

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені А. С. МАКАРЕНКА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені А. С. МАКАРЕНКА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**УДК 373.5.01/.09:[62+004.94+001]](73)(043.3)**

**БОЙЧЕНКО ВІТАЛІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ**

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ STEM-ОСВІТИ У  
СТАРШІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ США**

01 Освіта

011 Освітні, педагогічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ В. В. Бойченко

Науковий керівник – Сбруєва Аліна Анатоліївна, доктор педагогічних наук, професор

Суми – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Бойченко Віталій.* Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 011 Освітні, педагогічні науки. – Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка. Суми, 2021.

### Зміст анотації

Дисертація є комплексним дослідженням, у межах якого з'ясовано теоретичні, нормативні, змістово-процесуальні та професійно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США.

У межах характеристики стану розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняних науково-педагогічних дослідженнях з'ясовано, що розвиток STEM-освіти в закладах освіти різних рівнів є предметом наукового інтересу широкого кола вітчизняних учених. Установлено, що проблема STEM-освіти у старшій середній школі США не знайшла достатнього цілісного висвітлення. Результатом структурно-логічного аналізу вітчизняних наукових розвідок із досліджуваної проблеми стало виділення теоретико-методологічного, порівняльно-педагогічного, організаційного, методичного та професійно-педагогічного аспектів її розгляду.

Виявлено, що провідними напрямками досліджень стали: теоретичне обґрунтування вихідних положень STEM-освіти; формування освітньої політики й нормативно-правове забезпечення STEM-освіти; генеза та тенденції розвитку STEM-освіти в Україні та світі; інноваційні компетентності в галузі STEM; форми, методи та інноваційні технології навчання STEM-дисциплін (як у межах інтегрованого курсу, так і окремих дисциплін STEM спрямування); розвиток мережі закладів STEM-освіти; проблеми створення STEM-центрів та STEM-лабораторій; професійна підготовка та професійний

розвиток педагогічних кадрів, що надають освітні послуги в галузі STEM-освіти.

За допомогою методу термінологічного аналізу з'ясовано сутність ключових понять дослідження: «STEM», «STEM-освіта», а також низки інших понять, що вживаються як синоніми STEM і розкривають композиційний склад досліджуваного феномену.

Визначено передумови розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США, зокрема: заснування перших спеціалізованих закладів природничо-математичного напрямку (старших середніх шкіл Stuyvesant High School (1904 р.) та Bronx High School of Science (1938 р.)), створення професійних організацій відповідного напрямку (насамперед, Національного наукового фонду, Американського астронавтичного товариства, Американського астрономічного товариства, Американського математичного товариства, Американського товариства інженерної освіти, Американської асоціації статистики та багатьох інших), актуалізація наукових досліджень тощо.

Виокремлено етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США: I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти; II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти; III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти; (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти.

Окреслено нормативні засади STEM-освіти у старшій середній школі США, зокрема: Закони «Про координацію дій у галузі STEM-освіти», «Про STEM-освіту», «Кожен учень досягає успіху» (нова редакція Закону «Про початкову та середню освіту»), «Про заохочення наступного покоління жінок – піонерів у космічній галузі, новаторів, дослідників та винахідників», «Про сільську STEM-освіту», освітню ініціативу «Виховуй для інновацій», Стратегічний план «Курс на успіх: американська стратегія STEM-освіти» тощо.

У межах з'ясування змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США висвітлено особливості організації STEM-освіти

в старших середніх школах різних типів, а саме: селективних школах, що залучають на навчання учнів, обдарованих у галузі STEM; інклюзивних школах, що надають освітні послуги учням усіх верств населення, насамперед недостатньо репрезентованим категоріям учнівської молоді; STEM-орієнтовані школи професійно-технічної освіти.

Схарактеризовано форми педагогічної підтримки учнів, які обрали STEM-дисципліни як майбутню професію, а саме: диференціація змісту STEM-освіти, поглиблене вивчення STEM-дисциплін, профорієнтаційна робота, що передбачає ознайомлення старшокласників зі STEM-професіями в умовах реального робочого місця, менторство та он-лайн менторство тощо.

Визначено специфіку професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США й схарактеризовано відповідні програми на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях вищої освіти.

Показано, що для здобуття ступеня бакалавра зі STEM-освіти розроблено спеціальну програму UTeach, запроваджену в 46 американських університетах, що являє собою унікальну освітньо-професійну програму підготовки STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл, у межах якої здобувачі освіти одночасно отримують ступінь бакалавра з інтегрованої галузі STEM та сертифікат учителя середньої школи.

З'ясовано, що підготовка магістрів зі STEM-освіти здійснюється трьома американськими закладами вищої освіти: Університетом Тафтса (програми «Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» та «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти»), Державним університетом штату Монтана («Магістр наук із природничо-наукової освіти») та Коледжем Альберта Магнуса («Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності»).

Виявлено сучасний стан STEM-освіти в Україні, зокрема: особливості становлення та напрями розвитку STEM-освіти; нормативно-правове забезпечення STEM-освіти; діяльність Малої академії наук України щодо

реалізації STEM-освіти; діяльність Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру та досвід створення регіональних STEM-центрів і лабораторій; особливості імплементації STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

На основі здійснення порівняльної характеристики особливостей реалізації STEM-освіти в Україні та США визначено можливості використання прогресивного американського досвіду STEM-освіти у вітчизняному шкільництві на державному, місцевому й інституційному рівнях у нормативно-правовому, організаційному, змістовому, методичному та професійно-педагогічному аспектах.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в тому, що вперше у вітчизняній педагогічній науці здійснено комплексне дослідження теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США, а саме: у межах характеристики стану розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняних порівняльно-педагогічних дослідженнях виокремлено аспекти її розгляду (теоретико-методологічний, порівняльно-педагогічний, організаційний, методичний, професійно-педагогічний); розкрито концептуальні засади STEM-освіти (простежено еволюцію поняття STEM за допомогою низки концептуальних підходів до організації STEM-освіти: ізольованого (незалежного); дуєтного; інтеграції однієї складової в три; об'єднання всіх чотирьох складових STEM; інтеграції мистецтва в STEM); виокремлено передумови (заснування перших спеціалізованих закладів природничо-математичного напрямку, створення професійних організацій відповідного напрямку, актуалізація наукових досліджень тощо) й етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США (I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти; II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти; III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти; (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти); окреслено нормативні (закони, підзаконні акти, освітні стратегії) та змістово-процесуальні (особливості

організації STEM-освіти в старших середніх школах різних типів; форми педагогічної підтримки учнів, які обрали STEM-дисципліни як майбутню професію) засади STEM-освіти у старшій середній школі США; визначено специфіку професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США й схарактеризовано відповідні програми на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях вищої освіти; з'ясовано сучасний стан STEM-освіти в Україні й визначено можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві на державному, місцевому й інституційному рівнях у нормативно-правовому, організаційному, змістовому, методичному та професійно-педагогічному аспектах.

Конкретизовано поняттєво-термінологічний інструментарій дослідження STEM-освіти: «STEM», «STEM-освіта», «STEM-школа», «STEM-учитель», «STEM-дисципліни», «STEM-центр».

Подальшого розвитку набули: характеристика й систематизація наукових праць вітчизняних учених із проблем розвитку STEM-освіти в Україні та світі; характеристика й систематизація наукового доробку зарубіжних дослідників щодо розвитку STEM-освіти в глобальному освітньому просторі.

До наукового обігу введено маловідомі й раніше невідомі англomовні джерела та факти, що стосуються особливостей розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в тому, що схарактеризовані автором теоретичні, нормативні, змістово-процесуальні та професійно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США можуть бути використані у процесі формування освітньої політики в галузі STEM, розроблення відповідних стандартів та методичного забезпечення означеного процесу, викладання лекційних, семінарських і практичних занять для студентів, магістрантів та аспірантів педагогічних закладів вищої освіти. Матеріали дослідження, а також джерельна база будуть

корисними в подальших наукових пошуках у відповідних галузях наукового знання, освітньому процесі закладів вищої, загальної середньої та позашкільної освіти.

*Ключові слова:* STEM-освіта, STEM-школа, старша середня школа, STEM-учитель, США.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### Наукові праці,

у яких опубліковані основні наукові результати дисертації

### *Статті у наукових фахових виданнях України*

1. Boichenko, M., **Boichenko, V.** (2019). STEM-education in the USA and Ukraine: comparative analysis. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 5 (89), 3-13. DOI 10.24139/2312-5993/2019.05/003-013.

2. Boichenko, M. A., Sbruieva, A. A., **Boichenko, V. V.** (2019). Preparation of STEM teachers in the USA and Ukraine: comparative study of teachers training programs. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, 3 (98), 60-68. DOI 10.35433/pedagogy.3(98).2019.60-68.

3. Boichenko, V. (2020a). Genesis and current state of STEM education development: U.S. experience. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 8 (102), 410-418. DOI 10.24139/2312-5993/2020.08/410-418.

4. Boichenko, V. (2020b). Content-procedural foundations of STEM education in the USA. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 9 (103), 433-444. DOI 10.24139/2312-5993/2020.09/433-444.

### *Публікації у наукових фахових виданнях іноземних держав*

5. **Boichenko, V.**, Boichenko, M., Sbruieva, A. (2021). Theoretical model of gifted services provision in Ukrainian out-of-school STEM education institutions. In O. Tryfonova & S. Śliwa (Eds.), *Educational Processes Management: Development in Reform Context*, (pp. 8-17). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, ISBN 978-83-66567-25-2.

<https://www.wszia.opole.pl/strona-glowna/jestem-studentem/biblioteka/ebooki-dla-studentow/>

6. Boichenko, V. (2021). Current trends in STEM education development in Ukraine. *Innovative solutions in modern science*, Vol. 2, № 46, 87-97. DOI: [https://doi.org/10.26886/2414-634X.2\(46\)2021.7](https://doi.org/10.26886/2414-634X.2(46)2021.7)  
<https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/2393>.

### **Наукові праці,**

#### **які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

7. Бойченко, В. В. (2019а). Інновації в магістерській підготовці STEM-учителів: досвід США. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 р., м. Одеса*, (сс. 43-45). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

8. Бойченко, В. В. (2020а). Особливості організації навчання в STEM-центрах: досвід США. *Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції (Київ, 27 жовтня 2020 р.)*, (сс. 79-81).

Київ: Інститут обдарованої дитини.

[http://novyny.ostriv.in.ua/special/get\\_file/code-81FF022C1810F](http://novyny.ostriv.in.ua/special/get_file/code-81FF022C1810F).

9. Бойченко, В. В. (2019б). Підходи до викладання STEM-дисциплін у старшій середній школі США. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (29-30 жовтня 2019 р., м. Суми), Т. 1*, (сс. 56-58). Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка.

10. Бойченко, В. В. (2020б). Поняття STEM-грамотності в науковому дискурсі США. *Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, (22-23 жовтня 2020 р., Мукачєво)*, (сс. 59-60). Мукачєво: Вид-во МДУ.

11. Бойченко, В. (2020в). Професійна підготовка STEM-учителів: досвід США. *Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 28 трав. 2020 р.*, (сс. 327-328). Київ; Біла Церква: Авторитет. DOI: <https://doi.org/10.32405/978-966-97763-9-6-2020>. Режим доступу: [http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative\\_2020\\_web\\_F.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative_2020_web_F.pdf).

12. Бойченко, В. В. (2020г). Розвиток інженерної складової STEM-освіти: сучасні тенденції. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (12–13 листопада 2020 року, м. Суми)*, (сс. 54-56). Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка.

13. Бойченко, М. А., **Бойченко, В. В.** (2019). Розвиток технічної обдарованості школярів в умовах STEM-освіти у США. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 43-46). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

14. Boichenko, V. V. (2020d). Modern trends in STEM education development in Ukraine: analysis of regulatory documents. *Labyrinths of Reality: Collection of scientific works, Issue 4 (9)*, 24-25. Montreal: CPM «ASF». <http://virtus.conference-ukraine.com.ua/conf53.pdf>.

15. **Boichenko, V.**, Sbruieva, A. (2020). Teaching STEM in Ukrainian schools: priorities and challenges. *Economic and Social-Focused Issues of Modern World: Conference Proceedings of the 3rd International Scientific Conference (November 17 – 18, 2020, Bratislava, Slovak Republic)*. The School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava, (pp. 172-175). [http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings\\_%20VSEMy\\_s\\_November\\_2020.pdf](http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings_%20VSEMy_s_November_2020.pdf).

## ABSTRACT

*Boichenko Vitalii.* Organizational and pedagogical foundations of STEM education in high school of the USA. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for Doctor of Philosophy degree in specialty 011 Educational, Pedagogical Sciences. – Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. Sumy, 2021.

### **The contents of the abstract**

The thesis is a comprehensive study, which clarifies the theoretical, normative, content-procedural and professional-pedagogical foundations of STEM education in high school of the USA.

Within the characteristics of the state of elaboration of the problem of STEM education in domestic scientific and pedagogical research, it is found that STEM education development in education institutions of different levels is the subject of scientific interest of a wide range of Ukrainian scientists. It is revealed that the problem of STEM education in high school of the United States has not found sufficient comprehensive coverage. The result of structural and logical analysis of domestic scientific research on the studied problem was outlining of theoretical-methodological, comparative-pedagogical, organizational, methodological and professional-pedagogical aspects of its consideration.

It is found out that the leading directions of research were: theoretical substantiation of the initial provisions of STEM education; formation of educational policy and normative-legal provision of STEM education; genesis and trends in the development of STEM education in Ukraine and the world; innovative competences in the field of STEM; forms, methods and innovative technologies of teaching STEM disciplines (both within the integrated course and individual disciplines of STEM direction); development of a network of STEM education institutions; problems of creating STEM-centers and STEM-laboratories; professional training

and professional development of pedagogical staff providing educational services in the field of STEM education.

The method of terminological analysis was used to clarify the essence of the key concepts of the study: “STEM”, “STEM education”, as well as other terms that are used as STEM synonyms and reveal the structure and composition of the studied phenomenon.

Prerequisites for the development of STEM education in high school of the United States, in particular: establishment of the first specialized institutions of science and mathematics (Stuyvesant High School (1904) and Bronx High School of Science (1938)); creation of professional organizations (primarily, National Science Foundation, American Astronautical Society, American Astronomical Society, American Mathematical Society, American Society for Engineering Education, American Statistics Association, and many others), actualization of research, and so on.

The stages of STEM education development in high school of the USA are allocated: I stage (1958-1988) – legitimization of STEM education; II stage (1989-2000) – standardization of STEM education; III stage (2001-2010) – conceptualization of STEM education; (2011 – present) – systemic implementation of STEM education.

The normative foundations of STEM education in high school of the USA are outlined, in particular: Laws “STEM Education Coordination Act”, “STEM Education Act”, “Every Student Succeeds Act” (updated version of the Elementary and Secondary Education Act), “Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act”, “Rural STEM Education Act”, “Educate to Innovate”, “Charting a Course for Success: America’s Strategy for STEM Education”, etc.

In the frames of clarification of the content-procedural foundations of STEM education in high school of the United States the features of STEM education in high schools of different types are highlighted. These types include selective schools that involve gifted students in the field of STEM; inclusive schools that provide

educational services to all students, primarily underrepresented categories of student youth; STEM-focused career and technical education schools.

Forms of pedagogical support for students who have chosen STEM-disciplines as a future profession are characterized, namely: differentiation of STEM-education content, in-depth study of STEM-disciplines, career guidance work, which involves acquainting high school students with STEM careers in a real workplace, mentoring and e-mentoring, etc.

The specifics of professional-pedagogical training of STEM-teachers for secondary schools in the USA are determined and the corresponding programs at the first (bachelor's) and second (master's) levels of higher education are characterized.

It is shown that for obtaining a bachelor's degree in STEM education, a special program UTeach has been developed, implemented in 46 American universities, which is a unique educational and professional training program for STEM teachers for secondary schools, within which students receive a bachelor's degree in integrated STEM field and a teacher certificate.

It is found that master's training in STEM education is carried out by three American institutions of higher education: Tufts University (Master of Arts in Elementary STEM Education and Master of Science in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) Education)), Montana State University (Master of Science in Science Education) and Albertus Magnus College (Master of Science in Education in STEM or Literacy).

The current state of STEM education in Ukraine is revealed, in particular: features of formation and directions of STEM-education development; regulatory support of STEM education; activities of the Minor Academy of Sciences of Ukraine on the implementation of STEM education; activity of the All-Ukrainian scientific-methodological virtual STEM-center and experience of regional STEM-centers and laboratories; features of STEM education implementation in general secondary and out-of-school education institutions.

Based on the comparative characteristics of STEM-education in Ukraine and the USA, the possibilities of using the progressive American experience of STEM-

education in domestic schooling at the state, local and institutional levels in normative-legal, organizational, content, methodological and professional-pedagogical aspects are determined.

The scientific novelty of the research results lies in the fact that for the first time in the domestic pedagogical science a comprehensive study of theoretical, normative, content-procedural and professional-pedagogical foundations of STEM education in high school of the USA was conducted. Within the characteristics of STEM education as a pedagogical phenomenon, the aspects of its consideration in domestic scientific-pedagogical research (theoretical-methodological, comparative-pedagogical, organizational, methodological, professional-pedagogical) are singled out. The conceptual foundations of STEM education are revealed (the evolution of the concept of STEM is traced with the help of a number of conceptual approaches to the organization of STEM-education: isolated (independent); duet; integration of one component into three; combining all four components of STEM; integration of art in STEM); the preconditions (establishment of the first specialized institutions in the field of Science and Mathematics, creation of professional organizations of the corresponding direction, actualization of scientific research, etc.) and stages of STEM education development in the high school of the USA (I stage (1958–1988) – legitimization of STEM education; II stage (1989–2000) – standardization of STEM education; III stage (2001–2010) – conceptualization of STEM education; IV stage (2011 – present) – system implementation of STEM education) are singled out. The normative (laws, bylaws, educational strategies) and content-procedural (features of the organization of STEM education in high schools of different types; forms of pedagogical support of students who have chosen STEM disciplines as a future profession) foundations of STEM education in the high school of the USA are outlined; the specifics of professional-pedagogical training of STEM teachers for secondary schools of the USA are defined and the corresponding programs at the first (bachelor's) and second (master's) levels of higher education are characterized. The current state of STEM education in Ukraine is clarified and the possibilities of using the progressive experience of U.S. STEM education in domestic schooling at

the state, local and institutional levels in the legal, organizational, content, methodological and professional-pedagogical aspects are identified.

Conceptual and terminological tools of STEM-education research are concretized: “STEM”, “STEM education”, “STEM school”, “STEM teacher”, “STEM disciplines”, “STEM center”.

The characterization and systematization of scientific works of domestic scientists on the problems of STEM education development in Ukraine and the world; on scientific achievements of foreign researchers on the development of STEM education in the global educational space were further conducted.

Little-known and previously unknown English-language sources and facts concerning the peculiarities of STEM education development in high school of the United States have been introduced into scientific circulation.

The practical significance of the results of the study lies in the fact that the author’s theoretical, normative, content and professional-pedagogical foundations of STEM education in high school of the United States can be used in the formation of educational policy in the field of STEM, development of appropriate standards and methodological support for the specified process, teaching lectures, seminars and practical classes for students, undergraduates and graduate students of pedagogical institutions of higher education. Research materials, as well as the source base will be useful in further research in relevant fields of scientific knowledge, the educational process of higher, general secondary and out-of-school education institutions.

*Key words:* STEM education, STEM school, high school, STEM teacher, USA.

## LIST OF AUTHOR'S PUBLICATIONS

### Research works,

#### in which the main scientific results of the thesis are published

##### *Articles in professional scientific journals of Ukraine*

1. Boichenko, M., **Boichenko, V.** (2019). STEM-education in the USA and Ukraine: comparative analysis. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 5 (89), 3-13. DOI 10.24139/2312-5993/2019.05/003-013.
2. Boichenko, M. A., Sbruieva, A. A., **Boichenko, V. V.** (2019). Preparation of STEM teachers in the USA and Ukraine: comparative study of teachers training programs. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, 3 (98), 60-68. DOI 10.35433/pedagogy.3(98).2019.60-68.
3. Boichenko, V. (2020a). Content-procedural foundations of STEM education in the USA. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 9 (103), 433-444. DOI 10.24139/2312-5993/2020.09/433-444.
4. Boichenko, V. (2020b). Genesis and current state of STEM education development: U.S. experience. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 8 (102), 410-418. DOI 10.24139/2312-5993/2020.08/410-418.

##### *Publications in the professional scientific editions of the foreign countries*

5. **Boichenko, V.**, Boichenko, M., Sbruieva, A. (2021). Theoretical model of gifted services provision in Ukrainian out-of-school STEM education institutions. In O. Tryfonova & S. Śliwa (Eds.), *Educational Processes Management: Development in Reform Context*, (pp. 8-17). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, ISBN 978-83-66567-25-2. <https://www.wszia.opole.pl/strona-glowna/jestem-studentem/biblioteka/ebooki-dla-studentow/>.
6. Boichenko, V. (2021). Current trends in STEM education development in Ukraine. *Innovative solutions in modern science, Vol. 2, № 46*, 87-97. DOI: [https://doi.org/10.26886/2414-634X.2\(46\)2021.7](https://doi.org/10.26886/2414-634X.2(46)2021.7)  
<https://naukajournal.org/index.php/ISMMSD/article/view/2393>.

**Research works,  
which certify the approbation of the materials of the thesis**

7. Бойченко, В. В. (2019а). Інновації в магістерській підготовці STEM-учителів: досвід США. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 р., м. Одеса*, (сс. 43-45). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

8. Бойченко, В. В. (2020а). Особливості організації навчання в STEM-центрах: досвід США. *Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції (Київ, 27 жовтня 2020 р.)*, (сс. 79-81). Київ: Інститут обдарованої дитини.  
[http://novyny.ostriv.in.ua/special/get\\_file/code-81FF022C1810F](http://novyny.ostriv.in.ua/special/get_file/code-81FF022C1810F).

9. Бойченко, В. В. (2019б). Підходи до викладання STEM-дисциплін у старшій середній школі США. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (29-30 жовтня 2019 р., м. Суми), Т. 1*, (сс. 56-58). Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка.

10. Бойченко, В. В. (2020б). Поняття STEM-грамотності в науковому дискурсі США. *Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, (22-23 жовтня 2020 р., Мукачєво)*, (сс. 59-60). Мукачєво: Вид-во МДУ.

11. Бойченко, В. (2020в). Професійна підготовка STEM-учителів: досвід США. *Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 28 трав. 2020 р.*, (сс. 327-328). Київ; Біла Церква: Авторитет. DOI: <https://doi.org/10.32405/978-966-97763-9-6-2020>. Режим доступу: [http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative\\_2020\\_web\\_F.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative_2020_web_F.pdf).

12. Бойченко, В. В. (2020г). Розвиток інженерної складової STEM-освіти: сучасні тенденції. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (12–13 листопада 2020 року, м. Суми)*, (сс. 54-56). Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка.

13. Бойченко, М. А., **Бойченко, В. В.** (2019). Розвиток технічної обдарованості школярів в умовах STEM-освіти у США. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 43-46). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

14. Boichenko, V. V. (2020d). Modern trends in STEM education development in Ukraine: analysis of regulatory documents. *Labyrinths of Reality: Collection of scientific works, Issue 4 (9)*, 24-25. Montreal: CPM «ASF». <http://virtus.conference-ukraine.com.ua/conf53.pdf>.

15. **Boichenko, V.**, Sbruieva, A. (2020). Teaching STEM in Ukrainian schools: priorities and challenges. *Economic and Social-Focused Issues of Modern World: Conference Proceedings of the 3rd International Scientific Conference (November 17 – 18, 2020, Bratislava, Slovak Republic). The School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava*, (pp. 172-175). [http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings\\_%20VSEMvs\\_November\\_2020.pdf](http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings_%20VSEMvs_November_2020.pdf).

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>19</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>20</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEM-ОСВІТИ У СТАРШІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ США .....</b>	<b>30</b>
1.1. STEM-освіта як предмет науково-педагогічних досліджень .....	30
1.2. Концептуальні засади STEM-освіти.....	52
1.3. Генеза STEM-освіти у старшій середній школі США.....	72
Висновки до розділу 1.....	92
<b>РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ STEM-ОСВІТИ У СТАРШІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ США.....</b>	<b>95</b>
2.1. Нормативні засади STEM-освіти у старшій середній школі США..	95
2.2. Змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США.....	116
2.3. Професійно-педагогічна підготовка STEM-учителів старшої середньої школи США.....	136
Висновки до розділу 2.....	161
<b>РОЗДІЛ 3. ІННОВАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ США В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ.....</b>	<b>165</b>
3.1. Сучасний стан STEM-освіти в Україні.....	165
3.2. Можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві.....	179
Висновки до розділу 3.....	186
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>190</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>194</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>220</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

МАН – Мала академія наук

NASA (National Aeronautics and Space Administration) – Національна адміністрація з аеронавтики та космосу

NSF (National Science Foundation) – Національний науковий фонд

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – природничі науки, технології, інженерія, математика

USEA (UTeach STEM Educators Association) – Асоціація STEM-освітян  
UTeach

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Економічне зростання й добробут України значною мірою залежать від розвитку науково-технічної та інноваційної сфери. Разом із тим, стрімкий розвиток високих технологій зумовлює необхідність у підготовці фахівців нової генерації, здатних до їх ефективного використання. Нині в Україні, як і в усьому світі, зростає попит на висококваліфікованих ІТ-фахівців, програмістів, інженерів, фахівців біо- та нанотехнологій, які обслуговують високотехнологічні виробництва на стику з природничими науками та креативними індустріями. При цьому здобуття сучасних професій потребує всебічної підготовки з різних освітніх галузей природничо-математичних наук, інженерії, технологій і програмування.

Проте критичним фактором інноваційного виробництва країни є, з одного боку, постійно зростаючий дефіцит професіоналів, здатних до комплексної науково-інженерної діяльності, а з іншого – падіння цікавості учнів до дисциплін природничо-математичного циклу, науковий потенціал яких покладено в основу створення та розвитку сучасних технологій різного рівня й спрямування. У результаті виявився розрив між фактичними вимогами ринку праці та знаннями й уміннями, наданими фахівцям системою освіти.

З метою подолання зазначеного протиріччя в багатьох розвинених країнах світу запроваджується STEM-освіта, спрямована на формування інноваційних компетентностей їх громадян задля підвищення інноваційності й конкурентоспроможності держави. Необхідність імплементації STEM-освіти в Україні задекларована в низці державних документів, а саме: «Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» (2020), Наказах МОН України «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» (2016), «Про внесення змін до складу робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» (2017), «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського

науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)» на 2017-2021 роки» (2017), «Про реалізацію інноваційного освітнього проекту всеукраїнського рівня за темою «Я-дослідник» на 2018-2021 роки» (2018), Плані заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки та інших.

У процесі розвитку STEM-освіти в Україні важливим є вивчення, осмислення й творче використання прогресивних здобутків країн, які вже мають певні результати в означеній сфері. У цьому контексті доцільним бачиться звернення до досвіду США, як країни, що займає стійкі лідируючі позиції в підготовці конкурентоспроможних STEM-фахівців.

Доцільність з'ясування теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США пов'язана з необхідністю розв'язання низки суперечностей у розвитку вітчизняної системи загальної середньої освіти, зокрема між:

- запитом сучасного суспільства щодо підготовки висококваліфікованих STEM-фахівців, здатних продукувати й ефективно застосовувати наукомісткі технології та недосконалістю наукового підґрунтя для розвитку STEM освіти;
- підвищенням уваги до запровадження STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти й недостатньою розробленістю її нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад;
- необхідністю імплементації інноваційних концептуальних ідей американського досвіду в контексті розвитку STEM-освіти й відсутністю фундаментальних вітчизняних порівняльно-педагогічних досліджень в означеній сфері, що дозволять удосконалити освітній процес закладів загальної середньої освіти в Україні.

Наукова проблема, що стала предметом розгляду, передбачає багатоаспектний характер аналізу стану її розробленості. У сучасних умовах українська педагогічна компаративістика постійно поповнюється численними

американістичними розвідками, що охоплюють широке коло проблем розвитку освітньої системи США на різних рівнях її функціонування. У межах нашого дослідження на особливу увагу заслуговують наукові праці, присвячені різним аспектам розвитку загальної середньої освіти досліджуваної країни (Г. Авчіннікова, І. Бабенко, Є. Барилко, О. Бевз, Я. Бельмаз, А. Біда (Чичук), І. Білецька, М. Бойченко, І. Вєтрова, О. Заболотна, О. Лещинський, Т. Ліхневська, О. Плахотнюк, А. Сбруєва, П. Тадєєв, Н. Теличко, А. Чернякова, С. Шумаєхва, М. Шутова та ін.). Разом із тим зауважимо, що більшість із означених праць лише побічно торкаються проблеми STEM-освіти досліджуваної країни.

STEM-освіта як педагогічний феномен стали предметом наукових пошуків таких вітчизняних дослідників, як В. Андрієвська, С. Бабійчук, І. Василяшко, О. Гончарова, С. Горбенко, С. Дембіцька, О. Коршунова, О. Кузьменко, О. Лозова, Н. Морзе, О. Патрикєєва, Н. Поліхун, І. Сліпухіна, І. Чернецький та інші.

Серед зарубіжних дослідників проблемам STEM-освіти присвятили свої наукові дослідження Дж. Браун, Д. Балка, Дж. Беккі, К. Бенкс, Б. Бернштейн, Дж. Вальтер, С. Ву, К. Гайотте, В. Даггер, А. Доусон, Г. ДеКойто, Л. Інгліш, Р. Капрейро, Т. Келлі, Т. Кеннеді, Д. Кінг, А. Кім, Дж. Колоднер, С. Корлу, Дж. Крістенсон, Дж. Купершмідт, П. Ларсон, Є. Лі, Дж. Ноулз, М. Оделл, М. Рау, Г. Сінатра, В. Сейраніан, Н. Сочака, П. Хернандез, Дж. Холінен, Е. Чут, П. Шульц та інші.

Проте комплексні дослідження організаційно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США у вітчизняній педагогічній науці на сьогодні відсутні. З огляду на актуальність проблеми STEM-освіти для сучасної школи, її недостатню розробленість серед вітчизняних науковців було обрано темою дисертаційної роботи: **«Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США»**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є складовою частиною комплексного дослідження

кафедри педагогіки Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка «Інноваційні підходи до управління якістю освіти» (реєстраційний номер 0113U004660).

Тему дисертації затверджено вченою радою Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (протокол № 3 від 28.10.2019 р.).

**Метою роботи** є з'ясування теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США для визначення можливостей використання прогресивного американського досвіду у вітчизняному шкільництві.

Реалізація мети передбачала виконання низки **завдань**:

1) схарактеризувати стан розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняних науково-педагогічних дослідженнях;

2) розкрити концептуальні засади й генезу STEM-освіти у старшій середній школі США;

3) окреслити нормативні та змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США;

4) схарактеризувати особливості професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США;

5) з'ясувати сучасний стан STEM-освіти в Україні та визначити можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві.

**Об'єкт дослідження** – освітній процес у старшій середній школі США.

**Предмет дослідження** – теоретичні, нормативні, змістово-процесуальні та професійно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США.

**Хронологічні межі дослідження** охоплюють період 90-х рр. XX ст. – 20-ті рр. XXI ст. *Нижня хронологічна межа* визначається розробленням та запровадженням національних стандартів змісту природничо-наукової та математичної освіти. *Верхню хронологічну межу* – 20-ті рр. XXI ст. –

обґрунтовано завершенням чергового політичного циклу, пов'язаного зі зміною влади в країні, що уможливило оцінку результатів низки освітніх ініціатив у галузі STEM-освіти. У контексті висвітлення генези STEM-освіти у старшій середній школі США вирішення досліджуваної проблеми здійснювалося в ширших хронологічних межах.

**Методологічною основою дослідження** є загальні засади теорії наукового пізнання, діалектичні принципи взаємозв'язку і взаємозумовленості явищ науковості, об'єктивності й системності, єдності теорії та практики. В основу конкретної методології дослідження покладено такі підходи: системний, що був застосований для окреслення STEM-освіти як складної багатофункціональної системи взаємопов'язаних елементів; компаративний – для виявлення спільних рис та відмінностей у розвитку STEM-освіти в США та Україні в діахронному та синхронному аспектах; історичний, що дав змогу окреслити генезу досліджуваного феномену.

**Методи дослідження:** загальнонаукові – аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, систематизація – для опрацювання наукової літератури з проблем STEM-освіти із розподілом масиву інформації за напрямками наукових розвідок; конкретно наукові: системний аналіз, що уможливив установлення взаємозв'язків між елементами STEM-освіти у США як цілісного феномену; термінологічний аналіз – дозволив установити сутнісні ознаки ключових понять дослідження; історико-генетичний і ретроспективний аналіз, що дав змогу розкрити генезу STEM-освіти у старшій середній школі США; метод екстраполяції – за допомогою якого були визначені можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві; емпіричні – бесіди та Е-листування з фахівцями в досліджуваній сфері.

**Джерельну базу дослідження становлять:**

- законодавчі акти США, що стосуються організації STEM-освіти у старшій середній школі (закони, підзаконні акти, концепції, стратегії тощо);
- наукові розвідки (дисертації, монографії, статті) вітчизняних і зарубіжних науковців щодо широкого кола аспектів досліджуваної проблеми;

- міжнародні та національні глосарії термінів, що характеризують сутність STEM-освіти як педагогічного феномену;

- матеріали міжнародних та національних електронних бібліотек, бібліографічних і реферативних баз даних (ERIC, Google Scholar, Research Gate, Scribd, SCOPUS та Web of Science, Електронний каталог Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського тощо);

- сайти закладів загальної середньої освіти (старшої середньої ланки), блоги видатних американських теоретиків STEM-освіти, навчально-методичні матеріали з упровадження STEM-освіти;

- матеріали вітчизняних і зарубіжних науково-педагогічних періодичних видань («Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка», «Науковий вісник Ужгородського університету», «Наукові записки Малої академії наук України», «Освіта та розвиток обдарованої особистості», «Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології», «Педагогічний часопис Волині», «Рідна школа», «CBE Life Sciences Education», «Education and Science», «Educational Horizons», «Educational Researcher», «Gifted Child Quarterly», «International Journal of Science Education», «International Journal of STEM Education», «Journal of Engineering, Design, and Technology», «Journal of Research in Science Teaching», «Journal of STEM Education: Innovations & Research», «New Directions for Higher Education», «Science», «School Science and Mathematics», «Social Science Research», «The Technology Teacher» тощо);

- матеріали й тези наукових конференцій з проблем STEM-освіти, що проводилися вітчизняними й зарубіжними національними та міжнародними науковими організаціями.

**Наукова новизна отриманих результатів дослідження** полягає в тому, що вперше у вітчизняній педагогічній науці здійснено комплексне дослідження теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США, а саме: у межах характеристики стану розробленості проблеми STEM-освіти у

вітчизняних порівняльно-педагогічних дослідженнях виокремлено аспекти її розгляду (теоретико-методологічний, порівняльно-педагогічний, організаційний, методичний, професійно-педагогічний); розкрито концептуальні засади STEM-освіти (простежено еволюцію поняття STEM за допомогою низки концептуальних підходів до організації STEM-освіти: ізольованого (незалежного); дуєтного; інтеграції однієї складової в три; об'єднання всіх чотирьох складових STEM; інтеграції мистецтва в STEM); виокремлено передумови (заснування перших спеціалізованих закладів природничо-математичного напрямку, створення професійних організацій відповідного напрямку, актуалізація наукових досліджень тощо) й етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США (I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти; II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти; III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти; IV етап (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти); окреслено нормативні (закони, підзаконні акти, освітні стратегії) та змістово-процесуальні (особливості організації STEM-освіти в старших середніх школах різних типів; форми педагогічної підтримки учнів, які обрали STEM-дисципліни як майбутню професію) засади STEM-освіти у старшій середній школі США; визначено специфіку професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США й схарактеризовано відповідні програми на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях вищої освіти; з'ясовано сучасний стан STEM-освіти в Україні й визначено можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві на державному, місцевому й інституційному рівнях у нормативно-правовому, організаційному, змістовому, методичному та професійно-педагогічному аспектах.

*Конкретизовано* поняттєво-термінологічний інструментарій дослідження STEM-освіти: «STEM», «STEM-освіта», «STEM-школа», «STEM-учитель», «STEM-дисципліни», «STEM-центр».

*Подальшого розвитку* набули: характеристика й систематизація наукових праць вітчизняних учених із проблем розвитку STEM-освіти в Україні та світі; характеристика і систематизація наукового доробку зарубіжних дослідників щодо розвитку STEM-освіти в глобальному освітньому просторі.

*До наукового обігу введено* маловідомі й раніше невідомі англомовні джерела та факти, що стосуються особливостей розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США.

**Практичне значення отриманих результатів дослідження** полягає в тому, що схарактеризовані автором теоретичні, нормативні, змістово-процесуальні та професійно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США можуть бути використані у процесі формування освітньої політики в галузі STEM, розроблення відповідних стандартів та методичного забезпечення означеного процесу, викладання лекційних, семінарських і практичних занять для студентів, магістрантів та аспірантів педагогічних закладів вищої освіти. Матеріали дослідження, а також джерельна база будуть корисними в подальших наукових пошуках у відповідних галузях наукового знання, освітньому процесі закладів вищої, загальної середньої та позашкільної освіти.

Результати дослідження **впроваджено** в освітній процес Волинського інституту післядипломної педагогічної освіти (довідка № 4/02-13 від 04.01.2021 р.), Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (довідка № 4/21 від 21.01.2021 р.), Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (довідка № 501 від 01.02.2021 р.), Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії (довідка № 55 від 02.02.2021 р.).

**Апробація отриманих результатів дослідження** здійснювалася на міжнародних науково-практичних конференціях: «Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави» (Чорноморськ, 2019); «Тенденції розвитку педагогічної освіти України» (Житомир, 2019); «Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії» (Київ-Одеса, 2019);

«Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді» (Одеса, 2019); «Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи» (Суми, 2019; 2020); «Сучасні стратегії педагогічної освіти в контексті розбудови суспільства сталого розвитку та євроінтеграції» (Київ, 2019); «Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій» (Київ, 2020); «Інноваційний розвиток вищої освіти: глобальний, європейський та національний виміри змін» (Суми, 2020); «Академічна культура дослідника в освітньому просторі: європейський та національний досвід» (Суми, 2020); «Європейський університет: імідж, мобільність та соціальні перспективи» (Суми, 2020); «Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі» (Київ, 2020); «Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи» (Суми, 2020); «Лабіринти реальності» (Монреаль, Канада, 2020); «Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції» (Мукачево, 2020); «Economic and Social-Focused Issues of Modern World» (Bratislava, Slovak Republic, 2020).

Результати дослідження обговорювалися на засіданнях кафедри педагогіки Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (2019–2021 рр.).

**Публікації.** Основні положення та результати дослідження висвітлено в 15 публікаціях, із них 10 одноосібних, із яких 4 статті в наукових фахових виданнях України, 1 розділ у зарубіжній колективній монографії, 1 стаття в зарубіжному науковому виданні, 9 праць апробаційного характеру.

**Особистий внесок здобувача.** Авторський внесок у розвідках, написаних у співавторстві, полягає в: порівняльному аналізі змістово-процесуальних засад реалізації STEM-освіти в Україні та США (Boichenko & Boichenko, 2019); окресленні особливостей здійснення професійної підготовки STEM-учителів у США (Boichenko et al., 2019); теоретичному обґрунтуванні стану організації STEM-освіти в закладах позашкільної освіти України (Boichenko et al., 2020); характеристиці закладів STEM-освіти у США

(Бойченко та Бойченко, 2019); окресленні напрямів розвитку STEM-освіти в Україні (Voichenko & Sbruieva, 2020).

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, трьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (228 найменувань, із них 139 іноземною мовою) та додатків. Повний обсяг дисертації становить 236 сторінок. Основний зміст викладено на 176 сторінках. Робота містить 8 таблиць, 7 рисунків, 6 додатків на 17 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ STEM-ОСВІТИ У СТАРШІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ США

#### 1.1. STEM-освіта як предмет порівняльно-педагогічних досліджень

STEM-освіта як педагогічний феномен характеризується складністю й багатовимірністю, що зумовлює необхідність визначення ключових аспектів її розгляду. У нашому дослідженні до таких аспектів ми відносимо теоретико-методологічний, порівняльно-педагогічний, організаційний, методичний та професійно-педагогічний. Означені аспекти відображають основні напрями наукових розвідок із проблем STEM-освіти, здійснені вітчизняними дослідниками.

Пошук наукових джерел здійснювався за назвою та ключовими словами в національних електронних бібліотеках (Електронний каталог Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського ([http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe)), Електронна бібліотека Інституту обдарованої дитини ([http://biblos.iod.gov.ua/catalog.php?cat\\_id=13](http://biblos.iod.gov.ua/catalog.php?cat_id=13))) та бібліографічних і реферативних баз даних (Google Scholar (<https://scholar.google.com/>), SCOPUS (<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>) та Web of Science (<https://mjl.clarivate.com/>)). Назва та/або ключові слова мали обов'язково включати термін «STEM-освіта».

Після здійснення автоматичного пошуку в окреслених вище базах даних, ми продовжили пошук наукових статей із проблеми дослідження в таких наукових фахових виданнях, як «Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка», «Науковий вісник Ужгородського університету», «Наукові записки Малої академії наук України», «Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології», «Освіта та розвиток обдарованої особистості», «Рідна школа», а також матеріалах наукових конференцій з проблем STEM-освіти, проведених Інститутом

обдарованої дитини. Такий вибір був обумовлений отриманням найбільшої кількості результатів автоматичного пошуку. На даному етапі до критеріїв відбору наукових праць для більш детального аналізу, крім назв та ключових слів, було додано відповідність змісту анотацій виокремленим нами аспектам розгляду проблеми. У процесі з'ясування стану розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняній науковій літературі ми обмежили стратегію пошуку україномовними та англomовними науковими статтями українських учених, датованими 2000–2020 рр. Процес пошуку наукових джерел для аналізу відображено нами на рис. 1.1.

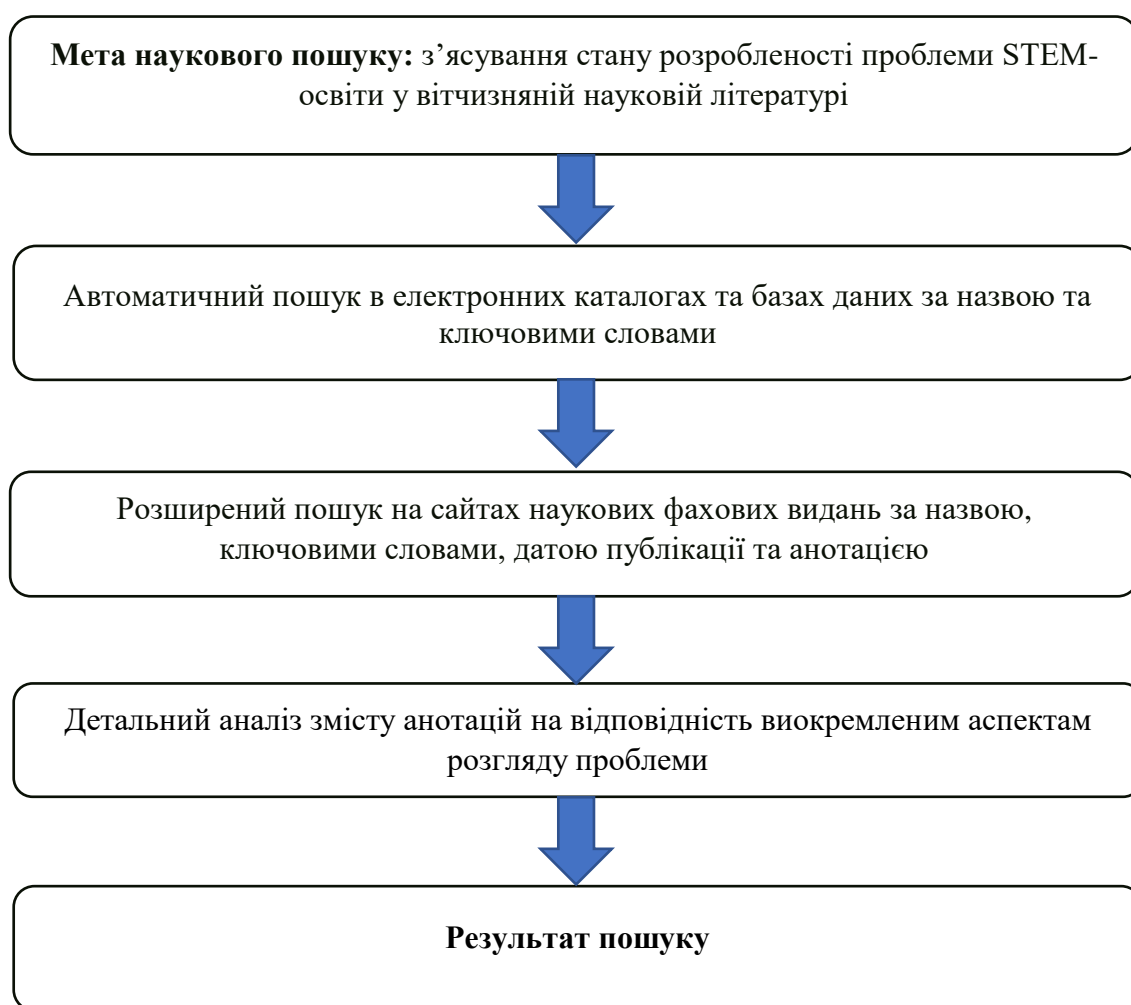


Рис. 1.1. Стратегія пошуку наукових джерел для аналізу стану розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняній науковій літературі

Аналіз наукових джерел засвідчив, що деякі праці висвітлюють всі або декілька аспектів, тому поданий далі розподіл є дещо умовним. Далі розглянемо окреслені аспекти детальніше.

*Теоретико-методологічний аспект* STEM-освіти став предметом розгляду таких вітчизняних науковців, як В. Антонов (2018) (акмеологія креативності дитини на основі STEM-освіти); О. Бутурліна (2017) (філософсько-освітня рефлексія STEM-інновацій); Т. Довженко та І. Гавриш (2018) (теоретико-методологічні основи реалізації STEM-освіти в початковій школі науково-педагогічного проєкту «Інтелект України»); К. Постова (2019) (принципи реалізації STEM напряму в освіті); І. Худецький та В. Антонов (2018) (акмеологія геніальності та STEM-освіта на основі кібернетичної акмеології); Т. Уманська (2019) (мультидисциплінарний підхід до STEAM-освіти: гуманітарний аспект) та ін.

Здійснюючи філософсько-освітню рефлексію STEM-інновацій, О. Бутурліна розглядає STEM-технологію як освітню інновацію крізь призму характеристик, запропонованих І. Пригожиним (Пригожин, 1989). Відповідно, за твердженням О. Бутурліної, STEM як освітня інновація «характеризується комбінаторністю, системністю за обсягом застосування, при цьому поєднує технологічні, організаційні, матеріально-технічні ресурси та людський капітал; ініціюється державою, при цьому держава в даному випадку є прямим замовником; відзначається міжорганізаційністю, адже передбачає співпрацю різних організацій; дифузністю відносно свого попередника, яким виступає природничо-математична освіта; витратністю, адже вимагає підготовки спеціальних кадрів, проведення організаційних заходів, оновлення матеріально-технічної бази» (Бутурліна, 2017). Авторка також відзначає, що за типом новизни STEM являє собою матеріально-технічну, соціальну, організаційно-управлінську, педагогічну інновацію, орієнтовану на підвищення конкурентоспроможності держави (там само).

К. Постова виокремлює низку принципів реалізації STEM напряму в освіті, зокрема:

- *інтеграції*, сутність якого полягає в комплексному використанні знань із усіх складових STEM;
- *науковості*, що вимагає з'ясування причинно-наслідкових зв'язків процесів та явищ; передачу знань, які відповідають рівню розвитку науки на сучасному етапі; використання валідних інформаційних джерел тощо;
- *індивідуалізації*, тобто максимального врахування індивідуальних характеристик споживача освітніх послуг у галузі STEM;
- *розвитку*, що передбачає аналіз змін характеристик людини відповідно до законів діалектики;
- *дослідницької спрямованості*, що розкривається в залученні здобувачів освіти до експериментальних досліджень із метою активізації їх пізнавальної активності та розвитку компетентностей у галузі STEM (Постова, 2019, с. 295).

В. Антонов фокусує увагу на акмеологічному підході до розвитку креативності дитини у процесі навчання STEM-дисциплін, аналізуючи чинники, що допомагають досягти вершин у розкритті її креативного потенціалу і мають такі складові:

- акме-потенційне бажання;
- акме-енергія (духовна);
- акме-здоров'я (духовне, моральне, психологічне, фізичне);
- акме-мета (реальна, нереальна, конструктивна, розмита, логічна, нелогічна);
- знання акме-технології;
- потенційні акме-можливості (Антонов, 2018, с. 6-7).

Автор пропонує власну концепцію розвитку обдарованої особистості, заснованої на технології кіберакмеологічного філо-онтогенезу. Дослідник доводить, що «за допомогою когнітологічних кіберакмеологічних медико-біологічних інформаційних систем можна активізувати інтелектуальні

процеси суб'єкта, візуалізуючи на комп'ютері його здібності, програмувати його інтелектуальний розвиток, конгруентність із собою (довкіллям) та емоційний, нейрофізіологічний стан тощо» (Антонов, 2018, с. 9).

