecture of cognitive services implemented on the basis of transdisciplinary ontologies. Their classification and features of each service are presented. The method of transdisciplinary consolidation of networked information and educational resources and knowledge systems in the STEM environment is described. Technological tools for the formation of a STEM environment in the format of a cognitive-communicative scenario of interaction with consolidated educational resources are presented. The semantic contours of STEM education are described. The scheme of STEM educational process management based on ontological engineering is presented. The technological features of ontological engineering are defined, namely: semantic and linguistic, conceptual and systematic analysis of all information processes and resources of an educational institution, including multicriteria evaluation and decision support for the status of students' scientific and educational activities, quality assessment of curricula and teaching materials, selection of teachers, monitoring of students' scientific and educational activities, etc. A generalized scheme of consolidated interaction of a student with educational resources in the STEM format in the educational environment is presented.

1.2 STEM-education – an effective tool for improvement and development of the educational process

Zavalevskyi Y. I., Gorbenko S. L., Divinska N. O.

The article presents the relevance of implementing STEM education as an effective tool for improving and developing the educational process. The authors assume that the study of this problem will contribute to the effectiveness of the educational and upbringing tasks of educational institutions. STEM education is a tool for implementing the key provisions of the Concept of the New Ukrainian School. Strengthening the role of STEM education leads to increased motivation of teachers to teach integrated subjects of the natural and mathematical cycle, such as engineering, technology, and computer science. STEM education contributes to the formation of students' competencies in complex problem solving, which in turn makes

it possible to develop innovative approaches for economic and other spheres. As a result of the theoretical and experimental study, it has been empirically proven that the introduction of STEM education in educational institutions contributes to the formation of adolescent students' readiness for research activities, the generation of new ideas and solutions, harmonious and competitive personal development, practical and useful application of knowledge and skills in solving urgent problems. Recommendations are provided on the formation of the readiness of students of general secondary education institutions for scientific research activities and a method of diagnosing the research competence of students according to two indicators that determine theoretical and practical readiness to participate in various types of scientific work is proposed.

1.3 Integrated learning STEM: from subject matter to transdisciplinarity

Polikhun N. I., Slipukhina I. A., Chernetkiy I. S. , Postova K. H.

The world pedagogical experience shows that implementing an integrated STEM approach to education in educational institutions "in its pure form" is a rather complex scientific and methodological task and requires the development of precise theoretical approaches and using proven practices for its implementation. The article reveals the principle of gradual ascent from the lower to the higher level of STEM-subject integration, from the disciplinary level to the transdisciplinary level, through the multidisciplinary and interdisciplinary levels of integration. Several problems related to implementing the STEM approach in the educational process have been identified. It is emphasized that high-quality STEM integration of learning is impossible without mastering the basic disciplinary foundations within individual subjects. The attention is drawn to the importance and peculiarities of forming an authentic assessment system in integrated education, which is primarily stimulating; its possibilities for practice-oriented activities are revealed. Based on a comparative analysis of pedagogical experience, the ways of organizing integrated STEM learning are described, and recommendations for planning a STEM educational program are presented. The attention is focused on the skills related to the formation of STEM competencies, in particular, the ability to carry out research, invention, and design activities based on scientific and engineering methods. The examples of the implementation of step-by-step planning of STEM classes at different levels of subject integration in the STEM laboratory of experimental research MANlab of the National Centre «Junior Academy of Sciences of Ukraine» are presented.

1.4 Conceptual and scientific-methodological foundations development of STEM education

Lozova O. V.

The article reveals the conceptual, scientific and methodological foundations of STEM education development. STEM education is one of the modern innovative approaches in the field of education; its implementation is aimed at improving the quality of education, integrating the Ukrainian education system into the European and world educational space, spreading innovations in the field of education, etc. The development of STEM education is not possible without the systematic organization

of the STEM educational environment in educational institutions, which is aimed at introducing practice-oriented, interdisciplinary, and project-based approaches in the learning process. An important component of the STEM education environment is a network of STEM centers and STEM laboratories (including virtual ones). The purpose of such centers is to organize science-oriented activities of students using high-tech teaching tools, innovative education models, and to form and develop students' skills in research, invention, and entrepreneurship. It becomes important to develop curricula and STEM education methods for teaching courses, electives, organizing scientific and technical, robotics, engineering, natural science, modern scientific areas, and the latest technologies, taking into account the best national and international experience.

CHAPTER II. STEM education: scientific and applied aspects and experience in introducing innovations

2.1 Experimental activity in solution of STEM education tasks

Boiko S. M., Pronsenko G. O., Dziuba A. M., Chukhlieb A. V.