На продовження теми запровадження акмеологічного підходу в STEM-освіті приведемо результати наукової розвідки І. Худецького у співавторстві з В. Антоновим. Дослідники розглядають STEM-освіту крізь призму кіберакмеології – науки про технологічне моделювання розвитку й удосконалення творчої індивідуальності людини. Кіберакмеологія ставить за мету теоретичне й практичне комп'ютерне моделювання акме-здібностей особистості за допомогою інформаційних технологій із використанням кіберакмеологічних методів, що, у свою чергу, спираються на методи акмеології, кібернетики, математики, праксеології, синергетики та інших наук. У своїй розвідці автори застосовують підходи етасологічної кіберакмеології за допомогою розроблених алгоритмів, що самозмінюються та самоналаштовуються (Худецький та Антонов, 2018).

У свою чергу, Т. Довженко та І. Гавриш, у контексті розгляду теоретико-методологічних засад реалізації STEM-освіти в початковій школі в межах науково-педагогічного проєкту «Інтелект України», переконливо доводять, що підґрунтям для реалізації STEM-освіти в початковій школі має стати постнекласична освітня парадигма, що акцентує увагу на «створенні умов для самоактуалізації та творчої самореалізації особистості в складному, нелінійному, нестабільному світі. Аксиологічними імперативами державної освітньої політики в постнекласичній парадигмі виступає органічне поєднання технократизму з гуманістичними пріоритетами та культуроцентричністю, що репрезентує такі типові риси культурної особистості, як духовність, національна свідомість, культурна толерантність, позитивне мислення, розвинений емоційний інтелект тощо» (Довженко та Гавриш, 2018).

Отже, можемо констатувати, що автори пропонують інноваційні підходи до визначення методологічних засад STEM-освіти, однак розвідки, у яких була

би цілісно представлена методологія STEM-освіти у вітчизняному науковому дискурсі, на даний момент відсутні.

Також наголосимо, що останнім часом активізувалися дослідження *порівняльно-педагогічного* напрямку, у яких висвітлені різні проблеми STEM-освіти зарубіжних країн. У межах означеного аспекту заслуговують на увагу праці таких науковців, як С. Бабійчук (2018) (проблеми та перспективи розвитку STEM-освіти у США); М. Бойченко (2016, 2018а, 2018б) (розвиток обдарованих дітей та молоді засобами STEM-освіти у США); Н. Мірча та О. Хоменко (2018) (зарубіжний досвід педагогічної підтримки обдарованої молоді засобами STEM-освіти); О. Онопченко (2019) (досвід організації STEM-освіти в США, Австралії та Фінляндії) та ін.

У межах аналізу досвіду організації STEM-освіти в США, Австралії та Фінляндії О. Онопченко фокусується на освітніх стратегіях у галузі STEM-освіти, наявних проблемах та можливих шляхах їх розв'язання. Так, зокрема, автор характеризує основні віхи в розвитку STEM-освіти в США, фокусуючись на питаннях діяльності національних урядових та неурядових організацій і комітетів зі STEM-освіти (Національного наукового фонду, Національної дослідницької ради, Комітету зі STEM-освіти при Науково-технологічній раді, Національній комісії з викладання і майбутнього Америки, Управління науково-технічної політики адміністрації президента США тощо), зокрема щодо розробки й перегляду стандартів із природничо-математичних наук. Також дослідник робить короткий огляд структури стандартів для кожної STEM-орієнтованої дисципліни шкільної програми (фізики, біології, геології, астрономії та інженерії), що включає такі компоненти:

- практичні навички – наукові та інженерні;
- зміст – охоплює основні знання з дисципліни;
- узагальнювальні (наскрізні) концепти (Онопченко, 2019).

О. Онопченко переконливо доводить необхідність упровадження інноваційних форм та методів навчання, надання освітньому процесу пошуково-дослідницького характеру, посилення експериментально-

практичної роботи школярів у лабораторіях із найсучаснішим обладнанням. Надзвичайно важливим у цьому контексті автор бачить проведення Всесвітнього конкурсу Intel ISEF (International Science and Engineering Fair) – наймасштабнішого міжнародного змагання наукових та інженерних проєктів, виконаних учнями 13–18 років з усього світу, який кожного року проводиться у США з метою ідентифікації й надання підтримки обдарованій учнівській молоді, розвитку наукових досліджень у галузі прикладних, фундаментальних наук та технічної творчості (Онопченко, 2019).

Аналізуючи досвід організації STEM-освіти в Фінляндії, О. Онопченко детально зупиняється на програмі LUMA, що являє собою проєкт розвитку освіти і науки, який координується Національною Радою освіти Фінляндії. Програма спрямована на інтеграцію природничих наук і математики, розвиток інтересу фінської учнівської молоді до математичних та природничих наук, науки й техніки, покращення якості фінської наукової освіти на міжнародному рівні, удосконалення освітньої практики тощо. У межах означеної програми створено 13 LUMA-центрів при різних закладах вищої освіти Фінляндії, видається міжнародний журнал LUMAT, де публікуються статті, присвячені проблемам STEM-освіти, проводиться міжнародний конкурс інтегрованих проєктів StarT для всіх типів закладів освіти під гаслом «Кожна дитина та підліток може стати зіркою (Star) у командній роботі (Teamwork)» (Онопченко, 2019).

Звертаючись до досвіду Австралії, О. Онопченко звертає увагу на пріоритет раннього залучення до STEM-освіти в країні, що відображається у програмі ELSA (Early Learning STEM Australia) для дошкільнят. Головною метою програми ELSA є активізація участі австралійських дітей у STEM і збільшення рівня їх цифрової грамотності. Також автор окреслює провідні завдання розвитку STEM-освіти в Австралії, відображені в «Національній стратегії розвитку шкільної STEM-освіти на 2016-2026 рр.» (National STEM School Education Strategy), а саме: розвиток здібностей, залучення до STEM та підвищення інтересу учнів до дисциплін означеної галузі; зміцнення

потенціалу педагогічних працівників та підвищення якості викладання STEM-дисциплін; розвиток можливостей для здобуття STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти; налагодження ефективної партнерської взаємодії між закладами вищої освіти, бізнесовими структурами та промисловістю; розроблення потужної бази даних (Онопченко, 2019).

Американський досвід розвитку обдарованості та педагогічної підтримки обдарованих учнів засобами STEM-освіти став предметом наукового інтересу М. Бойченко. Авторка зауважує, що нині в США налічується понад ста державних загальноосвітніх шкіл, що мають STEM спеціалізацію. Дослідниця розкриває особливості таких шкіл:

- створення груп однолітків зі спільним інтересом до STEM;
- можливість поглибленого вивчення STEM-дисциплін;
- можливість займатися науковими дослідженнями й робити відкриття;
- залучення до практичної діяльності на справжніх робочих місцях у галузі STEM;
- можливість ознайомлення з рольовими моделями STEM-професій (Бойченко, 2018а).

До зарубіжного досвіду розвитку обдарованих учнів звернулися також у своїй науковій розвідці Н. Мірча та О. Хоменко (Мірча та Хоменко, 2018). Проаналізувавши досвід організації STEM-освіти в країнах-лідерах, автори наголошують на таких характерних рисах:

- розвиток творчого мислення та навичок співпраці обдарованих учнів засобами STEM-освіти (університет Айн-Шармс, Єгипет);
- розроблення індивідуального освітнього плану з урахуванням майбутньої професії в галузі STEM та здібностей конкретного обдарованого учня (США);
- проведення факультативів та створення спеціальних STEM-таборів, що дозволяють обдарованим учням здійснювати практичну діяльність (Велика Британія);

- участь у міжнародних STEM-змаганнях (Гонконг, Китай);
- залучення сімей обдарованих учнів до процесу навчання, спілкування з фахівцями-представниками STEM-професій (Австралія) (Мірча та Хоменко, 2018).

З'ясуванню суперечливих питань в організації STEM-освіти у США з метою визначення перспективних напрямів імплементації американського досвіду в означеному аспекті у практику вітчизняних закладів освіти присвячено наукову розвідку С. Бабійчук. Дослідниця окреслює можливості, які відкриває підтримка федерального уряду для всіх учасників процесу STEM-освіти з метою екстраполяції американського досвіду на український ґрунт, а саме:

- здійснення підготовки й перепідготовки науково-педагогічного персоналу та здобувачів освіти в галузі STEM у закладах вищої освіти через удосконалення курикулуму з дисциплін, що належать до галузі STEM, та педагогіки;
- розроблення навчальних матеріалів, що потенційно можуть використовуватися під час викладання (відеоролики, додаткова інформація, комп'ютерна візуалізація, моделювання), а також платформ для створення й поширення інтерактивних онлайн курсів;
- формування готовності STEM-фахівців пристосовуватися до вимог світової економіки, що змінюється швидкими темпами;
- підвищення мотивації учнів до вивчення STEM-дисциплін та обрання STEM-професій через надання стипендій, грантів, участь у стажуванні та інших державних програмах;
- реалізація наукових досліджень, розроблення й удосконалення освітніх програм у галузі STEM на всіх рівнях функціонування освітньої системи; розроблення навчальних стратегій та навчальних програм, у тому числі й у межах неформальної освіти, удосконалення професійної

підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників, розроблення освітніх програм для STEM-фахівців;

- покращення аудиторного фонду та науково-педагогічного складу закладів, що надають освітні послуги в галузі STEM;
- забезпечення збору статистичної інформації та оцінювання навчальних досягнень учнів у галузі STEM-освіти;
- упровадження громадської просвіти та реалізація проєктів, що передбачають навчання впродовж життя (Бабійчук, 2018).

Переходячи до розгляду *організаційного аспекту* досліджуваного феномену, зауважимо, що до цієї групи наукових джерел ми віднесли дослідження, у яких висвітлено проблему організації STEM-освіти на різних рівнях функціонування освітньої системи, зокрема: В. Вербицький (2017) (шляхи впровадження агробіологічної STEM-освіти); В. Заярна (2019) (організаційно-педагогічна модель діяльності STEM-центру в умовах закладу позашкільної освіти); С. Кальной (2017) (концептуальна модель організації корпоративної бази знань як засобу інформаційної підтримки STEM-освіти); О. Корнієнко (2018) (формування STEM-простору школи для розвитку творчого потенціалу особистості); О. Костюк (2018) (використання технологій STEM-освіти в початковій школі для формування ключових компетентностей в умовах Нової української школи); О. Кузьменко (2016) (підходи до розроблення програм із розвитку STEM-грамотності); Н. Мірча та О. Хоменко (2018) (зміст та напрями організації освітнього процесу із запровадженням STEM-навчання з метою формування компетентностей у творчої молоді закладів професійної (професійно-технічної) освіти); К. Постова (2017; 2019) (передумови та перспективи STEM-освіти в Україні; форми реалізації STEM напрямку в освіті); М. Ростока (2017) (застосування STEM-підходу у процесі формування інтелектуального потенціалу України); Н. Сороко (2018) (проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителів для підтримки STEAM-орієнтованого середовища основної школи); Н. Пашкевич

(2019) (використання STEM-освіти на гурткових заняттях у закладах позашкільної освіти) та ін.

У межах організаційного аспекту заслуговує на увагу бачення К. Постової основних передумов для імплементації STEM-освіти в Україні, а саме: налагодження системи ідентифікації й підтримки здібних до STEM-дисциплін учнів; створення в закладах загальної середньої освіти сприятливого середовища, спрямованого на ідентифікацію учнів, які мають схильність до природничо-математичних та технічних наук; розроблення й запровадження освітніх програм (у тому числі й дистанційних) зі STEM-напрямів, що має розширити доступ до якісної спеціалізованої освіти незалежно від територіального розташування; надання педагогічної підтримки дітям, які демонструють здібності до вивчення окремих дисциплін, що є складовими STEM, через їх участь у предметних олімпіадах, тематичних конкурсах різних рівнів (міжнародного, національного, регіонального тощо); створення регіональних спеціалізованих закладів освіти під патронатом провідних галузевих наукових установ або закладів вищої освіти; формування готовності педагогів до виявлення обдарованих учнів, зокрема в галузі STEM; створення методичного забезпечення для виявлення й надання педагогічної підтримки учням у межах природничо-математичного та технічного напрямів; стимулювання здобувачів освіти та педагогічних працівників за допомогою матеріального та/або нематеріального заохочення (Постова, 2017).

Окреслюючи організаційно-педагогічну модель діяльності STEM-центру в умовах закладу позашкільної освіти, В. Заярна звертається до досвіду Сумського обласного центру позашкільної освіти та роботи з талановитою молоддю, на базі якого функціонує Центр розвитку й професійного самовизначення дітей та учнівської молоді «Д.І.М.». Принагідно зауважимо, що акронім «Д.І.М.» характеризує сутність виховної діяльності означеного центру, оскільки розшифровується як «дієві, інтелектуальні, молоді». Центр надає освітні послуги учням 4-7 класів за такими напрямками, як робототехніка («RoboCraft»), природничі науки («Green-lab») та математика («X-Math»).

Особливістю організації навчання в STEM-центрі «Д.І.М.» є інтеграція означених напрямів із краєзнавчим напрямом («LoveSumy») (Заярна, 2019, с. 144).

У межах розгляду форм організації STEM-освіти (STEM-уроку (заняття), STEM-проєкту, STEM-курсу) К. Постова детально характеризує приклад імплементації STEM-проєкту «Гроші», що охоплює такі галузі знань, як математика, географія, біологія, хімія, фізика та економіка (Постова, 2019).

Важливу роль в організації STEM-освіти відіграє освітнє середовище. Вимоги до такого середовища сформулював Н. Сороко: наявність якісних електронних освітніх ресурсів; відкритий доступ усіх учасників освітнього процесу до електронних освітніх ресурсів; використання інноваційних ІКТ; створення й застосування інформаційно-аналітичних систем підтримки наукових досліджень, управління освітньою та науковою діяльністю, оцінюванням та самооцінюванням компетентностей учнів; створення безпечних умов для навчання; безперервний професійний розвиток наукових, педагогічних та адміністративних кадрів, обізнаних із сучасними тенденціями розвитку STEM-освіти; налагодження ефективної співпраці на національному та міжнародному рівнях між усіма стейкхолдерами (Сороко, 2018).

О. Кузьменко окреслює підходи до розроблення програм із розвитку STEM-грамотності, основними з яких є:

- розширення досвіду вивчення окремих STEM-дисциплін із використанням навчальної діяльності, орієнтованої на розв'язання проблеми, що передбачає застосування аналітичних концепцій під час вирішення глобальних проблем;
- інтеграція знань зі STEM-дисциплін задля поглиблення розуміння їх змісту, що відкриє в майбутньому ширші можливості для здобувачів освіти щодо обрання кар'єри за технічним або науковим напрямом. На думку представників технічних ЗВО, у STEM-освіті має домінувати багатопрофільний підхід, що передбачає інтегрованість у викладанні STEM-дисциплін;

- оновлення методики викладання кожного з навчальних предметів STEM спрямування поряд із імплементацією інтегрованого підходу до навчання, де такі складові STEM-освіти, як природничі науки, технології, інженерні науки та математика включені в одну навчальну програму (Кузьменко, 2016).

Дещо схожу на попередню класифікацію пропонують О. Патрикеева та В. Чорноморець, які називають такі основні підходи:

1) розширення навчально-дослідницької діяльності під час вивчення окремих STEM-дисциплін. У межах даного підходу використовується проблемне навчання, орієнтоване на пошук шляхів розв'язання проблем реального світу;

2) інтегроване вивчення STEM-предметів, що дозволяє глибше осягнути їх зміст і полегшує процес усвідомленого вибору майбутньої професії в технічній або науковій сферах;

3) «багатопрофільний» підхід передбачає наближення навчання до реальних умов виробництва. У даному випадку здобувач освіти використовує власні знання з метою розв'язання технологічних задач, розвиває власні технічні здібності й активно набуває навичок критичного мислення. Освітній процес заснований на використанні методу проєктів і технічного проєктування, за допомогою яких можна інтегрувати природничі науки, технології, інженерні науки та математику в єдину STEM-програму. Означена програма може бути застосована не лише під час вивчення окремих дисциплін шкільного циклу, але й для поглибленого оволодіння знаннями з дисциплін технологічного та природничо-математичного циклів;

4) упровадження інноваційних ідей та продуктів інноваційної освітньої діяльності як у методику викладання кожного предмету-складової STEM, так і в інтегровану методику викладання єдиної навчальної STEM-програми (Патрикеева та Чорноморець, 2017).

У цьому контексті слушною є думка В. Багашової та Т. Ісак про те, що інтегровані STEM-уроки (заняття) є особливою формою навчання STEM-

дисциплін, адже завдяки встановленню міжпредметних зв'язків в учнів формується цілісний, системний світогляд, розвивається особистісне ставлення до проблем, що стають предметом розгляду під час заняття. Авторки пропонують низку варіантів проведення інтегрованих уроків:

- за допомогою поєднання подібної тематики з низки STEM-дисциплін;
- за допомогою розроблення інтегрованих курсів або окремих спецкурсів, у яких будуть поєднані навчальні програми різних STEM-дисциплін.

Важливість таких занять авторки вбачають у можливості розгляду певного об'єкта чи феномену з різних боків, за допомогою термінологічного інструментарію та засобів різних навчальних дисциплін. Унікальною характеристикою інтегрованих/бінарних занять (уроків) є можливість їх проведення декількома вчителями (Багашова та Ісак, 2017).

Досліджуючи особливості застосування STEM-підходу у процесі формування інтелектуального потенціалу України, М. Росток констатує, що означений підхід відіграє вирішальну роль в імплементації техніко-технологічних проєктів, має значний потенціал для інтелектуального розвитку й майбутнього професійного становлення здобувача освіти, розширює доступ до інноваційних продуктів ІТ-індустрії. Крім того, запровадження STEM-підходу вимагає підвищення мотивації здобувачів освіти до вивчення STEM-дисциплін та обрання в майбутньому STEM-орієнтованих професій. Застосування даного підходу дозволяє учням краще усвідомити потребу в самоосвіті, самовдосконаленні, саморозвиткові й самореалізації як у професійній діяльності, так і в щоденній практичній діяльності, а також сприяє розвитку критичного мислення, мобільності та проєктного бачення дійсності (Ростока, 2017).

Концептуальну модель організації корпоративної бази знань як засобу інформаційної підтримки STEM-освіти запропонував С. Кальной, об'єднавши її у п'ять блоків:

- блок «область навчання» містить:
  - предмет навчання;

- програму навчання;
- тему навчання;
- блок «база даних» включає:
  - вид навчального матеріалу;
  - тип навчального матеріалу;
  - джерело, що містить навчальний матеріал;
- блок «сценарій навчання» характеризує процес управління навчанням і передбачає наявність складових, за допомогою яких можна дати відповіді на запитання:
  - що зробити?;
  - що зроблено?;
- блок «експертна оцінка знань» – оцінювання ефективності реалізації сценарію навчання;
- блок «консультації» – надання консультаційної допомоги у процесі реалізації сценарію навчання (Кальной, 2017, с. 71-72).

Автор вважає запропоновану концептуальну модель організації корпоративної бази знань перспективним інноваційним засобом розвитку вітчизняної STEM-освіти (там само).

На шляхах запровадження агробіологічної STEM-освіти акцентує В. Вербицький, який окреслює відповідну програму Національного еколого-натуралістичного центру, що передбачає: проведення практичних занять на базі лабораторій аграрних закладів вищої освіти; співпрацю з представниками провідних аграрних компаній задля отримання інформації щодо можливостей працевлаштування в аграрному секторі; проведення екскурсій на сучасні аграрні підприємства; формування дослідницьких навичок; участь у майстер-класах із метою ознайомлення з інноваційними методиками діагностики рослин; проведення агро-квестів (Вербицький, 2017).

Дослідник наголошує на необхідності налагодження співпраці закладів позашкільної освіти, аграрних закладів вищої освіти різних рівнів акредитації та бізнесових структур задля побудови інноваційної моделі агробіологічної

STEM-освіти. Погоджуємося з автором щодо того, що така співпраця дозволить скоординувати дії всіх стейкхолдерів, адже усвідомлення потреб роботодавців та освітян сприятиме злагодженому розв'язанню проблеми підвищення ефективності агробіологічної STEM-освіти.

Прикладом такої співпраці, на думку В. Вербицького, може слугувати освітній проєкт «Агроклас», ініційований Національним еколого-натуралістичним центром учнівської молоді та компанією Syngenta в Україні (2017 р.). Даний проєкт – це модернізований навчальний клас, оснащений необхідним технічним та лабораторним обладнанням для проведення занять агрономічного напрямку для учнів середніх та старших класів.

*Методичний аспект STEM-освіти* знайшов висвітлення в наукових працях таких українських дослідників, як В. Андрієвська (2017) (проєкт як засіб реалізації STEAM-освіти в початковій школі); А. Атамась, Ж. Білик, Є. Шаповалов та В. Шаповалов (2018) (використання онтологічних ресурсів єдиного мережецентричного навчального інформаційного середовища для проведення STEM/STEAM-уроків); О. Биков та І. Бушина (2019) (STEM-квест як один із сучасних інноваційних методів роботи з обдарованою молоддю); О. Бітлян та А. Орел (2019) (використання елементів STEM-освіти на уроках хімії в закладах загальної середньої освіти); О. Душило (2019) (STEM-освіта як ефективний підхід до оволодіння учнями ключовими компетентностями на уроках англійської мови); В. Заярна (2020) (веб-проєкти як форма дистанційної STEM-діяльності вихованців закладу позашкільної освіти); О. Кузьменко та С. Дембіцька (2017) (STEM-освіта як основний орієнтир в оновленні інноваційних технологій у процесі навчання фізики в закладах вищої освіти технічного профілю); О. Лозова, С. Горбенко, Н. Гончарова (2017) (використання засобів STEM-навчання в умовах модернізації системи позашкільної освіти); А. Михайлюк (2017) (STEM-освіта як трансдисциплінарний підхід до навчання); Г. Труханенко (2018) (STEM-освіта у профільному навчанні як засіб інтеграції базових знань) та ін.

Дослідники А. Атамась, Ж. Білик, Є. Шаповалов та В. Шаповалов розробили й запропонували методичне забезпечення для вчителів, необхідне для проведення занять зі STEM/STEAM-дисциплін, із використанням онтологічних ресурсів єдиного мережецентричного навчального інформаційного середовища ontology4. Автори демонструють функціональність запропонованого методичного забезпечення на прикладі вивчення теми «Виготовлення йогурту». Визначені дослідниками завдання (ознайомлення учнів із технологією виготовлення йогурту; формування навичок виготовлення йогуртових культур; ознайомлення учнів із мікроорганізмами, що спричиняють утворення йогурту та сучасними способами їх класифікації; формування вмінь користуватися онтологічною системою ontology4; формування навичок побудови принципово-технологічних схем реальних процесів; формування навичок моделювання 3D об'єктів для візуалізації інженерних потреб; використання елементів електронного пошуку з метою обрання інноваційних наукових розробок із досліджуваної тематики; здійснення практичних економічних розрахунків) яскраво демонструють можливість інтеграції складових STEM для досягнення конкретної дослідницької мети (Атамась та ін., 2018).

Розглядаючи особливості використання веб-проектів як засобу дистанційної STEM-освіти в межах ЗПО, В. Заярна окреслює основні завдання їх імплементації, а саме: формування у здобувачів позашкільної освіти стійкої мотивації до вивчення природничих наук, технологій, інженерних наук та математики, тобто складових STEM інтегровано або окремо; здійснення профорієнтаційної роботи щодо вибору STEM-професій; отримання практичних знань, необхідних для подальшої життєдіяльності в техносфері, формування глибшого розуміння екології і природи в цілому.

Визначаючи STEM-проект як групову форму організації навчально-пізнавальної, творчої або ігрової діяльності вихованців закладів позашкільної освіти, що характеризується загальною метою, добором адекватних методів і засобів та передбачає інтеграцію трьох і більше STEM-дисциплін, авторка

зазначає, що в дистанційному режимі STEM-проекти набувають інших форм реалізації, тобто переходять у статус онлайн проєктів (Заярна, 2020). Авторка детально розглядає методичні особливості реалізації дистанційних STEM-проектів на прикладі проєкту «Покоління Z».

Проект як засіб реалізації STEAM-освіти в початковій школі став предметом наукового інтересу В. Андрієвської. Дослідниця наголошує, що саме за допомогою проєкту можна інтегрувати знання учнів із різних навчальних предметів у процесі розв'язання практичних проблем реального життя. Отже, проєкт має беззаперечну користь завдяки наданню можливостей школярам практично використовувати здобуті знання, водночас генеруючи нові ідеї й сприяючи формуванню компетентностей, необхідних для життя у XXI ст., а саме: полікультурних, комунікативних, інформаційних та соціальних (Андрієвська, 2017).

Особливості реалізації STEAM-проєкту авторка демонструє на прикладі проєкту «Симетрія», що передбачає вивчення учнями понять «Симетрія», «Осьова, центральна, дзеркальна симетрії» на заняттях із дисциплін природничо-математичного циклу. Означений проєкт спрямований на збільшення поінформованості школярів щодо видів симетрії, формування уявлень про симетрію в навколишньому світу, актуалізацію знань та їх застосування для вирішення практичних задач. У межах проєкту діти мають навчитися здійснювати пошук і обробку інформації, користуючись різними джерелами, та візуалізувати отримані результати за допомогою ІКТ. У процесі виконання STEAM-проєкту «Симетрія» школярі намагаються знайти симетрію не лише в оточуючому середовищі, але й у рукотворних творах архітектури, образотворчого мистецтва тощо, здійснюють науковий аналіз означеної проблеми (Андрієвська, 2017, с. 11).

У свою чергу, О. Биков та І. Бушина зосереджують увагу на STEM-квестах, що являють собою засіб формування компетентностей здобувачів освіти й інтегрує різні технології навчання: інтерактивну, діалогову, ігрову та здоров'язберезувальну. Автори демонструють приклад організації STEM-

квесту «Зі STEM по життю» (With STEM along the Life), спрямованого на інтегроване застосування здобувачами освіти знань із географії, екології, інформатики, математики, фізики, хімії, а також інженерно-конструкторських навичок та навичок роботи в команді. Означений STEM-квест охоплює сім етапів:

- «Еко-STEM»;
- «Чисто-STEM»;
- «Арт-STEM»;
- «Азимут-STEM»;
- «Лого-STEM»;
- «Техно-STEM»;
- «Кодо-STEM» (Биков та Бушина, 2019).

Вважаючи STEM-освіту головним дороговказом у модернізації інноваційних технологій під час навчання фізики в ЗВО технічного профілю, О. Кузьменко та С. Дембіцька детально окреслюють засоби STEM-навчання, під якими автори розуміють сукупність «обладнання, ідей, явищ і способів дій, що дозволяють реалізувати дослідно-експериментальну, конструкторську, винахідницьку діяльність у освітньому процесі» (Кузьменко та Дембіцька, 2017). Науковці виокремлюють функції, які виконують засоби STEM-навчання, а саме: інформаційну, контрольну, креативну, практичну тощо. Усю сукупність засобів STEM-навчання дослідники поділяють на такі види (див. рис. 1.2):



Рис. 1.2. Засоби STEM-навчання (складено автором на основі (Кузьменко та Дембіцька, 2017))

Як бачимо з рис. 1.2, до наочного приладдя О. Кузьменко та С. Дембіцька відносять натуральне (зразки, інструменти, матеріали, обладнання, прилади тощо); образне (або зображувальне), що включає фотографії, репродукції картин, плакати тощо, та знаково-символічне (графіки, знакові моделі, схеми й таблиці). Відповідно, технічні засоби навчання автори поділяють на інформаційні, які, у свою чергу, включають відеоапаратуру (комп'ютери, мультимедійні технології, кінопроектори, проєкційні екрани), оверхед-проектори, слайдпроектори, копії- та інтерактивні дошки, документ-камери, відеоконференційні системи, маркерні та текстильні дошки, проєкційні столики тощо, та контролювальні, до яких належать тренажери, прилади для діагностики процесів та інші (Кузьменко та Дембіцька, 2017).

Слід наголосити, що організаційний та методичний аспекти розгляду STEM-освіти є найбільш дослідженими у вітчизняному науковому дискурсі, тоді як наступний – професійно-педагогічний – лише розробляється. На наш погляд, означений факт можна пояснити тим, що, зважаючи на свою новизну,

феномен STEM-освіти привертав увагу дослідників спочатку своїми сутнісними характеристиками, необхідністю розроблення форм та методів організації STEM-освіти, тоді як питання підготовки висококваліфікованих педагогів у галузі STEM-освіти поки що залишається відкритим.

Незважаючи на окреслене вище, у межах *професійно-педагогічного аспекту* заслуговують на увагу праці таких учених, як С. Будика (2018) (розбудова напрямів STEM-освіти у професійній підготовці кваліфікованих робітників з професії електрогазозварник); Н. Гончарова (2015) (професійна компетентність учителя в системі навчання STEM); Т. Павлиш (2017) (розвиток професійної мобільності викладача інформатики в умовах STEM-освіти); С. Подлесний та О. Тарасов (2019) (актуальність використання STEM-STEAM-STREAM-технологій у сфері інженерно-технічної освіти для сталого розвитку економіки України); О. Стрижак, І. Сліпухіна, Н. Полісун та І. Чернецький (2017) (підготовка вчителів STEM в Україні) та ін.

Зауважимо, що означений аспект об'єднав розвідки науковців, присвячені широкому колу проблем підготовки фахівців як у галузі STEM-освіти, так і різноманітних STEM-професій.

У цьому контексті слушною є думка О. Стрижака щодо необхідності використання міждисциплінарних підходів у процесі професійної підготовки майбутніх фахівців до розв'язання складних мультифакторних проблем ноосфери під час формування змісту STEM-освіти. Провідним серед таких підходів автор називає трансдисциплінарний, що являє собою «спосіб здобуття нового знання за допомогою синтезу ресурсів дисциплінарної та позадисциплінарної сфер; цей спосіб призводить до створення пізнавальної моделі, що не може бути зведена до жодної з наукових дисциплін» (Стрижак, 2014).

Дослідники С. Подлесний та О. Тарасов вважають STEM-STEAM-STREAM-технології запорукою ефективного розвитку національної системи вищої інженерно-технічної освіти. Разом із тим, використання означених технологій вимагає педагогів нового формату, які за висловом авторів

«позбавлені забобонів, не сприймають формального підходу й можуть своїми знаннями «підірвати мозок» учням і розширити їх кругозір до нескінченності» (Подлесний та Тарасов, 2019, с. 127). Автори наголошують на здатності майбутніх педагогів формувати в учнів такі навички: готовність до розв'язання комплексних проблем практичної діяльності; критичне мислення; креативність; організаційні здібності; уміння працювати в команді; емоційний інтелект; здатність правильно оцінювати проблему й ухвалювати рішення; здатність до ефективної взаємодії, заснованої на емпатії; уміння домовлятися; когнітивна гнучкість; ціннісні орієнтації; цілісний науковий світогляд, загальнонаукова, загальнокультурна, технологічна, комунікативна й соціальна компетентності тощо (Подлесний та Тарасов, 2019, с. 127).

На важливості підготовки вчителя в контексті впровадження STEM-освіти наголошують О. Стрижак, І. Сліпухіна, Н. Полісун та І. Чернецький, які вбачають у майбутньому педагогові «активного розробника міждисциплінарних освітніх програм, здатного на основі системи знань, усвідомлення наукової картини світу визначати зміст, обсяг та послідовність надання освітніх послуг, характер і ступінь інтеграції знань із різних гностичних полів, добирати адекватні методи, методики й стратегії, що сприятимуть досягненню найкращого освітнього результату, мати стійку мотивацію до безперервного професійного розвитку та самовдосконалення» (Стрижак та ін., 2017, с. 27)

Нагальною потребою в таких умовах, підкреслюють науковці, стає підготовка вчителя STEM-дисциплін, діяльність якого виходить за межі навчання учнів предмета власної спеціалізації; професіонала, який має необхідні компетентності для реалізації міждисциплінарних зв'язків, організації освітнього процесу на засадах педагогічної взаємодії, спрямованої на розвиток особистості дитини (Стрижак та ін., 2017, с. 27).

З-поміж різноманітних видів компетентностей, якими має володіти вчитель, Н. Гончарова акцентує на необхідності формування саме тих, що визначають їх готовність до інноваційних трансформацій: уміння

використовувати інноваційні ідеї та продукти задля досягнення мети; знання, необхідні для використання продуктів інноваційної діяльності (наприклад, щодо використання сучасних засобів та обладнання); переконаність у позитивному ставленні суспільства до інновацій; заповзятливість; самостійність в ухваленні рішень; відповідальність; навички роботи в команді; здатність до компромісу й уміння розв'язувати конфлікти (Гончарова, 2015).

Узагальнюючи подані вище компетентності, учена дефініціює професійну компетентність STEM-учителя як «особистісну якість, що демонструє рівень його інтеграції в інноваційне науково-технічне середовище; ініціює певний відхід від традиційного процесу професійної підготовки фахівця вузького профілю й зумовлює необхідність підготовки багатопрофільного фахівця» (Гончарова, 2015).

Отже, можемо констатувати, що проблема STEM-освіти привертає увагу багатьох українських дослідників, однак аналізовані розвідки відрізняються прикладним характером, оскільки, як правило, торкаються вузько спеціалізованих проблем, пов'язаних із окремими аспектами STEM-освіти. Разом із тим, цілісного розгляду організаційно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США поки що здійснено не було, що й обумовило напрям нашого наукового пошуку.

## **1.2. Концептуальні засади STEM-освіти**

Розгляд концептуальних засад STEM-освіти потребує аналізу ключового поняття «STEM», що являє собою акронім, який вживається на позначення перших літер складових досліджуваного феномену, а саме: S – Science (природничі науки), T – Technology (технології), E – Engineering (інженерія).

Від самого початку запровадження інтегрованої STEM-галузі в 90-х рр. XX ст. у США на позначення означеного феномену використовувався акронім SMET (S – Science (природничі науки), M – Mathematics (математика), E – Engineering (інженерія), T – Technology (технології)), який пізніше був

замінений акронімом METS (M – Mathematics (математика), E – Engineering (інженерія), T – Technology (технології), S – Science (природничі науки)).

Сучасний вигляд акронім STEM отримав у 2001 р. в офіційних документах Національного наукового фонду США. Серед дослідників популярною є версія, що зміна послідовності розташування складових STEM пов'язана зі змінами у ставленні освітніх політиків до пріоритетності відповідних предметних галузей. Так, у акронімі STEM технології були перенесені на друге місце, що пов'язано з визнанням важливості означеної складової в сучасному світі.

Також зауважимо, що крім традиційно вживаного акроніму STEM, у сучасному науковому дискурсі існує широке коло інших понять, які уточнюють або конкретизують дане (див. табл. 1.1).

*Таблиця 1.1*

### **Акроніми, що вживаються як синоніми STEM**

<i>Акронім</i>	<i>Складові</i>
STREAMi	Science (природничі науки), Technology (технології), Research (дослідження), Engineering (інженерія), Arts (мистецтво), Maths (математика), innovation (інновації)
STM	- Science (природничі науки), Technology (технології), Mathematics (математика); - Science (природничі науки), Technology (технології), Medicine (медицина)
eSTEM	environmental STEM (екологічний STEM)
STEMIE	Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика), Invention (винахід), Entrepreneurship (підприємництво)
iSTEM	invigorating STEM (надихаючий STEM)
STEMLE	Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика), Law (право) and Economics (економіка)
STEMS	Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика), Social Sciences (суспільні науки) and Sense of Place (відчуття простору)
STREAM	Science (природничі науки), Technology (технології), Robotics (робототехніка), Engineering (інженерія), Arts (мистецтво), Mathematics (математика)
STEEM	Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Economics (економіка), Mathematics (математика)

## Продовження табл. 1.1

STEAM	- Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Arts (мистецтво), Mathematics (математика); - Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Agriculture (сільське господарство), Mathematics (математика); - Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Applied Mathematics (прикладна математика)
METALS	(STEAM + Logic) – до першого представленого в даній таблиці варіанту STEAM додається логіка
STREM	- Science (природничі науки), Technology (технології), Robotics (робототехніка), Engineering (інженерія), Mathematics (математика); - Science (природничі науки), Technology (технології), Robotics (робототехніка), Engineering (інженерія), Multimedia (мультимедіа)
A-STEM	Arts (мистецтво), Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика)
GEMS	Girls in Engineering, Math, and Science (Дівчата в інженерії, математиці та природничих науках)
STEMM	Science (природничі науки), Technology (технології), Engineering (інженерія), Mathematics (математика), Medicine (медицина)
SHTEAM	Science (природничі науки), Humanities, Technology (технології), Engineering (інженерія), Arts (мистецтво), Mathematics (математика)
AMSEE	Applied Math (прикладна математика), Science (природничі науки), Engineering (інженерія), Entrepreneurship (підприємництво)
THAMES	- Technology (технології), Hands-On (практична діяльність), Arts (мистецтво), Mathematics (математика), Engineering (інженерія), Science (природничі науки); - Technology (технології), Humanities (гуманітарні науки), Arts (мистецтво), Mathematics (математика), Engineering (інженерія), Science (природничі науки)
MINT	Mathematics (математика), Informatics (інформатика), Natural sciences (природничі науки), Technology (технології)

Систематизовано автором на основі: Science, technology, engineering, and mathematics. *Wikipedia, the free encyclopedia*

Слід зауважити, що більшість із представлених у таблиці 1.1 акронімів вживаються переважно в наукових розвідках учених, тоді як нормативні документи США містять загально визнаний термін STEM.

Як свідчить аналіз наукових розвідок зарубіжних учених (Mrofu, 2019; Pimthong & Williams, 2018; Willimas, 2011; English, 2016), у процесі свого становлення STEM-освіта як окрема галузь зазнавала трансформацій, пов'язаних із комбінуванням предметних галузей у процесі навчання американських учнів. Зокрема, В. Мрофу виокремлює чотири концептуальні підходи до організації STEM-освіти: 1) ізольований (незалежний) (S-T-E-M); 2) дуетний (SteM); 3) інтеграція однієї складової в три (E S-T-M); 4) об'єднання всіх чотирьох складових (STEM).

Перший концептуальний підхід також розглядається в науковій літературі як традиційний підхід, що передбачає окреме викладання кожного предмета STEM (Gerlach, 2011). Освітні теоретики візуалізують означений підхід як S-T-E-M, фокусуючи увагу на відокремленості, незалежності кожної складової. У межах означеного підходу в школах викладаються окремі шкільні предмети, такі як природничі науки (хімія, фізика, біологія тощо), математика, технології та інженерія. Запровадження технологій та інженерії навіть у якості окремих предметів стало важливим кроком у розвитку STEM-освіти, оскільки, як правило, ці дисципліни традиційно не входили до шкільної програми. Разом із тим, означений підхід не дозволяє учням повною мірою усвідомити інтеграцію між предметами STEM та реальним світом. Також відокремлене набуття знань, цінностей та навичок не узгоджується з компетентностями, яких вимагає економіка XXI століття.

Другим підходом до організації STEM-освіти є інтеграція двох із чотирьох дисциплін STEM. На позначення такої комбінації вживається термін «дуетний STEM-підхід». Наприклад, у школах цей дуетний підхід може зосередитися на природничих науках та математиці (SteM). Інтеграція природничих наук та математики, на думку В. Даггера, є найкращим підходом до STEM-освіти в більшості шкіл серед країн (Dugger, 2010). Також науковці називають дуетний підхід дисципліноорієнтованим. У межах даного підходу окремі дисципліни викладаються як самостійні, але пріоритетна увага надається основній дисципліні, з якою у процесі вивчення інших дисциплін

установлюються міжпредметні зв'язки. Тобто, предмет центральної уваги висвітлюється більш поглиблено порівняно з іншими STEM-дисциплінами.

Неможливо не погодитися з думкою Г. Якмена, що вже само визначення кожної з дисциплін STEM переконує, що виключення однієї з них, швидше за все, створює прогалини в компетентностях учнів, що буде слугувати їм обмеженням під час вирішення реальних проблем. На підтвердження своєї думки автор наводить таку цитату: «Ми зараз живемо у світі, де Ви не зможете зрозуміти ПРИРОДНИЧІ НАУКИ без ТЕХНОЛОГІЙ, більшість досліджень та розробок яких належать до галузі ІНЖЕНЕРІЇ, які Ви не зможете створити без знання МАТЕМАТИКИ» (Yakman, 2010). Подане твердження конкретизується в наступних міркуваннях В. Даггера: Природничі науки (S) фокусуються на тому, що існує в природному світі. Учений займається науковими дослідженнями, здійснює відкриття для того, щоб зрозуміти світ. У закладах освіти вивчення біології, хімії, астрономії та інших предметів природничо-наукового циклу мають надати учням знання щодо конкретних аспектів того, що існує у світі. Технології (T) стосується того, що можна спроектувати, виготовити й розробити з матеріалів та речовин у природному світі, щоб задовольнити потреби і запити людини. Людина змінює природний світ за допомогою винаходів, інновацій та практичного вирішення проблем, а також процесів проектування. Інженерія (E) застосовує математичні та природничо-наукові знання для розробки способів економічного використання матеріалів та сил природи, щоб принести користь людині. Людина використовує технології для отримання таких ресурсів, як джерела енергії, завдяки творчості та логіці. Технології та інженерні дисципліни є тісно взаємопов'язаними. Нарешті, математика (M) – це наука про закономірності та відношення [числово й символічно виражена], яка забезпечує конкретну мову для технологій, природничих наук та інженерії (Dugger, 2010).

Третій концептуальний підхід передбачає інтеграцію однієї з дисциплін STEM в інші три. Наприклад, інженерний зміст може бути інтегрований у курси природничих наук, технологій та математики. В. Даггер пропонує

розглядати таку комбінацію як E S-T-M. Відповідно, інтеграцію технологій автор представляє як T S-E-M. Означений підхід призначений подолати обмеження дуєтного підходу, який фокусується лише на математиці і природничих науках. У даному контексті інтеграція STEM може бути досягнута за допомогою використання інженерних або технологічних конструкцій для створення зв'язків між концепціями та практиками з математики чи природничих наук (Stohlmann & Roehrig, 2012; Sanders, 2009; English & King, 2015).

Четвертий підхід фокусується на об'єднанні всіх чотирьох дисциплін в одну, що викладається як інтегрований предмет. Цей спосіб навчання STEM підкреслює міждисциплінарний характер STEM-освіти. Різні прояви цієї форми STEM-освіти зводяться до змішаного підходу, який об'єднує в одне предметне поле практики з усіх предметних галузей (мета, зміст навчання, контекст, методи, оцінювання та взаємодію) (Tsupros et al., 2009). Дослідники також зазначають, що інтегрований STEM як міждисциплінарна галузь передбачає виокремлення в предметних взаємозв'язках міждисциплінарного змісту та навичок (Stohlmann et al., 2012). Інтегрована форма STEM-освіти вимагає від учителів володіння відповідними знаннями та навичками з кожної дисципліни, щоб учні отримали цілісні компетентності для розв'язання глобальних проблем (Corlu et al., 2014). Цей інтегрований зміст відображає мультидисциплінарний характер проблем, що виникають у реальному світі. Інтегрована STEM-освіта може забезпечити учнів необхідними навичками, щоб пов'язати книжні знання з реальними проблемами та надати практичний підхід, який підвищить мотивацію учнів до обрання STEM-предметів для вивчення. Дослідження вказують на те, що використання міждисциплінарної STEM-освіти надає учням можливості для отримання відповідного досвіду, що спонукає до роздумів (Furner & Kumar, 2007). Такий досвід стимулює розвиток мислення вищого порядку. Зрештою, як наголошують Дж. Моррісон та Р. Барлет, ефективна реалізація досліджуваного підходу робить учнів

кращими новаторами, винахідниками, розвиває самостійність, логіку, мислення й технологічну грамотність (Morrison & Bartlet, 2009).

Принагідно зауважимо, що на сучасному етапі розвитку американського суспільства переважає саме тенденція інтегрованої STEM-освіти. За твердженням Т. Кеннеді та М. Оделла (2014), нині STEM-освіта перетворилася на метадисципліну, у межах якої інтегруються зусилля, що усувають традиційні бар'єри між її складовими, натомість увага акцентується на інноваціях та процесі розв'язання складних контекстних проблем із використанням сучасних інструментів та технологій. Високоякісна STEM-освіта потребує чітко розробленого курикулуму, у якому технології та інженерія інтегрується в природничо-наукову та математичну програму. STEM-освіта базується на наукових дослідженнях та інженерному проектуванні задля вирішення проблем (Kennedy & Odell, 2014, с. 246).

Проблема інтегрованого навчання STEM тісно пов'язана з феноменом STEM-грамотності, під якою в найбільш загальному сенсі мається на увазі здатність ідентифікувати, застосовувати й інтегрувати поняття з природничих наук, технологій, інженерії та математики для усвідомлення складних проблем та пошук інновацій для їх вирішення (Balka, 2011).

Згідно з визначенням, сформульованим Національною інженерною академією (National Academy of Engineering – NAE) спільно з Національною радою з наукових досліджень (National Research Council – NRC), STEM-грамотність дефініціюється як:

- здатність до усвідомлення ролі природничих наук, технологій, інженерії та математики в сучасному суспільстві;
- знання основних понять із кожної предметної галузі – складової STEM;
- здатність застосовувати знання в галузі природничих наук, технологій, інженерії та математики на практиці (зокрема, здатність критично оцінювати нововведення природничо-наукового або інженерного змісту, володіння основними способами розв'язання проблем у галузі технологій,

здатність виконувати основні математичні операції, що стосуються щоденного життя) (National Academy of Engineering (NAE) and National Research Council (NRC), 2014, с. 34).

У даному контексті американських теоретиків освіти і педагогів-практиків турбує питання щодо перетворення процесу вивчення STEM-грамотності як педагогічного феномену на безпосередній процес набуття STEM-грамотності. З цією метою вони визначають низку основних аспектів, які повинні враховуватися в змісті навчальних програм та процесі викладання STEM-дисциплін. Одним із головних аспектів, на якому наголошує широке коло американських учених, є недоречність та неефективність відокремленого вивчення предметних галузей STEM у загальноосвітніх школах, насамперед, інженерних наук та технологій.

На таких засадах у сучасному зарубіжному науковому дискурсі ґрунтується низка концептуальних підходів до організації STEM-освіти. Одним із таких підходів є концепція інтегрованої STEM-освіти, запропонована Т. Келлі та Дж. Ноулсом (Kelley & Knowles, 2016). Автори концепції наголошують, що вона може стати в нагоді саме вчителям старших середніх шкіл. На рис. 1.3 подано візуалізацію означеної концепції.

На рис. 1.3 зображено блок і механізм із чотирьох шківів для підняття вантажу, у даному випадку «ситуативного навчання STEM». Блок і шківів – це система передачі, що полегшує підйом вантажу. На рис. 1.3 представлено інтегровану систему, що охоплює ситуативне навчання, інженерне проектування, наукове дослідження, технологічну грамотність та математичне мислення. Кожен шків у системі пов'язує загальноприйняті практики в межах чотирьох дисциплін STEM за допомогою ременів. Усі складові (шківів) мають працювати злагоджено, щоб забезпечити цілісність системи. Автори зауважують, що не обов'язково всі чотири предметні сфери STEM можуть бути актуалізовані під час кожного навчального досвіду STEM, але STEM-вчителі мають чітко усвідомлювати взаємозв'язок, який можна встановити між предметними галузями й залучити спільноту практиків. Як і в будь-якій

концептуальній моделі, існують обмеження щодо розгляду інтегрованої STEM-освіти за допомогою запропонованого підходу. Далі схарактеризуємо означені складові детальніше.

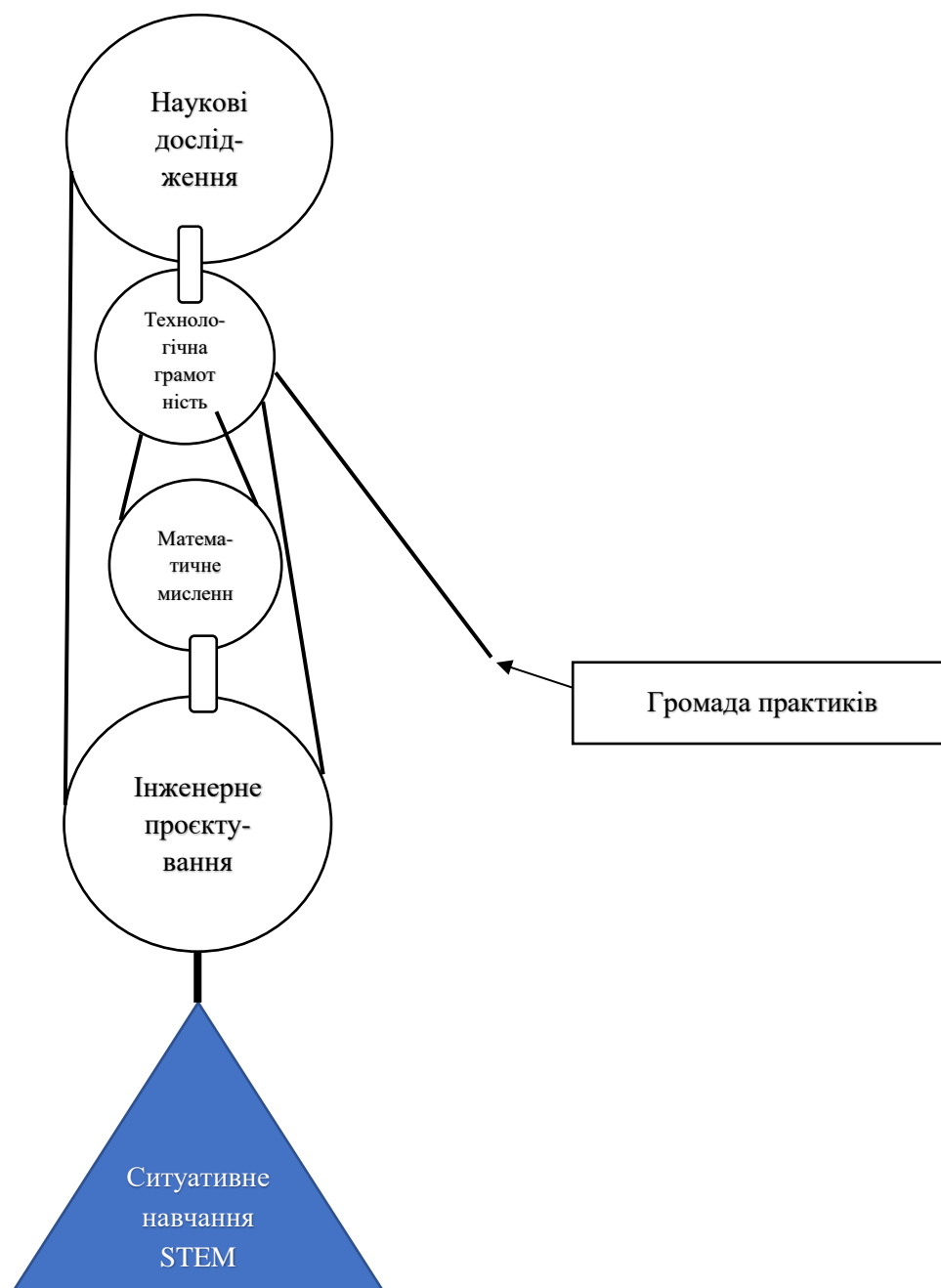


Рис. 1.3. Візуалізація концепції інтегрованого навчання STEM-дисциплін Т. Келлі та Дж. Ноулза (Kelley & Knowles, 2016)

Дослідники (Brown et al., 1989; Lave & Wenger, 1991; Putnam & Borko, 2000), наголошують, що в основу навчання STEM покладено ситуаційну теорію пізнання. Основою означеної теорії є припущення, що усвідомлення

того, як можна застосовувати знання та вміння, є настільки ж важливим, як і набуття самих знань і вмінь. Ситуаційна теорія пізнання наголошує на важливості контексту (як фізичного, так і соціального) для організації освітнього процесу. Коли в учня формується база знань та навичок щодо певної діяльності, контекст цієї діяльності є значущим для процесу навчання (Putnam & Borko 2000). Часто, коли навчання ґрунтується на ситуації, яка склалася, воно є автентичним та актуальним, отже, репрезентативним для досвіду, отриманого в реальній практиці STEM. Розглядаючи питання про інтеграцію змісту STEM, інженерний дизайн може стати таким ситуативним контекстом та платформою для навчання STEM.

Звичайно, існує певний зміст STEM, який не може бути розміщений в автентичному контексті, таким чином обмежуючи запропоновану авторами модель лише тим змістом, що може бути застосований у ситуативному навчанні. На рис. 1.3 ситуативне навчання STEM репрезентовано як «вантаж».

Наступною складовою запропонованої Т. Келлі та Дж. Ноулзом концептуальної моделі інтегрованого навчання STEM є інженерне проектування. Інженерне проектування, на думку розробників моделі, являє собою ідеальний інтегратор змісту STEM. Більше того, застосування інженерного проектування в організації STEM-освіти відкриває ідеальну можливість для включення інженерних практик у курикулуми загальноосвітніх шкіл, зокрема й старших середніх. Використання інженерного проектування як каталізатора у вивченні STEM є життєво важливим для об'єднання всіх чотирьох дисциплін STEM на однаковій платформі. Сама природа інженерного проектування пропонує учням системний підхід до вирішення проблем, які часто зустрічаються природним чином у всіх сферах STEM. Інженерне проектування надає можливість знаходити перетини й установлювати зв'язки між STEM-дисциплінами, що було визначено запорукою їх інтеграції (Frykholm & Glasson, 2005; Barnett & Hodson, 2001).

Зокрема викладання природничих наук можна вдосконалити саме за допомогою інженерного проектування, оскільки воно уможливорює застосування наукових знань та досліджень, а також забезпечує автентичний контекст для виконання математичних завдань та прийняття зважених рішень під час проектування. Доцільність запропонованого підходу підтверджуються положеннями Нових стандартів природничо-наукової освіти (New Science Education Standards) (NRC, 2012), що рекомендують надавати учням можливості здійснювати наукові дослідження й розробляти інженерні проекти на всіх рівнях шкільної освіти (K-12) (NRC, 2012, с. 9). Аналітичний елемент процесу інженерного проектування дозволяє учням використовувати дослідження з математики та природничих наук для проведення експериментів, які дозволяють учню отримати інформацію про функції та ефективність потенційних проектних рішень до того, як буде побудований остаточний прототип. Такий підхід до інженерного проектування дозволяє учням спиратися на власний досвід та конструювати нові природничо-наукові й математичні знання шляхом аналізу проекту та наукових досліджень. На думку науковців на чолі з Дж. Брауном, такий досвід є необхідним для ефективного навчання, адже: «Інженерія та технології забезпечують контекст, у якому учні можуть перевірити власні знання з природничих наук, що розвиваються, і застосувати їх у вирішенні практичних проблем; це покращує їх розуміння сутності природничих наук – і, для багатьох, підвищує їхній інтерес до означеної галузі – оскільки вони можуть наочно спостерігати взаємодію природничих наук, інженерії та технологій». Автори переконані, що «залучення до практичної діяльності з інженерного проектування є такою самою частиною вивчення природничих наук, як і залучення до практичної діяльності з природничих наук» (Brown et al., 1989, с. 12).

В інженерній практиці інженерне проектування та наукове дослідження переплітаються через складний процес конструкторської поведінки та наукового міркування (Purzer et al., 2015). Незважаючи на те, що процеси інженерного проектування та наукового дослідження мають низку сутнісних

відмінностей, точкою перетину виступають: 1) процес міркування, за допомогою якого долається розрив між проблемою та її розв'язанням, та 2) невизначеність як початкова умова, що вимагає витрат когнітивних ресурсів (Purzer et al., 2015, с. 2). Крім того, як в інженерному проєктуванні, так і в науковому дослідженні увага акцентується на практикоорієнтованому навчанні (там само). Як і у випадку з ситуативним навчанням, розгляд змісту всіх STEM-дисциплін крізь призму інженерного проєктування не завжди видається можливим.

Вивчення природничих наук у відповідному контексті та можливість застосовувати наукові знання в ситуаціях реального життя є ключовим фактором справжнього розуміння. Дослідницький підхід до викладання вимагає від викладачів «заохочувати та моделювати навички наукового дослідження, а також розвивати цікавість, відкритість до нових ідей та скептицизм, що характеризують наукову діяльність» (*National Research Council, 1996, с. 37*). Наукові дослідження дозволяють учням відчувати себе справжніми вченими: ставити питання, висувати гіпотези та проводити дослідження, використовуючи стандартні наукові практики. Однак, дослідницький підхід вимагає наявності високого рівня знань як учнів, так і вчителів. Учителі часто почуваються неготовими, оскільки їм не вистачає власного досвіду наукових досліджень (Nadelson et al. 2012). У них сформовані помилкові уявлення про практикоорієнтоване навчання, згідно з якими практичні завдання та лабораторні роботи часто розглядаються як еквівалентні науковому дослідженню. Однак, означені заходи не рівнозначні справжньому науковому дослідженню, хоча при цьому повинні включати досвід наукового мислення, закладений у конструктивістських підходах до навчання (*National Research Council, 1996, с. 13*). Учні можуть стати рушіями власного навчання, коли їм надається можливість конструювати власні запитання, пов'язані з науковим контентом, який вони досліджують. Ключовим моментом ефективної підготовки STEM-учителів до використання дослідницького підходу в навчанні є вдосконалення їхніх знань щодо методології наукових досліджень.

Переходячи до розгляду наступної складової досліджуваної нами концептуальної моделі, вважаємо за доцільне навести думку С. Кевене, який наголошує, що в трактуванні «Т» у STEM-освіті більшість учителів не виходять за межі освітніх технологій, що використовуються з метою вдосконалення навчальної діяльності (Cavanagh, 2008). STEM-учителі, які дотримуються таких поглядів, не визнають, що технологія складається з сукупності знань, умінь та практик. Разом із тим, як зазначає М. Барак, наявність широкої сукупності трактувань терміну «технологія» лише ускладнює розуміння його сутності (Barak 2012). Д. Хершбах (Herschbach, 2009) припускає, що існує два загальних погляди на технології: інженерний та гуманітарний. На думку А. Фінберга, інженерний погляд, який також називають інструментальною перспективою, передбачає, що «технологія прирівнюється до виготовлення й використання матеріальних об'єктів – тобто артефактів» (Feenberg, 2006, с. 128). Натомість гуманітарний погляд на технологію фокусується на людському вимірі як відповіді на конкретні людські зусилля; отже, саме мета людини надає додаткове значення технологіям (Achterhuis, 2001). З гуманітарної точки зору технологія характеризується цінністю, що уможливлює дослідження впливу технологій, включаючи культурний, соціальний, економічний, політичний та екологічний (Feenberg, 2006).

У таблиці 1.2 подано порівняльну характеристику інженерного та гуманітарного поглядів на технологію.

*Таблиця 1.2*

**Порівняльна характеристика поглядів на технологію (Herschbach, 2009)**

Інженерний	Гуманітарний
Технологія являє собою: - чітко визначений обсяг знань; - діяльність або спосіб дії; - процедури конструювання, проектування, виробництва та дослідження; - фізичні інструменти, засоби та артефакти; - організовані інтегровані системи, які використовуються для створення, виробництва й використання технологій	Технологія може розглядатися як: - дещо більше, ніж проста сума інструментів, засобів, артефактів, процесів та систем; - засіб впливу на структуру культурного/соціального замовлення незалежно від намірів користувача; - засіб служіння цінностям людини та впливу на формування цінностей;

## Продовження табл. 1.2

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- автономні соціальні та економічні сили, що часто перевершують традиційні та конкуруючі цінності;</li> <li>- здатність до непередбачуваних позитивних, а також руйнівних соціальних та економічних наслідків</li> </ul>
--	---

У свою чергу, С. Мітчем поєднує обидва погляди, визначаючи чотири різні способи концептуалізації технології. Дослідник ідентифікує технологію як: об'єкти; знання; діяльність та волю. Учений зазначає, що часто люди ототожнюють технологію з артефактами чи предметами, а тому подолання цього обмеженого погляду на технологію може мати вирішальне значення для навчання STEM у межах інтегрованого підходу. С. Мітчем також стверджує, що технологія складається з конкретних і чітких знань, а тому є дисципліною. Він розглядає технологію і як процес, що включає проектування, виготовлення й використання технологій. Розгляд технології як категорії «воля» увиразнює бачення, що технологія керується людською волею і, як результат, закладена в людській культурі, керована людськими цінностями (Mitcham, 1994). М. ДеВріз зазначає, що інженерія відрізняється від технології тим, що перша включає лише професію розроблення й виробництва технології, тоді як більш широке поняття технології також стосується виміру користувача. Технологи, більше ніж інженери, мають справу з потребами людини, а також економічними, соціальними, культурними та екологічними аспектами вирішення проблем і розробки нових продуктів (DeVries, 2011).

М. Барак припускає, що і інженерія, і технологія настільки тісно пов'язані, що їх слід викладати комплексно в межах технологічної освіти, і пропонує викладати їх як один шкільний предмет, який називається інженерно-технологічна освіта (Engineering Technology Education – ETE) (Barak, 2012).

У 2000 році Міжнародна асоціація технологічної освіти (International Technology Education Association – ITEA) розробила «Стандарти технологічної

грамотності: Зміст для вивчення технологій» (Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology – STL), у яких було визначено зміст, необхідний учням загальноосвітніх шкіл (K-12) для того, щоб стати технологічно грамотними громадянами, які живуть у XXI столітті. STEM-учителі повинні надавати учням можливість сприймати технології як механізм змін, що мають як позитивний, так і негативний вплив на культуру, суспільство, політику, економіку та навколишнє середовище.

Наступною складовою моделі є математичне мислення. Розробники моделі наголошують, що учні більш умотивовані та ефективніше оцінюють зміст математики, коли вчителі використовують інтегрований підхід до навчання STEM (Kelley & Knowles, 2016). На підтвердження автори приводять результати дослідження групи вчених на чолі з Д. Тільманом, згідно з якими учні мали кращі навчальні результати з математики та краще ставлення до STEM, коли вони були залучені до навчальної діяльності на основі інженерного проектування та розроблення прототипних рішень із використанням технології 3D-друку (Tillman et al., 2014). У свою чергу, Д. Вільямс зазначає, що контекстуальне викладання дозволяє краще усвідомити математику, оскільки «учні хочуть знати не лише як виконати математичне завдання, але й чому їм потрібно вивчати математику в першу чергу. Вони хочуть знати, як математика відповідає їхньому життю» (Williams, 2007, с. 572). Включення практик STEM, що передбачають математичний аналіз, необхідний для оцінки проектних рішень, забезпечує необхідну раціональність для вивчення математики та дозволяє встановити зв'язок між тим, що вивчається в школі, та тим, що вимагається в професійній діяльності в галузі STEM (Burghardt & Hacker, 2004). Однак, як зауважують автори моделі, не весь зміст математики, що викладається в межах загальної середньої освіти, може бути застосований у процесі інженерного проектування. Крім того, не всі учні середньої школи мають такий рівень когнітивного розвитку, що дозволить їм використовувати математичні обчислення в інженерному проектуванні (Kelley & Knowles, 2016).

Слід наголосити, що досліджувана концепція приділяє значну увагу не лише контексту навчання, але й також соціальному аспекту. Дж. Лейв та Е. Венгер називають це периферійною участю, коли навчання відбувається у спільноті практиків, які допомагають учню збільшити рівень знань та оволодіти відповідними навичками (Lave & Wenger, 1991, с. 29).

У спільноті практиків і новачки, і досвідчені практики можуть вчитися у процесі спостережень та дискусій, взаємодіючи з іншими людьми, які мають більший чи інший досвід. Навчання полегшується, коли новачки та досвідчені практики організують свою роботу таким чином, щоб усі учасники мали змогу бачити, обговорювати та брати участь у спільних практиках (Levine & Marcus, 2010, р. 390).

Т. Келлі та Дж. Ноулз пропонують залучати до спільноти практиків представників місцевих громад, пов'язаних зі STEM-галуззю, таких як практикуючі вчені, інженери та технологи, які можуть допомогти зосередити навчання навколо реальних контекстів STEM незалежно від педагогічного підходу. Автори також застерігають, що навчання інтегрованого STEM у межах спільноти практиків є складним завданням для вчителів, оскільки їм потрібно постійно спілкуватися з іншими фахівцями в галузі STEM та бути готовими створити таку спільноту у своєму класі. Крім того, не всі учні вчаться краще в соціальних середовищах, тому вони можуть чинити опір спільноті практиків, і це може обмежити їхню здатність вчитися за допомогою означеного освітнього підходу (Kelley & Knowles, 2016).

Наголошуючи на інтегрованому вивченні STEM-дисциплін у межах спільноти практиків, автори концепції наголошують на необхідності вивчення особливостей природничо-наукових та інженерних практик (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

**Порівняльна характеристика природничо-наукових та інженерних практик (Kelley & Knowles, 2016)**

<i>Природничо-наукові практики</i>	<i>Інженерні практики</i>
В основу покладено питання про певне явище	В основу покладено проблеми, потреби чи бажання, що приводить до розробленого рішення
Використання моделей для розробки пояснень про явища природи	Використання моделей та симуляцій для аналізу існуючих рішень
Наукові дослідження в польових умовах або лабораторіях із використанням системного підходу	Інженерне дослідження для отримання даних, необхідних для виявлення критеріїв та обмежень та перевірки дизайнерських ідей
Аналіз та інтерпретація даних наукових досліджень із використанням низки інструментів для аналізу (табуляція, графічна інтерпретація, візуалізація та статистичний аналіз) та визначення шаблонів	Аналіз та інтерпретація даних, зібраних під час випробувань конструкцій та досліджень, для пошуку оптимальних проєктних рішень
Математичне та обчислювальне мислення є основними інструментами для представлення змінних та їх взаємозв'язків. Ці способи мислення дозволяють робити прогнози, перевіряти теорію та знаходити закономірності або кореляції	Математичне та обчислювальне мислення є невід'ємною частиною проєктування, дозволяючи інженерам проводити тести та математичні моделі для оцінки ефективності проєктного рішення перед створенням прототипів
Розроблення концепцій для надання пояснень є метою науковців та обґрунтуванням пояснення явища наявними доказами	Побудова конструкторських рішень із використанням системного підходу до вирішення інженерних задач на основі наукових знань та моделей матеріального світу. Розроблені рішення оптимізовані шляхом вирівнювання обмежень та критеріїв із існуючими умовами
Аргументи з доказами є ключовими для природничо-наукової практики, оскільки дають пояснення природного явища. Учені захищають пояснення, формують докази на основі даних та досліджують ідеї разом із колегами	Аргументи з доказами є ключовим фактором для розробки найкращих можливих рішень проблеми. Розташування найкращого рішення базується на системному підході до порівняння альтернатив, формулюванні доказів на основі випробувань та перегляді проєктних рішень

Отже, для STEM-учителів важливим є розуміння STEM-практик у кожній окремій предметній галузі, що дозволить їм визначити ключові результати навчання. У таблиці 1.3 подано ключові практики, які формують

унікальний набір знань та навичок, необхідних для подальших наукових досліджень та розв'язання проблем у STEM галузі (Kolodner, 2002).

Таблиця 1.4

### Ключові дослідницькі й технічні навички та практики

<i>Дослідницькі навички та практики</i>	<i>Технічні навички та практики</i>
Визначення проблеми та предмета дослідження	Визначення критеріїв, обмежень, специфікацій проблеми
Генерування запитань, які можна дослідити	Робота з матеріалами та їх розуміння
Дослідження з метою експериментування, моделювання, вивчення випадків, управління змінними, точне спостереження та вимірювання, виявлення закономірностей	Дослідження з метою розроблення та запуску моделей, вивчення кейсів
Інформоване прийняття рішень, обґрунтування висновків	Інформоване прийняття рішень, обґрунтування проектних рішень
Ітерація для розуміння	Ітерація для прийняття рішення
Наукові пояснення	Пояснення невдач та вдосконалення рішень
Планування дослідження	Пріоритетність критеріїв, їх розташування й оптимізація
Комунікація ідей, результатів, інтерпретацій, наслідків, обґрунтувань, пояснень, принципів	Комунікація ідей, конструкторських рішень, обґрунтувань, пояснень, ескізних правил конструювання
Командна робота, співпраця між командами	Командна робота, співпраця між командам

Крім окреслених вище дослідницьких та технічних навичок і практик, до ключових в інтегрованому навчанні STEM належать також математичні навички та практики, що містяться в Загальних стандартах з математики (Common Core standards for mathematics), зокрема:

- здатність осмислювати проблему й наполегливо її вирішувати;
- абстрактне мислення;
- здатність конструювати аргументи та піддавати сумнівам міркування інших;
- здатність до математичного моделювання;
- уміння стратегічно використовувати інструменти;
- точність;
- уміння користуватися засобами математичної інформації.

Розгляд поданих вище практик дозволяє не лише усвідомити контекст, у якому вони реалізуються, але і яскраво ілюструє наскрізні STEM-зв'язки. Установлення точок перетину та зв'язків між STEM-дисциплінами допоможе STEM-учителям краще донести їх зміст до учнів. Відповідно, особливістю інтегрованого підходу до навчання STEM є засвоєння STEM-змісту поряд із практиками STEM. Як зміст, так і практики є однаково важливими для забезпечення ідеального контексту для навчання (Kelley & Knowles, 2016).

Слід наголосити, що нині в умовах гуманітаризації освіти вчені все частіше звертають увагу на необхідність інтеграції в цілісний феномен STEM ще однієї складової – А – Arts (мистецтво).

Доцільність введення мистецтва науковці обґрунтовують можливістю охопити більшу цільову аудиторію, наприклад учнів із низькою успішністю, яким важко засвоювати STEM-дисципліни, або учнів із особливими освітніми потребами, а також дівчат (Willimas, 2011). С. Гузей та Е. Рінг-Вейл також наголошують, що розширивши STEM-освіту за рахунок такої складової, як мистецтво, сприятиме розширенню доступу до означеної галузі. Мистецька галузь охоплює виконавське мистецтво (наприклад, хореографічне, музичне або театральне), візуальне мистецтво (образотворче, декоративно-прикладне) та мистецтво виробництва (медіа-мистецтво), а також мовне. Науковці наголошують, що в реальному житті люди не відокремлюють аспекти природознавства, математики, мистецтва тощо, скоріше вони спираються на всі дисципліни і цілісно розв'язують проблеми (Guzey & Ring-Whale, 2018).

Підсумовуючи, зауважимо, що окреслені вище концептуальні підходи дозволяють простежити еволюцію STEM освіти в сучасних умовах, що відображено на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Еволюція концептуальних підходів до STEM-освіти

Таким чином, представлені концептуальні підходи демонструють еволюцію STEM-освіти як суспільного й освітнього феномену як у Сполучених Штатах, так і світі в цілому. Разом із тим, зауважимо, що не всі країни вже пройшли всі п'ять унаочнених на рис. 1.4 етапів, а тому запропонована схема може слугувати концептуальною рамкою, за допомогою якої можна відстежити подальший розвиток досліджуваного феномену.

### 1.3. Генеза STEM-освіти у старшій середній школі США

Початок XXI ст. ознаменувався підвищенням уваги до проблем STEM-освіти як окремої предметної галузі як із боку освітніх теоретиків, так і освітніх політиків США. Для того, щоб зрозуміти сучасний феномен STEM-освіти, вважаємо за доцільне висвітлити зміни, що відбувалися на різних етапах її розвитку в досліджуваній країні.

Сформульована нами періодизація розвитку STEM-освіти у США базується, насамперед, на матеріалах досліджень відомих американських теоретиків STEM-освіти та нормативних документах національного рівня. Головним критерієм, покладеним в основу представленої далі періодизації, є сутнісні зміни нормативної бази, змісту, форм та методів реалізації STEM-освіти у старшій середній школі США.

Аналіз наукових джерел дозволив нам визначити чотири етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США у другій половині XX – на початку XXI ст.:

- I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти;
- II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти;
- III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти;
- IV етап (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти.

Перш ніж перейти до розгляду визначених нами етапів, вважаємо за доцільне зосередитися на подіях, що передували виокремленню досліджуваного феномену в самостійну предметну галузь.

У цьому контексті зауважимо, що інтерес до освіти, що передбачала вивчення STEM-предметів, виник ще в колоніальну епоху, коли Бенджамін Франклін наголосив у своїх «Пропозиціях щодо виховання молоді в Пенсільванії» (Proposals Relating to the Education of Youth in Pennsylvania), що «учням слід вивчати такі теми, як щеплення, посадка, торгівля, виробництво, потужність та вплив двигунів і машин та механіка» (Franklin, 1749).

У 1824 р. було створено Політехнічний інститут Ренсселера (Rensselaer Polytechnic Institute), що став першим у англomовному світі технологічним університетом, у якому навчали практичних мистецтв синів та дочок орендарів Феодального землеволодіння Ренсселера. У результаті прийняття Закону «Про земельні гранти» (1862) були створені сільськогосподарські заклади освіти та інститути механіки, причому в декількох із них (наприклад, Університеті штату Огайо) були запроваджені програми професійної підготовки вчителя ручної праці як складової інженерної програми.

Зважаючи на стрімкий розвиток та використання технологій, на федеральному рівні було наголошено на необхідності запровадження в курикулум закладів освіти технологій. Законом «Про професійну освіту» (1917) на Федеральний уряд було покладено відповідальність за надання фінансової підтримки професійно-технічній освіті.

Слід зауважити, що вже на початку ХХ ст. було створено перші STEM-орієнтовані старші середні школи – Stuyvesant High School (заснована в 1904 році) та Bronx High School of Science (заснована в 1938 році).

Старша середня школа Stuyvesant High School була заснована в 1904 році як «школа навчання хлопчиків ручній праці», прийнявши на навчання 155 учнів, яким надавали освітні послуги 12 учителів. Діяльність школи була спрямована на розвиток талантів школярів у галузі природничих наук, математики та інженерії. У 1907 році школа переїхала з початкового місця розташування за адресою 225 East 23rd Street на 345 East East 15th Street, де вона залишалася протягом наступних 85 років (див. Додаток Б, рис. Б.1). Також зауважимо, що Stuyvesant High School була названа на честь Пітера Стайвесанта, останнього голландського губернатора Нової Нідерланди до того, як колонію захопила Англія в 1664 році. Зважаючи на зростаючу популярність закладу освіти завдяки його репутації щодо високої якості природничо-математичної освіти, на початку 20-х рр. ХХ ст. школі довелося працювати у дві зміни, щоб прийняти зростаючу кількість учнів. У 30-х рр. ХХ ст. були введені вступні тести, що зробило заклад ще більш

конкурентоспроможним. У 1969 р. навчання в школі стало спільним – було дозволено приймати на навчання дівчат, після чого на перший рік навчання було зараховано 14 дівчат (*Stuyvesant High School. History of the school; Old Stuyvesant High School*).

Наступна STEM-орієнтована старша середня школа – Bronx High School of Science – була заснована в 1938 р. за рішенням Департаменту освіти міста Нью-Йорк, яку очолив доктор Моріс Мейстер. Школа розміщувалася в готичній будівлі, розташованій на Крестон-авеню та 184-й вулиці (див. Додаток Б, рис. Б.2). Будівля, побудована в 1918 р. для старшої середньої школи Evander Childs High School, раніше була зайнята старшою середньою школою Walton High School (1930 р.) та прибудовою старшої середньої школи DeWitt Clinton High School (1935 р.). Bronx High School of Science розпочала роботу зі 150 учнями дев'ятого класу та 250 учнями десятого класу, а решту приміщень використовувала DeWitt Clinton High School. Слід зауважити, що Bronx High School of Science, як і Stuyvesant High School, спеціалізувалася на викладанні природничих наук та математики.

У міру того, як Bronx High School of Science збільшувався, контингент DeWitt Clinton High School поступово повертався до своєї головної будівлі. Під час спільного користування будівлею, яке тривало два роки, обидва заклади мали окремий викладацький склад та класи, але одне керівництво.

У 1946 р. завдяки зусиллям доктора Мейстера, викладацькому складу та Асоціації батьків, школа стала спільною для дівчат та хлопців. Від самого початку роботи школи Асоціація батьків ініціювала кампанію за нову будівлю.

Під керівництвом наступного директора – доктора Таффеля були завершені плани нової будівлі та обладнання. 3 березня 1959 р. учні та вчителі вперше зайняли нову будівлю, обладнану найсучаснішими на той час приміщеннями та лабораторіями для виконання її програми (*Bronx High School of Science*).

Крім створення перших STEM-орієнтованих шкіл, розвитку STEM-освіти у США сприяло створення професійних організацій у досліджуваній галузі (див. табл. 1.5).

Таблиця 1.5

**Хронологічна таблиця створення професійних організацій у галузі  
STEM-освіти**

Назва	Рік	Мета діяльності
Американська асоціація статистики (American Statistics Association – ASA)	1839	Науково-освітнє товариство, засноване з метою сприяння вдосконаленню використання статистичних даних у дослідженнях із біологічних, фізичних, соціальних та економічних наук
Американське математичне товариство (American Mathematical Society – AMS)	1888	Здійснення досліджень у галузі математичних наук та присудження стипендій. На даний час Товариство налічує приблизно 30 000 членів. Організація виконує свою місію за допомогою програм, що сприяють здійсненню наукових досліджень, підвищенню обізнаності про цінність математики для суспільства та сприяють досягненню високої якості математичної освіти
Американське астрономічне товариство (American Astronomical Society – AAS)	1899	Провідна організація професійних астрономів у Північній Америці, основною метою якої є сприяння розвитку астрономії та суміжних галузей науки
Американське товариство інженерної освіти (American Society for Engineering Education – ASEE)	1893	Некомерційна організація, заснована з метою просування й удосконалення інженерної та технологічної освіти
Математична асоціація Америки (Mathematical Association of America – MAA)	1914	Найбільша в світі організація, присвячена інтересам математики
Національна рада вчителів математики (National Council of Teachers of Mathematics – NCTM)	1920	Некомерційна професійна асоціація, метою якої є вдосконалення математичної освіти для всіх учнів США та Канади. На сьогоднішній день це найбільша організація математичної освіти у світі, до складу якої входять понад 120 000 учителів, освітян та інших фахівців
Товариство промислової та прикладної математики (Society for Industrial and Applied Mathematics – SIAM)	1952	Спрямоване на просування математики в науці та промисловості, сприяння здійсненню наукових досліджень із математики, обміну досвідом між фахівцями означеної галузі, а також профорієнтаційну роботу серед учнівської молоді
Американське астронавтичне товариство (American Astronautical Society – AAS)	1954	Провідна незалежна науково-технічна організація у США, яка спеціалізується виключно на розвитку космічної науки та наукових досліджень

Визначною подією в розвитку STEM-освіти стало створення Конгресом у 1950 р. Національного наукового фонду (National Science Foundation – NSF) як незалежного федерального агентства, спрямованого на «сприяння прогресу науки; зміцнення національного здоров'я, посилення процвітання й добробуту; забезпечення національної оборони» (*About the National Science Foundation*).

З моменту свого створення в 1950 р. Національний науковий фонд фінансував освіту. У перші роки існування NSF фінансування було спрямовано на виплату стипендій. Але, вже в кінці 50-х рр. XX ст. за наполяганням Конгресу, майже в усіх штатах отримали фінансування літні інститути для викладачів природничих наук та математики. Із запуском Радянського Супутника в 1957 р., за фінансової підтримки NSF було створено інноваційні навчальні програми з фізики, хімії, біології та математики (*The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering K-12 Education*, 2009).

Слід наголосити, що створення інноваційних навчальних програм із природничо-математичних дисциплін стало не єдиною реакцією на запуск СРСР першого супутника, адже упевненість американських політиків у світовій першості похитнулася. Саме з цього часу починається низка системних дій із імплементації STEM-освіти в країні, що й було покладено в основу виокремлення *першого етапу* ((1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти) розробленої нами періодизації.

Після отримання інформації про запуск супутника, головний секретар Комітету з питань освіти і праці Сенату (Senate's Education and Labor Committee) Стюарт МакКлор направив своєму голові, демократу від штату Алабама Лістеру Хіллу, нагадування, що під час останніх трьох з'їздів Сенат прийняв законодавство про федеральне фінансування освіти, але що всі нормативні акти так і не були введені в дію. Можливо, якби вони назвали законопроект про освіту законопроектом про національну оборону, вони могли би його прийняти. Сенатор Хілл (за визначенням його колег – кмітливий

законодавчий тактик) скористався ідеєю, яка призвела до прийняття в 1958 р. Закону «Про освіту в інтересах національної оборони» (The National Defense Education Act National Defence Act) (*United States Senate. Sputnik Spurs Passage of the National Defense Education Act*).

Закон «Про освіту в інтересах національної оборони» став однією з найбільш успішних законодавчих ініціатив у галузі вищої освіти. Він установив легітимність федерального фінансування вищої освіти та відкрив джерела фінансування для недорогих студентських позик, що стало стимулом для розвитку освітньої пропозиції в галузі STEM державних та приватних закладів вищої освіти. Незважаючи на той факт, що означений Закон був спрямований, насамперед, на освіту в галузі природничих наук, математики та іноземних мов, він також сприяв розширенню бібліотек коледжів та інших служб для всіх студентів. Фінансування розпочалось у 1958 р. та було збільшено протягом наступних кількох років. Результати були помітними: кількість студентів збільшилася з 3,6 млн. у 1960 р. до 7,5 млн. у 1970 р. (там само).

У цьому ж 1958 р. президент Д. Ейзенхауер створює Національну адміністрацію з аеронавтики та космосу (National Aeronautics and Space Administration – NASA) як відповідь США на запуск радянського супутника. У досліджуваний період освоєння космосу стало основною ареною змагань і отримало назву «космічна гонка». NASA розпочала свою діяльність 1 жовтня 1958 р., поглинувши в собі попередній Національний консультативний комітет з аеронавтики (National Advisory Committee for Aeronautics): його 8000 співробітників, річний бюджет 100 мільйонів доларів, три великі дослідницькі лабораторії – Langley Aeronautical Laboratory, Ames Aeronautical Laboratory та Lewis Flight Propulsion Laboratory та дві менші лабораторії для проведення випробувань (*National Aeronautics and Space Administration. A Brief History of NASA*).

У 1961 р. президент Дж. Ф. Кеннеді продовжує курс президента Д. Ейзенхауера, просуваючи наукові інновації та відправивши астронавтів на Місяць.

Протягом 70-80-х рр. ХХ ст. найбільш помітними технологічними досягненнями, які продовжують впливати на американську націю й донині, стали стільникові телефони та персональні комп'ютери. Уперше було створено штучне серце, був запущений перший космічний корабель. У США запроваджується низка національних наукових програм.

Проте, інтерес до STEM-освіти поступово згасав, що відобразилося у зменшенні фінансування означеної галузі Національним науковим фондом. Зокрема, у 1979 р., після створення Дирекції з інженерії (Engineering Directorate) NSF, функції Дирекції з освіти (Education Directorate) зводилися лише до забезпечення студентів стипендіями.

Наступна хвиля підвищеного інтересу до STEM-освіти спостерігалася після опублікування в 1983 р. доповіді «Нація в небезпеці» (A Nation At Risk), у якій наголошувалося на втраті країною лідерських позицій у сфері торгівлі, промисловості, науки та технологічних інновацій. Автори доповіді закликали розпочати реформу американської освітньої системи фундаментальними способами й відновити прихильність нації до шкіл та коледжів високої якості. Особливий акцент було зроблено на тому, що «незадовільна якість освіти, у тому числі в галузі природничих наук, математики, інженерії та технологій, спостерігається в той час, коли попит на висококваліфікованих працівників у нових галузях зростає швидкими темпами, зокрема:

- комп'ютери та обладнання, кероване комп'ютером, проникають у всі сфери людського життя – будинки, заводи та офіси;
- за оцінками експертів, на рубежі століть мільйони робочих місць будуть залучати лазерні технології та робототехніку;
- технології кардинально перетворюють безліч інших професій, а саме: охорону здоров'я, медичну науку, виробництво енергії, переробку їжі,

будівництво та конструювання, ремонт і обслуговування сучасного наукового, освітнього, військового та промислового обладнання» (*A Nation at Risk*, 1983).

У відповідь на актуалізовані в доповіді потреби нації, у межах Національного наукового фонду Дирекція з освіти була розширена й реорганізована в Дирекцію з науки та інженерії (Directorate for Science and Engineering), що включала відділ студентської науки (Division of Undergraduate Science), відділ інженерної та математичної освіти (Division of Engineering and Mathematics Education), який фінансував лабораторне обладнання та навчання студентів, відділ із розроблення матеріалів, досліджень та неформальної освіти (A Division of Materials Development, Research and Informal Education) та відділ удосконалення та професійної підготовки вчителів (Division of Teacher Enhancement and Preparation) (*The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering K-12 Education*, 2009).

Початком *другого етапу* – стандартизації STEM-освіти (1989-2000 рр.) – стало запровадження в 1989 р. Національною радою вчителів математики (National Council of Teachers of Mathematics – NCTM) «Стандартів змісту освіти і навчальних досягнень зі шкільної математики» (*Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*).

Означений документ містить набір стандартів для оцінювання змісту математичної освіти та навчальних досягнень учнів із математики. В основу розроблення стандартів було покладено низку положень:

- математичні знання та навички можуть і повинні мати всі учні в технологічному суспільстві;
- математика – це засіб вирішення проблем, спілкування, міркування; це не глядацький вид спорту;
- вивчення математики є активним процесом, коли в учнів формуються знання, отримані на основі значущого досвіду та вирішення реальних проблем;
- курикулум для всіх включає широкий спектр змісту, різноманітні контексти та встановлені зв'язки;

- оцінювання є засобом удосконалення навчання та всієї програми з математики (*Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, 1989).

Стандарти пропонують основу для розробки навчальної програми – логічну мережу взаємозв'язків між визначеними темами. Документ пропонує 40 стандартів змісту освіти для трьох ступенів загальної середньої освіти: 1-4, 5-8 та 9-12 класів та 14 стандартів для оцінювання навчальних досягнень.

Стандарти для 1-4 класів охоплюють такі розділи: Математика як засіб вирішення проблем, комунікації, міркування та встановлення математичних зв'язків; Рахунок; Значення числа і нумерація; Поняття операцій із цілим числом; Обчислення цілого числа; Геометрія та просторовий сенс; Вимірювання; Статистика та ймовірність; Дроби та десяткові дроби; Шаблони та відносини.

Стандарти для 5-8 класів включають такі розділи: Математика як засіб вирішення проблем, спілкування, міркування та встановлення математичних зв'язків; Кількість і числові відносини; Системи числення і теорія чисел; Обчислення та рахунок; Шаблони та функції; Алгебра; Статистика; Ймовірність; Геометрія; Вимірювання.

Стандарти для 9-12 класів передбачають вивчення таких тематичних розділів: Математика як засіб вирішення проблем, спілкування, міркування та встановлення математичних зв'язків; Алгебра; Функції; Синтетична геометрія; Алгебраїчна геометрія; Тригонометрія; Статистика; Ймовірність; Дискретна математика; Концептуальні основи числення; Математична структура (*Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, 1989).

Наступним кроком у процесі стандартизації STEM-освіти стало запровадження в 1991 р. «Професійних стандартів навчання математики» (*Professional Standards for Teaching Mathematics*) та «Стандартів оцінювання шкільної математики» (*Assessment Standards for School Mathematics*).

У 1993 р. Американська асоціація сприяння розвитку науки (*American Association for the Advancement of Science*) оприлюднила документ «Орієнтири для наукової грамотності» (*Benchmarks for Science Literacy*), у якому було

визначено базовий рівень знань, умінь і навичок із природничих наук, математики та технологій, які повинні мати учні 2, 5, 8 та 12 класів.

Рекомендації на кожному рівні пропонують розумний прогрес до цілей наукової грамотності, викладених у звіті проєкту «Наука для всіх американців» (Science for All Americans) за 1989 рік. Як наголошують розробники рекомендацій, «Орієнтири для наукової грамотності» не є курикулумом, його рамковою структурою або планом. Вони окреслюють послідовність конкретних навчальних цілей, які вчителі можуть використовувати для розробки курикулуму, а саме:

- описують знання та вміння, які мають здобути учні на шляху до наукової грамотності;
- концентруються на спільному ядрі навчання, що сприяє науковій грамотності всіх учнів, визнаючи при цьому, що більшість із них мають інтереси та здібності, які виходять за межі цього загального ядра, а деякі мають труднощі в навчанні, які необхідно враховувати;
- уникають надмірного використання технічної мови та жаргону як для зменшення навантаження на учнів, так і для запобігання використанню термінів, які можуть бути вжиті в помилковому значенні;
- базуються на результатах досліджень щодо способів навчання учнів, особливо, коли це стосується відбору й оцінювання наукових ідей;
- заохочують педагогів установлювати міжпредметні зв'язки між природничими науками, математикою та технологіями і вбудувати їх у свої навчальні програми та матеріали (*Benchmarks for Science Literacy*, 1993).

У 1996 р. Національною радою з наукових досліджень (National Research Council) було запроваджено «Національні стандарти природничо-наукової освіти» (National Science Education Standards – NSES).

Як йдеться в передмові видання (*National Science Education Standards*, 1996), означені Стандарти презентують бачення грамотного населення в галузі природничих наук. У документі йдеться: «Наміри розроблення стандартів можуть бути виражені однією фразою: природничо-наукові стандарти для всіх

учнів, що передбачають і високу якість, і справедливість. Стандарти поширюватися на всіх учнів, незалежно від віку, статі, культурного чи етнічного походження, інвалідності, прагнень чи інтересу та мотивації. Різні учні досягнуть розуміння по-різному, і різні учні досягнуть різної глибини та широти розуміння залежно від інтересу, здібностей та контексту. Але всі учні можуть розвивати знання та навички, описані у Стандартах, навіть якщо деякі з них виходять далеко за межі цих рівнів» (*National Science Education Standards*, 1996).

Структура документу, крім вступного розділу та розділу, що містить керівні принципи та визначення термінів, включає стандарти природничо-наукової освіти, організовані в такі розділи:

- *Стандарти викладання природничих наук (Розділ 3)* (планування навчання на основі досліджень; дії, спрямовані на керівництво й полегшення навчання учнів; оцінювання результатів власної діяльності як учителя та результатів навчання учнів; створення середовищ, що дозволяють учням вивчати природничі науки; створення спільнот тих, хто вивчає природничі науки; планування та розроблення шкільної програми з природничих наук);
- *Стандарти професійного розвитку вчителів природничих наук (Розділ 4)* (вивчення змісту природничих наук на основі досліджень; інтеграція знань із природничих наук зі знаннями з педагогіки, методики та психології учнів; розвиток розуміння та здатності до навчання впродовж життя; узгодженість та інтеграція програм професійного розвитку);
- *Стандарти оцінювання (Розділ 5)* (узгодження оцінок із рішеннями, про які вони мають повідомити; оцінювання досягнень та можливості вивчати природничі науки; установлення відповідності між технічною якістю зібраних даних та наслідками вжитих дій на основі цих даних; справедливість в оцінюванні; обґрунтованість висновків, зроблених за результатами оцінювання навчальних досягнень учня та його можливості вчитися);

- *Стандарти змісту природничо-наукової освіти (Розділ 6)* (об'єднуючі поняття та процеси в галузі природничих наук; природничі науки як дослідження; фізичні науки; науки про життя; науки про Землю та космос; природничі науки та технології; природничі науки в особистій та соціальній перспективі; історія та сутність природничих наук);

- *Стандарти програм з природничо-наукової освіти (Розділ 7)* (узгодженість програми з природничих наук зі стандартами з інших дисциплін на рівні класів; включення всіх стандартів змісту освіти в різноманітні навчальні програми, які сприяють розвитку учнів, викликають інтерес, відповідають їх життєвим проблемам, базуються на дослідженнях та пов'язані з іншими шкільними предметами; узгодження природничо-наукової програми з програмою математичної освіти; надання належних та достатніх ресурсів усім учням; забезпечення рівних навчальних можливостей для всіх учнів; розвиток громад, що заохочують, підтримують та стимулюють);

- *Стандарти системи природничо-наукової освіти (Розділ 8)* (конгруентність освітньої політики, що впливає на природничо-наукову освіту з викладанням, професійним розвитком, оцінюванням, змістом освіти та програмними стандартами; координація політики в галузі природничо-наукової освіти всередині та між агенціями, установами й організаціями; наступність політичних дій у галузі природничо-наукової освіти; надання ресурсів для підтримки політики в галузі природничо-наукової освіти; справедливість, втілена в освітній політиці; можливі несподівані наслідки політики в галузі природничо-наукової освіти; відповідальність осіб за досягнення нового бачення природничо-наукової освіти, відображена в стандартах) (*National Science Education Standards, 1996*).

Отже, можемо констатувати, що протягом другого етапу активно розроблялися стандарти STEM-освіти, при цьому акцент робився на інтеграції складових досліджуваного феномену. Крім того, протягом означеного етапу уперше було використано акронім SMET фахівцями Національного наукового фонду на позначення інтегрованої дисципліни, що охоплювала ті ж самі

складові (Science (природничі науки), Mathematics (математику), Engineering (інженерію), Technology (технології)), що і STEM, але в іншій послідовності.

Зокрема, акронім SMET уперше було вжито в документі «Формування майбутнього: нові очікування для бакалаврської освіти з природничих наук, математики, інженерії та технологій» (Shaping the Future: New Expectations for Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering, and Technology) (1996 р.). Публікація означеного документу стала результатом спільних зусиль викладачів SMET-дисциплін, президентів академічних установ, адміністраторів, представників бізнесу та промисловості, а також регіональних фокус-груп студентів, батьків та роботодавців, які наголосили на важливості SMET-освіти для всіх студентів ЗВО, зокрема:

- студентів, які навчаються за SMET-спеціальностями;
- майбутніх учителів підготовчих (preK) та 1-12 класів;
- студентів, які обрали професії, пов'язані з технічною сферою;
- усіх студентів як громадян технологічного суспільства

(*Undergraduate Education: Science, Mathematics, Engineering, Technology*, 1998).

Початок *наступного (третього) етапу* – концептуалізації STEM-освіти (2001-2010 рр.) – був ознаменований введенням у науковий дискурс акроніму STEM у 2001 р. представниками Національного наукового фонду США. Зокрема, американський біолог Джудіт Рамалі, на той час помічник директора з питань освіти та людських ресурсів Національного наукового фонду, змінила порядок складових досліджуваного феномену, у результаті чого утворився акронім STEM.

Слід зауважити, що саме на початку 2000-х років активізувалася публікація звітів, присвячених збільшенню освітніх можливостей щодо STEM як інтегрованої дисципліни та навчання учнів.

У тому ж самому році тодішнім губернатором Арізони Дж. Наполітано (Janet Napolitano) було запроваджено програму розвитку STEM-освіти у США. Означена програма отримала федеральне та приватне фінансування, а інші

штати наслідували цей приклад, створивши STEM ради у своїх штатах для підтримки освітньої ініціативи.

Також у 2001 р. було ухвалено Закон «Жодної невстигаючої дитини» (No Child Left Behind Act – NCLB), що став відповіддю на передбачувану «неконкурентоспроможність» Сполучених Штатів в академічних заходах. Закон покладав на школи відповідальність за забезпечення успішності своїх учнів на високому академічному рівні за допомогою запровадження щорічного тестування, щорічного відстеження академічного прогресу, використання звітних карток, підвищення кваліфікації вчителів, а також запровадження суттєвих змін у фінансуванні загальної середньої освіти (Klein, 2015).

Хоча в Законі «Жодної невстигаючої дитини» безпосередньо про STEM-освіту не йшлося, загальна мета – підвищення успішності всіх американських учнів із природничих наук, математики та технологій – відповідала головній меті STEM-освіти.

Подальшим кроком щодо концептуалізації STEM-освіти стала публікація доповіді Національних академій природничих наук, інженерії та медицини США «Підняття над штормом, що насувається» (Rising Above the Gathering Storm) (2005), у якій було наголошено на існуванні зв'язків між процвітанням, наукомісткими робочими місцями в науково-технічній галузі і подальшим розвитком інноваційної діяльності для вирішення соціальних проблем. Разом із тим було констатовано, що американські учні не досягали значних успіхів у STEM-дисциплінах порівняно з учнями з інших країн. У доповіді також зазначалося, що через погано підготовлену робочу силу та нездатність конкурувати у світовій економіці, країна може мати жахливі наслідки. Відповідно, увага була зосереджена на природничо-наукових, математичних та технологічних дослідженнях, питаннях економічної політики та проблемах освітньої галузі. Означені сфери були визнані вирішальними для підтримки процвітання США (Hallinen, 2020).

Слід наголосити, що результати таких міжнародних досліджень, як TIMSS (Тенденції міжнародного вимірювання якості знань з математики та природничих наук (Trends in International Mathematics and Science Study)), періодичне міжнародне порівняльне дослідження знань з математики та природничих наук учнів четвертих та восьмих класів та PISA (Програма для міжнародного оцінювання учнів (Programme for International Student Assessment)), оцінювання знань та навичок 15-річних учнів, що проводиться кожні три роки, ще більше посилили стурбованість щодо якості природничо-математичної освіти у Сполучених Штатах. Результати PISA 2006 показали, що США мають порівняно велику частку невстигаючих учнів і що країна посідає 21 місце (в групі з 30 країн) за якістю знань.

Міжнародні порівняння якості знань сприяли активізації дискусій щодо потреб в освіті та робочій силі в США. Був утворений двопартійний конгрес-конференція зі STEM освіти, який ухвалив рішення, що «економіка країни, заснована на знаннях, керується постійними інноваціями. Основою інновацій є динамічна, мотивована та добре освічена робоча сила, оснащена навичками в галузі STEM» (*The Congressional Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education Caucus...*, 2014).

У той час як мета США полягала в підготовці робочої сили в галузі STEM, викликом стало визначення найпріоритетніших статей використання фінансування з метою збільшення успішності учнів у означеній галузі. Наступним викликом стало виявлення недоліків традиційних освітніх програм та створення нових освітніх ініціатив, орієнтованих на STEM.

Було здійснено низку досліджень, спрямованих на виявлення потреб шкільних систем та пошук відповідних рішень. Занепокоєна тим, що не існує згоди в поглядах на STEM як освітній феномен, філантропічна організація Фонд Клода Уортінгтона Бенедум (Claude Worthington Benedum Foundation) ініціювала дослідження, щоб визначити, чи пропоновані ініціативи відповідають потребам освітян. У спільному дослідженні Університету Карнегі Меллона (Carnegie Mellon University – CMU) та Центру проміжного

підрозділу 1 (Intermediate Unit 1 – IU1) зі STEM-освіти, було зазначено, що американські вчителі не впевнені в наслідках STEM, особливо коли метою визначена науково-технічна грамотність усіх учнів. Учителям бракувало знань про STEM-кар'єру, і, як наслідок, вони не були готові направляти учнів до цих сфер.

Результати кількох досліджень, присвячених освітній практиці, спонукали губернаторів штатів шукати шляхи, як спрямувати їхні штати на досягнення мети, щоб кожен учень закінчив старшу середню школу з необхідними знаннями та компетентностями в галузі STEM для досягнення успіху в подальшій освіті та професійній діяльності. Шість штатів отримали гранти від Національної асоціації губернаторів на реалізацію трьох ключових стратегій: 1) узгодження штатових стандартів K-12, систем оцінювання та вимог із очікуваннями закладів післясередньої освіти та роботодавців; 2) виявлення та збільшення внутрішнього потенціалу кожного штату щодо вдосконалення процесів викладання та навчання, включаючи постійний розвиток систем даних та нових моделей для підвищення якості діяльності STEM-учителів загальноосвітніх шкіл; та 3) визначення кращих практик у галузі STEM-освіти та їх дисемінація, включаючи створення спеціалізованих шкіл, ефективних навчальних програм та стандартів професійно-технічної освіти (Career and Technical Education – CTE), які би підготували учнів до здобуття професій, пов'язаних зі STEM.