The author reveals the relevance of experimental activity in creating an innovative space in Ukraine and modernizing the content of education. The relationship between experimental activity and innovative activity during all-Ukrainian pedagogical experiments and projects is disclosed. A comprehensive study of the achievements of innovative educational projects and experiments at the all-Ukrainian level from 2016 to 2023 is carried out. They are aimed at enhanced pedagogical activity on the formation and development of STEM education. The influential mechanisms of STEM education formation and development are summarized and systematized. The author determines the most effective mechanisms. Some of them are the following: encouraging of young people to research work; students' motivation to be active in clubs, competitions, festivals; organizing in the educational institutions the necessary organizational, scientific and methodical conditions regarding the creation and functioning of STEM-offices, STEM laboratories, STEM centers. They also include establishing cooperation with partners to ensure the appropriate material and technical base for the development of STEM education; implementation of STEM-oriented learning elements in the work of extracurricular education institutions; carrying out explanatory work with students' parents regarding the formation and development of STEM education; professional development of teaching staff in the field of STEM education, etc.

2.2. Applied research as a tool for effective development of STEM education in Ukraine

Chernomorets V. V., Vasylenko I. V.

The article presents the results of systematic research on the state of development of STEM-education in Ukraine. In particular, the study of the opinion of the pedagogical public regarding the definition of the essence of STEM education, the clarification of the level of readiness of educational institutions for innovative activities, the study of the state of equal access of student youth to the choice and

acquisition of STEM professions, the effectiveness of educational processes in the conditions of the modernization of the educational sector, the state of development of STEM centers/laboratories in Ukraine. The research was carried out by the questionnaire method. The toolkit of which is GoogleForms. The questionnaires contained questions of different types and content, the analysis of the answers to which makes it possible to draw conclusions about the state of implementation of STEM education in Ukraine. Some of the questions were formulated in such a way that there was an opportunity to compare the answers and thus find out the vision of a particular problem from the point of view of each category of respondents. Thanks to the generalized research results, we are able to draw conclusions, make recommendations, and sometimes improve the theoretical foundations of the field of STEM education.

2.3 Practice-oriented features of STEM education in physics and technical disciplines in institutions of higher education

Kuzmenko O. S., Savchenko I. M., Demianenko V. B., Skiba J.

In the article, the authors analyzed the practice-oriented features of STEM education in physics and technical disciplines. The article aims to theoretically substantiate the practically oriented features of STEM education in physics and technical disciplines based on the technologies of STEM education, which will activate the cognitive search activity of higher education seekers and ensure access to quality education. Two main theories of learning (associative and activity) are analyzed. It has been found that the development and implementation of STEM education as a component of innovativeness affects the modernization of the teaching methodology of physics and technical disciplines in higher technical education institutions. This modernization requires taking into account the general trends in the development of psychological and pedagogical aspects of higher education in the context of globalization and European integration processes. The rapid growth of scientific information, and fundamentalization, provides universal, system-forming, invariant knowledge using STEM technologies. It is proposed to form in students of education a fundamental core of knowledge and ideas about definitions, phenomena, and processes in physics based on a transdisciplinary approach by the topics of disciplines of professional and technical direction, which contributes to the formation of soft skills in subjects of training in institutions of higher technical education. The consideration of innovative trends in the article is the basis for the development and approval of the methodology of teaching physics and technical disciplines in the conditions of the development of STEM education. The results of the formative experiment showed positive changes in all performance indicators of the developed methodology for teaching physics and technical disciplines using STEM technologies and confirmed the main provisions of the goal and the proposed hypothesis.

2.4 Analytical view on the development of STEM teaching in school education

Yuzbasheva G. S.

The article analyzes the competence approach as a complex process that includes the formation and development of a number of characteristics and qualities of an

individual. Adaptation of STEM - teaching into school life, introduces the emergence of a new methodology that helps in preparing school graduates to choose future professions. The basis of STEM - teaching is a competency approach including modern technologies of pedagogical science. The results of the study reveal changes in students' attitude to learning, which turns into a desire to learn with pleasure. One of the directions of innovative development of all countries of the world is recognized as a scientific and technical system of teaching natural, mathematical and technological disciplines, which entered the educational space under the name "STEM - teaching". Such training allows one to identify a competent specialist focused on self-realization as a subject of the domestic and international scientific business system. The combination of STEM education with a competency-based approach is based on the determination of the expected results, what abilities and skills students must master, the selection of indicators (criteria) for evaluating results, determining the purpose of evaluation, choosing a specific evaluation strategy, and specific evaluation methods. The author of the article believes that the group educational activity of schoolchildren encourages them to study independently, determining the object of research, building an experiment plan, finding answers to a problematic question, discussing research conclusions, mutually using each other as sources of educational information. This article does not provide a complete and comprehensive answer to the problem of using modern pedagogical technologies with elements of STEM education in the lessons of science, mathematics and technology subjects. It is the basis for the search for effective forms and methods of building the educational process in educational institutions of Ukraine.

2.5 Features of the training of STEM trainers for general secondary education institutions of the Luhansk region

Buriak O. O.

In paper, author analyzed some features of the training of STEM trainers for institutions of general secondary education, taking into account the inclinations, preferences, skills and, even, manifestations of some talents of schoolchildren. Approaches to conducting work by STEM trainers both with teachers and with students are highlighted, because without practical activities and demonstration of one's own skills, abilities, techniques, it is not possible to transfer the experience of STEM technology in the educational process. The influence of technology and equipment on the lives of modern schoolchildren and the use of children's natural creative and searching activity to discover new things are analyzed and indicated. Special emphasis is placed on the application of information technologies in the organization and conduct of STEM education. Without proper knowledge and mastery of information and communication technologies, it is impossible to imagine a STEM trainer, because the computer in this perspective is not only technology or engineering with the acronym STEM, but also a tool that allows you to familiarize yourself with natural sciences (Science), mathematics (Mathematics), and finally add an artistic component (Art). The paper states that every STEM trainer should convey the main idea to teachers: the STEM approach is not a universal method of building talents, but it is an approach to finding and revealing the gifts that are inherent in

everyone to varying degrees. The study provides an example of the training of STEM trainers at the Luhansk Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education. It is stated that only in 2021, educational institutions of the Luhansk region were involved in a number of All-Ukrainian studies on the implementation of STEM education. Educational institutions of the Luhansk region received equipment for STEM laboratories, researchers' corners in schools. There was an educational institution in the region that worked on experimental research on the issue of STEAM education. At the moment, the Luhansk Regional Institute of Postgraduate Education is working on the creation of prerequisites for the professional improvement of pedagogical workers of the region and plans to start work with new forces after the de-occupation of Luhansk region.

2.6 Development of STEM, STEAM, STREAM competences schoolchildren using LEGO sets

Poida S. A.

The article explores important aspects of STEM and STEAM implementation, as well as Lego's role in the development of educational robotics for the formation of key skills for students of various age groups. The study covers Lego management's systematic approach to using STEM technologies in education, starting with the "6 Bricks" set for elementary grades, continuing with a variety of robotic sets with capabilities that, depending on the model, gets more complicated and have additional facilities. The Lego company is one of the leading players in the development of robotics education and the creation of tools for student learning. The article examines the history of the development of robotics tools by the Lego company, and also examines changes and approaches to understanding the principles of educational robotics with a change in the basic sets. The author also analyzed examples of successful implementation of STEM learning technologies through the organization and holding of the World Robotic Olympiad and FIRST Lego League competitions. The robotic sets considered in the article demonstrate a conscious understanding of the management of the Lego company regarding the need to implement STEM learning technologies in accordance with the age characteristics of children.

2.7 Interactive museums of science in the STEM education system: a practice-oriented approach

Savchenko Ya. V.

The work examines key aspects of STEM education and its current state in Ukraine in the context of interaction with interactive science museums and other STEM-oriented environments of the Junior Academy of Sciences of Ukraine. The role of the interactive museum of science in the STEM education system, its features and advantages for the development of interest and involvement in science among a wide range of education seekers are demonstrated. The experience of creating and the structure of both modern interactive museum spaces, the historical prerequisites and the path of development of this direction, and its relevance in modern conditions were studied. In particular, the question of the advantages of an interactive museum environment, compared with classic educational and scientific activities, which not

only fulfil the actual tasks of STEM education but also expand them practically, is investigated. The global trend of using the hands-on approach in national museum practice has demonstrated its significance in modern conditions and the prospect of development in Ukraine. It is no less important that expecting to increase the creativity and innovativeness of solutions among STEM education students, it applies them in his practice, clearly demonstrating the advantages of such an approach. Adaptation and adjustment to existing circumstances to use them to one's advantage - all this is one of the important characteristics of activity, especially in the 21st century, especially in the field of science and technology. Guided by such an approach, STEM education uses clip thinking and other circumstances as advantages drawing students into the exciting world of knowledge and experiments, thereby expanding their horizons and breadth of thinking and thus influencing them comprehensively. The rapid growth of demand and interest in STEM-oriented spaces demonstrates their relevance and prospects, and their creative and innovative practices expand not only the circle of participants involved in educational processes but also the very concept of education, its practices and even tasks.

2.8 Ensuring educational seekers' motivation during providing STEM in education by using modern IT tools in terms of European integration

Shapovalov Ye. B.

This paper discusses how to use technology to motivate students in STEM education. One way is to use physiological tools, such as smartwatches and smart weight scales, to help students track their physical health, heart rate, sleep patterns, and body composition. This hands-on approach can help students develop a greater interest in STEM concepts and be more motivated to participate in physical activities. Another way to motivate students is to use AR-based AI tools, such as Google Lens. These tools can provide interactive and real-time information, 3D models, and visualizations of complex STEM concepts. This can help students better understand STEM concepts and be more motivated to explore them further. Finally, the paper discusses the use of structuring tools, such as the web portal STEMUA. Science. These tools can help students organize and access STEM-related content and research materials. This can help students find the information they need more easily and be more motivated to learn about STEM subjects. The paper argues that using technology to create interactive and immersive learning experiences can help motivate students in STEM education. These methods can help students develop a greater interest in STEM concepts, improve their understanding of STEM concepts, and be more motivated to learn about STEM subjects.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Світ інноваційних можливостей: актуальні питання
розвитку STEM-освіти**

**The world of innovative opportunities: current issues of
STEM education development**

Колективна монографія

За заг. ред. О. Є. Стрижака, Ю. І. Завалевського

Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»

Національний центр «Мала академія наук України»