Відповідно до положень Закону «Про конкуренцію Америки» (America COMPETES Act) (2007 р.) було виділено федеральне фінансування на розвиток STEM-освіти. Закон передбачав створення нової федеральної ініціативи з підготовки 70000 нових учителів/викладачів STEM на курсах підвищення кваліфікації та міжнародних бакалавратах, а також ініціатив, спрямованих на залучення існуючих учителів/викладачів до програм професійного розвитку в галузі STEM та заохочення студентів університетів, які здобувають освіту в галузі STEM, одночасно отримувати вчительські сертифікати. Проте, незважаючи на докладені зусилля, по всій країні

залишається значний дефіцит кваліфікованих учителів/викладачів STEM (Lips & McNeill, 2009).

З метою координації дій стейкхолдерів на федеральному рівні в червні 2009 р. було ухвалено Закон «Про координацію дій у галузі STEM-освіти» (STEM Education Coordination Act of 2009), що передбачав створення на базі Національної ради з науки та технологій (National Science and Technology Council) Комітету, відповідального за координацію діяльності всіх федеральних відомств у галузі природничих наук, технологій, інженерії та математики, зокрема Національного наукового фонду, Міністерства енергетики, Національної адміністрації з аеронавтики та космосу, Національної адміністрації з океанічних та атмосферних досліджень, Департамент освіти та інших федеральних відомств, які проводять заходи на підтримку STEM-освіти (H.R. 1709 (111th): STEM Education Coordination Act of 2009).

Згідно із Законом, Комітет має такі повноваження:

- координувати навчальну діяльність та програми федеральних відомств із питань STEM-освіти;
- розробляти, імплементувати в діяльність федеральних відомств та оновлювати раз на 5 років 5-річний стратегічний план із розвитку STEM освіти, що включає: короткострокові та довгострокові цілі; загальні показники, які будуть використовуватися для оцінки прогресу в досягненні цілей; опис підходів, які застосовуватиме кожне агентство-учасник для оцінки ефективності своїх освітніх програм та заходів у галузі STEM; характеристику ролі кожного відомства в підтримці програм та заходів, спрямованих на досягнення цілей;
- розробляти, періодично оновлювати та вести перелік спонсорованих федеральними агенствами програм та заходів у галузі STEM, включаючи задокументовані оцінки ефективності таких програм та заходів (H.R. 1709 (111th): STEM Education Coordination Act of 2009).

У тому ж 2009 р. Президент США Б. Обама впровадив ініціативу «Виховуй для інновацій» (Educate to Innovate), спрямованої на надання американським школярам найкращих можливостей для майбутнього працевлаштування в галузі STEM. Федеральні інвестиції в STEM-освіту були збільшені, і країна визначила орієнтир – підготувати 100000 професійних викладачів STEM до 2021 року.

Наступного року було створено Комітет із питань STEM-освіти (The Committee on STEM Education – CoSTEM) відповідно до вимог розділу 101 окресленого вище Закону «Про конкуренцію Америки». Законом передбачено такі повноваження Комітету з питань STEM-освіти:

- розгляд освітніх програм у галузі природничих наук, технологій, інженерних наук та математики (STEM), інвестицій та оцінку ефективності означених програм;
- узгодження з Офісом менеджменту та бюджету (Office of Management and Budget) навчальних програм, інвестицій та напрямів діяльності федеральних агенцій;
- розроблення й упровадження через залучені агенції стратегічного плану в галузі STEM-освіти, який оновлюється кожні п'ять років.

Підкомітет з питань федеральної координації в галузі STEM-освіти (Federal Coordination in STEM Education – FC-STEM) консулює та допомагає Комітету з питань STEM-освіти і служить форумом для сприяння формуванню та реалізації стратегічного плану.

Крім того, у 2010 р. Президент Б. Обама ініціює створення громадської організації «Змінити рівняння» (Change the Equation), головною метою діяльності якої має стати підвищення якості STEM-освіти в США.

Отже, можемо констатувати, що 2001-2010 рр. ознаменувалися виокремленням STEM-освіти в окрему галузь, що знайшло відображення в нормативних документах Сполучених Штатів. Було поставлено низку амбітних цілей, яких треба було досягти протягом наступних десяти років.

Початок курсу на активну імплементацію реформ у галузі STEM-освіти ознаменував початок *четвертого етапу* – системної реалізації STEM-освіти (2011 р. – дотепер). Зважаючи на той факт, що детально нормативно-правове забезпечення STEM-освіти в старшій середній школі США буде розглянуто нами в п. 2.1, у межах даного підрозділу зосередимося на ключових подіях у розвитку STEM-освіти.

У 2011 р., на виконання ініціативи «Виховуй для інновацій» (підготовка протягом наступних 10 років 100 000 ефективних викладачів STEM) було створено національну інноваційну освітню мережу 100Kin10 за підтримки 28 партнерів-засновників, що об'єднала провідні академічні установи, некомерційні організації, фонди, компанії та державні установи.

Протягом перших чотирьох років існування організації її партнерами було підготовлено понад 30 000 нових, ефективних учителів та викладачів STEM і здійснено підвищення кваліфікації десятків тисяч працюючих педагогів (*100Kin10, 2011*).

У 2013 р. на основі запропонованої Національною радою з наукових досліджень рамкової структури були створені нові стандарти середньої природничо-наукової освіти (Next Generation Science Standards) (National Research Council, 2013).

У 2014 р. уперше в історії США було запроваджено Оцінювання технологічної та інженерної грамотності (Technology and Engineering Literacy Assessment), до якого були залучені учні восьмих класів для виявлення їхнього розуміння особливостей використання технологій та інженерного проектування, системного технологічного мислення та впливу технологій на суспільство (див. Додаток В).

Визначною подією в розвитку STEM-освіти стало ухвалення у 2015 р. Закону «Про STEM-освіту», за яким комп'ютерні науки додаються до визначення сфер STEM, та запроваджуються більш просунуті програми навчання для вчителів.

У тому ж році було ухвалено Закон «Кожен учень досягає успіху» (Every Student Succeeds Act – ESSA), що регулює національну політику у сфері державної загальної середньої освіти США (K-12). Означений Закон змінив, але не скасував положення, сформульовані в Законі «Жодної невстигаючої дитини», що стосуються періодичних стандартизованих тестів, які мають проходити учні, та визначив провідні цілі розвитку STEM-освіти.

У 2016 р. Національна комісія з викладання і майбутнього Америки (National Commission on Teaching and America's Future) направила до Білого дому рекомендації, у яких STEM-освіта називається національним пріоритетом. Також були названі десять причин, за якими саме STEM-освіту піднесено до рівня першочергових завдань держави.

У 2018 р. Президент Д. Трамп підписав Закон «Про заохочення наступного покоління жінок – піонерів у космічні галузі, новаторів, дослідників та винахідників» (Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act), що вимагає, щоб Національна адміністрація з авіації та космосу заохочувала жінок та дівчат до кар'єри в галузі STEM.

У грудні цього ж року було оприлюднено Стратегічний план «Курс на успіх: американська стратегія STEM-освіти» (Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education), у якому висвітлено федеральну стратегію на наступні п'ять років. Головною метою запровадження стратегії стало надання широкого доступу до високоякісної безперервної STEM-освіти та досягнення країною лідируючих позицій у галузі STEM-грамотності, STEM-інновацій та STEM-професій.

Таким чином, протягом другої половини XX – початку XXI ст. STEM-освіта як окрема галузь не лише отримала федеральну підтримку та фінансування, а й перетворилася на національний пріоритет державної освітньої політики. Сучасний етап розвитку досліджуваного феномену характеризується масштабною імплементацією освітніх реформ, результатом чого стало охоплення STEM-освітою більшої кількості учнів загальноосвітніх

шкіл, зокрема й старших середніх, підвищення інтересу учнів до STEM-дисциплін та підвищення їх навчальних досягнень.

## Висновки до розділу 1

У розділі схарактеризовано стан розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняних науково-педагогічних дослідженнях, розкрито концептуальні засади й генезу STEM-освіти у старшій середній школі США.

Результатом застосування загальнонаукових методів аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення, що застосовувалися для з'ясування стану розробленості проблеми в науковому дискурсі, стало виокремлення таких аспектів її розгляду, як теоретико-методологічний, порівняльно-педагогічний, організаційний, методичний та професійно-педагогічний.

На основі систематизації наукових праць із проблеми дослідження й узагальнення поглядів вітчизняних учених з'ясовано, що STEM-освіта в Україні та світі становить значний інтерес для науковців. До найактуальніших проблем сучасної STEM-освіти належать: теоретичне обґрунтування вихідних положень STEM-освіти; формування освітньої політики й нормативно-правове забезпечення STEM-освіти; генеза та тенденції розвитку STEM-освіти в Україні та світі; інноваційні компетентності в галузі STEM; форми, методи та інноваційні технології навчання STEM-дисциплін (як у межах інтегрованого курсу, так і окремих дисциплін STEM спрямування); розвиток мережі закладів STEM-освіти; проблеми створення STEM-центрів та STEM-лабораторій; професійна підготовка та професійний розвиток педагогічних кадрів, що надають освітні послуги в галузі STEM-освіти.

У межах висвітлення концептуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США за допомогою методу термінологічного аналізу визначено сутність таких ключових понять, як «STEM» та «STEM-освіта», а також встановлено сутнісні зв'язки між поняттями, що використовуються як синоніми STEM (STREAMi, STM, eSTEM, STEMIE, iSTEM, STEMLE, STEMS,

STREAM, STEEM, STEAM, METALS, STREM, A-STEM, GEMS, STEMM, SHTEAM, AMSEE, THAMES, MINT).

Окреслено концептуальні підходи до організації STEM-освіти: 1) ізольований (незалежний) (S-T-E-M); 2) дуєтний (SteM); 3) інтеграція однієї складової в три (E S-T-M); 4) об'єднання всіх чотирьох складових (STEM); 5) інтеграція мистецтва в STEM (STEAM).

Показано, що перший концептуальний підхід також розглядається в науковому дискурсі як традиційний, що передбачає окреме викладання кожного предмета STEM, фокусуючи увагу на його відокремленості, незалежності. У межах дуєтного підходу окремі дисципліни викладаються як самостійні, але пріоритетна увага надається основній дисципліні, з якою у процесі вивчення інших дисциплін устанавлюються міжпредметні зв'язки. Відповідно, предмет центральної уваги висвітлюється більш поглиблено порівняно з іншими дисциплінами STEM. Третій концептуальний підхід передбачає інтеграцію однієї з дисциплін STEM в інші три. Наприклад, інженерний зміст може бути інтегрований у курси природничих наук, технологій та математики. Найпоширенішими в американських школах є такі комбінації, як E S-T-M (інтеграція інженерії) та T S-E-M (інтеграція технологій). Означений підхід призначений подолати обмеження дуєтного підходу, який фокусується лише на математиці та природничих науках. Четвертий підхід передбачає об'єднання всіх чотирьох дисциплін в одну, що викладається як інтегрований предмет. Цей спосіб навчання STEM підкреслює міждисциплінарний характер STEM-освіти. Виокремлення п'ятого концептуального підходу, коли всі STEM-дисципліни вивчаються крізь призму мистецтва, пов'язано з необхідністю розширення цільової аудиторії, наприклад, за рахунок учнів із низькою успішністю, яким важко засвоювати STEM-дисципліни, або учнів із особливими освітніми потребами, а також дівчат.

Використання історико-генетичного аналізу, методу періодизації й визначення низки критеріальних ознак (сутнісні зміни нормативної бази, змісту, форм та методів реалізації STEM-освіти у старшій середній школі США)

дозволили виокремити чотири етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США у другій половині XX – на початку XXI ст., а саме: I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти, що ознаменувався занепокоєнням США щодо низького рівня навчальних досягнень учнів із природничих наук та математики й визнанням необхідності вжиття кардинальних заходів задля покращення стану природничо-математичної освіти, а також інтеграції технологій та інженерії в означені предметні галузі, що фактично заклало підвалини для розвитку STEM-освіти в країні; II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти, провідною характеристикою якого стало розроблення низкою професійних асоціацій стандартів змісту освіти, стандартів оцінювання навчальних досягнень учнів та стандартів професійної підготовки вчителів у галузі як окремих, так і інтегрованих STEM-дисциплін; III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти – відзначився введенням у науковий дискурс та законодавчі документи США акроніму STEM на позначення інтегрованої предметної галузі, до складу якої входять природничі науки, технології, інженерія та математика; IV етап (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти – ознаменувався розширенням кола федеральних ініціатив, спрямованих на розвиток STEM-освіти, збільшення обсягів фінансування означеної галузі, залучення до STEM-освіти традиційно недостатньо репрезентованих у STEM-освіті категорій населення (представників національних та етнічних меншин, вихідців із малозабезпечених сімей, осіб із особливими освітніми потребами, а також дівчат).

Зміст першого розділу висвітлено в таких публікаціях автора (Бойченко, 2019б; 2020б; Boichenko, 2020b).

## РОЗДІЛ 2

### ОРГАНІЗАЦІЯ STEM-ОСВІТИ У СТАРШІЙ СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ США

#### 2.1. Нормативні засади STEM-освіти у старшій середній школі США

У сучасних умовах розвиток STEM-освіти у старшій середній школі США є одним із пріоритетних напрямів освітньої політики країни, що знайшло відображення в низці державних документів: Законів, концепцій, стратегій та інших нормативних актів. Зважаючи на той факт, що нормативні документи попередніх років були висвітлені в межах розгляду генези STEM-освіти у старшій середній школі США (п. 1.3), у даному підрозділі зосередимося на нормативно-правовому забезпеченні, що регламентує розвиток STEM-освіти у старшій середній школі США в сучасних умовах.

У цьому контексті зауважимо, що прагнення адміністрації Б. Обама забезпечити учнів усіх рівнів навичками, необхідними їм для досягнення успіху у високооплачуваних галузях природничих наук, технологій, інженерії та математики (STEM) увиразнилося в започаткуванні в листопаді 2009 р. ініціативи «Виховуй для інновацій», спрямованої на переведення впродовж наступного десятиліття американських школярів із середини міжнародних рейтингів на перше місце в галузі природничих наук та математики. Означена ініціатива передбачала консолідацію зусиль не тільки федерального уряду, але й провідних компаній, фондів, некомерційних та науково-технічних товариств, які висловили свою згоду її підтримати.

Результатом державно-приватного партнерства стало виділення 700 мільйонів доларів для реалізації пріоритетних завдань, окреслених у документі «Виховуй для інновацій»:

- створення коаліції на чолі з генеральним директором для використання унікальних можливостей приватного сектору;

- підготовка 100000 нових та ефективних учителів/викладачів STEM протягом наступного десятиліття;
- демонстрація та посилення федеральних інвестицій у STEM;
- розширення участі в галузі STEM для створення різноманітного кадрового резерву (*President Obama Launches “Educate to Innovate”...*, 2010).

Наголосимо, що протягом наступних років здійснювалася імплементація окреслених у документі «Виховуй для інновацій» пріоритетних завдань.

Зокрема, у межах реалізації завдання створення коаліції на чолі з генеральним директором для використання унікальних можливостей приватного сектору президент Б. Обама закликав об'єднати уряд, промисловість, некомерційні організації, благодійні організації та інші зацікавлені сторони. Президент також звернувся до таких лідерів, як Урсула Бернс (Херох), Саллі Райд, Крейг Барретт (Intel) та Глен Брітт (Time Warner Cable), які своїм авторитетом мали зацікавити бізнес-спільноту в покращенні STEM-освіти. Разом вони найняли понад 100 інших виконавчих директорів, а у вересні 2010 р. за сприяння Президента США було створено нову некомерційну організацію «Змінити рівняння» (Change the Equation) з метою мобілізації бізнесових структур для покращення якості STEM-освіти в країні.

У перший рік «Змінити рівняння» досягла таких цілей:

- збільшено кількість навчальних програм у галузі STEM по всій країні;
- розроблено нові інструменти, що дозволяють представникам бізнесових структур, які пропонують найбільшу кількість робочих місць на місцевому рівні, пристосовувати освітні послуги в галузі STEM до своїх потреб;
- розроблено рекомендації для компаній щодо створення та інвестування в програми STEM-освіти (Sabochik, 2010; *Change the Equation*).

Для виконання завдання підготовки 100000 ефективних учителів/викладачів STEM протягом наступного десятиліття було створено національну інноваційну освітню мережу 100Kin10 (100Kin10, 2011), до якої увійшли понад 150 фондів, компаній, громадських організацій, державних установ та закладів освіти.

Діяльність мережі 100Kin10 спрямована на: 1) збільшення пропозиції ефективних учителів/викладачів STEM; 2) найм, розвиток та утримання ефективних учителів/викладачів STEM; та 3) розвиток руху 100Kin10. Усі партнери роблять свій внесок у змістову чи фінансову складову діяльності мережі та беруть участь у науково-дослідній платформі, розробленій університетом Чикаго, що спрямована на їх постійне вдосконалення та аналіз результатів діяльності.

Під керівництвом Нью-Йоркської корпорації Карнегі (Carnegie Corporation of New York) коаліція вже залучила понад 30 мільйонів доларів від широкого кола фондів та благодійників за унікальною моделлю «ринку фінансування», за допомогою якої спонсори можуть вибирати з реєстру високоякісних пропозицій (100Kin10, 2011).

Крім того, у межах виконання означеного завдання, у 2012 р. адміністрацією президента Б. Обама було створено Корпус викладачів STEM (STEM Master Teacher Corps), діяльність якого було спрямовано на залучення існуючих талановитих учителів та викладачів STEM із усієї країни до поширення найкращих практик та ефективного професійного розвитку (Larson, 2012).

Важливим напрямом, проголошеним у документі «Виховуй для інновацій» стало розширення участі в галузі STEM для створення різноманітного кадрового резерву, зокрема за рахунок участі жінок і дівчат та національних і етнічних меншин. З цією метою було вжито низку заходів для активізації участі цих груп, а саме:

- зосередження уваги на недостатньо репрезентованих групах: залучення й розширення участі недостатньо представлених груп було

покладено в основу багатьох із окреслених вище ініціатив, наприклад організації «Змінити рівняння», яка спрямовує свої зусилля в тому числі й на збільшення можливостей участі в STEM-освіті для жінок, дівчат та меншин;

- ознайомлення дівчат та молодих жінок зі сферами STEM: завдяки таким інноваційним програмам, як НАСА/Дівчата-скаути США (NASA/Girl Scouts of the USA) (Showstack, 2019), програма наставництва Міністерства енергетики «Жінки в STEM» (Women in STEM) та іншим численним проектам, федеральні агенції та приватний бізнесовий сектор створюють можливості для означених категорій отримати інформацію та поради під час вибору STEM дисциплін;

- установа стандарту з винятковими прикладами для наслідування: визнаючи потребу в більшій кількості жінок-чемпіонів та взірців для наслідування у сферах STEM, президент США Б. Обама призначив низку талановитих жінок для керівництва науково-технічними проектами в адміністрації, включаючи міністра внутрішніх справ Саллі Джуел, директора DARPA Араті Прабхакар та виконувача обов'язків директора Національного наукового фонду Кору Марретт. Багато з цих жінок також взяли на себе зобов'язання надавати допомогу студентам через OSTP/Раду з питань жінок і дівчат у бюро спікерів STEM (OSTP/Council on Women & Girls Women in STEM Speakers Bureau);

- сприяння технологічній інклюзії: у січні 2013 р. Білий дім закликав технологічних інноваторів працювати разом, щоб забезпечити можливість для всієї молоді – особливо представників малозабезпечених та історично недостатньо репрезентованих громад, включаючи жінок та дівчат – вивчати предмети STEM та брати участь у технологічному секторі (Educate to Innovate, 2016).

У липні 2015 р. президент США Б. Обама підписав Закон «Про STEM-освіту» (STEM Education Act of 2015), головною метою якого стало включення комп'ютерних наук у визначення STEM-освіти й надання підтримки існуючим програмам у галузі STEM-освіти Національним науковим фондом.

Зокрема, у розділі 2 Закону йдеться, що «з метою надання освітніх послуг у галузі STEM Національним науковим фондом, Міністерством енергетики США, Національною адміністрацією з аеронавтики та космосу, Національним управлінням океанічних і атмосферних досліджень, Національним інститутом стандартів і технологій та Агенцією з охорони довкілля США термін «STEM-освіта» має поширюватися на такі предмети, як природничі науки, технології, інженерія та математика, включаючи комп'ютерні науки» (*H.R.1020 – STEM Education Act of 2015*).

Законом передбачено надання на конкурсній основі грантової підтримки директором Національного наукового фонду через Директорат з питань освіти та людських ресурсів (Directorate for Education and Human Resources) для проведення наукових досліджень, розвитку інноваційних закладів позашкільної освіти STEM спрямування та створення навчального STEM-середовища з метою покращення результатів навчання в галузі STEM, а також удосконалення сфери неформальної STEM-освіти (там само).

У Законі наголошується, що грантова підтримка поширюється як на окрему STEM-дисципліну, так і на низку STEM-дисциплін або інтегровані STEM-дисципліни і включає: 1) дослідження й розробки, що сприяють кращому усвідомленню сутності навчання та взаємодії в неформальному середовищі, зокрема ролі неформального середовища в розширенні участі в галузі STEM; 2) проектування та тестування інноваційних моделей STEM-навчання, програм та інших ресурсів для створення неформального навчального середовища задля покращення результатів навчання в галузі STEM та збільшення залучення учнів, учителів загальноосвітніх шкіл (K-12), широкої громадськості.

У грудні 2015 р. було прийнято нову редакцію Закону «Про початкову та середню освіту» (Elementary and Secondary Education Act) під назвою «Кожен учень досягає успіху» (Every Student Succeeds Act – ESSA), який прийшов на зміну попередній редакції означеного Закону (2002 року) під назвою «Жодної невстигаючої дитини» (No Child Left Behind – NCLB).

Основні положення Закону «Кожен учень досягає успіху» охоплюють:

- забезпечення рівного доступу до освіти всіх учнів, захист інтересів учнів, зокрема й малозабезпечених та зі спеціальними потребами;
- навчання всіх учнів у США відповідно до високих академічних стандартів, що має стати запорукою їх успішного навчання в коледжі та вибору професії;
- надання життєво важливої інформації викладачам, сім'ям, учням та місцевим громадам шляхом щорічного оцінювання штатового рівня, які вимірюють прогрес учнів у досягненні означених стандартів;
- підтримка (зокрема й фінансова) та розвиток місцевих інновацій у місцевих громадах, насамперед неблагополучних, у межах програми Promise Neighborhoods;
- збільшення обсягів фінансування, спрямованого на розширення доступу до якісної дошкільної освіти;
- сприяння позитивним змінам у найменш ефективних школах, де групи учнів не прогресують і де рівень випускників є низьким протягом тривалого періоду часу.

Слід зауважити, що Законом передбачено фінансування різних напрямів розвитку STEM-освіти. Зокрема, у межах Розділу I «Удосконалення базових програм, що реалізуються державними та місцевими освітніми установами» (Improving Basic Programs Operated by State and Local Educational Agencies) федеральне фінансування може бути використано школами, що працюють за загальношкільною програмою, для: оновлення існуючих STEM-лабораторій та лабораторних матеріалів або інших спеціалізованих навчальних просторів; удосконалення STEM-курсів; проведення польових дослідів для розширення доступу до реального, практичного досвіду в галузі STEM, зокрема й досвіду, який розширює знання учнів про вплив STEM у світі.

Фінансування, передбачене Розділом II «Підготовка, навчання та рекрутинг висококваліфікованих учителів, директорів чи інших шкільних лідерів» (Preparing, Training, and Recruiting High-Quality Teachers, Principals, or

Other School Leaders) може бути використане за таким призначенням: підготовка вчителів до навчання новим концепціям і підходам у галузі STEM, зокрема й комп'ютерним наукам; надання стипендій для залучення вчителів до STEM-професій; рекрутинг висококваліфікованих фахівців із інших галузей, які можуть стати STEM-учителями; забезпечення учителям можливостей для професійного розвитку; підтримка вчителів у процесі впровадження таких нових курсів, як інформатика та інженерія; підтримка вчителів, які надають ефективні освітні послуги в галузі STEM учням із обмеженими можливостями; підтримка STEM-вчителів початкової школи, а також вихователів закладів дошкільної освіти, які включають викладання STEM-дисциплін в освітній процес; професійна підготовка або професійний розвиток для вчителів, спрямовані на включення технологій в ефективне викладання STEM-дисциплін за допомогою персоналізованого або змішаного навчання; налагодження співпраці між школами, закладами позашкільної освіти, провайдерами неформальних освітніх послуг для поліпшення інтеграції STEM-дисциплін; залучення STEM-коучів, які мають допомогти отримувачам грантів пристосування навчання до потреб окремих учителів; забезпечення диференційованої заробітної платні або матеріального стимулювання учителів STEM-дисциплін, які працюють у школах із високими потребами, або нагородження за роботу вчителів та керівників шкіл, які учні яких продемонстрували високі результати навчання в галузі STEM (*National Science Teachers Association, 2017*).

У межах Розділу IV «Підтримка студентів та академічні гранти» (Title IV/A Student Support and Academic Enrichment Grants) федеральне фінансування поширюється на такі сфери: безпечні та вільні від наркотиків школи; консультування з питань психічного здоров'я; консультування; музична освіта; громадянська освіта; тестування в межах програм міжнародного бакалаврату (IB) та/або програм навчання учнів старших класів за університетською програмою (Advanced Placement – AP); STEM.

Відповідно до Закону, навчальні округи можуть використовувати федеральне фінансування на досягнення таких цілей:

- збільшення кількості якісних STEM-курсів;
- розширення доступу до STEM-освіти для учнів, які знаходяться в зоні ризику;
- підтримка участі учнів у некомерційних STEM-змаганнях;
- забезпечення отримання практичного досвіду в навчанні STEM-дисциплін;
- інтеграція інших навчальних предметів, включаючи мистецтво, у предметні програми STEM;
- створення або вдосконалення спеціальних STEM-шкіл;
- інтеграція шкільної, позашкільної та неформальної STEM-освіти;
- розширення екологічної освіти (*National Science Teachers Association, 2017*).

Слід наголосити, що продовження курсу на залучення дівчат і жінок до STEM-освіти відбулося в діяльності наступного президента США Д. Трампа, який у 2017 р. підписав Закон «Про заохочення наступного покоління жінок – піонерів у космічні галузі, новаторів, дослідників та винахідників» (*Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act*).

Згідно з означеним Законом, Національна адміністрація з аеронавтики та космосу (National Aeronautics and Space Administration – NASA) має заохочувати жінок та дівчат до вивчення природничих наук, технологій, інженерних наук та математики (STEM), обрання майбутніх професій, пов'язаних із аерокосмічною галуззю та подальшого просування національної космічної науки й досліджень за допомогою низки ініціатив:

- NASA-дівчата та NASA-хлопці (NASA GIRLS and NASA BOYS);
- «Прагнути надихати» (Aspire to Inspire);

- Літній інститут із природничих наук, технологій, інженерії та наукових досліджень (Summer Institute in Science, Technology, Engineering, and Research) (*H.R.321 – Inspiring the Next Space...*, 2017).

У розділі 3 Закону наголошується, що NASA подає Конгресу конкретний план щодо того, як можна найкращим чином сприяти й підтримувати як нинішніх, так і відставних астронавтів, науковців, інженерів та новаторів, зокрема й жінок – космонавтів, учених, інженерів, які знаходяться на самому початку кар'єри, а також налагоджувати взаємодію з ученицями загальноосвітніх шкіл і надихати наступне покоління жінок на обрання майбутньої професії в аерокосмічній галузі (*H.R.321 – Inspiring the Next Space...*, 2017).

У межах розгляду нормативних засад STEM-освіти на особливу увагу заслуговує Стратегічний план «Курс на успіх: американська стратегія STEM-освіти» (*Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education*), опублікований у грудні 2018 року. Означений документ репрезентує федеральну стратегію на наступні п'ять років, засновану на баченні майбутнього, де всі американці матимуть доступ до STEM-освіти високого рівня якості впродовж усього життя, а США будуть світовим лідером у галузі STEM-грамотності, інновацій та зайнятості. Стратегічний план закликає до налагодження до загальнонаціональної співпраці з учнями, їх сім'ями, освітянами, місцевими громадами та роботодавцями – «полярною зіркою» для STEM-спільноти, оскільки вони спільно визначають курс на успіх нації. Міністерство освіти США є активним учасником кожної з міжвідомчих робочих груп, орієнтованих на реалізацію визначеного плану (*Charting a Course for Success...*, 2018).

Стратегічний план STEM-освіти передбачає досягнення таких цілей:

- створення міцного підґрунтя для розвитку STEM-грамотності, забезпечивши кожному американцеві можливість оволодіти основними поняттями STEM, включаючи обчислювальне мислення, та набути цифрової грамотності. Громадяни, які володіють STEM-грамотністю, будуть більш

готовими дати відповіді на виклики, зумовлені швидкими технологічними змінами й будуть краще підготовлені до участі у громадянському суспільстві;

- збільшення різноманітності, рівності й інтеграції в STEM-галузь та забезпечення всім американцям доступу до високоякісної STEM-освіти впродовж усього життя, особливо тим, хто в минулому недоотримав освітні послуги в галузі STEM;

- професійна підготовка фахівців STEM-галузі для майбутнього – як випускників закладів вищої освіти STEM спрямування, так і кваліфікованих випускників закладів професійно-технічної освіти, – шляхом створення справжнього навчального досвіду, який заохочує та готує випускників до подальшої кар'єри в галузі STEM. Створення різноманітного фонду талановитих американців, обізнаних у сфері STEM та підготовлених до роботи в майбутньому, на думку авторів стратегії, відіграватиме важливу роль у функціонуванні національної інноваційної бази, що підтримує ключові сектори економіки, а також для наукових відкриттів та створення технологій майбутнього (*Progress Report...*, 2019).

Означеною стратегією передбачено, що досягненню визначених цілей сприятиме низка послідовних кроків за такими напрямками:

- розвиток і збагачення стратегічного партнерства для налагодження нових або зміцнення існуючих зв'язків між закладами освіти та широкими громадами, яким вони служать;

- залучення учнів у галузі, де конвергуються дисципліни, а STEM виступає засобом їх поєднання;

- формування обчислювальної грамотності за допомогою STEM-освіти, що передбачає глибоко сформовані обчислювальні навички за допомогою цифрових засобів;

- забезпечення прозорості й підзвітності у федеральних органах влади, що реалізують означений план, використовуючи доказові практики й інструменти оцінювання, які можуть наслідувати інші STEM-стейкхолдери (*Charting a Course for Success...*, 2018).

Далі розглянемо означені напрями детальніше.

*Розвиток і збагачення стратегічного партнерства.* У грудні 2020 року Управління з питань науки і технологій (Office of Science and Technology Policy) при Білому домі опублікувало Звіт «Про хід імплементації Федерального стратегічного плану STEM-освіти (Progress Report on the Implementation of The Federal Stem Education Strategic Plan). Цей звіт відображає практичні заходи й досягнення федерального уряду в реалізації цілей і завдань Стратегічного плану. У звіті також акумульована інформація щодо обсягів фінансування всіх федеральних агентств, що інвестували в галузь STEM-освіти протягом 2019 фінансового року (*Progress Report...*, 2019).

У даному контексті йдеться про користь від стратегічних партнерських відносин, орієнтованих на узгодження компетентностей, які формуються у процесі навчання в закладі освіти, з тими, яких потребують роботодавці та суспільство. Відповідно, необхідним є налагодження міжгалузевих стратегічних партнерських відносин між освітніми установами, роботодавцями та широкою громадськістю для сприяння комунікації та кращого узгодження потреб у робочій силі з освітньою підготовкою.

Також у стратегічному плані наголошується, що федеральні агенції повинні заохочувати співпрацю між стейкхолдерами STEM-екосистем, які об'єднують широкий спектр нефедеральних партнерів: загальноосвітні школи, сім'ї, неформальних викладачів, державні коледжі та університети, роботодавців, некомерційні організації, соціальні служби, релігійні організації, організації розвитку економіки та робочої сили, музеї, бібліотеки, акредитаційні агенції та інші організації, що забезпечують навчання впродовж життя.

У межах даного напрямку передбачається розв'язання низки завдань:

- сприяння розвитку екосистем STEM, що об'єднують громади;
- збільшення обсягів навчання, заснованого на професійній діяльності, за допомогою партнерства провайдер освітніх послуг – роботодавців;

- поєднання успішних практик із усього навчального ландшафту (*Charting a Course for Success...*, 2018).

STEM-екосистеми охоплюють освітян та інших осіб, які прямо чи опосередковано залучені до формальної та неформальної освіти, включаючи, серед іншого, сім'ї; шкільні округи; штатові, місцеві та плеємінні уряди; федеральний уряд та федеральні установи; бібліотеки; музеї та наукові центри; державні коледжі, технікуми та університети; громадські групи та клуби; фонди та некомерційні організації; релігійні організації; та представників бізнесу. STEM-екосистеми орієнтовані на досягнення довгострокових, спільних, стійких та гнучких цілей у розвитку STEM. Партнери екосистеми не пов'язані географічними межами й можуть широко залучати як окремих осіб, так і організації і до фізичної, і до віртуальної присутності у STEM-спільнотах, що поступово розширюються від локальних до глобальних.

Федеральний уряд просуває розвиток освітніх STEM-екосистем за допомогою своїх програм, інвестицій та заходів, що сприяють налагодженню партнерства між бізнесовими та іншими організаціями й закладами освіти. Федеральні агенції, що надають гранти, можуть прискорити розширення STEM-екосистем через їх уключення до проєктів, які отримують фінансування.

Ключові дії федерального уряду, спрямовані на досягнення означеної мети, включають:

- устанавлення додаткових зв'язків між федеральними STEM-фахівцями та федеральними установами й місцевими та регіональними екосистемами в галузі STEM задля розширення можливостей для наставництва, професійного розвитку учителів, розробки навчальних програм тощо;
- створення єдиного доступного і зручного для користувачів Інтернет-ресурсу для пошуку федеральних ініціатив та можливостей фінансування, пов'язаних зі STEM-освітою (за допомогою нової або вдосконаленої платформи);

- збільшення кількості федеральних програм фінансування, які серед критеріїв відбору мають залучення або розвиток STEM-екосистем;
- підтримка наукових досліджень, спрямованих на виявлення чинників, що впливають на успіх STEM-екосистем, та дисемінація успішних практик;
- збільшення обсягів навчання, заснованого на професійній діяльності, через налагодження партнерства «провайдер освітніх послуг – роботодавець» (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 10-11).

Стратегічне партнерство, що сприяє навчанню, заснованому на професійній діяльності (work-based learning – WBL), надає учням (усіх без винятку класів) широкі можливості в галузі STEM-освіти: насамперед, ознайомлення зі STEM-професіями безпосередньо на робочому місці.

Як зазначається в нормативних документах, федеральні агенції вкладають значні кошти у WBL для учнів та вчителів по всій країні у формі стажування, зокрема й на виробництві, та розвиток інших партнерських відносин між роботодавцями та освітянами. Агенції також надають людські і фінансові ресурси, доступ до федеральних лабораторій, обладнання, фінансування науково-дослідних проєктів, проводять експертизу тощо для забезпечення досвіду навчання висококваліфікованих фахівців у галузі STEM.

Для реалізації окресленої мети федеральний уряд здійснює такі кроки:

- розширення доступу до якісних, оплачуваних стажувань у федеральних агенціях та забезпечення підготовки висококваліфікованих наставників;
- збільшення використання гнучких органів найму працівників, передбачених Федеральною програмою працевлаштування Pathways, пришвидшення переходу співробітників Pathways на конкурентні посади в службі для швидкого та продуктивного працевлаштування в галузі STEM;
- збільшення частки федерального фінансування на розвиток партнерства в навчанні, заснованого на професійній діяльності;

- створення нових органів найму, щоб перевести учнів, стажерів, докторантів та інших осіб, які беруть участь у програмах WBL, на постійну роботу, яка підтримується федеральним урядом (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 12).

З метою поєднання успішних практик із усього навчального ландшафту федеральний уряд спрямовує зусилля на:

- підтримку підвищення кваліфікації та професійний розвиток викладачів STEM, включаючи шкільних учителів та провайдерів освітніх послуг, які працюють як у сфері формальної, так і неформальної освіти;
- просування досліджень щодо найефективніших підходів до поєднання успішних навчальних практик у формальних та неформальних освітніх середовищах;
- залучення стейкхолдерів за допомогою вебінарів, практикумів та інших механізмів для обміну ефективними підходами до поєднання успішних навчальних практик і розробки рекомендацій для освітян щодо збільшення обсягів та дисемінації найкращих практик (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 14).

*Залучення учнів у галузі, де конвергуються дисципліни.* У межах даного напряму стратегічним планом передбачено реалізацію таких завдань:

- поглиблення освіти в галузі інновацій та підприємництва;
- перетворення математики на магніт;
- заохочення трансдисциплінарного навчання.

У стратегії наголошено, що інновації та підприємництво є надзвичайно важливими для конкурентоспроможності та безпеки Сполучених Штатів. Щоб залишатися конкурентоспроможними, американські компанії повинні ефективно впроваджувати нові технології у продукти та послуги. У цьому контексті пропонується залучати учнів до формального та неформального навчального STEM-середовища, що підтримує інновації та стимулює розвиток підприємницьких навичок. Такі заходи, як наукові ярмарки, конкурси з

кібербезпеки, робототехніки та винахідницькі завдання, а також математичні ігри, що підтримуються федеральними агентствами, є одним зі способів залучення учнів на всіх рівнях до реального, прикладного, експериментального навчання та каталізатором для розвитку кар'єри вчених, інженерів та підприємців США (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 16).

Федеральні агенції сприяють розвиткові інновацій та підприємницької освіти різними засобами, включаючи фінансову підтримку, координацію та фасилітацію програм. У свою чергу, федеральний уряд здійснює такі кроки:

- перегляд показників участі в конкурсах, челенджах та наукових проєктах, що фінансуються федеральним бюджетом, та використання найкращих практик для залучення більш різноманітної та інклюзивної спільноти учасників за необхідності;
- у межах федеральних інвестицій в освіту та підприємництво сприяння підвищенню інклюзивності та участі недостатньо репрезентованих у процесі STEM-освіти груп;
- надання підтримки діяльності, спрямованої на створення та захист інтелектуальної власності (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 17).

Необхідність реалізації наступного завдання – перетворення математики на магніт – обґрунтовується в документі тим фактом, що вивчення математики та статистики є основою успіху в усіх галузях STEM-освіти, забезпечуючи універсальну мову для опису й міркування про моделі реальних явищ. Однією з перспективних практик поліпшення математичної грамотності є інтеграція математики в різні дисципліни, навчання математики через експериментальний, змістовний та прикладний контекст. Учні, які вивчають математику та статистику в контексті, з акцентом на логіку, міркування та критичне мислення, є більш вправними математиками і здатні застосовувати математику для вирішення проблем, що виникають під час їх повсякденної діяльності. Наука про дані, моделювання та проблемне навчання можуть бути особливо потужними механізмами інтеграції математики в контекст.

У розпорядженні федеральних агенцій та відомств є низка інструментів для просування контекстуальної, прикладної та важливої математичної освіти. Федеральні агенції та відомства, що підтримують розвиток інноваційної діяльності в галузі STEM, мають можливість досягти цієї мети, обмінюючись досвідом контекстного застосування математики серед учнів та вчителів. Відповідно, зусилля федерального уряду спрямовані на:

- розширення доступу до федеральних даних задля їх використання в курсах із математики, статистики та інших навчальних курсів STEM у зручних для користувачів форматах та надання пропозицій щодо того, як дані можна використовувати на уроках;
- надання підтримки програмам та партнерствам, що інтегрують навчання математики та статистики у прикладний контекст, зокрема й через підвищення кваліфікації вчителів;
- обмін кращими практиками математичної освіти для різноманітних учнів (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 19).

У межах розвитку трансдисциплінарної STEM-освіти федеральні агенції сприяють розвиткові наукових досліджень в означеному напрямі. Також агенції підтримують дослідників у STEM галузі (учнів, студентів, аспірантів, докторантів), які досліджують міждисциплінарні проблеми, за допомогою стипендій та грантів. Шляхи реалізації окресленого завдання федеральним урядом включають:

- надання підтримки науковим дослідженням, розробленню й дисемінації ефективних міждисциплінарних навчальних практик, програм та політики щодо STEM;
- розширення підтримки STEM-учнів, які вивчають трансдисциплінарні проблеми, шляхом стажування, стипендій, грантів та інших можливостей для навчання;
- дотримання трансдисциплінарних підходів у процесі рекрутингу, підготовки, утримання та підвищення кваліфікації викладачів STEM.

*Формування обчислювальної грамотності* як напрям реалізації стратегії розвитку американської STEM-освіти ураховує той факт, що функціонування в сучасному суспільстві вимагає принаймні базового рівня «цифрової грамотності». Разом із тим, ефективне використання комп'ютерів або обчислювальних інструментів для таких заходів, як створення веб-сайтів, редагування відео, тривимірний друк або експлуатація систем управління виробництвом вимагає дещо вищого рівня кваліфікації або наявності «обчислювальної грамотності» (computational literacy), що є складовою STEM-грамотності. Адже незаперечним є факт, що нинішні учні та студенти в майбутньому можуть стати аналітиками даних, фахівцями зі штучного інтелекту та машинного навчання, розробниками програмного забезпечення і програм, техніки з автоматизації, ученими з квантової інформації та експертами з кібербезпеки. З огляду на цей факт, надзвичайно важливим є вивчення комп'ютерних наук у межах STEM-освіти.

Означений напрям охоплює розв'язання таких завдань:

- сприяння цифровій грамотності та кібербезпеці;
- перетворення обчислювального мислення на невід'ємну складову всіх рівнів освіти;
- розширення цифрових платформ для викладання та навчання (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 22).

У стратегії наголошується на пріоритетності розвитку цифрової грамотності як критично важливого вміння та кібербезпеки як його складової, що передбачає відповідальне використання ІКТ, включаючи такі технології, як криптовалюта, у межах розвитку STEM-грамотності. Надзвичайно важливим у цьому контексті є навчання майбутніх STEM-фахівців цифровій етиці та цифровій приватності щодо використання даних. Зокрема, Національний інститут охорони здоров'я США (National Institutes of Health – NIH), у межах свого Стратегічного плану щодо науки про дані (Strategic Plan for Data Science) на 2018 рік закликав посилити кількісну й обчислювальну

підготовку магістрантів та аспірантів, включаючи їх навчання безпечному та етичному використанню даних (*NIH Strategic Plan for Data Science, 2018*).

Досягнення окресленої мети передбачає реалізацію таких завдань:

- налагодження партнерства в межах федеральних агенцій та між федеральними агенціями й іншими стейкхолдерами для пропаганди цифрової грамотності та впровадження практики кібербезпеки на всіх рівнях, включаючи програми професійного розвитку педагогічних працівників;
- підтримка фундаментальних і прикладних досліджень щодо людських вимірів кібербезпеки й поширення перспективних практик;
- упровадження в зміст навчання та професійної підготовки цифрової етики і конфіденційності даних для дослідників STEM на всіх рівнях освіти (*Charting a Course for Success..., 2018, с. 23*).

Обстоюючи необхідність перетворення обчислювального мислення на невід'ємну складову всіх рівнів освіти, у стратегії знаходимо його трактування як мислительних процесів, що беруть участь у формулюванні проблем та знаходженні їх потенційних рішень таким чином, щоб ці рішення могли бути ефективно імплементовані агентом обробки інформації (людиною чи машиною, або, найчастіше, поєднанням їх обох) (Wing & Togyer, 2010). У більш узагальненому вигляді обчислювальне мислення охоплює набір процесів, що передбачає визначення проблеми, її розподіл на компоненти й розроблення моделі для її вирішення, оцінку результату, внесення змін та повтор означеної процедури.

Федеральний уряд спрямовує зусилля на:

- збільшення частки федерального фінансування та розширення партнерства у виконанні ініціатив, спрямованих на розвиток обчислювального мислення;
- підтримка досліджень і поширення найкращих практик щодо використання ефективних методів навчання обчислювального мислення та інформатики серед учнів шкіл як частину STEM-курикулуму.

- обмін освітніми практиками та навчальними матеріалами, що є ефективними для розвитку обчислювального мислення (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 25).

Розширення цифрових платформ для викладання та навчання, на думку розробників стратегії, дозволить підтримати різноманітність та включення в STEM-освіту, забезпечити більш рівний доступ до можливостей навчання в галузі STEM. У стратегії підкреслюється, що федеральні агенції повинні продовжувати підтримувати інноваційну діяльність, що призведе до створення нових та вдосконалених цифрових платформ для викладання і навчання, й оцінювати масштабність успішних пілотних проєктів. Федеральний уряд повинен надалі сприяти державно-приватному партнерству для розширення доступу до мережі Інтернет для громад, а також збільшенню кількості цифрових платформ через реалізацію низки кроків:

- розширення досліджень та підтримка розроблення курикулуму з використанням цифрових інструментів та принципів універсального дизайну;
- фінансування, участь та/або сприяння проведенню семінарів, хакатонів та інших заходів, що об'єднують спільноти практиків та навчають викладачів STEM, як найбільш ефективно використовувати цифрові інструменти та моделі навчання;
- надання першочергової підтримки практик та моделей дистанційного навчання, що найбільш ефективно охоплюють малозабезпечене та сільське населення (*Charting a Course for Success...*, 2018, с. 27).

*Забезпечення прозорості й підзвітності у федеральних органах влади* як напрям розвитку STEM-освіти в США передбачає, що федеральні агенції мають оприлюднювати інформацію щодо того, як вони максимізують федеральні інвестиції та заходи в галузі STEM на підтримку означеного плану та забезпечують широку користь для населення.

У межах даного напрямку визначено такі завдання:

- поширення практики оприлюднення фактичних даних у STEM-спільнотах;

- визначення рівня участі недостатньо репрезентованих груп населення;
- використання загальних метрик для вимірювання прогресу;
- удоступнення результатів діяльності для широкого загалу;
- розроблення Федерального плану реалізації та відстеження прогресу.

Наступним важливим для розвитку досліджуваного феномену нормативним документом став прийнятий у лютому 2020 р. Закон «Про сільську STEM-освіту» (Rural STEM Education Act) (*H.R.4979 – Rural STEM Education Act, 2020*).

Означеним Законом задекларовано надання Національним науковим фондом підтримки науковим дослідженням у галузі STEM-освіти в сільських школах (при цьому підкреслюється, що традиційні складові STEM – природничі науки, технології, інженерія та математика – доповнюються комп’ютерними науками).

Відповідно до положень Закону, Національний науковий фонд повинен надавати гранти закладам вищої освіти або некомерційним організаціям на реалізацію таких цілей: 1) здійснення наукових досліджень з метою просування інноваційних підходів для підтримки та сталого якісного навчання STEM у сільських школах; 2) здійснення наукових досліджень та розроблення програм для виявлення бар’єрів, із якими стикаються учні, які проживають у сільській місцевості, пов’язаних із доступом до якісної STEM-освіти; 3) пошук інноваційних рішень для покращення участі та просування в галузі STEM-освіти сільських учнів від нульового до 12 класу; 4) здійснення наукових досліджень щодо онлайн-курсів STEM-освіти для сільських громад.

Національний науковий фонд може заснувати пілотну програму регіональних когорт у сільській місцевості для надання однорангової підтримки, наставництва та практичного дослідницького досвіду для STEM-учителів сільських шкіл 0-12 класів з метою побудови екосистеми співпраці

між освітянами, дослідниками, академічною громадою та місцевою промисловістю.

Національний науковий фонд має укласти угоду з Національною академією наук, згідно з якою Національна академія погоджується оцінювати аспекти STEM-освіти та розвитку робочої сили в сільській місцевості. Урядова служба підзвітності проводить дослідження щодо участі сільського населення у федеральних програмах STEM.

Кожне з федеральних відомств, що реалізує експериментальну програму стимулювання конкурентоспроможних досліджень (EPSCoR), має розглянути можливість внесення змін до структур присудження EPSCoR для збільшення спроможності сільських громад надавати якісну STEM-освіту та впроваджувати програму розвитку робочої сили STEM учням та вчителям (*H.R.4979 – Rural STEM Education Act, 2020*).

Закон розширює повноваження учасників Програми партнерства з розширення виробництва (Manufacturing Extension Partnership – MEP) та включення середніх шкіл до складу MEP центрів. Національний інститут стандартів і технологій (National Institute of Standards and Technology) повинен присуджувати премії для стимулювання досліджень та розробки креативних технологій із метою налагодження партнерських зв'язків у сільських громадах, які не отримують достатніх послуг (*H.R.4979 – Rural STEM Education Act, 2020*).

Підсумовучи викладене вище, зазначимо, що розвиток STEM-освіти вже протягом тривалого часу є пріоритетом федеральної освітньої політики, про що свідчить здійснений нами аналіз нормативних документів. Змістово-процесуальні засади впровадження задекларованих вище ініціатив стануть предметом розгляду в наступному підрозділі.

## 2.2. Змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США

Розглядаючи змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США, зауважимо, що переважна більшість американських школярів здобувають STEM-освіту в традиційних державних середніх школах. Поряд із загальноосвітніми школами, зростає кількість таких провайдерів послуг у галузі STEM-освіти, як спеціалізовані STEM-школи. Означені заклади загальної середньої освіти зазвичай пропонують більш поглиблений STEM-курикулум, мають більш кваліфікованих STEM-учителів, більше часу для викладання STEM-дисциплін та більше ресурсів, ніж традиційні старші середні школи. Незважаючи на той факт, що частка спеціалізованих STEM-шкіл все ще залишається незначною серед усіх державних закладів загальної середньої освіти США, такі заклади не лише демонструють кращі результати, ніж традиційні школи; вони також можуть служити зразком для шкіл, які прагнуть удосконалення.

За результатами дослідження, здійсненого за фінансової підтримки Національного наукового фонду, у США функціонує три категорії STEM-орієнтованих шкіл, а саме:

- селективні школи (selective schools), у яких навчаються обдаровані учні, які мають визначні здібності в галузі STEM;
- інклюзивні школи (inclusive schools), які обслуговують учнів усіх верств населення, орієнтуючись на молодь із низьким рівнем доходу, меншини та інші традиційно недостатньо репрезентовані категорії учнівської молоді;
- STEM-орієнтовані школи професійно-технічної освіти (STEM-Focused Career and Technical Education (CTE) Schools), які допомагають широкому колу старшокласників отримати уявлення про практичне застосування знань зі STEM-дисциплін та підготуватися до роботи в галузі STEM.

Далі розглянемо означені заклади докладніше.

*Селективні школи.* Означений тип закладів загальної середньої освіти залучає на навчання найздібніших у галузі STEM учнів. Для вступу до цих невеликих елітних державних шкіл потрібно здати письмовий іспит. Яскравим прикладом такого закладу освіти є старша середня школа Stuyvesant High School (Нью-Йорк), серед випускників якої є чотири лауреати Нобелівської премії та численні STEM-лідери.

Нині у Сполучених Штатах налічується близько 90 селективних державних середніх шкіл STEM, більшість із яких створені після опублікування в 1983 році історичного звіту «Нація в небезпеці». Зосередившись на одній або декількох STEM-дисциплінах, селективні школи ставлять за мету підготувати обдарованих учнів до вступу на навчання до престижних закладів вищої освіти за напрямом STEM і побудови успішної STEM-кар'єри в майбутньому. Селективні школи, як правило, залучають досвідчених висококваліфікованих STEM-учителів, працюють за спеціально розробленими навчальними програмами, мають доступ до високотехнологічного лабораторного обладнання та можливість проходження наукового стажування під керівництвом відомих учених у галузі STEM.

Більшість селективних державних STEM-шкіл розташовані в містах і залучають на навчання найкращих учнів із усього навчального округу. У п'ятнадцяти штатах пропонують інтернатні школи, які залучають талановиту учнівську молодь із усього штату. У деяких штатах, наприклад, Вірджинії та Мічигані, школярів із сільських районів із низьким рівнем доходу перевозять спеціальним автобусом до регіональних центрів (Means et al., 2008).

Показовим прикладом ефективною селективної старшої середньої школи є Академія математики та природничих наук штату Іллінойс (Illinois Mathematics and Science Academy – IMSA), яка посідає друге місце в рейтингу шкіл США. Штат оплачує навчання та більшість витрат учнів Академії математики та природничих наук штату Іллінойс, яка пропонує міжнародно визнану трирічну програму резиденційного типу для учнів 10-12 класів. Вимоги до вступу до означеного закладу освіти є високими і включають:

тестування з математики, природничих наук та англійської мови; наявність стабільно високих оцінок під час попередніх навчальних років; наявність рекомендаційних листів; наявність посиленого продемонстрованого інтересу до STEM-дисциплін та потенціалу для значного внеску в STEM-галузь.

Місія закладу полягає в розкритті творчого, етичного та наукового потенціалу талановитої учнівської молоді. Місія конкретизується в переконаннях, що «всі люди мають рівну внутрішню цінність; усі люди мають вибір і несуть відповідальність за свої дії; приналежність до громади вимагає прихильності до загального блага; різноманітні перспективи збагачують розуміння та надихають на відкриття і творчість; чесність, довіра та повага життєво необхідні для розвитку будь-яких стосунків; навчання ніколи не закінчується; значення конструюється учнем; життєвий шлях жодної людини не визначений наперед; здатність розрізняти та створювати зв'язки – це сутність розуміння; ми всі розпорядники нашої планети; ми можемо значно покращити життя на нашій планеті» (*Illinois Mathematics and Science Academy (IMSA)*).

IMSA пропонує понад 100 курсів із математики, природничих наук, мистецтв та гуманітарних наук підвищеного рівня. Зокрема, обов'язкові дисципліни математичного циклу включають геометрію, розв'язання математичних задач (*Mathematical Investigations*), математичний аналіз (*Calculus*), вибіркові дисципліни математичного циклу – дискретна математика (*Discrete Mathematics*), сучасна геометрія (*Modern Geometries*), вирішення проблеми (*Problem Solving*), статистичне експериментування та висновування (*Statistical Experimentation and Inference*), статистичне дослідження та опис (*Statistical Exploration and Description*), розширені теми з математики (*Advanced Topics in Mathematics*), диференціальні рівняння (*Differential Equations*), лінійна алгебра (*Linear Algebra*), абстрактна алгебра (*Abstract Algebra*), багатоеlementний математичний аналіз (*Multi-Variable Calculus*), теорія чисел (*Number Theory*), теорія аналізу (*Theory of Analysis*) (*Illinois Mathematics and Science Academy 2021 Profile, 2021*).

Обов'язковим курсом із комп'ютерних наук є дослідження з комп'ютерних наук (Computer Science Inquiry), вибірковими – розширене програмування (Advanced Programming), прикладні програми мікроконтролера (Micro-controller Applications), об'єктно-орієнтоване програмування (Object Oriented Programming), веб-технології (Web Technologies), розширені веб-технології (Advanced Web Technologies), розробка прикладних програм для Android (Android Apps Development), UNIX/Linux та кібербезпека (UNIX/Linux and Cybersecurity), машинне навчання (Machine Learning) (*Illinois Mathematics and Science Academy 2021 Profile, 2021*).

Обов'язковими дисциплінами природничо-наукового циклу є методи наукового дослідження (Methods in Scientific Inquiry), наукові дослідження – біологія (Scientific Inquiries – Biology), наукові дослідження – хімія (Scientific Inquiries – Chemistry), наукові дослідження – фізика (Scientific Inquiries – Physics). Учні старшої середньої школи «Академія математики та природничих наук штату Іллінойс» можуть обрати такі вибіркові дисципліни природничо-наукового циклу:

- з фізики – біофізика (Biophysics), обчислювальна наука (Computational Science), інженерія (Engineering), сучасна фізика (Modern Physics), фізика – звук і світло (Physics – Sound and Light), фізика – механіка на основі математичного аналізу (Physics – Calculus-based Mechanics), фізика – електродинаміка та магнетизм на основі математичного аналізу (Physics – Calculus-based Electricity and Magnetism), планетарна наука (Planetary Science), геологія (Geology);

- з хімії – розширена хімія – будова та властивості (Advanced Chemistry – Structure and Properties), розширена хімія – хімічні реакції (Advanced Chemistry – Chemical Reactions), біохімія (Biochemistry), хімія навколишнього середовища (Environmental Chemistry), органічна хімія (Organic Chemistry), дослідження з органічної хімії (Survey of Organic Chemistry), медична хімія (Medicinal Chemistry);

- з біології – розширені біологічні системи (Advanced Biological Systems), еволюція, біорізноманіття та екологія (Evolution, Biodiversity and Ecology), мікроби та хвороби (Microbes and Disease), біологія раку (Cancer Biology), патофізіологія (Pathophysiology), біологія поведінки (Biology of Behavior). Також зауважимо, що вивчення всіх курсів із циклу природничих наук передбачає роботу в лабораторіях (*Illinois Mathematics and Science Academy 2021 Profile, 2021*).

650 учнів означеної старшої середньої школи навчаються за індивідуальними навчальними планами, які максимально враховують їхні інтереси та майбутні цілі. Центральним елементом навчальної програми є наукові дослідження, у процесі виконання яких учнівська молодь співпрацює між собою, а також із науковцями з усього світу. Багато учнів публікують результати своїх досліджень у наукових виданнях та виступають на наукових конференціях.

За даними, представленими на сайті закладу (<https://www.imsa.edu/discover-imsa/profile-mission-beliefs/>), понад 99 % з 4350 випускників IMSA, починаючи з 1985 року, вступили до закладів вищої освіти. Майже дві третини здобувають ступінь із математики або природничих наук – значно більше, ніж загальна кількість випускників американських старших середніх шкіл, і більш ніж у чотири рази вище середнього рівня серед дівчат. Випускниками Академії математики та природничих наук штату Іллінойс є провідні дослідники, інженери, викладачі та підприємці (*Illinois Mathematics and Science Academy (IMSA)*).

Як свідчать дослідження, саме спеціалізовані STEM-школи готують майбутніх фахівців у даній галузі. Адже їх випускники навчаються в закладах вищої освіти за STEM-спеціальностями майже на 50 % частіше, ніж випускники інших закладів загальної середньої освіти. Порівняно із середнім показником по країні, майже на 20 % більше випускників селективних STEM-шкіл отримують ступінь у галузі STEM протягом чотирьох років після закінчення середньої школи.

Дослідники пояснюють означені вище факти низкою причин: математично та природничо-науково обдаровані учні частіше вступають до закладів вищої освіти STEM спрямування, якщо їм пропонують навчальні програми підвищеного рівня складності, викладання висококваліфікованими фахівцями та стимулювання з боку однолітків. Участь в оригінальних дослідженнях є чи не найпотужнішим інструментом, особливо для молодих жінок. Важливу роль відіграють стажування та наставництво. Хоча жоден фактор окремо не може справляти глибокого впливу, навчальні програми, які поєднують означені фактори, можуть відкрити для старшокласників подальші перспективи в галузі STEM.

Разом із тим, як свідчить Р. Суботник, учнівська молодь, яка відвідує спеціалізовані STEM-школи не через глибокий інтерес до STEM, а з інших причин, у своїй більшості не отримують STEM-ступенів (Subotnik, 2011). Дослідники також наголошують на важливості раннього залучення до вивчення STEM-дисциплін, що підвищує шанси до обрання в майбутньому професії в галузі STEM.

*Інклюзивні школи.* Незважаючи на той факт, що селективні STEM-школи відіграють важливу роль у розвитку обдарованої учнівської молоді, в американському суспільстві стрімко зростає інтерес до поширення інтенсивної STEM-освіти серед інших категорій населення. Таку роль відіграють інклюзивні STEM-школи, що є відкритими для всіх. Означені заклади освіти прагнуть надати такий самий освітній досвід, як і селективні школи, але орієнтуються на молодь із сімей з низьким рівнем доходу та представників расових/етнічних груп, які історично були недостатньо репрезентовані у сферах STEM.

Виходячи з ідеї про те, що обдарованість у галузі математики та природничих наук можна розвивати (замість поширеної раніше думки, що математичні та природничо-наукові здібності є вродженими, тобто людина або має їх, або ні), інклюзивні школи, як правило, відбирають учнів шляхом лотереї та надають підтримку тим, хто має слабший академічний досвід.

Тьюторство, консультації та інші послуги допомагають підготувати студентів до здобуття вищої освіти за STEM-спеціальностями.

Низка штатів створюють інноваційні освітні мережі з метою стимулювання створення інклюзивних STEM-шкіл та обміну передовим досвідом між означеними закладами та з традиційними державними школами. Наприклад, з ініціативи інноваційної мережі T-STEM (Техас) було відкрито понад 50 загальноосвітніх шкіл, починаючи з 2006 року. Навчальна мережа STEM у штаті Огайо (Ohio STEM Learning Network) сприяла створенню 10 інклюзивних STEM-шкіл, орієнтованих на різні економічні регіони штату. Досвід роботи означеної інноваційної освітньої мережі імплементують також штати Каліфорнія, Нью-Йорк та Північні Кароліни.

Зважаючи на інноваційність досліджуваних закладів освіти, вважаємо за доцільне навести визначення інклюзивної старшої середньої STEM-школи (inclusive STEM high school – ISHS), запропоноване групою вчених на чолі з Б. Мінз (Means, 2016). Дослідники трактують інклюзивну старшу середню STEM-школу як заклад освіти, що приймає на навчання учнів на основі їх інтересів, а не здібностей чи попередніх досягнень, і надає всім учням можливість поглибленого вивчення математики та природничих наук, на відміну від звичайних старших середніх шкіл, з метою їх підготовки до подальшого навчання в закладах вищої освіти означеного спрямування. ISHS зараховують учнів шляхом подання заявки, не вимагаючи високих балів для вступу до старшої середньої школи. Означені школи призначені для розвитку в школярів STEM-компетентностей, а не відбору обдарованих у галузі STEM учнів.

У цьому контексті заслуговує на увагу концептуальна модель інклюзивної старшої середньої STEM-школи, запропонована згаданими вище дослідниками, яка відображає взаємозв'язок конструктивних особливостей інклюзивних старших середніх шкіл STEM та результатів навчання учнів, які дозволять вступити до закладів вищої освіти STEM спрямування й обрати в майбутньому STEM-професію (див. рис. 2.1).



Рис. 2.1. Концептуальна модель інклюзивної старшої середньої STEM-школи (Means, 2016)

Яскравим прикладом інклюзивної школи є старша середня школа Delta High School (штат Вашингтон). За сприяння місцевих бізнесових лідерів, школа була відкрита в 2009 році, прийнявши на навчання близько 100 старшокласників, обраних за допомогою лотереї. Контингент учнів Delta High School відбиває демографічні показники навчальних округів Кенневік

(Kennewick), Річленд (Richland) та Паско (Pasco). Вже восени 2012 року в 9-12 класах означеного закладу навчалися 400 учнів.

Delta High School стала однією з перших STEM-орієнтованих шкіл штату і пілотним проєктом Фонду STEM-освіти у штаті Вашингтон (Washington State STEM Education Foundation). Фінансування надходить із кожного з трьох навчальних округів та доповнюється грантами від фонду та багатьох інших партнерів, включаючи науково-дослідний інститут Баттелл (Battelle), Університет штату Вашингтон і коледж Колумбія Бейсін, який надає навчальний простір у своєму кампусі.

Центральним елементом навчальної програми Delta High School є поєднання природничих наук, технологій, інженерних, математичних та гуманітарних наук у процесі практичного проблемного навчання. Навчальним планом передбачено 90-хвилинні заняття, консультації щодо навчальної діяльності та вступу до закладів вищої освіти, наставництво в кар'єрі STEM-фахівцями, стажування, спостереження за роботою STEM-фахівців на робочому місці та семінари для старших курсів. Заклад освіти наголошує на необхідності надання персоналізованих освітніх послуг, насамперед індивідуальної взаємодії учнів та вчителів із урахуванням сильних сторін та інтересів учнів та здійснення ретельного контролю їх успішності.

Зауважимо, що наразі тривають дослідження щодо вивчення ефективності діяльності інклюзивних STEM-шкіл, хоча результати тестування, проведені в кількох штатах, демонструють деякі позитивні ефекти. Наприклад, учні старших середніх STEM-шкіл штату Техас (T-STEM) отримують трохи вищі результати під час проходження державних тестах із математики та природничих дисциплін, рідше пропускають заняття та обирають для вивчення курси більш високого рівня, ніж їхні однолітки, порівняно із загальноосвітніми школами цього ж штату (Young et al., 2011).

Також вважаємо за доцільне звернутися до характеристик інклюзивних STEM-шкіл, отриманих у результаті кількісних досліджень, здійснених американськими вченими. Зокрема, дослідниками виявлено, що інклюзивні

STEM-школи, порівняно із селективними школами, обслуговують більшу кількість афроамериканців, іспаномовних та малозабезпечених учнів. Більше того, інклюзивні школи пропонують більш високий рівень персоналізації за допомогою таких стратегій, як «закріплення» вчителя за одними й тими самими учнями протягом декількох років та призначення учням професійних наставників, які відображають їхню расову та етнічну приналежність.

Заслуговує на увагу дослідження ефективності інклюзивних шкіл (Means, 2016), здійснене в 20 закладах освіти семи штатів (Огайо (4), Техас (4), Вашингтон (4), Каліфорнія (3), Північна Кароліна (2), Теннессі (2), Нью-Йорк (1), на основі якого автори виокремили вісім ключових елементів означених закладів. До таких елементів було включено:

- основні (пов'язані з навчанням та не пов'язані з навчанням).
- допоміжні.

Пов'язані з навчанням елементи стосуються педагогічних стратегій та досягнення учнями академічних цілей. Не пов'язані з навчанням елементи стосуються соціального та емоційного добробуту учнів, а також удосконалення системи STEM-освіти поза межами школи. До допоміжних елементів належать стратегії та зовнішні чинники, що підтримують основні елементи (див. рис. 2.2).

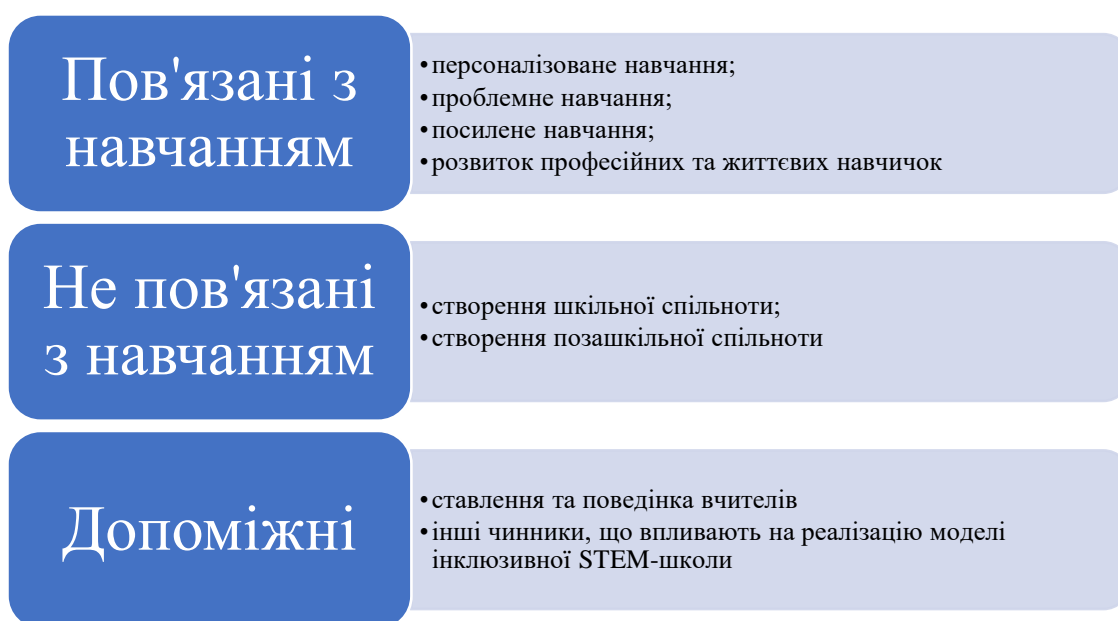


Рис. 2.2. Ключові елементи інклюзивних STEM-шкіл

Далі розгляне ці елементи докладніше.

*Персоналізоване навчання* (Personalization of Learning) віддзеркалює ідею, що навчання слід підлаштовувати під унікальні здібності та інтереси кожного учня. Згідно з визначенням, поданим в аналітичному звіті Фонду Білла та Мелінди Гейтс «Ранній прогрес: проміжні дослідження персоналізованого навчання» (Early progress: Interim research on personalized learning), персоналізоване навчання являє собою системи та підходи, що поглиблюють означений процес шляхом адаптування викладання до потреб, умінь, навичок та інтересів кожного учня (Bill & Melinda Gates Foundation, 2014, с. 2). Персоналізація навчання передбачає відмову від єдиної для всіх стратегії на користь індивідуальним навчальним траєкторіям. Прикладами складових персоналізованого навчання, що застосовуються в досліджуваних інклюзивних старших середніх STEM-школах, можуть слугувати диференційоване викладання вчителем предмету на основі потреб у навчанні, запровадження гнучкого розкладу та учнівської автономії.

*Проблемне навчання* (Problem-Based Learning – PBL), у найбільш загальному вигляді, являє собою технологію, що передбачає вирішення учнями проблеми для досягнення навчальних цілей (Savery, 2015). Однак, як засвідчило дослідження, форми організації проблемного навчання в означених школах відрізняються. Наприклад, PBL може передбачати як довгостроковий проєкт, що триває протягом декількох тижнів, так і вирішення певної проблеми протягом одного уроку. Деякі завдання або проєкти проблемного навчання спрямовані на вирішення штучно створених проблем, тоді як інші зосереджуються на проблемі, яка існує в реальному світі. До спільних характеристик проблемного навчання дослідники відносять: установлення учнями міждисциплінарних зв'язків; підтримка процесу викладання зовнішніми партнерами; надання вчителем допомоги учням, які досліджують проблеми реального світу (Means et al., 2016).

*Посилене навчання* (Rigorous Learning) зосереджується на складному змісті навчального матеріалу та процесах, що стимулюють пізнавальну

активність учнів. Б. Блекберн трактує посилене навчання як «створення середовища, що буде стимулювати учня навчатися на високому рівні, і при цьому кожен учень отримає необхідну для цього педагогічну підтримку» (Blackburn, 2008, с. 2).

*Розвиток професійних та життєвих навичок (Career, Technology, and Life Skills).* Означений елемент передбачає орієнтацію викладання та навчання на розвиток навичок, необхідних учням для подальшого навчання в закладі вищої освіти, майбутньої кар'єри та життєдіяльності загалом. Складові даного елемента можуть охоплювати як безпосередньо набуття знань та вмінь, необхідних для працевлаштування в галузі STEM, так і включати навички, які стануть у нагоді на будь-якому майбутньому робочому місці, наприклад комунікативні навички або тайм-менеджмент.

*Створення шкільної спільноти та виховання почуття належності до цієї спільноти (School community and belonging).* Означений елемент фокусується на аспектах розвитку учнів старших середніх шкіл, не пов'язаних із їхнім навчанням. У даному контексті йдеться про створення міцної організаційної культури школи та задоволення емоційних потреб учнів. Багато інклюзивних старших середніх STEM-шкіл називають організаційну культуру найважливішою складовою успіху учнів. Деякі заклади описували «сімейну» культуру, тоді як інші зосереджувалися на загальношкільній культурі професіоналізму. На практиці наявність означеного елемента в характеристиці інклюзивної STEM-школи мала такі прояви: «персонал закладу підтримує всі потреби учня, а не лише навчальні»; «учні ставляться один до одного з довірою й повагою»; «учні беруть участь у процесі прийняття рішень у школі»; та «персонал закладу дотримується шкільного кодексу поведінки та цінностей» (Means et al., 2016).

*Створення позашкільної спільноти (External Community)* відбувається у процесі налагодження взаємодії школи з членами громади та іншими установами. У деяких випадках школи можуть мати тісні взаємовідносини з місцевою чи державною громадою. В інших випадках, заклади освіти роблять

акцент на розвиткові освітянського співтовариства саме в галузі STEM, що передбачає обмін кращими практиками та освітніми стратегіями з іншими школами.

*Ставлення та поведінка вчителів* виступають допоміжним елементом, що уможлиблює функціонування окреслених вище основних елементів. Зокрема, важливими чинниками ефективного функціонування школи є налагодження співпраці між учителями, стимулювання керівником школи професійного зростання та розвитку вчителів, участь учителів у процесі прийняття рішень тощо.

Серед інших чинників, що впливають на реалізацію моделі інклюзивної STEM-школи, дослідники виокремлюють характеристики організації, де впроваджується інновація, зовнішній клімат (політичний, громадський), що оточує інновації та характеристики користувача (Century et al., 2012).

STEM-орієнтовані школи професійно-технічної освіти здійснюють навчання учнів у межах практико-орієнтованих програм підготовки технологічно досвідчених працівників. У цьому контексті слід зауважити, що в сучасних умовах важко провести чітку межу між STEM-орієнтованими школами професійно-технічної освіти та іншими програмами STEM-освіти, оскільки майже всі заклади професійно-технічної освіти тією чи іншою мірою пов'язані зі STEM-галузями.

STEM-дисципліни можуть бути включені в будь-яку модель організації професійно-технічної освіти, включаючи регіональні професійно-технічні центри, середні школи професійно-технічної освіти або академії кар'єри в старших середніх школах.

Яскравим прикладом STEM-орієнтованої школи професійно-технічної освіти є старша середня школа Sussex Technical High School (штат Делавер). Заснована в 1961 році як заочна школа, нині Sussex Technical High School обслуговує понад 1300 школярів, обраних за допомогою лотереї, які навчаються за денною формою. Майже третина учнів походить із малозабезпечених сімей. Серед своїх досягнень заклад має найвищий рейтинг

у державі – «найкраща школа» – на основі результатів тестів із математики, читання, природознавства та суспільних наук. Також важливо звернути увагу, що 98 % школярів закінчують навчання (*Delaware Department of Education*).

Школа забезпечує комплексну освітню програму, що поєднує технічну освіту з основними академічними курсами й називається «техадемія». Кожен учень отримує освітні послуги в одній із 15 технічних галузей, що відповідають місцевим потребам бізнесу (автомобільні технології, технології охорони здоров'я/надання послуг, комунікації/інформаційні технології, промислові/інженерні технології тощо).

Протягом першого року навчання учні означеної старшої середньої школи вивчають основні академічні курси та ознайомлюються з різноманітними технічними галузями з метою обрання майбутньої професії. Потім учні обирають одну програму навчання для 10–12 класів. У випускному класі учні беруть участь у «виставці майстерності» в галузі STEM, для чого кожен створює важливий технічний продукт, готує наукову роботу та робить офіційну презентацію, які оцінюються адміністрацією, викладачами та представниками бізнесу/виробництва. Також учні мають багато можливостей для навчання на робочому місці за обраною професією (*Delaware Department of Education*).

Окреслюючи змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США, вважаємо за доцільне зауважити, що крім розглянутих вище типів закладів, вивчення окремих або інтегрованих STEM-курсів пропонують майже всі старші середні школи країни. Разом із тим, не всі учні таких шкіл мають мотивацію до вивчення таких курсів та/або обрання майбутньої професії, пов'язаної зі STEM-галуззю. Особливо це стосується недостатньо репрезентованих верств населення та дівчат. Американські дослідники найкращим виходом із означеної ситуації вважають розвиток менторства в STEM-освіті.

За твердженням фахівців Національного наукового фонду (*National Science Foundation, 2019*), менторство в STEM-освіті має вирішальне значення

для розвитку національного інтелектуального капіталу. Американські дослідники К. Еткінз, Б. Дуген, М. Дромголд-Сермен та ін. (Atkins et al., 2020) розглядають феномен менторства в STEM-освіті крізь призму теорії ідентичності (identity theory). Згідно з концептуальними положеннями означеної теорії, особи, які заявляють про свою ідентичність, приписують собі набір значень про свою роль, приналежність до певної групи або унікальну особистість (Burke & Stets, 2009). Потім ці значення передаються іншим за допомогою поведінки та соціальних взаємодій; люди інтерпретують відповіді інших на ці взаємодії як схвалення чи несхвалення, а також змінюють або контролюють свою ідентичність. Процес формування ідентичності включає спочатку бачення себе як особи, яка має ідентичність, потім підтвердження іншими цієї ідентичності та, врешті-решт, розгляд своєї ідентичності як видатної чи помітної (Burke & Stets, 2009; Stets et al., 2017). Учені вважають, що більш помітні ідентичності або ті, що займають вищі позиції в ієрархії всіх ідентичностей, з часом стають більш стійкими (Serpe & Stryker, 2011).

Дослідження з проблем STEM-освіти фокусуються переважно на науковій ідентичності (тобто ототожненні себе з ученим), що сприяє покращенню навчальних досягнень у галузі STEM та збереженні інтересу до вивчення означених дисциплін (Maton et al., 2016). У свою чергу, засобом формування наукової ідентичності виступає менторство. Так, наприклад, дослідження, проведене серед учнів-представників недостатньо репрезентованих верств населення (мовних та національних меншин, вихідців із сімей із низьким рівнем доходу, з особливими потребами та ін.), продемонструвало, що менторство справило позитивний вплив на розвиток їхньої наукової ідентичності та кар'єрних шляхів у галузі STEM (Summers & Hrabowski, 2006).

Науковці (Byars-Winston et al., 2015; Estrada et al., 2018) наголошують, що ментори сприяють формуванню наукової ідентичності за допомогою ознайомлення учнів із кар'єрними ресурсами та можливостями для здійснення

наукових досліджень, надання емоційної підтримки, виховання у учнів упевненості та наукової самоефективності.

Зауважимо, що роль ментора в STEM-освіті в американських школах може виконувати широке коло осіб, а саме вчителі, викладачі ЗВО, аспіранти або докторанти, однолітки, друзі, члени громади та сім'я. Відповідно, наставницькі стосунки можуть бути формальними (спланованими та організованими за допомогою структурованих програм або втручань) або неформальними (що виникають через існуючі відносини або поза структурованими програмами) за своєю сутністю.

Як зазначено в доповіді Національної академії природничих, інженерних та медичних наук (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine), ефективне менторство має такі складові:

- *функції підтримки* – психосоціальної, кар'єрної, а також створення можливостей для задоволення потреб та інтересів учнів;
- *довіра* – розвивається, коли ментори й учні спільно працюють над виявленням та реалізацією своїх спільних цілей, потреб і пріоритетів, які можуть змінюватися з часом та, відповідно, потребують коригування;
- *саморефлексія* – ефективне менторство передбачає критичну та чесну саморефлексію на всіх етапах процесу наставництва;
- *очікування* – у даному контексті йдеться про необхідність чіткого визначення ментором власних очікувань та створення безпечного простору для чіткого визначення учнями їхніх очікувань;
- *виховання* – взаємодія наставника та учня впливає на розвиток їхніх ставлень, поведінку та самоефективність (*The Science of Effective Mentorship in STEMM, 2019*).

У сучасних умовах у США програми менторства в STEM-освіті пропонують низка організацій (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1

## Програми менторства в STEM-освіті у США

Назва організації/програми	Характеристика програми
3M/Програма STEP	Досягнення справедливих результатів навчання та озброєння наступних поколінь учених інструментами й досвідом для успішної майбутньої діяльності
Genentech/Genentech's Futurelab Initiative	Надання всім учням 1-12 класів можливості захопитися наукою, їх залучення до експериментальної діяльності та заохочення до вибору майбутньої професії, пов'язаної зі STEM. Мета програми Futurelab полягає в розкритті потенціалу учнів як наступного покоління новаторів та їх залучення до наукових досліджень упродовж усього життя
Girls Inc.	Запровадження комплексного підходу до всебічного розвитку дівчат, що допоможе їм здолати гендерні, економічні та соціальні бар'єри й рости здоровими, освіченими і незалежними
The NYC Science Research Mentoring Consortium	Надання педагогічної підтримки обдарованим/недостатньо репрезентованим, а також учням старшої середньої школи з недостатніми ресурсами для підвищення їх комфорту та компетентності під час проведення наукових досліджень. Програма передбачає створення спільноти практиків – інноваційної мережі вчених, аспірантів, викладачів та однодумців зі спільними цінностями, а також підготовка учнів до вступу до ЗВО й обрання майбутньої професії в галузі STEM
SF Chamber of Commerce Education and Workforce Initiative, UniteSF/STEM Talent Pathway	Підвищення репрезентативності контингентів учнів, залучених до STEM, підтримка молоді Сан-Франциско під час обрання майбутньої професії
Science Club	Позашкільна програма, орієнтована на учнів 5-8 класів, що передбачає їх залучення до наукових досліджень, розвиток наукових навичок та пошук майбутньої професії в галузі STEM
SEA Research Foundation	Розрахована на дітей віком 6-10 років програма передбачає взаємодію учнів у малих групах та менторів під час дозвіллевої діяльності та практичних занять зі STEM-дисциплін, з особливим акцентом на збереженні інтересу до даної галузі в майбутньому
STEM Mentoring	Здійснення позитивного впливу на соціальний розвиток та навчальні досягнення молоді, що бере участь у даній програмі, а також підвищення рівня знань та інтересу до діяльності та STEM-професій

*(Систематизовано автором)*

Отже, незважаючи на велику кількість програм менторства в STEM-освіті, що пропонуються різними організаціями для різних цільових категорій,

можемо констатувати наявність спільної мети – підвищення навчальних досягнень, залучення учнів до наукових досліджень та збільшення інтересу до STEM професій.

Узагальнення досвіду впровадження програм менторства в STEM-освіті в американських старших середніх школах, дозволило виокремити найпоширеніші їх результати:

- *знання в галузі STEM:*
  - знання про предмет STEM;
  - знання щодо STEM-професій;
  - знання про процедуру вступу до закладу вищої освіти та вибір такого закладу;
- *ставлення до STEM:*
  - ставлення до науки (загалом) або STEM-дисциплін;
  - увага до STEM-суб'єктів;
  - інтерес до STEM-професій;
  - STEM-ідентичність
  - почуття належності до STEM галузі;
- *поведінкові прояви, пов'язані зі STEM:*
  - навички, що безпосередньо пов'язані зі STEM (дослідницькі, навички інтерпретації та представлення даних тощо);
  - навички, корисні в роботі зі STEM (робота в команді, уміння отримувати інформацію від інших людей, уміння вирішувати проблеми, науковий світогляд, навички тайм-менеджменту та критичне мислення);
  - упевненість або самоефективність, пов'язані зі STEM (як у навчальній, так і в майбутній професійній діяльності);
  - активне планування кар'єри в галузі STEM;
  - частота та глибина залучення до STEM діяльності;
  - підтвердження вибору кар'єри в галузі STEM;
  - оцінки або результати тестів, пов'язані зі STEM;

- прагнення вступати до закладів вищої освіти STEM спрямування та/або обрання відповідних курсів під час навчання в школі;

- *зменшення негативних поведінкових проявів (не пов'язаних зі STEM):*
  - покращення відвідуваності та поведінки в школи;
  - зменшення проявів проблемної поведінки поза межами школи;
  - зниження частоти вживання психоактивних речовин;
- *налагодження взаємодії:*
  - бажання звернутися за допомогою;
  - збільшення кількості осіб, пов'язаних зі STEM, до яких молодь може звернутися за допомогою;
  - підвищення якості відносин наставництва в галузі STEM;
- *інші результати:*
  - залучення батьків до STEM-діяльності та профорієнтації;
  - ставлення вчителя до участі у STEM.

Також вважаємо за доцільне звернути увагу на форми організації програм менторства в STEM-освіті, а саме персональне та дистанційне. Персональне менторство, як індивідуальне, так і групове, за твердженням американських освітніх теоретиків та менторів-практиків (Kupersmidt et al., 2018), є найбільш доцільним у програмах, спрямованих на формування початкового інтересу до STEM-дисциплін у маленьких дітей або програмах, орієнтованих на підтримку старшокласників у певний перехідний момент (наприклад, вибір закладу освіти та/або спеціальності, пов'язаних зі STEM). Дистанційні (онлайн) моделі, як правило, використовуються в програмах, які передбачають установа великої кількості взаємозв'язків у галузі STEM або забезпечення доступу до найрізноманітніших рольових моделей. Дистанційні формати менторства в STEM-освіті є також популярними, коли особисті відносини неможливі через географічну відстань або такі фактори, як індивідуальна інвалідність (Sowers, 2012). За свідченням дослідників, обидва формати є ефективними, але відрізняються за структурою та фокусом

менторських стосунків. Далі розглянемо означені форми організації програм менторства в STEM-освіті докладніше.

*Персональне менторство в STEM-освіті.* Крім моделей, де один ментор виступає наставником для одного учня, у США використовуються інші різновиди менторства, зокрема:

- один ментор є наставником для багатьох учнів (часто в програмах, які передбачають практичні експерименти);
- один учень має багато менторів (при цьому кожен ментор відіграє унікальну роль);
- програми (близьких) груп однолітків (як правило, такі програми менторства поширені серед студентів ЗВО, де магістранти або аспіранти виступають менторами для студентів бакалаврату, однак поширеними є також програми, де студенти виступають менторами учнів старшої школи);
- багато менторів консультують багатьох учнів (Kupersmidt, 2018).

Ще одним поширеним різновидом програм менторства в STEM-освіті є так званий «багатошаровий» підхід. У таких програмах основного ментора, який консультує учня, підтримує старший ментор (учений або викладач) (Cutucache et al., 2016). Яскравим прикладом означеного підходу є ситуація, коли викладач ЗВО консультує/наставляє студента-ментора, який, у свою чергу, працює з учнем старшої середньої або молодшої середньої школи. Такі програми менторства мають потужний виховний потенціал, оскільки, з одного боку, сприяють підвищенню інтересу до вивчення STEM-дисциплін у учнів шкіл, а з іншого, – сприяють покращенню навчальних досягнень та досвіду студентів закладів вищої освіти, які спеціалізуються в галузі STEM (Banks, 2010).

Повертаючись до переліку видів персонального менторства, вважаємо за доцільне конкретизувати підхід, коли учень (учні) отримують педагогічну підтримку з боку декількох менторів. Найбільш поширеними прикладами в цьому контексті є консультування учнів студентом-ментором у тандемі з

викладачем (у закладах вищої освіти) або керівником на робочому місці, який надає менторську підтримку, пов'язану з розвитком професійних навичок, тоді як інший ментор працівника надає соціальну та емоційну підтримку під час формування професійної культури, почуття приналежності та розвитку м'яких навичок тощо.

*Дистанційне менторство в STEM-освіті.* Дистанційне (онлайн) менторство використовуються в програмах, де учні отримують підтримку широкого кола STEM-професіоналів чи науковців для досягнення цілей програми. Означений підхід поширений, наприклад, у програмах менторства, спрямованих на надання підтримки дівчатам середнього шкільного віку жінками-вченими, з метою виховання почуття приналежності до STEM-галузі й отримання консультацій широкого кола вчених (Stoeger, 2017). Онлайн-платформи дозволяють створювати інноваційні освітні мережі в галузі STEM, запропонувати молоді ширший спектр перспектив та підтримки, дозволяють молоді знайти рідкісні рольові моделі в галузі STEM, які мають таку саму стать чи походження, і це може компенсувати негативний досвід, який можливо мав місце, коли персональне менторство не задовольнило потреби учнів (Dawson, 2015).

Отже, можемо констатувати, що провідною формою педагогічної підтримки учнів старших середніх шкіл США, які виявляють інтерес до STEM, є менторство, яке здійснюється в межах широкого кола загальнонаціональних та штатових програм, що передбачають різноманітні форми взаємодії менторів та учнів.

### **2.3. Професійно-педагогічна підготовка STEM-учителів старшої середньої школи США**

Як засвідчив аналіз нормативних документів, здійснений нами в п. 2.1, професійна підготовка нових ефективних STEM-учителів є одним із пріоритетів федеральної освітньої політики. Адже надання якісних освітніх

послуг учнів, які вивчають STEM як інтегровану дисципліну, вимагає наявності в учителів принципово нових професійних компетентностей. У цьому контексті зауважимо, що в США професійно-педагогічна підготовка STEM-учителів здійснюється в межах освітніх програм бакалаврського та магістерського рівнів.

Професійно-педагогічна підготовка STEM-учителів за освітнім рівнем бакалавр здійснюється за спеціально розробленою програмою підготовки STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл UTeach у 46 університетах 22 штатів та окрузі Колумбія.

Зауважимо, що перша програма UTeach була запроваджена в 1997 р. у Техаському університеті в Остіні як «інноваційний спосіб залучення до вчительської професії й підготовки до професійно-педагогічної діяльності студентів, які спеціалізуються в галузі природничих наук, технологій, інженерних наук та математики (STEM) (*UTeach. We prepare teachers*).

На відміну від традиційних програм професійної підготовки вчителів, які здобувають освіту зі спеціальності Середня освіта або в межах окремої предметної галузі, пов'язаної зі STEM, програма UTeach спрямована на отримання одночасно ступеня бакалавра в інтегрованій галузі STEM та сертифікат учителя середньої школи. Тривалість навчання в межах даної програми становить чотири роки. Відмінною рисою програми UTeach є компактність (загалом кількість кредитів коливається від 120 до 126), що досягається за рахунок зменшення кількості обов'язкових навчальних курсів та виключення невеликої кількості курсів, що за змістом належать до вищих підрозділів. По завершенню програми UTeach студенти отримують ступінь бакалавра (BSc) з таких спеціальностей, як біологія, хімія, фізика, математика, комп'ютерні або інженерні науки та вчительський сертифікат (*Chapter 5: The UTeach Instructional Program*).

Головною особливістю програми професійної підготовки STEM-учителів UTeach є інтегрований зміст STEM-дисциплін, що базується на інноваційних дослідженнях як у галузі STEM у цілому, так і в галузі STEM-

освіти зокрема. Майбутні STEM-учителі мають можливість дізнатися про розвиток означеної галузі знань, історію розвитку й філософське підґрунтя природничих наук та математики, а також знання з методики викладання STEM-дисциплін.

Крім того, у кожному курсі програми UTeach підкреслюється необхідність установлення зв'язків між математикою та природничими науками, а також між дисциплінами, що власне належать до природничих наук, з урахуванням спільних рис та відмінностей у викладанні та навчанні кожної з них. Крім того, студенти з різних спеціальностей STEM разом проходять курси UTeach і заохочуються до співпраці, коли це можливо.

У межах розгляду програми підготовки американських STEM-учителів UTeach вважаємо за доцільне сфокусувати увагу на питанні курикулуму, що складається з послідовності чітко структурованих курсів.

Курикулум UTeach включає такі групи курсів:

- *курси рекрутингу персоналу UTeach* – призначені для заохочення STEM-фахівців до «випробування себе в якості викладачів». Ці курси передбачають два етапи (кроки): Крок 1: Наукові підходи до викладання та Крок 2: Розробка уроку на основі досліджень;

- *UTeach курси зі STEM-освіти* – спираються на актуальні дослідження в галузі викладання та навчання, зокрема, у предметних галузях STEM;

- *UTeach STEM-орієнтовані предметні курси* – як правило, проводяться одночасно з курсами STEM-освіти і призначені для задоволення різноманітних вимог до академічного ступеня, підкреслюючи зміст, що має особливе значення для вчителів математики та природничих наук середніх шкіл;

- *педагогічна практика* – передбачає проходження педагогічної практики протягом семестру та участь у підсумковому семінарі, що надає студентам можливість продемонструвати навички, необхідні для отримання

вчительського сертифікату, та набуття досвіду й упевненості, необхідних для викладацької діяльності;

- *портфоліо* – за допомогою портфоліо студенти доводять, що вони відповідають низці критеріїв, починаючи від знань із предмету/ів спеціалізації та закінчуючи ефективною розробкою навчальних занять та управлінням класом. Поряд із компетентностями, які треба сформулювати протягом педагогічної практики, портфоліо має відповідати мінімальним критеріям, щоб студент мав право на сертифікацію (*Chapter 5: The UTeach Instructional Program*).

Показовим прикладом професійної підготовки майбутніх STEM-учителів за означеною програмою є UTeach Даллас, запроваджена Техаським університетом у Далласі й спрямована на рекрутинг, розвиток та утримання в професії нового покоління вчителів математики, природничих наук та інформатики для загальноосвітніх шкіл. Починаючи з 2008 р., за програмою UTeach Даллас було підготовлено понад 200 STEM-учителів (*UTeach Dallas Programs*).

UTeach Даллас дає студентам Техаського університету в Далласі, які навчаються за відповідними спеціальностями, можливість ознайомитися з професією вчителя математики, природничих наук або інформатики протягом навчання за основною спеціальністю (математика, природничі науки).

Студентам рекомендується розпочати навчання за програмою UTeach Даллас вже в першому семестрі першого року навчання. З цією метою студенти мають звернутися до радника UTeach для ознайомлення з можливостями програми. Наступним кроком має стати заповнення форми співбесіди для вступу (див. Додаток Д) та планування разом із радником UTeach послідовності вивчення навчальних курсів. Слід наголосити, що вже в першому семестрі здобувачі освіти мають можливість проводити уроки в школах.

Далі окреслимо навчальні курси, що пропонуються в межах програми UTeach Даллас, детальніше.

*UTeach Крок 1: Вступ до професії STEM-учителя (UTeach STEP 1: Introduction to STEM teaching as a career) (1 кредит).* Під час вивчення даного курсу студенти ознайомлюються з розробками уроків на основі досліджень (inquiry-based lessons), педагогічними технологіями та стратегіями управління поведінкою. Також студенти ознайомлюються з портфоліо-проектом. Навчальна практика в межах даного курсу передбачає відвідування та спостереження 2 уроків, а також планування та проведення трьох уроків на основі досліджень для учнів 4–6 класів у місцевих початкових школах.

*UTeach Крок 2: Подальше ознайомлення з професією STEM-учителя (UTeach STEP 2: Continued exploration into STEM teaching as a career) (1 кредит).* У межах означеного курсу передбачається вивчення таких тем: використання різних методів навчання для досягнення навчальних цілей; використання різних технологій навчання; результати навчання. Навчальна практика передбачає спостереження уроків та проведення трьох уроків математики, природничих наук або інформатики на основі досліджень у середній школі.

*Знання та навчання (Knowing & Learning) (3 кредити).* Даний курс передбачає ознайомлення здобувачів освіти із сучасними теоріями навчання та розвитку. У межах курсу «Знання та навчання» студенти вивчають такі теми: психологічні основи навчання; розв’язання проблем у математичній та природничій освіті з використанням технологій; сутність викладання очима учителів-початківців та досвідчених учителів; наслідки тестування з високими ставками (наприклад, підсумкових стандартизованих тестів); основи формувального та підсумкового оцінювання (*UTeach Dallas. Courses*).

*Навчальна взаємодія (Classroom Interactions) (3 кредити).* Означений курс фокусується на особливостях викладання та навчання. Темі курсу охоплюють: принципи надання ефективних освітніх послуг у різних форматах (лекції, лабораторна діяльність, осередки співпраці); роль статі, класу, раси та культури в STEM-освіті; огляд політичних ініціатив у галузі STEM-освіти. Студенти проходять практику в старшій середній школі, що передбачає

відвідування та спостереження 3 уроків та проведення 2 спільних уроків (co-teaching events). Навчальним планом передбачено й самостійну роботу студентів, що передбачає обмін відеоматеріалами, планування уроків та роботу над портфоліо-проєктом.

*Перспективи природничих наук та математики (Perspectives on Science and Mathematics) (3 кредити).* Курс передбачає міждисциплінарний аналіз витоків та розвитку західної науки та конструювання природничо-наукових знань від античного світу до сьогодення. Цей курс спеціально розроблений для студентів, які мають намір стати вчителями природничих наук та математики в початковій та середній школі. На відміну від окреслених вище курсів, які призначені лише для студентів освітньої програми UTeach, курс «Перспективи природничих наук та математики» доступний для інших здобувачів освіти, зацікавлених у міждисциплінарних зв'язках природничих та гуманітарних наук, наприклад, студентів спеціальності «Охорона здоров'я».

*Методи дослідження (Research Methods) (3 кредити).* Даний підготовчий курс із наукової атестації UTeach знайомить здобувачів освіти з основами наукових досліджень.

*Проєктне навчання (Project-Based Instruction) (3 кредити).* Студенти вивчають основи проєктного та проблемного навчання й створення відповідного навчального середовища; принципи розроблення проєктних навчальних програм у галузі STEM-освіти; особливості управління класом та організації навчальних занять на основі методу проєктів. Педагогічна практика передбачає 11 годин спостережень протягом щонайменше 3 навчальних днів.

*Педагогічна інтернатура в середній та старшій середній школі (Apprentice Teaching for Secondary and Middle Grades) (6 кредитів).* Означеним курсом передбачено спостереження уроків та викладання природничих наук або математики в 7-12/4-8 класах. Педагогічна інтернатура передбачає виконання обов'язків учителя старшої середньої школи/середньої школи протягом мінімум семи годин на день (35 годин на тиждень) упродовж 14

тижнів. Студенти повинні подати заявку на даний курс протягом попереднього семестру.

*Семінар за підсумками педагогічної інтернатури (Student Teaching Seminar) (1 кредит)*. Протягом навчального курсу відбувається обговорення педагогічного досвіду студентів, актуальні проблеми в освітній галузі та здійснюється підготовка до державного сертифікаційного іспиту. Портфоліо-проект повинен бути виконаний протягом семестру педагогічної інтернатури.

Для майбутніх учителів математики, крім усіх окреслених вище курсів, додатково треба прослухати курс *Функції та моделювання (Functions and Modeling) (3 кредити)*, що передбачає поглиблене вивчення тем із методики навчання математики в середній школі. Акцент робиться на моделюванні з лінійною, експоненціальною та тригонометричною функціями; підгонку кривої; дискретні та неперервні моделі (*UTeach Dallas. Courses*).

Принагідно зауважимо, що освітньою програмою UTeach Даллас передбачено отримання вчительських сертифікатів у таких галузях:

- математика (4-8 класи);
- математика (7-12 класи);
- інформатика (комп'ютерні науки) (8-12 класи);
- природничі науки (4-8 класи);
- природничі науки (7-12 класи);
- науки про життя (7-12 класи);
- хімія (7-12 класи);
- фізичні науки (6-12 класи) (*UTeach Dallas. Natural Sciences and Mathematics. Students Handbook, 2018*).

Як зазначалося нами вище, важливою складовою освітньої програми UTeach Даллас є портфоліо. Кожен студент, який навчається за освітньою програмою UTeach Даллас створює вчительське портфоліо, що демонструє його/її успішну підготовку до сертифікації. Портфоліо створюється на старших курсах і оцінюються досвідченими фахівцями. До завершення курсу

«Проектне навчання» студенти мають створити попереднє портфоліо, яке потрібне для зарахування до педагогічної інтернатури. Попереднє портфоліо включає творчі роботи, виконані під час вивчення попередніх курсів. Підсумкове портфоліо оцінюється під час семінару за підсумками педагогічної інтернатури і є складовою прохідного балу під час сертифікації.

Як наголошено в посібнику для студентів, які навчаються за програмою UTeach Dallas (*UTeach Dallas. Natural Sciences and Mathematics. Students Handbook, 2018*), портфоліо може містити такі докази:

- плани-конспекти уроків, проведених у межах усіх вивчених курсів;
- методичні розробки;
- роздатковий матеріал;
- аналізи відвіданих та самоаналізи проведених уроків;
- резюме тощо.

Не менш показовим є приклад реалізації програми UTeach Державним університетом у Колумбусі (Columbus State University) – UTeach Columbus.

Як наголошено на сайті ЗВО (<https://uteach.columbusstate.edu/about.php>), місія UTeach Columbus полягає в рекрутингу та підготовці висококваліфікованих учителів математики, природничих наук та інформатики, які демонструють професіоналізм у навчальній та науковій діяльності.

Підготовка STEM-учителів за програмою UTeach Columbus здійснюється в університеті на базі таких бакалаврських програм:

- В.А. Біологія – Середня освіта (B.A. Biology – Secondary Education Track);
- В.S. Біологія – Середня освіта (B.S. Biology – Secondary Education Track);
- В.А. Хімія – Середня освіта (B.A. Chemistry – Secondary Education Track);

- B.S. Інформатика – Освіта (B.S. Computer Science – Education Track);
- B.S. Науки про Землю та космос – Середня освіта (B.S. Earth and Space Sciences – Secondary Education Track);
- B.S. Математика – Середня освіта (B.S. Mathematics – Secondary Education Track);
- B.S. Математика (B.S. Mathematics) (*Columbus State University. UTeach Columbus*).

Відповідно, студенти, які здобувають ступінь бакалавра за однією з окреслених вище спеціальностей, можуть отримати додаткову спеціалізацію зі STEM-освіти за умови вивчення низки курсів, передбачених програмою UTeach Columbus, зокрема:

- UTCH 1201 Крок 1: Дослідницькі підходи до викладання (Step 1: Inquiry Approaches to Teaching);
- UTCH 1202 Крок 2: Розроблення уроку на основі дослідження (Step 2: Inquiry-Based Lesson Design);
- UTCH 2203 Крок 3: Знання технологічного та педагогічного змісту (Step 3: Technological and Pedagogical Content Knowledge);
- UTCH 2105 Отримання знань та навчання з математики та природничих наук (Knowing and Learning in Math and Science);
- ITDS 2125 Історичні перспективи філософії природничих наук та математики (Historical Perspectives on the Philosophy of Science and Math);
- UTCH 2215 Методи дослідження (Research Methods);
- UTCH 3115 Функції та моделювання (лише для математичних спеціальностей) Functions and Modeling (for math majors only);
- UTCH 3205 Взаємодія в класі (Classroom Interactions);
- UTCH 4205 Проєктне навчання (Project-Based Instruction);
- UTCH 4485 Навчання учнів (Student Teaching);
- UTCH 4795 Семінар з навчання учнів (Student Teaching Seminar);

- SPED 4115 Навчання виняткових учнів математики та природничих наук (Teaching Math & Science to Exceptional Learners);
- EDCI 2405 (Елементарний практикум з інформатики (лише для спеціальності «Інформатика») (Elementary Practicum in Computer Science (for Computer Science majors only)) (*Columbus State University. UTeach Columbus*).

Підсумовуючи розгляд програм підготовки STEM-учителів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, наголосимо, що професійна підготовка бакалаврів у галузі STEM-освіти здійснюється в межах програм UTeach, запровадженої на національному рівні. Як було зауважено нами в п. 2.1, законодавством передбачено не лише підготовку нового покоління STEM-учителів, але й перепідготовку вже працюючих шляхом залучення до цього процесу максимальної кількості стейкхолдерів. Із цією метою було створено «Асоціацію STEM-освітян UTeach» (UTeach STEM Educators Association – USEA), до складу якої увійшли представники закладів вищої освіти, адміністрація навчальних округів, науково-педагогічні працівники, STEM-учителі, представники громадських та бізнесових організацій.

У сучасних умовах USEA являє собою інноваційну освітню мережу, що охоплює 46 університетів по всій країні, які готують STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл за програмою UTeach. Як наголошено на сайті означеної мережі (<https://usea.uteach.utexas.edu/about-usea>), вона включає понад 700 викладачів закладів вищої освіти, досвідчених STEM-учителів шкіл, які виступають менторами для студентів під час педагогічної інтернатури, та понад 6000 випускників UTeach (*UTeach STEM Educators Association. About USEA*).

Стратегічним планом Асоціації (*USEA Strategic Plan, 2017*) передбачено реалізацію таких цілей та завдань:

- створення спільноти стейкхолдерів програми UTeach (завдання: створення та ведення реєстру членів мережі; розроблення засобів комунікації в межах спільноти шляхом видання щоквартальних інформаційних бюлетенів USEA; розроблення віртуального робочого простору спільноти; налагодження

співпраці між закладами вищої освіти, які працюють за програмою UTeach, задля визначення потреб та проблем у підготовці STEM-учителів; регулярних зустрічей на національних/регіональних конференціях; щорічного визнання визначних внесків до місії USEA від різних категорій учасників);

- *постійне вдосконалення UTeach курикулуму та моделі програми шляхом аналізу її змістово-процесуальних характеристик та даних про випускників на основі застосування сучасних передових практик, заснованих на дослідженнях* (завдання: розроблення й упровадження вдосконаленого методичного забезпечення STEM-дисциплін (фізики, хімії, наук про землю, інформатики, інженерних наук, математики); сприяння обміну передовим досвідом між учасниками мережі; подальше розроблення моделі UTeach як відповідь на державні й національні ініціативи);

- *удосконалення професійної підготовки STEM-учителів у закладах вищої освіти та надання підтримки STEM-освіті на державному й національному рівнях* (завдання: розроблення методичного забезпечення програм професійної підготовки в закладі вищої освіти; збір та дисемінація інформації про найкращі практики підготовки STEM-учителів серед освітніх політиків та інших стейкхолдерів у галузі STEM; ознайомлення широкої громадськості з досягненнями програми UTeach щодо підготовки STEM-учителів на федеральному та штатовому рівнях, зокрема через включення до мережі представників федерального уряду та урядів штатів, а також національних і регіональних асоціацій шкільних адміністраторів та фахівців зі STEM-освіти; налагодження партнерства з організаціями та асоціаціями, які поширюють інформацію на національному та штатовому рівнях; установлення співпраці з досвідченими фахівцями та науковцями з питань підготовки STEM-учителів);

- *сприяння розвитку на національному рівні досліджень для оцінювання ефективності STEM-освіти* (завдання: пошук джерел фінансування для координованого дослідження проблем підготовки STEM-учителів та їх оприлюднення серед членів USEA; створення

міждисциплінарних міжвузівських команд, які мають розробляти конкретні грантові пропозиції; створення рецензованого фахового видання зі STEM-освіти; сприяння обміну дослідженнями між членами інноваційної освітньої мережі на щорічній конференції UTeach);

- *налагодження партнерства з іншими організаціями для здійснення безперервного професійного розвитку викладачів закладів вищої освіти, а також випускників для забезпечення найвищої якості підготовки STEM-учителів* (завдання: поширення заходів щодо високоякісного професійного розвитку всіх залучених до процесу STEM-освіти сторін, зокрема шляхом проведення щорічних конференцій (наприклад, щорічної конференції UTeach, конференції випускників UTeach, заходів, що проводяться окремими членами інноваційної освітньої мережі USEA); поширення інформації про професійний розвиток членів програми USEA на професійних навчальних STEM-конференціях (Національної асоціації учителів природничих наук (National Science Teaching Association – NSTA), Національної ради вчителів математики (National Council of Teachers of Mathematics – NCTM), Американського хімічного товариства (American Chemical Society – ACS), Національної асоціації з освітнього лідерства (National Science Education Leadership Association – NSELA) тощо); дисемінація інформації про професійний розвиток членів програми USEA із наданням пропозицій для шкіл/навчальних округів, які працюють із програмами UTeach; презентації доповідей членів USEA на відповідних фахових конференціях; пошук джерел фінансування для налагодження професійного розвитку педагогів у галузі STEM-освіти; створення міждисциплінарних міжвузівських команд для написання грантів на розвиток STEM-освіти; створення сторінок у соціальних мережах для обміну найкращими практиками STEM-освіти серед членів USEA тощо (*USEA Strategic Plan October, 2017*).

Отже, можемо констатувати, що означена інноваційна освітня мережа спрямовує зусилля як безпосередньо на розвиток STEM-освіти, так і на підготовку майбутніх STEM-учителів у межах бакалаврських програм UTeach,

а також професійний розвиток викладачів закладів вищої освіти, які мають здійснювати підготовку майбутніх STEM-учителів.

Також зауважимо, що підготовка майбутніх STEM-учителів та викладачів здійснюється не лише на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти, а й на другому (магістерському). Незважаючи на той факт, що єдиної програми підготовки магістерського рівня на кшталт UTeach у США не існує, низка американських університетів пропонує магістерські програми означеного спрямування. За допомогою пошукової системи [masterstudies.com](https://www.masterstudies.com) (<https://www.masterstudies.com/MSc/STEM-Education>) ми знайшли чотири магістерські програми зі STEM-освіти, що надаються трьома закладами вищої освіти: Університетом Тафтса (Tufts University) – «Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» (Master of Arts in Elementary STEM Education) та «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти» (Master of Science in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) Education), Державним університетом штату Монтана (Montana state university) «Магістр наук із природничо-наукової освіти» (Master of Science in Science Education) та Коледжем Альберта Магнуса (Albertus Magnus College) «Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності» (Master of Science in Education in STEM or Literacy).

Далі розглянемо означені магістерські програми детальніше.

Програма «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти» Університету Тафтса спрямована на підготовку педагогічних працівників до роботи в формальних та неформальних осередках STEM-освіти, зокрема в школах, дослідницьких центрах, музеях, промислових підприємствах, закладах культури та громадських організаціях, а також готує майбутніх кандидатів для вступу до аспірантури для здобуття ступеня доктора філософії.

Означена програма приймає на навчання здобувачів освіти, які мають ступінь бакалавра з математики, біології, хімії, фізики, технологій, інженерних наук, освіти, психології, розвитку дитини, когнітивних наук та інших

суміжних галузей. Здобувачі освіти, які не мають ступеня бакалавра (мистецтв/наук) із математики, природничих наук чи інженерії повинні пройти додаткові курси з цих предметів. Максимальний термін для завершення програми «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти» для студентів денної форми навчання становить три роки.

Після вступу на навчання для здобуття ступеня магістра в галузі STEM-освіти Університету Тафтса кожному студенту призначаються два радники програми (program advisors), один – співробітник факультету педагогічної освіти або розвитку дитини, а інший – математичного, природничого або інженерного факультетів. Радники програми допомагають студенту у виборі курсів, змісту навчання, педагогічного стажування та дослідницької діяльності. Вибір здійснюється на підставі оцінки потреб кожного студента. Як правило, студент має зосередитися на вивченні математики, природничих чи інженерних наук; соціокультурних засадах освіти; теоретико-методологічних засадах розвитку особистості та методиці навчання в різних предметних галузях; отриманні конкретних знань щодо технології написання магістерської дисертації, проектної діяльності, здійснення дослідження чи стажування/педагогічної практики (*Masterstudies.com. Tufts University. Master of Science in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) Education*).

Наступна магістерська програма зі STEM-освіти, що пропонується Університетом Тафтса – «Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» – спрямована на підготовку вдумливих, креативних та чуйних STEM-учителів для початкових школах штату Массачусетс.

Здобувачі вищої освіти, які навчаються на даній освітній програмі, отримують ступінь магістра мистецтв у галузі викладання (M.A.T.) та первинну ліцензію (Initial License) на навчання учнів 1-6 класів. Слід зауважити, що означена програма розроблена та схвалена лише для початкових шкіл штату Массачусетс.

«Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» являє собою онлайн-програму. Студенти денної форми навчання повинні закінчити навчання за 12 місяців. Студенти заочної форми навчання можуть закінчити програму за 18-24 місяців. Також є дві сесії на рік, де студенти приїжджають до університетського містечка Університету Тафтса в Медфорді для очного навчання (*Tufts University. School of Arts and Sciences. Elementary STEM Education*).

У межах означеної програми майбутніх учителів початкових шкіл готують до викладання в загальноосвітніх класах із особливим акцентом на STEM. Поряд зі STEM-дисциплінами, програма спрямована на розвиток грамотності шляхом інтегрування читання, письма, суспільствознавства та мистецтва в усі навчальні програми. Здобувачі освіти вчаться створювати навчальні середовища, що забезпечують рівність та гідність усіх учнів, акцентуючи на їх сильних сторонах. Важливим аспектом підготовки є встановлення й підтримка продуктивних, шанобливих стосунків із учнями, батьками, місцевою громадою, а також учителями та персоналом школи.

Як зазначалося вище, програма «Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» є дистанційною і передбачає такі форми роботи:

- щотижневі відеоконференції в режимі реального часу для взаємодії з викладачами та колегами;
- відео-лекції;
- дві триденні сесії в університеті, під час яких студенти зустрічаються з викладачами та одногрупниками, щоб підготуватися до майбутніх курсових та практичних робіт;
- педагогічна практика в школі тривалістю 8 місяців паралельно з онлайн-навчанням.

Для проходження педагогічної практики студенти влаштовуються до шкіл-партнерів Університету Тафтса. Протягом першого семестру навчання студенти проводять у школі 3 дні на тиждень, а вже протягом другого – 5 днів на тиждень. Вони регулярно зустрічаються зі своїм керівником практики,

беруть участь у шкільних зборах та професійному розвитку, а також допомагають вчителю, за яким закріплені. Також студенти протягом одного тижня повністю виконують обов'язки вчителя: розробляють плани уроків, ведуть усі уроки в закріпленому класі та здійснюють оцінювання учня.

Кожному студенту призначається керівник практики, який виконує роль тренера, спостерігаючи за викладанням, проведенням аналізу відвіданих уроків та самоаналізу проведених уроків, та надає підтримку в розвитку студента-практиканта. Також допомогу в розвитку практичних навичок студента надає шкільний учитель, до якого прикріплюється студент-практикант. Обидва керівники здійснюють оцінювання результатів педагогічної практики, що є обов'язковою складовою отримання вчительської ліцензії (*Tufts University. School of Arts and Sciences. Elementary STEM Education*).

Державний університет штату Монтана пропонує освітню програму «Магістр наук із природничо-наукової освіти», що включає як інноваційні онлайн-курси, так і курси на базі університету для практикуючих учителів природничих наук. Індивідуальними навчальними планами передбачені навчальні курси з усіх дисциплін природничо-наукової галузі, розроблені з урахуванням досвіду, інтересів та кар'єрних цілей здобувача освіти. Навчаючись за даною освітньою програмою, здобувач має можливість вибору: вивчати запропоновані курси задля підвищення кваліфікації або для здобуття ступеня магістра.

Магістерською програмою, розрахованою на 30 кредитів, передбачено 80 % асинхронних онлайн-курсів. Зважаючи на таку кількість онлайн-курсів, навчання може розпочинатися в будь-якому семестрі. Решту (20 %) курсів студенти вивчають безпосередньо в стінах університету. Протягом цього періоду вони також презентують результати персоналізованого освітнього проєкту (*Montana State University. MS in Science Education*).

На сайті університету (<https://www.montana.edu/msse/about/index.html>) представлено місію, бачення, цілі, цінності та переваги програми «Магістр наук із природничо-наукової освіти».

Зокрема, *місія* полягає в забезпеченні зразкової, доступної, орієнтованої на студентів освітньо-наукової програми, спрямованої на вдосконалення процесів викладання та вивчення природничих наук для викладачів та студентів.

У формулюванні *бачення*, поданому на сайті, йдеться, що означена магістерська програма сприяє ефективному й інноваційному викладанню природничих наук різноманітній спільноті вчителів природничих наук завдяки унікальним онлайн-курсам та випускним курсам в університеті, розробленим спеціально для вчителів природничих наук.

*Цілі програми* включають:

- використання унікального середовища штату Монтана та Великої Єллоустоунської екосистеми для викладання дисциплін професійного циклу;
- формування практичних навичок майбутніх фахівців із природничо-наукової освіти;
- збільшення знань майбутніх фахівців із природничо-наукової освіти у предметних галузях;
- удосконалення процесу професійної підготовки майбутніх фахівців із природничо-наукової освіти за допомогою рефлексивних методів;
- ознайомлення майбутніх фахівців із природничо-наукової освіти з педагогічними стратегіями;
- створення безпечного, позитивного, підтримуючого, але водночас стимулювального освітнього середовища;
- надання майбутнім фахівцям із природничо-наукової освіти допомоги у виявленні спільних рис та усвідомленні взаємозв'язків між різними природничо-науковими дисциплінами, прикладними науками та інженерією;

- посилення здатності майбутніх фахівців із природничо-наукової освіти передавати наукові знання, засновані на дослідженнях, та природничо-наукові/інженерні практики;
- підготовка вчителів-дослідників шляхом залучення до інноваційної діяльності;
- виховання освітніх лідерів у галузі природничих наук, які зможуть брати активну участь у системній реформі природничо-наукової освіти на рівні місцевої громади, штату, держави та міжнародному рівні (*Montana State University. MSSE Home. About us*).

Серед основних цінностей освітньої програми «Магістр наук із природничо-наукової освіти» її розробники називають:

- *досконалість* – прагнення бути винятковою, адаптивною, динамічною та стимулювальною програмою, що має результатом високі показники успішності й задоволення здобувачів освіти завдяки використанню найкращих практик у викладанні, навчанні, бізнесі та обслуговуванні клієнтів;
- *сервіс* – надання студентам високоякісних (професійних, безперебійних, ефективних, оперативних) освітніх послуг, що дозволяє здобувачам освіти відчувати себе захищеними й забезпечує відкрите спілкування між студентами, персоналом, викладачами та адміністрацією;
- *можливості* – розширення можливостей та доступу до освіти за допомогою інноваційних способів викладання, а також гнучких можливостей для фокусування на дослідженнях;
- *різноманітність* – забезпечення різноманітності в усіх аспектах: походження й досвід студентів, навчальні завдання для студентів, походження та досвід викладацького складу, міждисциплінарні варіанти навчальних програм, індивідуальні навчальні програми і можливості;
- *навчання* – заохочення до навчання впродовж життя й розроблення відповідної моделі за допомогою наукових досліджень та інноваційної діяльності;

- *розширення прав і можливостей* – розширення можливостей студентів, випускників, викладачів та співробітників закладу вищої освіти шляхом надання можливостей та сприяння участі в таких заходах із професійного розвитку / розвитку лідерства, як: презентації та/або доповіді на штатових і національних конференціях, виконання функцій асистента викладача під час проведення наукових досліджень та викладання, менторство/коучинг нових студентів та/або викладачів, а також робота в комітетах і радах, що стосуються STEM-освіти, на всіх рівнях;

- *громада* – сприяння розвитку спільноти, що навчається впродовж життя, створюючи можливості для взаємодії за допомогою польових/лабораторних курсів на базі кампусу та щорічного симпозіуму; шляхом залучення випускників і забезпечення їх участі після закінчення навчання; посилення міждисциплінарної спрямованості програми; постійній взаємодії зі стейкхолдерами; відзначенню успіхів студентів, випускників та співробітників ЗВО (*Montana State University. MSSE Home. About us*).

До переваг досліджуваної програми її розробники відносять:

- гнучкість у навчанні, що забезпечується за допомогою онлайн-курсів протягом навчального року;
- проведення літніх польових/лабораторних занять в унікальному середовищі штату Монтана та Великої Єллоустоунської екосистеми;
- індивідуальні навчальні плани містять варіанти курсів із кожної дисципліни природничо-наукової галузі;
- унікальні характеристики програми дозволяють задовольнити потреби як традиційних учителів природничо-наукових дисциплін, так і інноваційних;
- акцент у навчанні робиться на природничо-наукових стандартах наступного покоління (Next Generation Science Standards – NGSS);
- набуття індивідуального досвіду професійної діяльності (*Montana State University. MS in Science Education*).

Основними вимогами до вступу визначено:

- наявність ступеню бакалавра з природничих наук, природничо-наукової освіти, початкової/середньої школи/середньої освіти або суміжної галузі;
- щонайменше два роки успішного досвіду викладання природничих наук у старшій середній, середній або початковій школі або іншій відповідній освітній установі (наприклад, музеї, освіта на свіжому повітрі, лісництва, громадські коледжі);
- середній бал диплому бакалавра 3,0 або вище (здобувачі освіти із середнім балом менше 3,0 мають можливість розпочати програму як студент, який не має бакалаврського ступеня).

Тривалість навчання за освітньою програмою «Магістр наук із природничо-наукової освіти» може варіюватися, що зумовлено рівнем зайнятості студентів. Більшість здобувачів вищої освіти закінчують навчання за 2-3 роки. Максимальний термін навчання за даною програмою не повинен перевищувати шість років. Відповідно, для здобуття ступеня магістра вся навчальна робота має бути виконана протягом 6-річного періоду, включаючи й перезараховані кредити. Студенти також можуть обрати максимум дев'ять кредитів для вивчення в межах програми, що не веде до отримання магістерського ступеня й може бути зарахована як підвищення кваліфікації (*Montana State University. MS in Science Education*).

Крім обов'язкових курсів (загалом 14 кредитів), до складу яких входить і 3-кредитний проєкт, студенти мають можливість обрати з широкої пропозиції курсів із біології, хімії, наук про землю, мікробіології, рослинництва, фізики та інших суміжних галузей (мінімум 12 кредитів). Решту 4 кредити освітньої програми, розрахованої на 30 кредитів, становлять факультативи з педагогічних та/або природничо-наукових дисциплін.

Освітню програму магістерського рівня з можливістю вибору спеціалізації (STEM-освіта або грамотність) пропонує Коледж Альберта Магнуса («Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності»).

На думку розробників програми, саме ці два аспекти викликають велике занепокоєння з боку адміністрацій шкіл та навчальних округів, лідерів бізнесу та законодавців, які закликають удосконалити навички STEM та грамотності серед усіх учнів 1-12 класів. Основна мета означеної магістерської програми – не лише підготувати фахівців, які володітимуть знаннями, навичками й стратегіями викладання STEM та розвитку грамотності учнів у своїх класах, але й лідерів, які навчатимуть своїх колег це робити (*Albertus Magnus College. Master of Science in Education in STEM or Literacy*).

Після завершення навчання за програмою «Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності» студенти повинні:

- знати та обговорювати освітні питання в етичних рамках;
- набути навичок, необхідних для розвитку грамотності як невід’ємної складової всіх предметних галузей;
- набути навичок, необхідних для ефективного навчання STEM-концепціям / розвитку грамотності;
- демонструвати педагогічні навички, необхідні для підведення студентів до усвідомлення того, що всі змістові сфери STEM пов’язані та взаємозалежні;
- демонструвати вміння збирати та аналізувати дані з метою інформування студентів про освітній процес;
- демонструвати здатність розпізнавати та проводити валідні педагогічні дослідження, а також здійснювати навчання учнів на основі досліджень;
- оволодіти здатністю розпізнавати відмінності серед учнів, включаючи навчальні та культурні відмінності, та забезпечувати диференційоване навчання, яке дозволяє всім студентам вчитися;
- демонструвати навички, необхідні для того, щоб навчити інших ефективній розробці й застосуванню навчальних програм із вивчення STEM/грамотності (там само).

Відповідно, на сайті Коледжа Альберта Магнуса (<http://www.albertus.edu/education/ms/>) указані можливості для працевлаштування випускників означеної магістерської програми. Так, випускник може обіймати такі посади:

- учитель підготовчих класів (Pre K-12);
- STEM-учитель;
- академічний радник;
- координатор з питань освіти;
- учитель спеціальної освіти;
- освітній консультант;
- шкільний або кар'єрний радник;
- фахівець із розвитку грамотності;
- розробник освітньої політики;
- директор закладу освіти;
- декан факультету;
- розробник навчальної програми/методист (*Albertus Magnus College. Master of Science in Education in STEM or Literacy*).

Означена магістерська програма розрахована на 36 кредитів, із яких 21 кредит відводиться на вивчення обов'язкових курсів, а 15 кредитів – предметів спеціалізації (STEM-освіта або грамотність).

До складу обов'язкових курсів входять:

- *карти освіти: вивчення передумов сучасної державної освіти (Maps of education: tracing the roots of contemporary public education)* – детальне дослідження історико-філософських передумов сучасної державної освіти, що передбачає ознайомлення учнів із особливостями взаємодії держави, громади, сім'ї та вчителів у різні епохи та наслідки законодавчих ініціатив і освітніх реформ (3 кредити);
- *освітня психологія: теорії, навчання, розвиток і педагогічна практика (Educational psychology: theories, learning, development, and teaching*

*practices*) – вивчення теорій навчання та розвитку, покладених в основу різних методик навчання. Студентам пропонується ознайомитися з теоріями навчання та розвитку, індивідуальними відмінностями (у розвитку грамотності), різноматнітними методами навчання, набути навичок вирішення проблем, розвитку мотивації, управління поведінкою, розвитку в учнів саморегуляції й оцінювання (3 кредити);

- *методи дослідження (Research methods)* – вивчення особливостей використання як якісних, так і кількісних методів збору й аналізу даних для покращення навчального досвіду учнів (3 кредити);

- *японський підхід до вивчення уроку I (Japanese lesson study I)* – японський підхід до вивчення уроку являє собою інструмент, який учителі можуть використовувати для розробки/вдосконалення уроків із будь-яких навчальних предметів. У межах даного курсу здобувачі освіти поділяються на команди. Поки члени однієї команди спільно планують урок, проводять урок, члени іншої команди спостерігають, а потім беруть участь в обговоренні уроку й формулюванні рекомендацій щодо його покращення. У межах курсу передбачається ознайомлення студентів із історичними та теоретичними засадами аналізу уроку як інструменту вдосконалення викладання/професійного розвитку, а також надання детальних інструкцій щодо того, як найефективніше здійснити цей аналіз (3 кредити);

- *культура та міжгрупові відносини (culture and inter-group relations)* – з огляду на дедалі мультикультурнішу кількість студентів в американських школах ХХІ століття, учителі мають навчитися розрізняти різноманітні культурні контексти та створювати сприятливий клімат, у якому всі учні відчуватимуть себе бажаними й матимуть можливість досягти успіху (3 кредити);

- *дифференціація навчання в класі (differentiated instruction in the classroom)* – в основу розроблення курсу покладено твердження, що всі учні можуть бути успішними. Здобувачі освіти вивчають сучасні дослідження щодо природи диференційованого навчання та розглядають різні можливості

застосування цього дослідження в типових класах як у середовищі міських, так і сільських шкіл (3 кредити);

- *японський підхід до вивчення уроку II (Japanese lesson study II)* – передбачає зміну ролей між командами: команда, яка розробляла і проводила уроки протягом попереднього курсу, тепер бере на себе роль спостерігача. Відповідно, друга команда стає активним учасником (3 кредити) (*Albertus Magnus College. Master of Science in Education in STEM or Literacy*).

У межах розгляду курсів професійного циклу, зважаючи на предмет нашого дисертаційного дослідження, зосередимося саме на спеціалізації «STEM-освіта». У межах означеної спеціалізації здобувачі магістерського ступеня мають можливість вивчати такі курси:

- *вступ до STEM (introduction to STEM)* – вивчення курсу допомагає дати відповіді на два основних питання – що таке STEM і яка його мета? Теми курсу охоплюють: дисципліни STEM та можливості їх поєднання; важливість включення інженерії в STEM; орієнтовані на студентів методи навчання, що використовуються в STEM; STEM-професії та робочі місця; особливості залучення недостатньо репрезентованих категорій населення до STEM галузі (3 кредити);

- *технології та оцінювання в галузі STEM (technology and assessment in STEM)* – курс зосереджений на різних технологічних інструментах, які можна використовувати для вдосконалення навчання та оцінювання учнів зі STEM-дисциплін. Здобувачі освіти будуть ознайомлені з безкоштовним та комерційним програмним забезпеченням викладання STEM-дисциплін, а також Інтернет-ресурсами. Ці технологічні інструменти сприятимуть удосконаленню процесу навчання учнів (наприклад, наукове моделювання/симуляції, плани уроків у NASA – для STEM-учителів), професійного розвитку STEM-учителів та підвищенню їх компетентності щодо поточного та підсумкового оцінювання знань учнів (3 кредити);

- *читання, письмо та спеціальні категорії населення в STEM (Reading, writing & special populations in STEM)* – метою вивчення курсу є

усвідомлення важливості розвитку здібностей студентів розуміти й чітко передавати інформацію, пов'язану зі STEM (концепції, дослідження, відкриття тощо) як у класі, так і в позанавчальній роботі. Особлива увага приділяється науковому методу (scientific method) та розвиткові навичок читання й проведення первинних досліджень (primary research). Крім того, студенти вивчають стратегії, засновані на дослідженнях, для сприяння розвиткові вищезазначених комунікативних навичок у спеціальних груп населення (наприклад, студентів, які мають труднощі з читанням) (3 кредити);

- *лідерство в STEM (Leadership in STEM)* – вивчення означеного курсу пропонується ближче до кінця програми, що має допомогти випускникам стати агентами змін у своїх громадах (школі, навчальному окрузі, штаті тощо). Теми курсу охоплюють: огляд місцевих та немісцевих програм STEM, а також особливості створення й запровадження STEM-програми у школі/навчальному окрузі (формування політики та забезпечення адвокації); забезпечення професійного навчання для колег (як стати наставником STEM-учителів-початківців, тренером із викладання STEM, допомогти сформувати навчальні групи для вчителів); інноваційні освітні мережі (з іншими програмами та лідерами); поширення/публікація ідей, спостережень та матеріалів; особливості пошуку грантових пропозицій/подання заявки на отримання фінансування тощо (3 кредити);

- *практикум із досліджень у галузі STEM (Capstone research practicum STEM)* – кожен здобувач освіти працюватиме з радником та обиратиме проєкт, пов'язаний із навчанням у галузі STEM. Після розробки гіпотези й визначення процедури проведення досліджень студент має зібрати та проаналізувати дані з метою оцінки гіпотези. Нарешті, він має пояснити результати дослідження й обговорити наслідки результатів для подальших досліджень та навчання STEM. На додаток до заповнення звіту дослідницького практикуму, студент також повинен скласти рефлексивне резюме всієї програми з точки зору її впливу на підхід здобувача освіти до

навчання STEM (3 кредити) (*Albertus Magnus College. Master of Science in Education in STEM or Literacy*).

Отже, можемо констатувати, що запропоновані американськими закладами вищої освіти програми магістерської підготовки в галузі STEM-освіти готують STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл та інших закладів освіти, які надають STEM-послуги, а також готують освітніх лідерів у галузі STEM, здатних не лише навчати своїх колег, але й формувати освітню політику на місцевому, штатовому та національному рівнях.

## **Висновки до розділу 2**

У розділі окреслено нормативні та змістово-процесуальні засади STEM-освіти у старшій середній школі США, схарактеризовано особливості професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США.

У межах розгляду нормативних засад STEM-освіти у старшій середній школі США проаналізовано Закони, концепції, стратегії та інші нормативні акти з питань STEM-освіти, а саме: Закони «Про координацію дій у галузі STEM-освіти» (2009), «Про STEM-освіту» (2015), «Про початкову та середню освіту» («Кожен учень досягає успіху») (2015), «Про заохочення наступного покоління жінок – піонерів у космічні галузі, новаторів, дослідників та винахідників» (2015), «Про сільську STEM-освіту» (2020), освітню ініціативу «Виховуй для інновацій» (2009), стратегічний план «Курс на успіх: американська стратегія STEM-освіти» (2018).

Виявлено, що починаючи з 2000-х рр. і дотепер STEM-освіта є пріоритетним напрямом федеральної освітньої політики США. З метою розвитку означеної галузі в нормативних документах визначено низку кроків, зокрема: збільшення пропозиції якісних освітніх послуг у галузі STEM-освіти; підготовка нової генерації ефективних STEM-учителів та викладачів; збільшення обсягів федерального фінансування в STEM-освіту; залучення до

STEM-освіти недостатньо репрезентованих категорій населення (жінок та дівчат, вихідців із малозабезпечених сімей, національних та етнічних меншин та ін.); активізація наукових досліджень у галузі STEM-освіти; удосконалення методичного забезпечення STEM-освіти; інтеграція шкільної, позашкільної та неформальної STEM-освіти; налагодження співпраці між усіма зацікавленими в STEM-освіті сторонами тощо.

Характеристика змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США була здійснена з урахуванням типів шкіл, що надають послуги зі STEM-освіти, а саме: селективних шкіл, у яких навчаються обдаровані учні, які мають визначні здібності в галузі STEM; інклюзивних шкіл, що обслуговують учнів усіх верств населення, орієнтуючись на молодь із низьким рівнем доходу, меншини та інші традиційно недостатньо репрезентовані категорії учнівської молоді; STEM-орієнтованих шкіл професійно-технічної освіти, які допомагають широкому колу старшокласників отримати уявлення про практичне застосування знань зі STEM-дисциплін та підготуватися до роботи в галузі STEM.

З'ясовано, що селективні старші середні STEM-школи залучають на навчання найздібніших учнів на основі конкурсного відбору та висококваліфікованих STEM-учителів, які надають освітні послуги. На відміну від селективних, інклюзивні старші середні STEM-школи приймають на навчання учнів на основі їх інтересу до означеної галузі, а не академічних досягнень, базуючись на припущенні, що обдарованість у галузі математики та природничих наук можна розвивати (замість поширеної раніше думки, що математичні та природничо-наукові здібності є вродженими). STEM-орієнтовані школи професійно-технічної освіти здійснюють навчання учнів у межах практико-орієнтованих програм підготовки технологічно досвідчених працівників. STEM-дисципліни можуть бути включені в будь-яку модель організації професійно-технічної освіти, включаючи регіональні професійно-технічні центри, середні школи професійно-технічної освіти або академії кар'єри в старших середніх школах.

Показано, що крім спеціалізованих STEM-шкіл, освітні послуги в галузі STEM надають і загальноосвітні школи. Проте не завжди учні загальноосвітніх шкіл мають належну мотивацію та стійкий інтерес до вивчення STEM-дисциплін. У цьому контексті актуалізується питання надання педагогічної підтримки учням, що найкращим чином реалізується за допомогою менторства. Виявлено, що роль ментора в STEM-освіті в американських школах може виконувати широке коло осіб, а саме вчителі, викладачі ЗВО, аспіранти або докторанти, однолітки, друзі, члени громади та сім'я. Відповідно, наставницькі стосунки можуть бути формальними (спланованими та організованими за допомогою структурованих програм або втручань) або неформальними (що виникають через існуючі відносини або поза структурованими програмами). Визначено, що найбільш поширеними в старших середніх школах США формами менторства є персональне та дистанційне.

Схарактеризовано програми підготовки STEM-учителів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти. З'ясовано, що професійно-педагогічна підготовка STEM-учителів за освітнім рівнем бакалавр здійснюється за спеціально розробленою програмою підготовки STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл UTeach у 46 університетах 22 штатів та окрузі Колумбія. Виявлено, що на відміну від традиційних програм професійної підготовки вчителів, які здобувають освіту зі спеціальності Середня освіта або в межах окремої предметної галузі, пов'язаної зі STEM, програма UTeach спрямована на отримання одночасно ступеня бакалавра в інтегрованій галузі STEM та сертифікат учителя середньої школи.

Аналіз особливостей реалізації програми UTeach в низці американських закладів вищої освіти дозволив констатувати, що незважаючи на автономію ЗВО щодо вибору форм та засобів навчання, а також кількості навчальних курсів та кредитів, обов'язковою складовою підготовки майбутніх STEM-учителів є педагогічна практика та/або педагогічна інтернатура в школах-партнерах ЗВО.

Визначено, що підготовка STEM-учителів та викладачів у межах другого (магістерського) рівня здійснюється лише деякими американськими закладами вищої освіти, а саме: Університетом Тафтса («Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти»), «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти»), Державним університетом штату Монтана («Магістр наук із природничо-наукової освіти») та Коледжем Альберта Магнуса («Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності»). Означені магістерські програми мають за мету не лише підготовку висококваліфікованих STEM-учителів та викладачів, але й енергійних освітніх лідерів, здатних ділитися знаннями в галузі викладання STEM-дисциплін із колегами та формувати освітню політику на різних рівнях функціонування освітньої системи.

Матеріали та висновки другого розділу висвітлено в таких публікаціях автора дисертації (Voichenko et al., 2019; Voichenko, 2020a; Бойченко, 2019a; 2019б; 2020a; 2020в; 2020г; Бойченко та Бойченко, 2019).

## РОЗДІЛ 3

### ІННОВАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ США В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

#### 3.1. Сучасний стан STEM-освіти в Україні

Нагальна потреба в запровадженні STEM-освіти в Україні актуалізувалася після знакових подій: оприлюднення Звіту Європейського Парламенту «Заохочення досліджень STEM для ринку праці» (березень 2015 р.) (Encouraging STEM studies for the labour market); прийняття під час Усесвітнього освітнього форуму ЮНЕСКО (19-22 травня 2015 р.) Інчхонської декларації «Освіта 2030: на шляху до загальної інклюзивної та справедливої якісної освіти й навчання впродовж життя» (Incheon Declaration Education 2030: Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all); ухвалення 25 вересня 2015 р. Генеральною Асамблеєю ООН Резолюції «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року» (Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development) тощо.

29 лютого 2016 р. Міністерство освіти і науки України оприлюднило на офіційному сайті Наказ № 188 «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» задля забезпечення інноваційного розвитку й інтеграції природничо-наукових та математичних дисциплін, посилення науково-дослідницької складової в закладах освіти різних рівнів, упровадження та розвитку STEM-освіти в Україні. Відповідно до додатку до наказу, до складу означеної робочої групи увійшли 23 особи. Її головне завдання полягало в розробленні до 15 квітня 2016 р. Плану заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні.

5 травня 2016 р. Міністерство освіти і науки України затвердило відповідний план заходів на 2016-2018 рр., який містив чотири розділи, що відбивали пріоритетні напрями розвитку STEM-освіти в Україні, зокрема:

- *нормативно-правове забезпечення* (розроблення проєкту Концепції STEM-освіти в Україні; удосконалення нормативно-правових документів; підписання меморандумів та угод; розроблення положень «Про Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр» та «Типового положення про STEM-центр», розроблення інтегрованих навчальних програм спецкурсів, факультативів, гуртків тощо);
- *науково-методична та організаційна робота* (створення Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру; створення національної мережі STEM-центрів/STEM-лабораторій; налагодження співпраці зі стейкхолдерами; розроблення методичного забезпечення STEM-освіти в різних типах закладів освіти на різних рівнях; проведення наукових заходів (конференцій, семінарів, симпозіумів, вебінарів, конкурсів) національного та регіонального рівнів тощо);
- *робота з педагогічними кадрами* (доповнення програми курсів підвищення кваліфікації слухачів інститутів післядипломної педагогічної освіти модулем «STEM-освіта: методологічні аспекти запровадження»; ініціювання постійно діючого семінару задля обміну досвідом у галузі STEM-освіти між педагогічними працівниками; проведення Інтернет-конкурсів для вчителів STEM тощо);
- *інформаційно-просвітницька та видавнича діяльність* (проведення просвітницьких заходів та рекламних кампаній, розроблення сайтів провідних провайдерів і регуляторів STEM-освіти та їх інформаційне наповнення; підготовка й оприлюднення інформаційно-аналітичних та методичних матеріалів у ЗМІ тощо) (*План заходів...*, 2016).

На виконання Наказу МОН України від 17.05.2017 № 708 «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)» на 2017-2021 роки» 8 червня 2017 р. Мала академія наук (МАН) України спільно з Інститутом обдарованої дитини НАПН України створили і

презентували віртуальний STEM-центр, що за задумом його розробників був покликаний стати новітнім ресурсом для STEM-освіти в Україні, об'єднавши науково-педагогічних працівників відповідної галузі у процесі інтерактивного спілкування, акумулювання прогресивного досвіду та наукової інформації й обміну існуючими ресурсами. Важливим призначенням новоствореного STEM-центру стало залучення дітей та учнівської молоді, а також педагогічних працівників до науково-дослідної діяльності (Хмара наук, 2017).

Принагідно зауважимо, що новостворений Всеукраїнський STEM-центр на даний момент перебуває на дослідно-експериментальній стадії свого розвитку, що розрахована на п'ять років. До експерименту залучено 15 закладів освіти – партнерів МАН, які на час створення досліджуваного центру вже мали певні напрацювання в галузі STEM-освіти.

Визначальною подією в розвитку STEM-освіти України стало ухвалення 5 серпня 2020 р. Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти).

Як зазначено у вступних положеннях документу, істотний вплив на формулювання його концептуальних засад здійснив оприлюднений у лютому 2019 р. програмний документ Міжнародного бюро з питань освіти ЮНЕСКО «Дослідження STEM компетентностей для XXI століття» (Exploring STEM competences for the 21st century), згідно з яким до складу STEM-компетентностей входить низка навичок, що потрібні для виконання різноманітних STEM завдань, а саме:

- когнітивні навички – управління інформацією та її обробка (виявлення, збір, обробка й використання відповідних даних для прийняття рішень); критичне, творче та аналітичне мислення; навички вирішення проблем, дослідницькі навички, креативність і обчислювальне мислення;
- маніпулятивні та технологічні навички – маніпулятивні навички належать до психомоторних навичок, необхідних до правильного й безпечного використання та поводження з науковим та/або технічним обладнанням, апаратами, зразками й речовинами, які можуть бути специфічними для

конкретної професії (електрики, серцево-судинні технологи, авіаційні механіки, авто-техніки та інженери-мехатроніки). Технологічні зміни можуть бути швидкими, а потреби суспільства або країни можуть змінитися в будь-який момент, тому у процесі формування професійно-технічних навичок слід ураховувати динаміку ринку праці з метою обрання найнеобхідніших навичок для розвитку в певній сфері;

- навички співпраці та комунікації – ефективність формування означених навичок потребує чіткого розвитку, оскільки більшість завдань є складними та взаємопов'язаними, а тому їх неможливо досягти зусиллями однієї людини, а скоріше за допомогою ефективної командної роботи. Ефективна співпраця дає кожному члену команди рівні шанси брати участь та передавати ідеї в межах спільної відповідальності. Установлення загальних цілей дає членам команди значущі причини, щоб працювати разом і розділити відповідальність за досягнення спільних цілей та впливу. Уміння працювати самостійно та в командах, а також передавати інформацію іншим членам команди чи зацікавленим сторонам чіткими та ефективними способами, є основними навичками для всіх (*Exploring STEM Competences for the 21st Century*, 2019).

Отже, необхідність формування окреслених навичок було враховано у процесі розроблення «Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)», про що йдеться в документі (*Концепція...*, 2020). У ньому також зазначено, що нормативно-правовими засадами імплементації та розвитку STEM-освіти в Україні є низка Законів України – «Про освіту», «Про дошкільну освіту», «Про повну загальну середню освіту», «Про позашкільну освіту», «Про професійну (професійно-технічну) освіту», «Про фахову передвищу освіту», «Про вищу освіту», «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про інноваційну діяльність», а також Концепція «Нова українська школа» та «Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки».

У «Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» висвітлено мету й терміни її реалізації, окреслено можливі шляхи розв'язання проблем у галузі STEM-освіти, спрогнозовано її наслідки для задоволення ключових інтересів стейкхолдерів, можливі результати, обсяг фінансування, витрати матеріально-технічних та трудових ресурсів, що є необхідними для її реалізації (*Концепція...*, 2020).

Слід наголосити, що на відміну від США, в Україні поки що не відбулося масштабної імплементації STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти. На наш погляд, така ситуація склалася через низку причин, найголовнішими з яких є:

- нерозробленість національного законодавства щодо викладання STEM як окремої дисципліни в загальноосвітніх школах;
- брак фінансування програм STEM-освіти;
- недостатній рівень кваліфікації вчителів загальноосвітніх шкіл для того, щоб викладати інтегрований STEM-курс.

Принагідно зауважимо, що, як засвідчив аналіз наукових джерел щодо організації STEM-освіти в Україні, на сучасному етапі окремими вчителями-ентузіастами запроваджуються елементи STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти. Серед таких елементів можна виокремити, насамперед, реалізацію навчальних проєктів STEM спрямування, викладання інтегрованого змісту STEM під час окремих уроків тощо.

Разом із тим, STEM-освіта в Україні активно розвивається в межах позашкільної ланки. При цьому одним із лідерів у запровадженні STEM-освіти в означеній ланці виступає Мала академія наук (МАН) України. Провідні напрями діяльності МАН включають дослідно-експериментальну роботу в галузі інженерних та технічних наук, робототехніки, технологій, фізики, астрономії, хімії, біології, математики, комп'ютерних наук тощо, що й становлять складові STEM.

Останнім часом відбулися істотні кількісні та якісні зміни в діяльності МАН України. Так, наприклад, на початку 2000-х чисельність учнів-слухачів

налічувала близько 50 тис. осіб, а вже в 2019-2020 н.р. їх кількість збільшилася втричі і становить у сучасних умовах понад 150 тис. осіб (Мала академія наук України. *Про МАН*). Збільшилася й кількість наукових відділень та секцій (див. рис. 3.1).

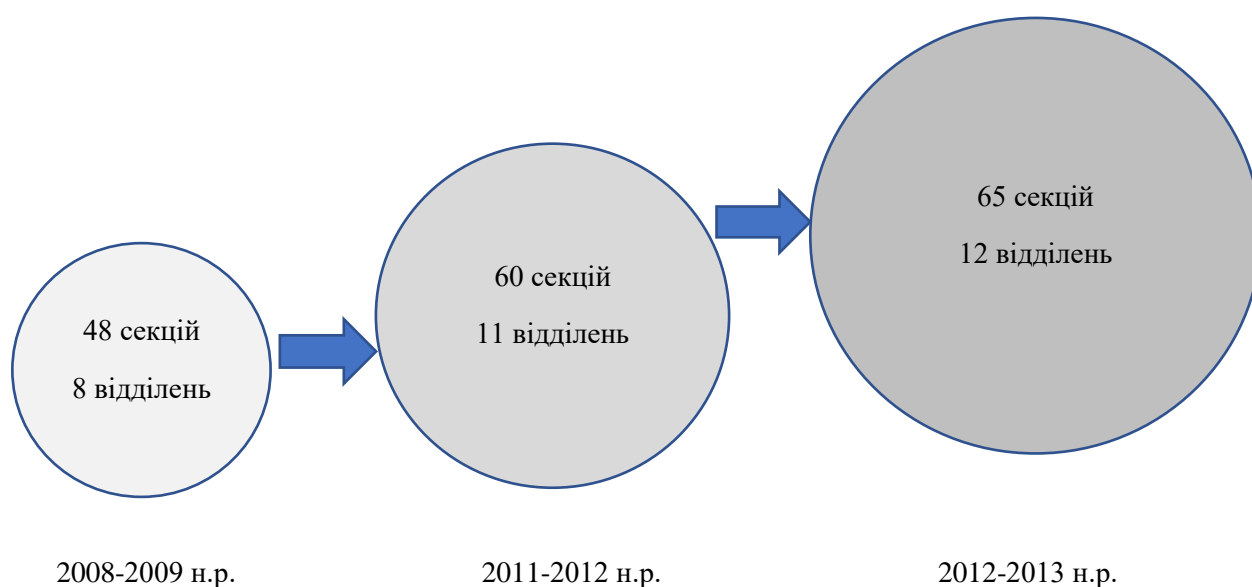


Рис. 3.1. Динаміка розвитку наукових відділень та секцій МАН України (підготовлено автором на основі (Мала академія наук України. *Про МАН*))

Структурним підрозділом МАН України є Віртуальний всеукраїнський STEM-центр – міжпредметний лабораторний комплекс «МАНЛаб», що надає учням можливість працювати в реальній науковій лабораторії як справжнім дослідникам. Як наголошено на сайті Центру (<https://stemua.science/>), STEM-лабораторія МАНЛаб являє собою центр реальних і віртуальних навчальних досліджень, спрямований на підтримку та розвиток STEM-освіти в Україні. Центр пропонує дистанційну й очну фахову методичну і технологічну допомогу в організації STEM-навчання учнівської молоді України (*Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України*).

Крім лабораторного комплексу «МАНЛаб», Мала академія наук України заснувала й Міжнародний центр дитячої наукової творчості MANLAB.CAMP

(Пуща-Водиця), на території якого знаходиться навчальна обсерваторія, де учні-учасники літніх шкіл МАН мають можливість користуватися комплексом оптичних телескопів лабораторії під час проведення експериментальних досліджень. З цією метою було розроблено й упроваджено методику роботи з астрономічними комп'ютеризованими телескопами Celestron і Coronado, що дозволяє здійснювати візуальні нічні спостереження й дослідження Сонця.

Як зауважують І. Савченко та Я. Савченко, у розвитку STEM-освіти в Україні вирішальне значення відіграють такі освітні проекти, як Всеукраїнські наукові профільні школи МАН України; Всеукраїнські літні профільні школи технічного та природничо-наукового спрямування (школа з фізики, хіміко-біологічна школа, школа з математики, школа з робототехніки, школа з астрономії), які залучають учнів 9-11 класів до поглибленого вивчення предметів STEM-спеціалізації шляхом слухання лекцій, участі в експериментах (зокрема й віртуальних) тощо; науково-дослідні експедиції МАН України; постійні виїзні лекторії-практикуми «Наука XXI століття: перспективні напрями розвитку» (спільно з Національною академією педагогічних наук України та провідними вітчизняними ЗВО); Навчально-дослідницька експедиція «Моя аксіома нескінченності (МАН)» (Савченко та Савченко, 2017).

Важливе виховне значення мають такі заходи STEM спрямування, як Всеукраїнський інтернет-турнір з природничих дисциплін «Відкрита природнича демонстрація» (залучає учнів 7-11 класів задля збільшення їх інтересу й мотивації до поглибленого вивчення природничих та комп'ютерних наук; Всеукраїнські інтерактивні конкурси «МАН-Юніор Дослідник» і «МАНЮніор Ерудит», що кожного року залучають учнів 5-11 класів закладів загальної середньої освіти та вихованців закладів позашкільної освіти відповідного віку за такими номінаціями: «Історик-Юніор», «Астроном-Юніор», «Еколог-Юніор», «Технік-Юніор» (*Конкурс «Юніор»*).

Крім окреслених вище, із метою популяризації ідей STEM-освіти серед учнівської молоді МАН України проводить такі щорічні масові заходи:

- хакатон «Team.Hack» Молодіжного конструкторського бюро «Geek Workspace»;
- хакатон сонячних технологій «SunnyDay» Молодіжного конструкторського бюро «Geek Workspace»;
- Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН України;
- Міжнародну учнівську науково-практичну конференцію «Україна очима молодих»;
- Усеукраїнську олімпіаду з робототехніки;
- Усеукраїнську школу-семінар «Сучасні методи дослідження мозку»;
- Усеукраїнський збір переможців Усеукраїнських учнівських олімпіад з базових навчальних предметів і Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН України для вручення стипендій Президента України;
- Усеукраїнський фестиваль інноваційних проєктів «Sikorsky Challenge»;
- Усеукраїнську науково-технічну виставку-конкурс молодіжних інноваційних проєктів «Майбутнє України».

Як наголошено в розробленому Міністерством освіти і науки України плані заходів щодо розвитку STEM-освіти на 2016-2018 рр., одним із пріоритетних напрямів є створення національної мережі STEM-центрів/STEM-лабораторій.

Зокрема, таку лабораторію було створено в Маріуполі на базі науково-методичного центру департаменту освіти Маріупольської міської ради. Зазначена лабораторія здійснює науково-методичний супровід організації STEM-освіти в закладах освіти різних рівнів, виступає координатором заходів у галузі STEM, підтримує вчителів у їхньому професійному розвитку тощо. Основні завдання лабораторії «STEM-освіти Маріуполя» полягають у:

- імплементації політичних ініціатив України, спрямованих на розвиток науково-технічного напрямку, зокрема в світлі положень Концепції Нової української школи;
- підвищення інтересу й обізнаності учнівської молоді щодо інженерних професій;
- розкриття креативного потенціалу учнів;
- формування стійкої мотивації учнів до вивчення дисциплін, на яких ґрунтується STEM-освіта;
- удосконалення професійної компетентності педагогічних працівників (Гриньова та Цунікова, 2017).

З урахуванням окреслених завдань науково-методичним центром було визначено пріоритетні напрями діяльності лабораторії STEM-освіти, зокрема:

- модернізація віртуального середовища STEM-освіти, розташованого на інтернет-платформі [https://modernmastermariupol.blogspot.com/p/blog-page\\_97.html](https://modernmastermariupol.blogspot.com/p/blog-page_97.html);
- імплементація інноваційного проєкту «STEM-освіта Маріуполя», спрямованого на управління дослідно-експериментальною діяльністю закладів освіти міста на рівні формальної (заклади дошкільної, загальної середньої, позашкільної освіти) та інформальної (у межах онлайн платформи проєкту «STEM-освіта Маріуполя» засобами дистанційних технологій, за допомогою використання медіапродуктів віртуального STEM-центру) освіти;
- розроблення нормативної бази та методичного забезпечення STEM-освіти;
- створення інтегрованих навчальних програм спецкурсів, факультативів, гуртків STEM спрямування для всіх типів закладів освіти (дошкільної, загальної середньої, позашкільної);
- створення експертних груп для оцінювання результатів STEM-освіти, особливо інформальної;

- накопичення й розповсюдження позитивних здобутків педагогічного досвіду STEM-освіти, а також оновлення банку означених здобутків;
- співпраця із закладами освіти, центрами технічної та творчої діяльності учнівської молоді, які надають освітні послуги в галузі STEM із метою раннього ознайомлення з інноваційними технологіями;
- проведення конкурсів, олімпіад, фестивалів та інших заходів у галузі STEM-освіти;
- налагодження профорієнтаційної роботи з учнівською молоддю з метою обрання ними майбутніх професій, пов'язаних зі STEM галуззю;
- розширення бази дослідницьких STEM-проектів, розроблених учнями, що мають практичне значення й можуть бути використані в щоденному житті;
- установа партнерства між освітянами, представниками бізнесових структур, виробничого сектору та іншими стейкхолдерами (Гриньова та Цунікова, 2017).

У межах лабораторії «STEM-освіта Маріуполя» учнівська молодь бере участь у практико-орієнтованій науково-дослідницькій, творчій, експериментальній проєктній діяльності; роботі експериментальних лабораторій, наукових заходах (конференціях, семінарах), тренінгах, змаганнях, турнірах тощо. Також значна увага приділяється професійному розвитку педагогів із метою підвищення якості STEM-освіти в закладах освіти міста.

У цьому контексті зауважимо, що поданий вище приклад STEM-лабораторії максимально відбиває сутність означеного феномену з точки зору його схожості з відповідними спільнотами STEM-практиків у США. Разом із тим, у вітчизняному науковому дискурсі було виявлено концептуальну плутанину щодо означеного поняття. Зокрема, у нормативних документах (Наказ МОН України від 29.04.2020 № 574 «Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-

лабораторій») STEM-лабораторія визначається як «навчальний кабінет або приміщення закладу освіти, оснащене сучасними засобами навчання та обладнанням, для залучення здобувачів освіти до навчально-дослідницької, дослідницько-експериментальної, конструкторської, винахідницької та пошукової діяльності відповідно до стандартів освіти, освітніх та навчальних програм з використанням проєктних технологій в освітньому процесі» (*Наказ...*, 2020). Схоже визначення знаходимо й у Глосарії Інституту модернізації змісту освіти: «STEM–лабораторії – лабораторії, що роблять сучасне обладнання та інноваційні програми більш доступними для дітей, зацікавлених у дослідницькій діяльності» (*Інститут модернізації змісту освіти. Глосарій*).

Отже, можемо констатувати, що, на жаль, розходження в трактуваннях поняття «STEM–лабораторія» не сприяє масовому поширенню означеної інновації на українських теренах, оскільки, крім необхідного обладнання (чітко визначеного в Типовому переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій), яке, беззаперечно, є обов’язковою складовою організації STEM-освіти, передбачає створення спільноти дослідників, до якої, з огляду на позитивний американський досвід, може входити широке коло стейкхолдерів: учнів, учителів, представників бізнесових структур і виробництва в галузі STEM та ін.

Розглядаючи сучасний стан STEM-освіти в Україні згідно з логікою висвітлення сучасного стану STEM-освіти в США, вважаємо за доцільне звернутися й до особливостей професійної підготовки STEM-учителів.

Як засвідчив аналіз сайтів вітчизняних закладів вищої освіти, в Україні поки що не існує спеціальних програм підготовки STEM-учителів для закладів загальної середньої освіти, а також не існує інтегрованої спеціальності STEM, що зумовлено низкою причин, найголовнішою з яких є відсутність відповідного законодавчого підґрунтя. У цих умовах функцію STEM-учителів виконують переважно вчителі природничих та фізико-математичних дисциплін. Отже, підготовка фахівців, які можуть викладати STEM-предмети,

здійснюється в педагогічних університетах, академіях та класичних університетах за такими спеціальностями: 014.04 Середня освіта (Математика), 014.08 Середня освіта (Фізика), 014.06 Середня освіта (Хімія), 014.07 Середня освіта (Географія), 014.15 Середня освіта (Природничі науки), 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Кількість закладів вищої освіти, які готують учителів зі STEM-дисциплін**

Спеціальність	Кількість ЗВО
014.04 Середня освіта (Математика)	48
014.08 Середня освіта (Фізика)	41
014.06 Середня освіта (Хімія)	36
014.07 Середня освіта (Географія)	6
014.15 Середня освіта (Природничі науки)	15
014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)	26

*Систематизовано автором на основі інформації, представленої на сайті:*

<https://osvita.ua/vnz/guide/search-17-0-0-151-0.html>

Як було зазначено нами в п. 2.3, підготовка майбутніх STEM-учителів у США у межах першого (бакалаврського) рівня вищої освіти здійснюється за програмою UTeach, спрямованою на отримання одночасно ступеня бакалавра в інтегрованій галузі STEM та сертифіката вчителя середньої школи. Тривалість підготовки STEM-учителів за програмою UTeach становить чотири роки, обсяг кредитів (120-126). В Україні підготовка бакалаврів регламентується Законом України «Про вищу освіту», де зазначено, що ступінь бакалавра можна отримати в результаті успішного завершення здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми, обсяг якої становить 180-240 кредитів ECTS» (Закон України «Про вищу освіту», 2014). Порівняльна характеристика програм підготовки STEM-учителів в Україні та США подана нами в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Порівняльна характеристика програм професійної підготовки  
STEM-учителів в Україні та США**

США	Україна
<b>Програми професійної підготовки</b>	
Спеціальна програма підготовки STEM-учителів (Uteach)	Відсутня спеціальна програма підготовки STEM-учителів. Підготовка вчителів здійснюється в межах спеціальностей: 014.04 Середня освіта (Математика), 014.08 Середня освіта (Фізика), 014.06 Середня освіта (Хімія), 014.07 Середня освіта (Географія), 014.15 Середня освіта (Природничі науки), 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
<b>Пропозиція освітніх послуг</b>	
46 університетів у 22 штатах та окрузі Колумбія (бакалаврський рівень) 3 заклади вищої освіти (Tufts University, Montana state university, Albertus Magnus College) (магістерський рівень)	Педагогічні університети, академії та класичні університети. Кількість програм варіюється залежно від спеціальності (див. табл. 3.1)
<b>Ступені/терміни навчання/кредити</b>	
Ступінь бакалавра наук (BSc) та вчительський сертифікат зі спеціалізацією Біологія, Хімія, Фізика, Комп'ютерні науки, Інженерія / 4 роки / 120-126 кредитів Магістр наук (MSc) / Магістр мистецтв (MA) / 2-3 роки – денна форма, до 6 років – дистанційна форма / 30 кредитів	Ступінь бакалавра (з перелічених вище спеціальностей) / 4 роки / 180-240 кредитів ECTS  Ступінь магістра / 1,5-2 роки / 120 кредитів ECTS

Принадно зауважимо, що головною відмінністю від українських та основною перевагою американських програм підготовки STEM-учителів є інтегрований зміст STEM-дисциплін, заснований на актуальних дослідженнях як загалом у галузі STEM, так і в галузі STEM-освіти зокрема. Майбутні STEM-учителі мають можливість дізнатися про розвиток досліджень у галузі STEM, історію та філософію розвитку природничих наук та математики й методику навчання STEM-дисциплін. В Україні, навпаки, майбутні STEM-учителі можуть вивчати лише історичні аспекти розвитку тієї галузі знань (дисципліни), яка є предметом їхньої спеціалізації.

Крім того, у процесі викладання кожного навчального курсу програми UTeach підкреслюються міжпредметні зв'язки між математикою та природничими науками, а також іншими складовими STEM, з урахуванням спільних рис та відмінностей у вивченні кожної з них. Крім того, студенти з різних спеціальностей STEM разом проходять курси UTeach і заохочуються до співпраці, коли це можливо. В Україні математика та природничі науки традиційно відокремлені, а навчання вчителів математики та вчителів природничих наук здійснюється на різних факультетах та кафедрах. Таким чином, у сучасних умовах немає можливостей для тісної співпраці майбутніх STEM-учителів за спеціальністю математика та природничі науки. Але найгіршою є ситуація з такою складовою STEM, як інженерія, оскільки інженери готуються в технічних/класичних університетах, які, як правило, не співпрацюють із педагогічними. У той самий час студенти педагогічних ЗВО не отримують інформації з інженерних наук.

У межах порівняльного аналізу програм підготовки STEM-учителів в Україні та США вважаємо за доцільне звернути особливу увагу на освітню програму. Зауважимо, що освітні програми підготовки STEM-учителів в українських ЗВО суттєво відрізняється від американських. Перш за все, кількість кредитів в українських закладах вищої освіти є вдвічі більшою, ніж в американських, відповідно, кількість дисциплін в університетах США є значно меншою.

В Україні програма підготовки викладачів STEM складається з обов'язкових (75 %) та вибірових (25 %) компонентів. Обов'язкові компоненти передбачають два цикли: загальної підготовки та професійної підготовки. Освітня програма також передбачає педагогічну практику, курсові роботи та сертифікацію.

Слід зауважити, що програма підготовки STEM-учителів у вітчизняних ЗВО включає багато предметів, які не завжди пов'язані безпосередньо зі спеціальністю, за якою навчається студент. Навчальний план UTeach, навпаки, складається з послідовності чітко сформульованих курсів.

Також наголосимо, що підготовка STEM-учителів в обох країнах здійснюється також і в межах другого (магістерського) рівня вищої освіти. В Україні, незважаючи на відсутність спеціальних програм підготовки STEM-учителів, наявна широка пропозиція магістерських програм, що охоплюють усі STEM-орієнтовані спеціальності (табл. 3.1). Освітні програми магістерського рівня складається з тих самих компонентів, що і бакалаврські програми, а саме: обов'язкові та дисципліни вільного вибору студента.

Таким чином, з'ясування сучасного стану STEM-освіти в Україні дозволяє констатувати, що існують значні відмінності як в історичному розвитку STEM-освіти в США та Україні, так і в нормативних та змістово-процесуальних засадах і кадровому забезпеченні STEM-освіти в сучасних умовах. У цьому контексті вважаємо за доцільне запропонувати низку позитивних концептуальних ідей американського досвіду, які можуть бути творчо імплементовані у практику вітчизняного шкільництва, чому буде присвячено п. 3.2.

### **3.2. Можливості використання прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві**

Здійснений аналіз теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США й узагальнення результатів наукового дослідження дають підстави для обґрунтування рекомендацій щодо використання прогресивного американського досвіду освіти у практиці вітчизняного шкільництва. Рекомендації структуровано за аспектами (нормативно-правовий, організаційний, змістовий, методичний, професійно-педагогічний) та рівнями (державний, місцевий, інституційний), що уможливило системний розгляд проблемних питань.

Принагідно зауважимо, що під час розроблення рекомендацій ми також керувалися Планом заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затвердженим

розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р. (*План заходів...*, 2021) (Додаток Е).

На державному рівні в межах нормативно-правового аспекту вважаємо за доцільне вдосконалення законодавчої бази щодо запровадження STEM-освіти в закладах загальної середньої та вищої освіти, внесення відповідних змін до Законів України «Про освіту», «Про загальну середню освіту», «Про вищу освіту».

Також вважаємо за доцільне розробити законодавче підґрунтя, яке би створило можливості для інтегрованого викладання STEM-дисциплін у закладах загальної середньої та вищої освіти. Необхідним у цьому контексті є створення можливості для введення STEM-освіти до переліку спеціальностей як окремого напрямку підготовки або як складової 011 Освітні, педагогічні науки чи 014 Середня освіта (STEM) та розроблення відповідних державних стандартів.

Корисним вважаємо й досвід США щодо виділення на державному рівні значних обсягів фінансування й розширення пропозиції державних грантів на розвиток STEM-освіти в країні, зокрема на створення інноваційних науково-дослідних лабораторій та закупівлю сучасного обладнання.

У змістово-процесуальному аспекті вважаємо доцільним розроблення державних стандартів змісту освіти з інтегрованої галузі STEM для закладів дошкільної, загальної середньої та вищої освіти, що забезпечить безперервність STEM-освіти, а також уведення до навчальних планів закладів загальної середньої освіти предметів за вибором інженерно-технічного спрямування.

В організаційному аспекті важливим є розроблення законодавчої бази для створення спеціалізованих STEM-орієнтованих шкіл, які, ураховуючи досвід США, мають бути інклюзивними, тобто охоплювати різні категорії здобувачів загальної середньої освіти на основі їх інтересу до STEM-освіти, з метою залучення більшої кількості учнів до перспективних галузей науки та виробництва. Принагідно зауважимо, що створення спеціалізованих STEM-шкіл передбачено й Планом заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-

математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затвердженим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р. (*План заходів...*, 2021).

Переходячи до *методичного аспекту*, зауважимо, що нині в Україні створено Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр, одним із завдань якого є розроблення методичного забезпечення STEM-освіти. Водночас, аналіз відповідного сайту (<https://imzo.gov.ua/2019/08/23/lyst-imzo-vid-22-08-2019-22-1-10-2876-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-u-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2019-2020-navchal-nomu-rotsi/>), засвідчив, що розділ навчально-методичне забезпечення містить лише методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти на 2016, 2017/2018, 2018/2019 та 2019/2020 навчальні роки, розроблені Міністерством освіти і науки України, які мають загальний рамковий характер, тоді як конкретні пропозиції практичного характеру на державному рівні (на рівні Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру) відсутні.

У цьому контексті вважаємо за доцільне зауважити, що з метою оптимізації процесу запровадження STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти необхідним є створення робочих груп, до яких слід залучити, крім співробітників Інституту модернізації змісту освіти, відповідальних за розвиток STEM-освіти в Україні та функціонування Всеукраїнського науково-методичного STEM-центру, науково-педагогічних працівників закладів вищої освіти, насамперед, педагогічних ЗВО, та педагогів-практиків, які впроваджують STEM-освіту на рівні своїх інституцій.

*Професійно-педагогічний аспект.* Вивчення особливостей професійної підготовки майбутніх STEM-учителів у США дозволило визначити інноваційний потенціал американського досвіду в аспекті досліджуваної проблеми для використання в Україні. Це, насамперед, розроблення на державному рівні законодавства, що передбачає необхідність спеціальної підготовки STEM-учителів як інтегрованої навчальної дисципліни, що вимагає

також структурних змін у закладах вищої освіти, а також уведення відповідного напрямку підготовки або спеціалізації «STEM-освіта», про що наголошувалося в межах нормативно-правового аспекту.

Наступним кроком має стати створення професійної організації – Національної (всеукраїнської) асоціації зі STEM-освіти на кшталт американської Асоціації STEM-освітян UTeach, яка об'єднає науковців, педагогів-практиків та інших стейкхолдерів. Функціями такої організації можуть стати не лише розроблення національних стандартів підготовки STEM-учителів в Україні, а й надання консультаційних послуг учителям, учням та їхнім батькам; інформаційна підтримка та методичне забезпечення STEM-освіти; представництво інтересів учнів і вчителів під час формування національної освітньої політики; налагодження співпраці з міжнародними організаціями у галузі STEM-освіти.

Перш ніж перейти до визначення можливостей використання позитивних концептуальних ідей американського досвіду на *місцевому рівні*, вважаємо за необхідне пояснити логіку виокремлення рівнів функціонування вітчизняної STEM-освіти, на яких може бути імплементований зарубіжний досвід. У межах державного рівня в Україні ми визначили позитивні концептуальні ідеї, які реалізовувалися на національному (федеральному) та регіональному (штатовому) рівнях у США. Наступним рівнем функціонування освітньої системи в США є навчальні округи. Подібні управлінські повноваження в Україні належать обласним державним адміністраціям, і, відповідно, у межах місцевого ми розглядаємо саме обласний рівень.

Незважаючи на той факт, що освітні округи є також і в Україні, вони не мають тих повноважень, якими наділені навчальні округи у США. Відповідно до «Положення про освітній округ» (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 20 січня 2016 р. № 79), він є «об'єднанням закладів освіти, культури, фізичної культури і спорту, до складу якого можуть входити опорні заклади загальної середньої освіти, їх філії; до діяльності округу можуть залучатися також інші юридичні особи, їх відокремлені підрозділи» (*Кабінет Міністрів*

України, 2016). Як засвідчив аналіз основних завдань освітнього округу, окреслених у відповідному Положенні (створення єдиного освітнього простору; забезпечення рівного доступу осіб до якісної освіти; створення умов для здобуття особами загальної середньої освіти, упровадження допрофільної підготовки і профільного навчання, поглибленого вивчення окремих предметів, забезпечення всебічного розвитку особи, а також допрофесійного навчання незалежно від місця їх проживання; раціональне й ефективне використання наявних ресурсів суб'єктів округу, їх модернізація; створення єдиної системи виховної роботи (Кабінет Міністрів України, 2016), український освітній округ не має тих повноважень, якими наділені американські навчальні округи, натомість у нашій країні функціонують департаменти освіти і науки обласних державних адміністрацій, відділи освіти райдержадміністрацій та управління освіти міських рад, наділені схожими повноваженнями. У цьому контексті вважаємо, що окреслені нижче можливості творчого використання позитивного американського досвіду STEM-освіти можуть бути реалізовані відповідними вітчизняними органами управління місцевого рівня.

У *нормативно-правовому аспекті* доцільним бачиться розроблення місцевими органами управління освітою положень щодо впровадження STEM-освіти в закладах дошкільної, загальної середньої, вищої та позашкільної освіти, а також положення щодо створення спеціалізованих шкіл. Зокрема, Планом заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затвердженим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р., такі повноваження і покладаються на обласні державні адміністрації та Київську міську державну адміністрацію: «сприяння утворенню закладів спеціалізованої освіти наукового спрямування» (План заходів..., 2021).

В *організаційному аспекті* перспективним, на наш погляд, є залучення представників широкої громадськості до організації STEM-освіти, насамперед, запозичення досвіду США представників місцевих бізнесових структур та інших зацікавлених сторін у галузі STEM; проведення просвітницької роботи

серед батьків щодо профорієнтації учнів до обрання STEM-професій; популяризація здобутків дітей та учнівської молоді в галузі STEM; створення посади координатора зі STEM-освіти при департаментах та відділах освіти; налагодження співпраці між місцевими підприємствами, бізнесовими структурами та науково-дослідними установами й закладами, які надають освітні послуги в галузі STEM, спрямовані на надання учням можливості ознайомитися зі STEM-професіями в умовах реального професійного середовища і отримати педагогічну підтримку менторів, які є фахівцями в галузі STEM. Така співпраця може стати корисною й в аспекті фандрейзингу, що передбачає надання спонсорської допомоги для розвитку STEM-освіти в регіоні. Крім налагодження співпраці з окресленими вище стейкхолдерами, важливим є встановлення партнерства між закладами дошкільної, загальної середньої та позашкільної освіти з метою забезпечення цілісності й безперервності STEM-освіти.

*У змістово-процесуальному аспекті* вважаємо корисним розроблення регіонального курикулуму STEM-освіти на основі національних освітніх стандартів та регіонального замовлення на STEM-фахівців.

*У методичному аспекті* вважаємо за необхідне розроблення методичного забезпечення STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти на основі актуальних досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців, у тому числі й порівняльно-педагогічних, а також кращих практик вітчизняних та закордонних закладів освіти (методичних рекомендацій щодо організації, змісту, форм, методів та інноваційних технологій навчання STEM-дисциплін).

*У професійно-педагогічному аспекті* доцільним бачиться сприяння підвищенню кваліфікації педагогічних працівників із питань викладання інтегрованих STEM-дисциплін; налагодження партнерства між закладами вищої, загальної середньої та позашкільної освіти для здійснення професійного розвитку вчителів; популяризація кращого педагогічного досвіду в галузі STEM-освіти на рівні області.

Переходячи до рекомендацій *інституційного рівня*, зауважимо, що логіка дослідження передбачає визначення можливостей використання позитивних

концептуальних ідей американського досвіду як на рівні закладу загальної середньої, так і вищої освіти, що передбачано наявністю професійно-педагогічного аспекту.

В *організаційному* аспекті доцільним бачиться: запровадження в закладах загальної середньої освіти практики менторства, як персонального, так і дистанційного; створення об'єднання учителів природничо-математичних дисциплін з метою обміну досвідом, а також пошуку можливостей для інтегрованого вивчення STEM-дисциплін, у тому числі й під час позакласної роботи, а також залучення до цього процесу вчителів інформатики та технологій; створення при закладах освіти сучасних науково-дослідних STEM-лабораторій, зокрема й через процедуру отримання міжнародних грантів та активізацію фандрейзингової діяльності в закладі освіти; активне використання інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій (у тому числі робота у віртуальних STEM-лабораторіях) у тих закладах освіти, де через погане фінансування та слабку матеріально-технічну базу створення реальних лабораторій неможливо; заохочення учнів до участі в національних та міжнародних конкурсах і проєктах у галузі STEM тощо.

У *змістово-процесуальному* аспекті вважаємо за доцільне розробити й запровадити спеціальні програм для учнів із інтегрованих STEM-дисциплін або встановлення міжпредметних зв'язків між складовими STEM із урахуванням наявної матеріально-технічної бази та кадрового складу закладу загальної середньої освіти.

Ураховуючи позитивний американський досвід, корисною бачиться інтеграція технологій та інженерії, а також мистецтва у змісті природничо-математичних дисциплін.

У *методичному* аспекті вважаємо за необхідне розроблення спеціально створеними групами з упровадження STEM-освіти в школі методичного забезпечення (рекомендацій, навчально-методичних посібників) для адміністрації, учителів та батьків щодо ранньої професійної орієнтації учнів на

STEM-професії; створення сприятливого освітнього середовища для розвитку здібностей школярів у галузі STEM.

*У професійно-педагогічному аспекті* вважаємо за необхідне розробити й запровадити у вітчизняних закладах вищої освіти програми підготовки майбутніх STEM-учителів бакалаврського і магістерського рівнів або введення курсів зі STEM-освіти у програми підготовки вчителів за спеціальністю 011 Освітні, педагогічні науки; 012 Дошкільна освіта; 013 Початкова освіта; 014 Середня освіта.

Незаперечним є факт, що надання освітніх послуг учням закладів загальної середньої освіти в галузі STEM залежить від професійної компетентності вчителів в означеній сфері. Зважаючи на те, що в нашій країні вчителі не отримують спеціальних знань у галузі інтегрованої STEM-освіти протягом навчання у ЗВО, надзвичайно важливим у цьому контексті є професійний розвиток учителів, які працюють у школах. У цьому контексті важливим є розроблення програм підвищення кваліфікації педагогічних кадрів у галузі STEM та їхнє активне впровадження в практику закладів освіти.

### **Висновки до розділу 3**

У розділі на основі дослідження сучасного стану STEM-освіти в Україні визначено інноваційний потенціал використання в практиці вітчизняного шкільництва прогресивного досвіду США в аспекті досліджуваної проблеми.

З'ясовано, що активний розвиток STEM-освіти в Україні розпочався в 2016 році, що відображено в низці державних документів: Наказі МОН «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» (2016), Плані заходів щодо розвитку STEM-освіти в Україні на 2016-2018 рр. (2016), Плані заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року (2021), Наказі МОН «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування

Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)» на 2017-2021 роки» (2017), Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (2020) тощо.

Доведено, що протягом означеного періоду було здійснено перші кроки щодо впровадження STEM-освіти в країні:

- створено робочу групу з питань упровадження STEM-освіти в Україні;
- створено Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр;
- створено низку STEM-лабораторій;
- активну діяльність щодо просування STEM-освіти серед учнівської молоді здійснює МАН України тощо.

Разом із тим, залишається низка невирішених питань, які необхідно розв'язувати з урахуванням позитивних концептуальних ідей зарубіжного, насамперед американського, досвіду.

Компаративний аналіз, узагальнення й наукова екстраполяція американського досвіду на українські реалії дозволили виявити перспективи його творчого використання в теорії та практиці STEM-освіти в Україні та структурувати сформульовані рекомендації за аспектами (нормативно-правовий, організаційний, змістово-процесуальний, методичний, професійно-педагогічний) та рівнями (державний, місцевий, інституційний), що уможлиблює системне охоплення проблемних питань розвитку STEM-освіти.

На державному рівні виокремлено такі перспективні аспекти розвитку STEM-освіти, як нормативно-правовий (удосконалення законодавчої бази щодо запровадження STEM-освіти в закладах освіти; розроблення законодавчого підґрунтя, яке би створило можливості для інтегрованого викладання STEM-дисциплін у закладах освіти; виділення на державному рівні фінансування та розширення пропозиції державних грантів на розвиток STEM-освіти); організаційний (розроблення законодавчої бази для створення спеціалізованих STEM-орієнтованих шкіл); методичний (створення робочих груп, до яких слід

залучити відповідальних за розвиток STEM-освіти в Україні науково-педагогічних працівників ЗВО, та педагогів-практиків, які впроваджують STEM-освіту на рівні своїх інституцій); професійно-педагогічний (розроблення на державному рівні законодавства, що передбачає необхідність спеціальної підготовки STEM-учителів як інтегрованої навчальної дисципліни; створення професійної організації – Національної (всеукраїнської) асоціації зі STEM-освіти).

На місцевому рівні необхідно забезпечити розвиток STEM-освіти в таких аспектах: нормативно-правовий (розроблення місцевими органами управління освітою положень щодо впровадження STEM-освіти в закладах освіти, а також положення щодо створення спеціалізованих шкіл); організаційний (залучення представників широкої громадськості до організації STEM-освіти; проведення просвітницької роботи серед батьків щодо профорієнтації учнів до обрання STEM-професій; популяризація здобутків дітей та учнівської молоді в галузі STEM; створення посади координатора зі STEM-освіти при департаментах та відділах освіти; налагодження співпраці між місцевими підприємствами, бізнесовими структурами та науково-дослідними установами та закладами, які надають освітні послуги в галузі STEM); змістово-процесуальний (розроблення регіонального курикулуму STEM-освіти на основі національних освітніх стандартів та регіонального замовлення на STEM-фахівців); методичний (розроблення методичного забезпечення STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти на основі актуальних досліджень та кращих практик); професійно-педагогічний (сприяння підвищенню кваліфікації педагогічних працівників з питань викладання інтегрованих STEM-дисциплін; налагодження партнерства між закладами вищої, загальної середньої та позашкільної освіти для здійснення професійного розвитку вчителів; популяризація кращого педагогічного досвіду в галузі STEM-освіти на рівні області).

На інституційному рівні визначено інноваційний потенціал творчого використання американського досвіду в організаційному аспекті

(запровадження в закладах загальної середньої освіти практики менторства, як персонального, так і дистанційного; створення об'єднання вчителів природничо-математичних дисциплін з метою обміну досвідом, а також пошуку можливостей для інтегрованого вивчення STEM-дисциплін; створення при закладах освіти сучасних науково-дослідних STEM-лабораторій; заохочення учнів до участі в національних та міжнародних конкурсах і проєктах у галузі STEM); у змістово-процесуальному аспекті (розроблення й запровадження спеціальних програм для учнів із інтегрованих STEM-дисциплін або встановлення міжпредметних зв'язків між складовими STEM); у методичному аспекті (розроблення спеціально створеними групами з упровадження STEM-освіти в школі методичного забезпечення; створення сприятливого освітнього середовища для розвитку здібностей школярів у галузі STEM), у професійно-педагогічному аспекті (розроблення й запровадження у вітчизняних закладах вищої освіти програми підготовки майбутніх STEM-учителів бакалаврського і магістерського рівнів або введення курсів зі STEM-освіти у програми підготовки вчителів; розроблення програм підвищення кваліфікації педагогічних кадрів у галузі).

Результати дослідження третього розділу відображено в публікаціях автора дисертації (Boichenko & Boichenko, 2019; Boichenko et al., 2019; 2021; Boichenko, 2020c; 2020d; Boichenko & Sbruieva, 2020).

## ВИСНОВКИ

Цілісний аналіз теоретичних, нормативних, змістово-процесуальних та професійно-педагогічних засад STEM-освіти у старшій середній школі США дозволив дійти таких **висновків**.

1. У межах характеристики стану розробленості проблеми STEM-освіти у вітчизняних науково-педагогічних дослідженнях з'ясовано, що розвиток STEM-освіти в закладах освіти різних рівнів є предметом наукового інтересу широкого кола вітчизняних учених. Установлено, що проблема STEM-освіти у старшій середній школі США не знайшла достатнього цілісного висвітлення. Результатом структурно-логічного аналізу вітчизняних наукових розвідок із досліджуваної проблеми стало виділення таких аспектів її розгляду:

- 1) теоретико-методологічний;
- 2) порівняльно-педагогічний;
- 3) організаційний;
- 4) методичний;
- 5) професійно-педагогічний.

Виявлено, що провідними напрямками досліджень стали: теоретичне обґрунтування вихідних положень STEM-освіти; формування освітньої політики й нормативно-правове забезпечення STEM-освіти; генеза та тенденції розвитку STEM-освіти в Україні та світі; інноваційні компетентності в галузі STEM; форми, методи та інноваційні технології навчання STEM-дисциплін (як у межах інтегрованого курсу, так і окремих дисциплін STEM спрямування); розвиток мережі закладів STEM-освіти; проблеми створення STEM-центрів та STEM-лабораторій; професійна підготовка та професійний розвиток педагогічних кадрів, що надають освітні послуги в галузі STEM-освіти.

2. За допомогою методу термінологічного аналізу з'ясовано сутність ключових понять дослідження: «STEM», «STEM-освіта», а також низки інших

понять, що вживаються як синоніми STEM і розкривають композиційний склад досліджуваного феномену.

Простежено еволюцію поняття STEM за допомогою низки концептуальних підходів до організації STEM-освіти: 1) ізольований (незалежний) (S-T-E-M); 2) дуєтний (SteM); 3) інтеграція однієї складової в три (E S-T-M); 4) об'єднання всіх чотирьох складових (STEM); 5) інтеграція мистецтва в STEM (STEAM).

Визначено передумови розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США, зокрема: заснування перших спеціалізованих закладів природничо-математичного напрямку (старших середніх шкіл Stuyvesant High School (1904 р.) та Bronx High School of Science (1938 р.)), створення професійних організацій відповідного напрямку (насамперед, Національного наукового фонду, Американського астронавтичного товариства, Американського астрономічного товариства, Американського математичного товариства, Американського товариства інженерної освіти, Американської асоціації статистики та багатьох інших), актуалізація наукових досліджень тощо.

Виокремлено етапи розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США: I етап (1958-1988 рр.) – легітимізації STEM-освіти; II етап (1989-2000 рр.) – стандартизації STEM-освіти; III етап (2001-2010 рр.) – концептуалізації STEM-освіти; IV етап (2011 р. – дотепер) – системної реалізації STEM-освіти.

3. Окреслено нормативні засади STEM-освіти у старшій середній школі США, зокрема: Закони «Про координацію дій в області STEM-освіти», «Про STEM-освіту», «Кожен учень досягає успіху» (нова редакція Закону «Про початкову та середню освіту»), «Про заохочення наступного покоління жінок – піонерів у космічні галузі, новаторів, дослідників та винахідників», «Про сільську STEM-освіту», освітню ініціативу «Виховуй для інновацій», Стратегічний план «Курс на успіх: американська стратегія STEM-освіти» тощо.

У межах з'ясування змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США висвітлено особливості організації STEM-освіти

в старших середніх школах різних типів, а саме: селективних школах, що залучають на навчання учнів, обдарованих у галузі STEM; інклюзивних школах, що надають освітні послуги учням усіх верств населення, насамперед недостатньо репрезентованим категоріям учнівської молоді; STEM-орієнтовані школи професійно-технічної освіти.

Схарактеризовано форми педагогічної підтримки учнів, які обрали STEM-дисципліни як майбутню професію, а саме: диференціація змісту STEM-освіти, поглиблене вивчення STEM-дисциплін, профорієнтаційна робота, що передбачає ознайомлення старшокласників зі STEM-професіями в умовах реального робочого місця, менторство та он-лайн менторство тощо.

4. Визначено специфіку професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів старшої середньої школи США й схарактеризовано відповідні програми на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях вищої освіти.

Показано, що для здобуття ступеня бакалавра зі STEM-освіти розроблено спеціальну програму UTeach, запроваджену в 46 американських університетах, що являє собою унікальну освітньо-професійну програму підготовки STEM-учителів для загальноосвітніх шкіл, у межах якої здобувачі освіти одночасно отримують ступінь бакалавра з інтегрованої галузі STEM та сертифікат учителя середньої школи.

З'ясовано, що підготовка магістрів зі STEM-освіти здійснюється лише низкою американських закладів вищої освіти: Університетом Тафтса (програми «Магістр мистецтв із початкової STEM-освіти» та «Магістр наук із природничо-наукової, технологічної, інженерної та математичної (STEM) освіти»), Державним університетом штату Монтана («Магістр наук із природничо-наукової освіти») та Коледжем Альберта Магнуса («Магістр наук зі STEM-освіти або грамотності»).

5. Виявлено сучасний стан STEM-освіти в Україні, зокрема: особливості становлення та напрями розвитку STEM-освіти; нормативно-правове забезпечення STEM-освіти; діяльність Малої академії наук України щодо

реалізації STEM-освіти; діяльність Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру та досвід створення регіональних STEM-центрів і лабораторій; особливості імплементації STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

На основі здійснення порівняльної характеристики особливостей реалізації STEM-освіти в Україні та США визначено можливості використання прогресивного американського досвіду STEM-освіти у вітчизняному шкільництві на державному, місцевому й інституційному рівнях у нормативно-правовому, організаційному, змістовому, методичному та професійно-педагогічному аспектах.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів означеної проблеми. На подальше вивчення заслуговує питання реалізації STEM-освіти країн Європейського Союзу. Предметом особливої уваги стануть організаційно-педагогічні засади STEM-освіти й узагальнення позитивного зарубіжного досвіду професійно-педагогічної підготовки STEM-учителів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Авчіннікова, Г. Д., Білецька, І. О. (2015). *Профільна диференціація навчання учнів старшої школи США*. Умань: ФОП Жовтий О. О.
- Андрієвська, В. М. (2017). Проект як засіб реалізації STEAM-освіти у початковій школі. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. соціальна робота», Вип. 2 (41)*, 11-14.
- Антонов, В. М. (2018). Акмеологія креативності дитини на основі STEM-освіти. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 6-11). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Атамась, А. І., Білик, Ж. І., Шаповалов, Є. Б., Шаповалов, В. Б. (2018). Використання онтологічних ресурсів єдиного мережецентричного навчального інформаційного середовища для проведення STEM/STEAM-уроків. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 11-21). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Бабенко, І. Є. (2011). *Соціально-педагогічна підтримка обдарованих дітей у школах США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: спец. 13.00.01). Луганськ.
- Бабійчук, С. (2018). STEM-освіта у США: проблеми та перспективи. *Педагогічний часопис Волині, 1 (8)*, 12-17.
- Багашова, В., Ісак, Т. (2017). STEM-освіта – від уроку до інновації. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 183-196.
- Барилко, Є. О. (2011). *Виховання патріотизму в учнів середніх шкіл США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.07). Луганськ.
- Бевз, О. П. (2011). *Педагогічна підтримка особистісного саморозвитку обдарованих підлітків у школах США* (дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Суми.

- Бельмаз, Я. М. (2005). *Моральне виховання підлітків у загальноосвітніх школах США (друга половина XX століття)* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Луганськ.
- Биков, О. М., Бушина, І. Б. (2019). STEM-квест, як один із сучасних інноваційних методів роботи з обдарованою молоддю. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 27-37). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Біда (Чичук), А. П. (2014). *Розвиток системи навчання обдарованих дітей у США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук). Черкаси.
- Бітлян, О. К., Орел, А. К. (2019). Впровадження STEM-освіти на уроках природничого циклу Миколаївського економічного ліцею № 2. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 38-42). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Бойченко, В. В. (2019а). Інновації в магістерській підготовці STEM-учителів: досвід США. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 р., м. Одеса*, (сс. 43-45). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Бойченко, В. В. (2020а). Особливості організації навчання в STEM-центрах: досвід США. *Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції (Київ, 27 жовтня 2020 р.)*, (сс. 79-81). Київ: Інститут обдарованої дитини. [http://novyny.ostriv.in.ua/special/get\\_file/code-81FF022C1810F](http://novyny.ostriv.in.ua/special/get_file/code-81FF022C1810F).
- Бойченко, В. В. (2019б). Підходи до викладання STEM-дисциплін у старшій середній школі США. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми,*

*перспективи: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (29-30 жовтня 2019 р., м. Суми), Т. 1, (сс. 56-58). Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С. Макаренка.*

Бойченко, В. В. (2020б). Поняття STEM-грамотності в науковому дискурсі США. *Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, (22-23 жовтня 2020 р., Мукачево), (сс. 59-60). Мукачево: Вид-во МДУ.*

Бойченко, В. (2020в). Професійна підготовка STEM-учителів: досвід США. *Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 28 трав. 2020 р., (сс. 327-328). Київ; Біла Церква: Авторитет. DOI: <https://doi.org/10.32405/978-966-97763-9-6-2020>. Режим доступу: [http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative\\_2020\\_web\\_F.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative_2020_web_F.pdf).*

Бойченко, В. В. (2020г). Розвиток інженерної складової STEM-освіти: сучасні тенденції. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (12–13 листопада 2020 року, м. Суми), (сс. 54-56). Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка.*

Бойченко, М. А., Бойченко, В. В. (2019). Розвиток технічної обдарованості школярів в умовах STEM-освіти у США. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ), (сс. 43-46). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.*

Бойченко, М. А. (2018а). Залучення обдарованих і талановитих учнів до STEM-освіти: досвід США. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.), (сс. 45-47). Київ: Інститут обдарованої дитини.*

- Бойченко, М. А. (2016). Розвиток обдарованих учнів засобами STEM-освіти у США. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки*, 31, 151-159.
- Бойченко, М. А. (2010). *Тенденції реформування управління сучасною загальною середньою освітою США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Полтава.
- Бойченко, М. А. (2018б). *Теоретичні та методичні засади освіти обдарованих школярів у США, Канаді та Великій Британії*. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка.
- Будика, С. В. (2018). Розбудова напрямів STEM-освіти у професійній підготовці кваліфікованих робітників з професії електрогазозварник. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 56-61). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Бутурліна, О. (2017). Філософсько-освітня рефлексія STEM-інновацій. *Наукові записки Малої академії наук України*, 10, 35-46.
- Вербицький, В. (2017). Впровадження агробіологічної STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*, 10, 123-131.
- Ветрова, І. М. (2008). *Розвиток альтернативної середньої освіти у США (друга половина ХХ століття)* (автореф. дис. ... канд. пед. наук). Київ. *Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України*. Режим доступу: <https://stemua.science/>.
- Гончарова Н. О. (2015). Професійна компетентність вчителя у системі навчання STEM. *Наукові записки Малої академії наук України*, 7, 141-147.
- Гончарова, Н. О., Патрикеева, О. О. (2016). Впровадження STEM-освіти в навчальних закладах (за результатами опитування науково-педагогічних працівників ОППО). *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки*, 8, 215-223.

- Гриньова, О., Цунікова, І. (2017). Трансформація інформаційно-освітнього середовища в контексті впровадження STEM-навчання. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 197-207.
- Довженко, Т. О., Гавриш, І. В. (2018). Теоретико-методологічні основи реалізації STEM-освіти в початковій школі науково-педагогічного проекту «Інтелект України». *Збірник наукових праць «Педагогіка та психологія», Вип. 60*, 12-21.
- Душило О. В. (2019). STEM-освіта як ефективний підхід до оволодіння учнями ключовими компетентностями на уроках англійської мови. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 79-81). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Заболотна, О. А. (2005). *Соціалізація учнівської молоді в загальноосвітніх та альтернативних закладах середньої освіти в США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Київ.
- Закон України «Про вищу освіту» (2014). *Відомості Верховної ради, 37-38*, ст. 2004.
- Заярна, В. С. (2020). Веб-проекти як форма дистанційної STEM-діяльності вихованців закладу позашкільної освіти. *Обдаровані діти – скарб нації: матеріали Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції (м. Київ, 8-11 грудня 2020 року)*, (сс. 153-156). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Заярна, В. С. (2019). Організаційно-педагогічна модель діяльності STEM-центру в умовах закладу позашкільної освіти. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 141-146). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Інститут модернізації змісту освіти. Глосарій.* Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/stem->

[osvita/glosariy/#:~:text=STEM%20\(S%20%E2%80%93%20science%2C%20T,\)%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%20\(Mathematics\).](http://osvita.glosariy/#:~:text=STEM%20(S%20%E2%80%93%20science%2C%20T,)%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%20(Mathematics).)

Кабінет Міністрів України (2016). *Постанова «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» від 20 січня 2016 р. № 79*. Київ. Режим доступу: <http://osvita.sm.gov.ua/index.php/uk/2-uncategorised/763-normativno-pravova-baza-shchodo-stvorennya-osvitnikh-okrugiv-opornikh-navchalnikh-zakladiv-v-umovakh-detsentralizatsiji>.

Кальной, С. (2017). Концептуальна модель організації корпоративної бази знань, як засобу інформаційної підтримки STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 68-75.

Конкурс «Юніор». Режим доступу: <http://man-junior.org.ua/>.

Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988 (2017). *Офіційний вісник України, № 1, ст. 22*.

Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) (2020). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67 (2018). *Офіційний вісник України, № 16, ст. 560*.

Корнієнко, О. Р. (2018). Формування STEM-простору школи для розвитку творчого потенціалу особистості. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції (2-8 липня 2018 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 136-138). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

Коршунова, О. В. та ін. (2018). *STEM-освіта. Професійний розвиток педагога: збірник спецкурсів*. К.: Видавничий дім «Освіта».

- Костюк, О. М. (2018). Упровадження STEM-освіти в освітній процес початкової школи. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 129-133). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Кузьменко, О., Дембіцька, С. (2017). STEM-освіта як основний орієнтир в оновленні інноваційних технологій у процесі навчання фізики у вищих навчальних закладах технічного профілю. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти, Вип. 11 (III)*, 80-83.
- Кузьменко, О. (2016). Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти, Вип. 9 (3)*, 188-190.
- Лещинський, О. П. (2005). *Розвиток змісту шкільного курсу фізики у Великій Британії, Німеччині та США (XIX – XX ст.)* (автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01). Київ.
- Литовченко, І. М. (2018). *Теорія і практика корпоративної освіти у Сполучених Штатах Америки* (дис. ... докт. пед. наук: 13.00.04). Київ.
- Літвінов, О. І. (2000). *Сучасні тенденції формування змісту освіти в державних школах США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Луганськ.
- Ліхневська, Т. А. (2009). *Громадянське виховання учнівської молоді в середній школі США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Тернопіль.
- Лозова, О., Горбенко, С., Гончарова, Н. (2017). Використання засобів STEM-навчання в умовах модернізації системи позашкільної освіти. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 82-88.
- Мала академія наук України. *Про МАН*. Режим доступу: [http://man.gov.ua/ua/about\\_the\\_academy/jasu](http://man.gov.ua/ua/about_the_academy/jasu).
- Мірча, Н. В., Хоменко, О. М. (2018). Зміст та напрями організації освітнього процесу із запровадженням STEM-навчання з метою формування

компетенцій у творчої молоді ЗП(ПТ)О. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 167-172). Київ: Інститут обдарованої дитини.

Михайлюк, А. А. (2017). STEM-освіта – трансдисциплінарний підхід навчання. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: матеріали IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції (7–8 грудня 2017 року, м. Київ)*, (сс. 209-214). К.: Інститут обдарованої дитини.

Морзе, Н. (2016). *STEM: проблеми та перспективи: презентація*. Київський Університет імені Б. Грінченка.

Наказ МОН від 17.05.2017 № 708 «Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)» на 2017-2021 роки». Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/2017/05/19/nakaz-mon-vid-17-05-2017-708-pro-provedennya-doslidno-eksperymentalnoji-roboty-vseukrajinskoho-rivnya-za-temoyu-naukovo-metodychni-zasady-stvorennya-ta-funktsionuvannya-vseukrajinskoho-naukovo-m/>.

Наказ МОН України від 29.04.2020 № 574 «Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-20#Text>.

Онопченко, О. В. (2019). STEM-освіта: аналіз досвіду провідних країн світу. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 174-181). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

- Павлиш, Т. (2017). Розвиток професійної мобільності викладача інформатики в умовах STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 174-182.
- Патрикеева, О. О. (2015). Актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. *Інформаційний збірник для директора школи та завідуючого дитячим садочком, 17-18*. К.: Освіта України.
- Патрикеева, О., Василяшко І., Лозова О., Горбенко С. (2017). Упровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах: методичний аспект. *Рідна школа, 9-10*, 90-95.
- Патрикеева, О., Черноморець, В. (2017). Сучасні засоби формування STEM-грамотності. *Наукові записки Малої академії наук України, 10*, 8-16.
- Пашкевич Н. М. (2019). Використання STEM-освіти на гурткових заняттях в закладах позашкільної освіти. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 184-191). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- План заходів щодо розвитку STEM-освіти в Україні на 2016-2018 рр.* (2016). Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKQmc4LUd2MmVFckk/view>.
- План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р.* Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>.
- Плахотнюк, О. Л. (2011). *Концепції виховання в системі шкільної освіти США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.07). Умань.
- Подлесний, С. В., Тарасов, О. Ф. (2019). Актуальність використання STEM-STEAM-STREAM-технологій в сфері інженерно-технічної освіти для сталого розвитку економіки України. *Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2*, 123-131.

- Поліхун, Н. І., Сліпухіна, І. А., Чернецький, І. С. (2017). Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*, 3 (58), 5-9.
- Постова, К. Г. (2017). Передумови та перспективи STEM-освіти в Україні. *Наукові записки Малої академії наук України*, 10, 75-82.
- Постова, К. Г. (2019). Принципи та форми реалізації STEM напряму в освіті. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 293-297). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Пригожин, А. И. (1989). *Нововведения: стимулы и препятствия (социальные проблемы инноватики)*. М.: Политиздат.
- Ростока, М. (2017). STEM-підхід у контексті формування інтелектуального потенціалу України. *Наукові записки Малої академії наук України*, 10, 60-67.
- Савченко, І., Савченко, Я. (2017). STEM-освіта як ключовий фактор формування креативної особистості юного дослідника. *Наукові записки Малої академії наук України*, 10, 47-60.
- Сороко, Н. В. (2018) Проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителів для підтримки STEAM-орієнтованого середовища основної школи. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 223-229). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Стрижак, О. Є. (2014). *Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів* (авторeref. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06). Київ.
- Стрижак, О. Є., Сліпухіна, І. А., Полісун, Н. І., Чернецький, І. С. (2017). STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*, Т. 62, № 6, 16-33.

- Тадесєв, П. О. (2011). *Теорія і практика організації навчання обдарованих школярів у США (20-ті роки ХХ – початок ХХІ століття)* (дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01). Київ.
- Теличко, Н. В. (2005). *Організація навчання обдарованих молодших школярів у США* (дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Ужгород.
- Труханенко, Г. М. (2018). STEM-освіта у профільному навчанні як засіб інтеграції базових знань. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 244-249). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Уманська, Т. О. (2019). Мультидисциплінарний підхід через STEAM-освіту: гуманітарний аспект. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали ХІ-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 року, місто Одеса*, (сс. 225-233). К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Хмара наук (2017). У лабораторії «МАНЛаб» презентували *Всеукраїнський науково-методичний віртуальний STEM-центр*. Режим доступу: [http://man.gov.ua/ua/news/academy\\_news/khmara--nauk-br-u-laboratoriyi--manlab--prezentovali-vseukrayinskiy-naukovo-metodichniy-virtualniy-stem-tsentr](http://man.gov.ua/ua/news/academy_news/khmara--nauk-br-u-laboratoriyi--manlab--prezentovali-vseukrayinskiy-naukovo-metodichniy-virtualniy-stem-tsentr).
- Худецький, І. Ю., Антонов, В. М. (2018). Акмеологія геніальності та STEM-освіта на основі кібернетичної акмеології. *Інноваційні технології навчання обдарованої молоді: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20 грудня 2018 р.)*, (сс. 253-257). Київ: Інститут обдарованої дитини.
- Чернякова, А. В. (2011). *Організаційно-педагогічні засади запобігання та подолання насильства в загальноосвітніх школах США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Суми.

- Шумаєва, С. П. (2005). *Розвиток мас-медійних навчальних технологій у середніх закладах освіти США* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Житомир.
- Шутова М. О. (2005). *Проблеми реформування загальної середньої освіти в США (1950-ті – 1990-ті рр.)* (автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01). Київ.
- About the National Science Foundation*. Retrieved from: <https://www.nsf.gov/about/>.
- Achterhuis, H. (Ed.) (2001). *American philosophy of technology: the empirical turn*. Bloomington: Indiana University Press.
- Albertus Magnus College. Master of Science in Education in STEM or Literacy*. Retrieved from: <http://www.albertus.edu/education/ms/>.
- A Nation at Risk* (1983). Retrieved from: <https://www2.ed.gov/pubs/NatAtRisk/risk.html>.
- Atkins, K., Dougan, B. M., Dromgold-Sermen, M. S. et al. (2020). “Looking at Myself in the Future”: how mentoring shapes scientific identity for STEM students from underrepresented groups. *International Journal of STEM Education*, 7, 42. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00242-3>.
- Balka, D. (2011). *Standards of mathematical practice and STEM*. *Math-Science Connector Newsletter*. Stillwater, OK: School Science and Mathematics Association.
- Banks, K. H. (2010). A Qualitative investigation of mentor experiences in a service-learning course. *Educational Horizons*, 89 (1), 68-79.
- Barak, M. (2012). Teaching engineering and technology: cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Design, and Technology*, 11 (3), 316-333.
- Benchmarks for Science Literacy* (1993). Retrieved from: <https://www.aaas.org/resources/benchmarks-science-literacy>.

- Bill & Melinda Gates Foundation (2014). *Early progress: Interim research on personalized learning*. Retrieved from: <http://k12education.gatesfoundation.org/wp-content/uploads/2015/06/Early-Progress-on-Personalized-Learning-Full-Report.pdf>.
- Blackburn, B. R. (2008). *Rigor is NOT a four-letter word*. Larchmont: Eye on Education.
- Boichenko, M., Boichenko, V. (2019). STEM-education in the USA and Ukraine: comparative analysis. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 5 (89), 3-13. DOI 10.24139/2312-5993/2019.05/003-013.
- Boichenko, M. A., Sbruieva, A. A., Boichenko, V. V. (2019). Preparation of STEM teachers in the USA and Ukraine: comparative study of teachers training programs. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, 3 (98), 60-68. DOI 10.35433/pedagogy.3(98).2019.60-68.
- Boichenko, V. (2020a). Content-procedural foundations of STEM education in the USA. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 9 (103), 433-444. DOI 10.24139/2312-5993/2020.09/433-444.
- Boichenko, V. (2020b). Genesis and current state of STEM education development: U.S. experience. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 8 (102), 410-418. DOI 10.24139/2312-5993/2020.08/410-418.
- Boichenko, V., Boichenko, M., Sbruieva, A. (2021). Theoretical model of gifted services provision in Ukrainian out-of-school STEM education institutions. In O. Tryfonova & S. Śliwa (Eds.), *Educational Processes Management: Development in Reform Context*, (pp. 8-17). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, ISBN 978-83-66567-25-2. <https://www.wszia.opole.pl/strona-glowna/jestem-studentem/biblioteka/ebooki-dla-studentow/>.
- Boichenko, V. (2021). Current trends in STEM education development in Ukraine. *Innovative solutions in modern science, Vol. 2, № 46*, 87-97. DOI:

[https://doi.org/10.26886/2414-634X.2\(46\)2021.7](https://doi.org/10.26886/2414-634X.2(46)2021.7)

<https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/2393>.

Boichenko, V. V. (2020d). Modern trends in STEM education development in Ukraine: analysis of regulatory documents. *Labyrinths of Reality: Collection of scientific works, Issue 4 (9)*, 24-25. Montreal: CPM «ASF». <http://virtus.conference-ukraine.com.ua/conf53.pdf>.

Boichenko, V., Sbruieva, A. (2020). Teaching STEM in Ukrainian schools: priorities and challenges. *Economic and Social-Focused Issues of Modern World: Conference Proceedings of the 3rd International Scientific Conference (November 17 – 18, 2020, Bratislava, Slovak Republic). The School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava*, (pp. 172-175). [http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings\\_%20VSEMvs\\_November\\_2020.pdf](http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings_%20VSEMvs_November_2020.pdf).

*Bronx High School of Science*. Retrieved from: [https://www.bxscience.edu/apps/pages/index.jsp?uREC\\_ID=219378&type=d&termREC\\_ID=&pREC\\_ID=433038&hideMenu=0](https://www.bxscience.edu/apps/pages/index.jsp?uREC_ID=219378&type=d&termREC_ID=&pREC_ID=433038&hideMenu=0).

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.

Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 13 (5), 7-11.

Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design: a contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *The Technology Teacher*, 64, 6-8.

Burke, P. J., & Stets, J. E. (2009). *Identity theory*. Oxford University Press.

Byars-Winston, A. M., Branchaw, J., Pfund, C., Leverett, P., & Newton, J. (2015). Culturally diverse undergraduate researchers' academic outcomes and perceptions of their research mentoring relationships. *International Journal of STEM Education*, 37 (15), 2533-2554. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1085133>.

- Cavanagh, S. (2008). Where is the 'T' in STEM? *Education Week*, 27 (30), 17-19.
- Century, J., Cassata, A., Rudnick, M., & Freeman, C. (2012). Measuring enactment of innovations and the factors that affect implementation and sustainability: Moving toward common language and shared conceptual understanding. *The Journal of Behavioral Health & Services Research*, 39 (4). doi:10.1007/s11414-012-9287-x.
- Change the Equation*. Retrieved from: <http://changetheequation.org/>.
- Chapter 5: The UTeach Instructional Program*. Retrieved from: <https://institute.uteach.utexas.edu/sites/institute.uteach.utexas.edu/files/uteach-operations-ch05-instructional-program-2014.pdf>.
- 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* (2018). Retrieved from: <https://www.hsdl.org/?view&did=826425>.
- Corlu, S., Capraro, R. M., Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39 (171), 74-85.
- Columbus State University. UTeach Columbus*. Retrieved from: <https://uteach.columbusstate.edu/about.php>.
- Congress.gov (2020). *Reported to House (02/13/2020): Rural STEM Education Act*. Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/4979>.
- Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (1989). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Cutucache, C. E., Luhr, J. L., Nelson, K. L., Grandgennett, N. F., & Parreich, W. E. (2016). NE STEM 4U: An out-of-school time academic program to improve achievement of socioeconomically disadvantaged youth in STEM areas. *International Journal of STEM Education*, 3 (6), 1-7.
- Dawson, A. E., Bernstein, B. L. & Bekki, J. M. (2015). Providing the psychosocial benefits of mentoring to women in STEM: CareerWISE as an online solution. *New Directions for Higher Education*, 171, 53-62.

- Delaware Department of Education, Sussex Technical High School Profile.*  
Retrieved from:  
<http://profiles.doe.k12.de.us/SchoolProfiles/District/Default.aspx?checkSchool=0&districtCode=40&district=Sussex%20Technical>.
- DeVries, M. J. (Ed.) (2011). *Positioning Technology Education in the Curriculum*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Dika, S. L., & D'Amico, M. M. (2016). Early experiences and integration in the persistence of first-generation college students in STEM and non-STEM majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (3), 368-383.
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the United States. In: *6th Biennial International Conference on Technology Education Research, Gold Coast, Queensland, Australia*.
- Educate to Innovate (2016). *Education. Knowledge and Skills for the Jobs of the Future*. Retrieved from:  
<https://obamawhitehouse.archives.gov/issues/education/k-12/educate-innovate>.
- English, L. D., King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2 (14), 1-18.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, (3), 2-8.
- Estrada, M., Hernandez, P. R., & Schultz, P. W. (2018). A longitudinal study of how quality mentorship and research experience integrate underrepresented minorities into STEM careers. *CBE Life Sciences Education*, 17 (1).  
<https://doi.org/10.1187/cbe.17-04-0066>.
- Feenberg, A. (2006). What is philosophy of technology? In J. R. Dakers (Ed.), *Defining Technological Literacy-Towards an Epistemological Framework*, (pp. 5-16). New York: Palgrave-Macmillan.
- Franklin, B. (1749). *Proposals relating to the education of youth in Pennsylvania* [sic].

- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics, 105* (3), 127-141.
- Furner, J., Kumar, D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology, 3* (3), 185-189.
- Gerlach, J. (2011). *STEM: Defying a simple definition*. NSTA reports.
- Guzey, S., Ring-Whale, E. A. (2018). Negotiating science and engineering: An exploratory case study of a reform-minded science teacher. *International Journal of Science Education, 43* (7), 723-741.
- Hallinen, J. (2020). STEM. *Encyclopedia Britannica, 15 Jul. 2020*. Retrieved from: <https://www.britannica.com/topic/STEM-education>.
- Herschbach, D. (2009). *Technology education: Foundations and perspectives*. Homewood: American Technical Publishers, Inc.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- H.R.321 – *Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act* (2017). Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/321>.
- H.R. 1709 (111th): *STEM Education Coordination Act of 2009*. Retrieved from: <https://www.govtrack.us/congress/bills/111/hr1709/text>.
- H.R.1020 – *STEM Education Act of 2015*. Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/1020/text>.
- H.R.4979 – *Rural STEM Education Act* (2020). Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/4979>.
- Illinois Mathematics and Science Academy (IMSA)*. Retrieved from: <https://www.imsa.edu/discover-imsa/profile-mission-beliefs/>.

- Illinois Mathematics and Science Academy 2021 Profile* (2021). Retrieved from: [https://adobeindd.com/view/publications/0ab743cc-09d5-43fc-95a1-d7249c51587a/1/publication-web-resources/pdf/CAC\\_2021Profile.pdf](https://adobeindd.com/view/publications/0ab743cc-09d5-43fc-95a1-d7249c51587a/1/publication-web-resources/pdf/CAC_2021Profile.pdf).
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2015). *STEM roadmap: A framework for integration*. London: Taylor & Francis.
- Kelley, T. R., Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, Vol. 3, Article number: 11*. Retrieved from: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z#citeas>.
- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International, 25 (3)*, 246-258.
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., & Seyranian, V. (2018). Developing a STEM identity among young women: A social identity perspective. *Review of Educational Research, 88 (4)*, 589-625.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: lessons learned from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education, 39 (3)*, 1-31.
- Kupersmidt, J., Stelter, R., Garringer, M., Bourgoin, J. (2018). *STEM Mentoring: Supplement to the Elements of Effective Practice for Mentoring*.
- Larson, P. (2012). *President Obama Announces New Plan to Create STEM Master Teaching Corps*. The white house President Barack Obama.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Levine, T. H., & Marcus, A. S. (2010). How the structure and focus of teachers' collaborative activities facilitate and constrain teacher learning. *Teaching and Teacher Education, 26 (3)*, 389-398.
- Li, Y. (2014). International journal of STEM education – a platform to promote STEM education and research worldwide. *International Journal of STEM Education, 1, 1*. <https://doi.org/10.1186/2196-7822-1-1>.

- Li, Y., Froyd, J. E., & Wang, K. (2019). Learning about research and readership development in STEM education: A systematic analysis of the journal's publications from 2014 to 2018. *International Journal of STEM Education*, 6, 19. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0176-1>.
- Lips, D., McNeill, J. B. (2009). A New Approach to Improving Science, Technology, Engineering, and Math Education. *Heritage Foundation Backgrounder*, No. 2259, April 15. Retrieved from: <http://www.heritage.org/Research/Reports/2009/04/A-New-Approach-to-Improving-Science-Technology-Engineering-and-Math-Education>.
- Lytovchenko, I. M. (2016). Development of higher education-industry partnership as factor of corporate education efficiency in the USA. *Science and Education*, 10, 98-102.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6, 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- Masterstudies.com. Tufts University. Master of Science in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) Education. Retrieved from: [https://www.masterstudies.com/MSc-in-Science-Technology-Engineering-and-Math-\(STEM\)-Education/USA/Tufts-University-Graduate-School-of-Arts-and-Sciences/](https://www.masterstudies.com/MSc-in-Science-Technology-Engineering-and-Math-(STEM)-Education/USA/Tufts-University-Graduate-School-of-Arts-and-Sciences/).
- Maton, K. I., Beason, T. S., Godsay, S., Sto Domingo, M. R., Bailey, T. C., Sun, S., & Hrabowski, F. A. (2016). Outcomes and processes in the Meyerhoff scholars program: STEM PhD completion, sense of community, perceived program benefit, science identity, and research self-efficacy. *CBE Life Sciences Education*, 15 (3), ar48.
- Means, B. et al. (2008). *STEM High schools: Specialized science technology engineering and mathematics secondary schools in the U.S.* Menlo Park, California: SRI International.

- Means, B. et al. (2016). STEM-focused high schools as a strategy for enhancing readiness for postsecondary STEM programs. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 53, no. 5, 709-736.
- Minichiello, A., Hood, J. R., & Harkness, D. S. (2018). Bring user experience design to bear on STEM education: A narrative literature review. *Journal for STEM Education Research*, 1 (1-2), 7-33.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mpofu, V. (2019). A Theoretical Framework for Implementing STEM Education. In *Theorizing STEM Education in the 21st Century*. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/338136930\\_A\\_Theoretical\\_Framework\\_for\\_Implementing\\_STEM\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/338136930_A_Theoretical_Framework_for_Implementing_STEM_Education).
- Montana State University. *MS in Science Education*. Retrieved from: <https://www.masterstudies.com/MS-in-Science-Education/USA/Montana-State-University/>.
- Montana State University. *MSSE Home. About us*. Retrieved from: <https://www.montana.edu/msse/about/index.html>.
- Morrison, J., Bartlet, R. (2009). STEM as curriculum. *Education Week*, 28 (23), 28-29.
- Nadelson, L., Seifert, A., Moll, A., & Coats, B. (2012). i-STEM summer institute: an integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education*, 13 (2), 69-83.
- National Academy of Engineering (NAE) and National Research Council (NRC) (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In M. Honey, G. Pearson, & H. Schweingruber (Eds.), *Committee on K-12 engineering education*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Aeronautics and Space Administration. *A Brief History of NASA*. Retrieved from: <https://history.nasa.gov/factsheet.htm>.

- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K12 science education: Practices, cross cutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *Discipline-based education research: Understanding and improving learning in undergraduate science and engineering*. Washington DC: National Academies Press.
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from: <https://doi.org/10.17226/18290>.
- National Science Education Standards* (1996). National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council.
- National Science Foundation (2019). *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering*. Retrieved from: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf19304/>.
- National Science Teachers Association (2017). *Every Student Succeeds Act – ESSA: An Overview of the Federal Education Law and Federal Funding for STEM Initiatives*. Retrieved from: <https://static.nsta.org/pdfs/ESSAOverview.pdf>.
- NIH Strategic Plan for Data Science* (2018). Retrieved from: [https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH\\_Strategic\\_Plan\\_for\\_Data\\_Science\\_Final\\_508.pdf](https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH_Strategic_Plan_for_Data_Science_Final_508.pdf).
- Klein, A. (2015). No Child Left Behind: An Overview. *Education Week*. Retrieved from: <https://www.edweek.org/policy-politics/no-child-left-behind-an-overview/2015/04>.
- Old Stuyvesant High School*. Retrieved from: <https://www.nyc-architecture.com/GRP/GRP010.htm>.
- Pimthong, P., Williams, J. (2018). Preservice Teachers' understanding of STEM education. *Journal of Social Sciences*, 2018, 1-7.
- President Obama Launches “Educate to Innovate” Campaign for Excellence in Science, Technology, Engineering & Math (Stem) Education, November 23, 2009* (December 1, 2010). Retrieved from: <http://www.whitehouse.gov/the->

[press-office/president-obama-launches-educate-innovate-campaign-excellence-science-technology-en](https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/11/president-obama-launches-educate-innovate-campaign-excellence-science-technology-en).

*Progress Report on the Federal Implementation of the STEM Education Strategic Plan: A Report by the Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council* (2019). Retrieved from: <https://stemtlnet.org/resources/progress-report-federal-implementation-stem-education-strategic-plan>.

Purzer, S., Goldstein, M., Adams, R., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2 (9), 1-12.

Putnam, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29 (1), 4-15.

Ring-Whalen, E., Dare, E., Roehrig, G., Titu, P., & Crotty, E. (2018). From conception to curricula: The role of science, technology, engineering, and mathematics in integrated STEM units. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6 (4), 343-362.

Sabochik, K. (2010). *Changing the Equation in STEM Education*. The white house President Barack Obama.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *Technology Teacher*, 4 (20-26), 68.

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Essential Readings in Problem-Based Learning: Exploring and Extending the Legacy of Howard S. Barrows*, 5-15.

Schwab, D. B., Cole, L. W., Desai, K. M., Hemann, J., Hummels, K. R., & Maltese, A. V. (2018). A summer STEM outreach program run by graduate students: Successes, challenges, and recommendations for implementation. *Journal of Research in STEM Education*, 4 (2), 117-129.

Science, technology, engineering, and mathematics. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Retrieved from:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Science, technology, engineering, and mathematics](https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_maths).

- Semenikhina, O., Drushliak, M., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Budianskyi, D. (2020). The Use of Virtual Physics Laboratories in Professional Training: the Analysis of the Academic Achievements Dynamics. *ICTERI 2020: 16th International Conference on ICT in Research, Education and Industrial Applications (October 06-10, Kharkiv)*, (pp. 423-429).
- Serpe, R. T., & Stryker, S. (2011). The symbolic interactionist perspective and identity theory. In *Handbook of identity theory and research*, (pp. 225-248). Springer.
- Showstack, R. (2019). Girl Scouts emphasize STEM education, *Eos*, 100. <https://doi.org/10.1029/2019EO130873>.
- Sowers, J., Powers, L. E., Shpigelman, C-N. (2012). *Science, technology, engineering, and math (STEM) mentoring for youth and young adults with disabilities: A review of the research*. Portland, OR: Regional Research Institute on Human Services, Portland State University.
- Specialized STEM Secondary Schools (2018). *STEM Smart: Lessons Learned From Successful Schools*. Retrieved from: [http://www.successfulstemeducation.org/sites/default/files/Specialized%20STEM%20Secondary%20Schools\\_FINAL\\_0.pdf](http://www.successfulstemeducation.org/sites/default/files/Specialized%20STEM%20Secondary%20Schools_FINAL_0.pdf).
- Stets, J. E., Brenner, P. S., Burke, P. J., & Serpe, R. T. (2017). The science identity and entering a science occupation. *Social Science Research*, 64, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2016.10.016>.
- Stoeger, H., Hopp, M., & Ziegler, A. (2017). Online mentoring as an extracurricular measure to encourage talented girls in STEM (science, technology, engineering, and mathematics): An empirical study of one-on-one versus group mentoring. *Gifted Child Quarterly*, 61, 239-249.
- Stohlmann, M, Moore, T.J., Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2 (1), 28-34.

*Stuyvesant High School. History of the school.* Retrieved from:  
[https://stuy.enschool.org/apps/pages/index.jsp?uREC\\_ID=126631&type=d&pREC\\_ID=251657&hideMenu=1](https://stuy.enschool.org/apps/pages/index.jsp?uREC_ID=126631&type=d&pREC_ID=251657&hideMenu=1).

Subotnik, R. et al. (2011). Study of the impact of selective SMT high schools: Reflections on learners gifted and motivated in science and mathematics. *Paper presented at the National Research Council's Workshop on Successful STEM Education in K-12 Schools, Washington, DC, May 10-12, 2011.*

Summers, M. F., & Hrabowski 3rd., F. A. (2006). Diversity. Preparing minority scientists and engineers. *Science*, 311 (5769), 1870-1871.  
<https://doi.org/10.1126/science.1125257>.

*The Congressional Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education Caucus and the Congressional Academic Competition: History and Current Practice* (2014). Retrieved from:  
<https://www.everycrsreport.com/reports/R43402.html>

*The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering K-12 Education* (2009). International Technology Education Association.

Tillman, D., An, S., Cohen, J., Kjellstrom, W., & Boren, R. (2014). Exploring wind power: improving mathematical thinking through digital fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 23 (4), 401-421.

*The Science of Effective Mentorship in STEMM* (2019). Retrieved from:  
[https://www.nap.edu/resource/25568/ReportHighlights\\_Mentoring.pdf](https://www.nap.edu/resource/25568/ReportHighlights_Mentoring.pdf).

Tufts University. School of Arts and Sciences. *Elementary STEM Education.* Retrieved from:  
<https://as.tufts.edu/education/prospective/graduate/elementary-STEM>.

Tsupros, N., Kohler, R., Hallinen, J. (2009). *STEM Education: A Project to Identify the Missing Components.*

*Undergraduate Education: Science, Mathematics, Engineering, Technology* (1998). National Science Foundation: NSF 98-45. Retrieved from:  
<https://www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9845/nsf9845.txt>.

- United States Senate. Sputnik Spurs Passage of the National Defense Education Act.*  
Retrieved from:  
[https://www.senate.gov/artandhistory/history/minute/Sputnik\\_Spurs\\_Passage\\_of\\_National\\_Defense\\_Education\\_Act.htm#:~:text=The%20National%20Defense%20Education%20Act%20of%201958%20became%20one%20of,and%20private%20colleges%20and%20universities.](https://www.senate.gov/artandhistory/history/minute/Sputnik_Spurs_Passage_of_National_Defense_Education_Act.htm#:~:text=The%20National%20Defense%20Education%20Act%20of%201958%20became%20one%20of,and%20private%20colleges%20and%20universities.)
- U.S. Department of Education. *Science, Technology, Engineering, and Math, including Computer Science.* Retrieved from:  
<https://www.ed.gov/stem#stem-strategy>.
- USEA *Strategic Plan October 2017* (2017). Retrieved from:  
<https://usea.uteach.utexas.edu/sites/default/files/usea-strategic-plan-oct-2017.pdf>.
- UTeach Dallas. *Courses.* Retrieved from:  
<https://uteach.utdallas.edu/students/courses/>.
- UTeach Dallas *Programs.* Retrieved from:  
<https://uteach.utdallas.edu/about/programs/>.
- UTeach Dallas. *Natural Sciences and Mathematics. Students Handbook* (2018). Retrieved from: [https://uteach.utdallas.edu/files/Student-Handbook-UTDallas\\_4-18-18.pdf](https://uteach.utdallas.edu/files/Student-Handbook-UTDallas_4-18-18.pdf).
- UTeach *STEM Educators Association. About USEA.* Retrieved from:  
<https://usea.uteach.utexas.edu/about-usea>.
- UTeach. *We prepare teachers. They change the world.* Retrieved from:  
<https://uteach.utexas.edu/about>.
- Willimas, J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal* 16 (1).
- Williams, D. (2007). The what, why, and how of contextual teaching in a mathematics classroom. *The Mathematics Teacher*, 100 (8), 572-575.
- Wing, J. M., Togyer, J. (2010). *Research Notebook: Computational Thinking – What and Why?* Carnegie Mellon University’s School of Computer Science.

- Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How students learn content in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) through drawing activities. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3>.
- Yakman, G. G. (2010). *STΣ@M Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education*.
- Young, V. et al. (2011). *Inclusive STEM schools: Early promise in Texas and unanswered questions*. Paper presented at the National Research Council's Workshop on Successful STEM Education in K–12 Schools, Washington, DC, May 10-12, 2011.
- 100Kin10 (2011). *100Kin10 is answering the nation's call*. Retrieved from: <https://100kin10.org/about>.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Довідки про впровадження



Міністерство освіти і науки України  
Хмельницька обласна рада  
**ХМЕЛЬНИЦЬКА ГУМАНІТАРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ**  
29013, м. Хмельницький, вул. Проскурівського підпілля, 139,  
телефони: 79-53-55, 79-59-45, 79-51-68, факс (0382) 79-53-55, e-mail: kgpa@ukr.net  
ЄДРПОУ 02138872

02.02.2021р № 55  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

## ДОВІДКА

**про впровадження результатів науково-дослідної роботи  
Бойченка Віталія Віталійовича на тему: «Організаційно-педагогічні засади  
STEM-освіти у старшій середній школі США»  
у Хмельницькій гуманітарно-педагогічній академії**

Хмельницька гуманітарно-педагогічна академія впродовж 2019-2020 навчального року упроваджувала результати дисертаційного дослідження в освітній процес спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки (галузь знань 01 Освіта / Педагогіка).

Матеріали дисертації Бойченка В. В. були включені до змісту навчальних дисциплін «Педагогіка», «Порівняльна педагогіка», «Педагогіка вищої школи», що викладаються для здобувачів освіти означеної спеціальності.

Упровадження матеріалів дослідження Бойченка В. В. дало змогу підвищити рівень теоретичної підготовки майбутніх педагогів та розширити їх поінформованість про феномен STEM-освіти у старшій середній школі США.

Значна увага у закладі вищої освіти приділялася питанням можливості використання позитивного зарубіжного досвіду у вітчизняних закладах загальної середньої та позашкільної освіти. Питання раціональності освітніх запозичень викликало значний інтерес як серед здобувачів освіти, так і серед викладачів педагогічних дисциплін.

Представлені Бойченком В.В. матеріали сприяли розвитку у здобувачів освіти здатності до аналізу й порівняння, усвідомлення можливості вивчення позитивного інноваційного досвіду США з метою його подальшої імплементації в контексті вдосконалення освітньої системи України. Матеріали викликали інтерес у здобувачів освіти та отримали високу експертну оцінку викладачів, що свідчить про їхню практичну цінність.

Результати впровадження обговорювалися на засіданні кафедри менеджменту освіти та педагогіки вищої школи (протокол № 6 від 26 січня 2021 року).

Проректор з наукової роботи  
доктор педагогічних наук, професор



О.М.Галус



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені А.С. МАКАРЕНКА

вул. Роменська, 87, м. Суми, 40002, факс (0542) 22-15-17, тел. (0542) 22-14-95  
E-mail: rector@sspu.edu.ua Код ЄДРПОУ 02125510

01.02.2021 № 501 На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
**Бойченка Віталія Віталійовича**  
на тему «Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США»  
на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
зі спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки

Упровадження результатів дисертаційного дослідження В.В. Бойченка здійснювалося в Сумському державному педагогічному університеті імені А.С.Макаренка протягом 2019–2020 рр. викладачами кафедри педагогіки у процесі викладання навчальних дисциплін «Педагогіка», «Порівняльна педагогіка», «Історія педагогіки», «Актуальні питання інноваційного розвитку освіти».

У зміст навчальних курсів було введено матеріали та результати здійсненого автором структурно-логічного аналізу теоретичних, нормативних та змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США. На особливу увагу заслуговує коректно й ретельно розроблена автором періодизація розвитку STEM-освіти у старшій середній школі США, здійснена згідно з розробленою В.В.Бойченком системою критеріїв.

Розгляд висвітлених у дослідженні форм та методів надання освітніх послуг у галузі STEM у старшій середній школі США сприяв розширенню знань студентів та магістрантів про даний феномен.

Наукові праці В.В.Бойченка використовуються у процесі викладання педагогічних дисциплін та дістали схвалення й підтримку викладачів університету. Вважаємо, що наукові роботи В.В.Бойченка є вагомим внеском у розвиток вітчизняної компаративістики.

Ректор  
доктор педагогічних наук, професор



Ю. О. Лянной



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**ВОЛИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ПЕДАГОГІЧНОЇ ОСВІТИ**  
 вул. Винниченка, 31, м. Луцьк, 43025 тел./факс (0332) 24-22-35  
 E-mail [vippo@vippo.org.ua](mailto:vippo@vippo.org.ua) ЄДРПОУ 02139699

04.01.2021 № 4/02-13  
 на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
**Бойченка Віталія Віталійовича**  
 на тему «**Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій  
 середній школі США**»  
 на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
 зі спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки

Матеріали наукового дослідження В.В. Бойченка впродовж 2019–2020 рр. упроваджувалися в освітній процес Волинського інституту післядипломної педагогічної освіти.

На основі матеріалів, представлених у наукових публікаціях В.В. Бойченка щодо теоретичних, нормативних та змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США, проведено лекційні та семінарські заняття, розроблено завдання для самостійної роботи студентів. Окремі питання за темою дисертаційного дослідження, зокрема «Генеza STEM-освіти у старшій середній школі США», «Імплементация прогресивного досвіду STEM-освіти США у вітчизняному шкільництві» розглядалися у змісті лекційних занять для слухачів післядипломної педагогічної освіти.

У ході апробації зроблено висновки щодо доцільності впровадження результатів дисертаційного дослідження В.В. Бойченка в освітній процес ЗВО.

Директор



Петро ОЛЕШКО



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ОГІЄНКА**  
 вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300; тел.: (03849) 3-05-13, факс: (03849) 3-07-83, E-mail: post@kpnu.edu.ua  
 Web: http://www.kpnu.edu.ua код ЄДРПОУ 02125616

Від 21.07.2021 № 4/21

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
 «Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти  
 у старшій середній школі США»  
 на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
 за спеціальністю 011 Освітні, педагогічні науки  
 БОЙЧЕНКА ВІТАЛІЯ ВІТАЛІЙОВИЧА**

Матеріали та висновки дисертаційної роботи В. В. Бойченка з теми «Організаційно-педагогічні засади STEM-освіти у старшій середній школі США» упроваджувалися в освітній процес Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка впродовж 2019-2021 років, зокрема, узагальнено досвід викладання STEM-дисциплін у школах США та можливості його імплементації у практиці вітчизняного шкільництва.

Віталієм Віталійовичем розроблено спецкурс «Навчання STEM у початковій школі: інноваційний зарубіжний досвід», запропоновано й апробовано практичні рекомендації щодо викладання STEM-дисциплін у початковій школі. Застосування результатів дослідження щодо теоретичних, нормативних і змістово-процесуальних засад STEM-освіти у старшій середній школі США під час засвоєння навчальних дисциплін «Вступ до спеціальності», «Педагогіка», «Педагогічна майстерність», «Педагогіка і психологія вищої школи», «Методологія та технології інформатизації педагогічної діяльності вчителя початкової школи», «Інформаційна культура вчителя початкової школи» у магістратурі зі спеціальності 013 Початкова освіта сприяє активізації пізнавальної діяльності студентів.

Результати застосування наукових доробок дисертанта свідчать про те, що теоретичні та практичні узагальнення з теми дослідження є актуальними, оскільки сприяють упровадженню STEM-освіти у систему підготовки майбутніх учителів і таким чином впливають на її продуктивність.

Ураховуючи наукову якість навчально-методичних матеріалів, розроблених В. В. Бойченком, та позитивну оцінку отриманих результатів, зроблено висновок про доцільність їх використання у практиці закладів вищої освіти.

Результати впровадження обговорено та схвалено на засіданні кафедри теорії та методик початкової освіти Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (протокол № 1 від 20 січня 2021 року).

**Проректор з наукової роботи,  
доктор фізико-математичних наук, професор**



**І.М. Конет**

**Додаток Б**  
**Перші STEM-орієнтовані школи в США**



Рис. Б.1. Старша середня школа Stuyvesant High School (1904 р.)  
(будинок, у якому школа розташовувалася з 1907 по 1992 рр.)

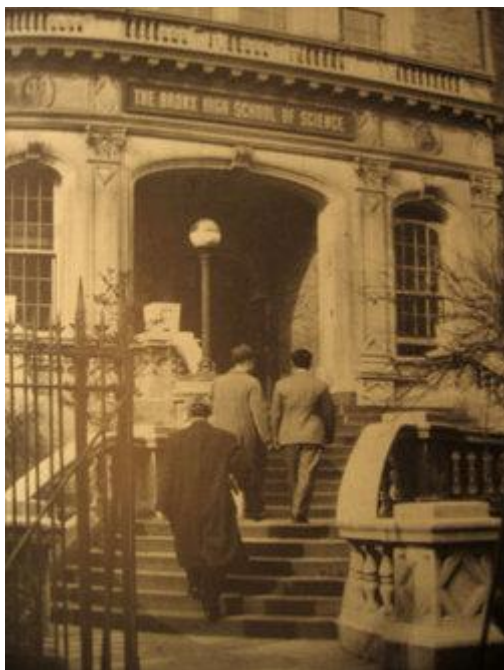


Рис. Б.2. Старша середня школа Bronx High School of Science (1938 р.)  
(будинок, у якому школа розташовувалася з 1938 по 1959 рр.)

## Додаток В

## Результати оцінювання технологічної та інженерної грамотності (ТЕГ) учнів 8 класів американських шкіл (2014 р.)

Таблиця В.1

### Середні показники учнів 8 класів за контингентом, предметними галузями ТЕГ та ТЕГ практиками

#### National Center for Education Statistics

2014 Technology and Engineering Literacy (TEL) Grade 8 Assessment Report Card: Summary Data Tables for National Sample Sizes, Participation Rates, Proportions of SD and ELL Students Identified, and Additional Detail for National Average Scores and Percentage of Students Who Completely/Correctly Finished the Steps in Sample Tasks

Average scores of eighth-grade students assessed in NAEP technology and engineering literacy (TEL), by various student groups, TEL content areas, and TEL practices: 2014

Characteristic	TEL overall	TEL content areas			TEL practices		
		Technology and Society	Design and Systems	Information and Communication Technology	Communicating and Collaborating	Developing Solutions and Achieving Goals	Understanding Technology Principles
<b>All students</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>Race/ethnicity</b>							
White	160	160	161	159	160	160	160
Black	128	129	127	130	129	128	129
Hispanic	138	138	138	138	139	138	138
Asian	160	158	158	163	159	160	161
Native Hawaiian/Other Pacific Islander	142	141	147	137	144	139	145
American Indian/Alaska Native	146	147	148	147	152	146	149
Two or more races	154	156	154	152	155	154	155
<b>Gender</b>							
Male	149	149	150	147	147	149	149
Female	151	151	150	153	153	151	151
<b>Eligibility for National School Lunch Program</b>							
Eligible	135	136	136	135	136	135	135
Not eligible	163	163	163	163	162	163	163
Information not available	164	164	162	164	164	163	165
<b>Highest level of parental education</b>							
Did not finish high school	133	133	135	132	135	132	132
Graduated from high school	137	138	137	137	138	137	138
Some education after high school	152	152	151	152	153	152	151
Graduated from college	159	159	159	159	159	159	159
Unknown	130	129	131	130	130	130	130
<b>Type of school</b>							
Public	149	149	149	149	149	149	149
Private	164	165	162	163	164	163	165
<b>School location</b>							
City	144	145	144	145	145	145	145
Suburb	154	154	153	154	154	154	154
Town	149	148	151	148	149	149	147
Rural	152	151	153	151	151	152	152
<b>Status as students with disabilities (SD)</b>							
SD	116	119	117	115	117	117	118
Not SD	155	154	154	155	154	154	154
<b>Status as English language learners (ELL)</b>							
ELL	108	110	111	107	108	108	111
Not ELL	152	152	152	152	152	152	152

NOTE: Black includes African American and Hispanic includes Latino. Race categories exclude Hispanic origin. Private schools include Catholic, other religious, and nonsectarian private schools. SD includes students identified as having either an Individualized Education Program or protection under Section 504 of the Rehabilitation Act of 1973. The results for

## Рівні досягнень учнів 8 класів за результатами оцінювання технологічної та інженерної грамотності (ТЕГ) за контингентом

### National Center for Education Statistics

2014 Technology and Engineering Literacy (TEL) Grade 8 Assessment Report Card: Summary Data Tables for National Sample Sizes, Participation Rates, Proportions of SD and ELL Students Identified, and Additional Detail for National Average Scores and Percentage of Students Who Completely/Correctly Finished the Steps in Sample Tasks

Achievement level results of eighth-grade students assessed in NAEP technology and engineering literacy (TEL), by various student groups: 2014

Characteristic	Percentage of students			
	Below Basic	At or above Basic	At or above Proficient	At Advanced
<b>All students</b>	17	83	43	3
<b>Race/ethnicity</b>				
White	9	91	56	5
Black	35	65	18	#
Hispanic	24	76	28	1
Asian	11	89	56	7
Native Hawaiian/Other Pacific Islander	18	82	30	#
American Indian/Alaska Native	20	80	42	2
Two or more races	12	88	45	5
<b>Gender</b>				
Male	18	82	42	3
Female	15	85	45	3
<b>Eligibility for National School Lunch Program</b>				
Eligible	27	73	25	1
Not eligible	7	93	59	6
Information not available	8	92	60	7
<b>Highest level of parental education</b>				
Did not finish high school	28	72	20	#
Graduated from high school	26	74	27	1
Some education after high school	11	89	44	2
Graduated from college	11	89	55	5
Unknown	33	67	20	#
<b>Type of school</b>				
Public	17	83	42	3
Private	7	93	60	6
<b>School location</b>				
City	22	78	37	3
Suburb	15	85	48	5
Town	16	84	42	2
Rural	14	86	45	3
<b>Status as students with disabilities (SD)</b>				
SD	51	49	13	1
Not SD	12	88	47	4
<b>Status as English language learners (ELL)</b>				
ELL	59	41	5	#
Not ELL	14	86	45	4

# Rounds to zero.

NOTE: Black includes African American and Hispanic includes Latino. Race categories exclude Hispanic origin. Private schools include Catholic, other religious, and nonsectarian private schools. SD includes students identified as having either an Individualized Education Program or protection under Section 504 of the Rehabilitation Act of 1973. The results for students with disabilities and English language learners are based on students who were assessed and cannot be generalized to the

**Відсоток учнів 8 класів, які повністю/правильно виконали всі завдання,  
запропоновані в межах оцінювання технологічної та інженерної  
грамотності (ТЕГ) за контингентом**

**National Center for Education Statistics**

2014 Technology and Engineering Literacy (TEL) Grade 8 Assessment Report Card: Summary Data Tables for National Sample Sizes, Participation Rates, Proportions of SD and ELL Students Identified, and Additional Detail for National Average Scores and Percentage of Students Who Completely/Correctly Finished the Steps in Sample Tasks

Percentage of eighth-grade students who completely/correctly finished the steps in the Chicago task in NAEP technology and engineering literacy (TEL), by various student groups: 2014

Characteristic	Percentage of students who completely/correctly finished the steps					
	Step 1: Learn about the causes of the water pollution problem and create a graphic about key historical developments	Step 2: Match different points of view about how to solve the water pollution problem to appropriate stakeholders	Step 3: Edit a video showing the engineering design solution to the dirty water problem	Step 4: Identify which statements from experts help to best explain the decision to reverse the flow of the river	Step 5: Explain the unintended consequences of the technological solution	Step 6: Choose a quote that best expresses the main idea of the exhibit
<b>All students</b>	<b>40</b>	<b>62</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	<b>62</b>
<b>Race/ethnicity</b>						
White	45	70	38	26	51	69
Black	29	49	20	10	25	47
Hispanic	37	52	24	15	36	54
Asian	35	64	35	26	50	72
<b>Gender</b>						
Male	45	63	36	20	43	61
Female	35	61	28	23	44	63
<b>Eligibility for National School Lunch Program</b>						
Eligible	32	49	21	13	31	53
Not eligible	48	74	41	28	53	69
<b>Highest level of parental education</b>						
Did not finish high school	32	44	15	17	36	51
Graduated from high school	32	48	19	14	30	56
Some education after high school	44	65	36	21	48	64
Graduated from college	43	71	39	26	50	68
<b>School location</b>						
City	37	59	29	19	41	64
Suburb	41	65	32	21	46	63
Town	39	65	40	26	46	62
Rural	42	62	32	23	42	60

NOTE: Black includes African American and Hispanic includes Latino. Race categories exclude Hispanic origin. Results are not shown for students whose race/ethnicity was Native Hawaiian/Other Pacific Islander, American Indian/Alaska Native, or whose race/ethnicity was two or more races. Results are also not shown for students whose National School Lunch Program (NSLP) eligibility status was information not available and students who reported that they did not know the highest education level for either of their parents.

SOURCE: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Statistics, National Assessment of Educational Progress (NAEP), 2014 Technology and Engineering Literacy (TEL) Assessment.

**Додаток Д**  
**Анкета-форма співбесіди для вступу на навчання**  
**за програмою UTeach Даллас**



(Circle) Transfer Freshman Post-Bac Current UTD Student

Classification \_\_\_\_\_

Date or Orientation Session \_\_\_\_\_

**UTeach Dallas**

School of Natural Sciences and Mathematics – Science/Mathematics Education Department  
 Secondary Teacher Preparation Program for Science, Mathematics, and Computer Science

**Entrance Interview Form**

*Students interested in joining the UTeach Dallas program must complete this information sheet and meet with UTeach Dallas Academic Advisor Hailey King before registering for UTeach Dallas courses. To set an advising appointment, call 972-883-6485 or email [hailey.king@utdallas.edu](mailto:hailey.king@utdallas.edu).*

Name \_\_\_\_\_ UTD ID \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_ Phone: \_\_\_\_\_

Street \_\_\_\_\_ City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_ Zip code \_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_  
Area Code

Will you commute or live on campus? (circle one) Commute Live on campus

Email \_\_\_\_\_

Intended major \_\_\_\_\_ BA or BS

(Post-Bacs only) Degree held \_\_\_\_\_ BA or BS

Preferred area for teacher certification: (circle one) Mathematics Science Computer Science

Preferred grade level for certification: (circle one) 4-8 7-12 Undecided  
Middle School Grades High School Grades

College Classification: (circle one) Freshman Sophomore Junior Senior Post-Bac

Additional Questions (Please use back of the page if necessary)

1. How did you hear about UTeach?
2. Please tell us why you are interested in pursuing a teaching career.

***\*\*I am aware that transportation to field sites is the responsibility of the student. Step 1 and Step 2 courses require five field visits.***

Signature \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

## Додаток Е

**План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року (План заходів..., 2021)**

Таблиця Е.1

Найменування заходу	Термін виконання
Організація і проведення: 1) конференцій, семінарів, симпозіумів з питань використання новітніх методик природничо-математичної освіти (STEM-освіти) для педагогічних та науково-педагогічних працівників; 2) підвищення кваліфікації педагогічних та науково-педагогічних працівників із питань використання новітніх методик природничо-математичної освіти (STEM-освіти)	2021 – 2027 роки
2. Проведення для працівників місцевих органів управління у сфері освіти, центрів професійного розвитку, навчально-методичних (науково-методичних) центрів (кабінетів) професійно-технічної освіти, керівників закладів освіти семінарів з питань організації впровадження природничо-математичної освіти (STEM-освіти), розроблення відповідних програм підвищення кваліфікації	2021 – 2027 роки
3. Створення нових STEM-центрів та STEM-лабораторій, розширення напрямів їх діяльності, оснащення обладнанням природничо-математичних кабінетів у закладах освіти	2021 – 2027 роки
4. Оновлення дизайну пришкільних ділянок	2021 – 2027 роки
5. Створення баз даних або інтерактивних карт закладів освіти, які впроваджують природничо-математичну освіту (STEM-освіту), та їх постійне оновлення	2021 – 2027 роки
6. Сприяння утворенню закладів спеціалізованої освіти наукового спрямування	2021 – 2027 роки
7. Упровадження та підтримка гуртків і секцій науково-технічного напрямку закладів позашкільної освіти	2021 – 2027 роки
8. Проведення конкурсів, турнірів, олімпіад, інших інтелектуальних змагань, літніх шкіл, всеукраїнських фестивалів науки для здобувачів освіти, педагогічних працівників	2021 – 2027 роки
9. Проведення профорієнтаційних заходів для здобувачів освіти у форматі проєктів «Професії майбутнього», тижнів з популяризації STEM-освіти тощо	2021 – 2027 роки
10. Розроблення та впровадження сучасних методик дистанційного навчання природничо-математичних предметів	2021 – 2027 роки
11. Забезпечення поповнення бібліотек закладів освіти якісною науково-популярною та науковою літературою	2021 – 2027 роки
12. Включення до навчальних програм з історії основ розвитку науки та технологій	2021 – 2027 роки
13. Розроблення циклу відеолекцій для вчителів фізики, математики і початкових класів з природничо-математичної освіти (STEM-освіти)	2021– 2023 роки

14. Розроблення навчальних матеріалів та методичних рекомендацій для вчителів з підготовки здобувачів освіти до участі в міжнародному освітньому дослідженні PISA	2021– 2022 роки
15. Розроблення нового змісту природничо-математичної освіти (STEM-освіти) для здобувачів загальної середньої (державні стандарти, типові освітні та навчальні програми предметів та інтегрованих курсів, курсів за вибором) та позашкільної (навчальні програми гуртків, секцій та інших творчих об'єднань) освіти	2021 – 2023 роки
16. Здійснення досліджень та підготовка рекомендацій з використанням методик природничо-математичної освіти (STEM-освіти) в закладах освіти	2021 – 2025 роки
17. Оновлення стандартів вищої освіти галузі знань «Освіта/Педагогіка» з питань використання новітніх педагогічних підходів до викладання та оцінювання, практики міжпредметного навчання, методів та засобів навчання, що сприяють розвиткові дослідницьких та винахідницьких компетентностей	2021– 2022 роки

## Додаток Ж

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

*Статті у наукових фахових виданнях України*

1. Boichenko, M., **Boichenko, V.** (2019). STEM-education in the USA and Ukraine: comparative analysis. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 5 (89), 3-13. DOI 10.24139/2312-5993/2019.05/003-013.
2. Boichenko, M. A., Sbruieva, A. A., **Boichenko, V. V.** (2019). Preparation of STEM teachers in the USA and Ukraine: comparative study of teachers training programs. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, 3 (98), 60-68. DOI 10.35433/pedagogy.3(98).2019.60-68.
3. Boichenko, V. (2020a). Genesis and current state of STEM education development: U.S. experience. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 8 (102), 410-418. DOI 10.24139/2312-5993/2020.08/410-418.
4. Boichenko, V. (2020b). Content-procedural foundations of STEM education in the USA. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 9 (103), 433-444. DOI 10.24139/2312-5993/2020.09/433-444.

*Публікації у наукових фахових виданнях іноземних держав*

5. **Boichenko, V.**, Boichenko, M., Sbruieva, A. (2021). Theoretical model of gifted services provision in Ukrainian out-of-school STEM education institutions. In O. Tryfonova & S. Śliwa (Eds.), *Educational Processes Management: Development in Reform Context*, (pp. 8-17). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, ISBN 978-83-66567-25-2. <https://www.wszia.opole.pl/strona-glowna/jestem-studentem/biblioteka/ebooki-dla-studentow/>
6. Boichenko, V. (2021). Current trends in STEM education development in Ukraine. *Innovative solutions in modern science, Vol. 2, № 46*, 87-97. DOI: [https://doi.org/10.26886/2414-634X.2\(46\)2021.7](https://doi.org/10.26886/2414-634X.2(46)2021.7)  
<https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/2393>.

**Наукові праці,  
які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

7. Бойченко, В. В. (2019а). Інновації в магістерській підготовці STEM-учителів: досвід США. *Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, 13 жовтня 2019 р., м. Одеса*, (сс. 43-45). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

8. Бойченко, В. В. (2020а). Особливості організації навчання в STEM-центрах: досвід США. *Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції (Київ, 27 жовтня 2020 р.)*, (сс. 79-81). Київ: Інститут обдарованої дитини.  
[http://novyny.ostriv.in.ua/special/get\\_file/code-81FF022C1810F](http://novyny.ostriv.in.ua/special/get_file/code-81FF022C1810F).

9. Бойченко, В. В. (2019б). Підходи до викладання STEM-дисциплін у старшій середній школі США. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (29-30 жовтня 2019 р., м. Суми), Т. 1*, (сс. 56-58). Суми: Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка.

10. Бойченко, В. В. (2020б). Поняття STEM-грамотності в науковому дискурсі США. *Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, (22-23 жовтня 2020 р., Мукачєво)*, (сс. 59-60). Мукачєво: Вид-во МДУ.

11. Бойченко, В. (2020в). Професійна підготовка STEM-учителів: досвід США. *Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 28 трав. 2020 р.*, (сс. 327-328). Київ; Біла Церква: Авторитет. DOI: <https://doi.org/10.32405/978-966-97763-9-6-2020>. Режим доступу: [http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative\\_2020\\_web\\_F.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/721237/1/Comparative_2020_web_F.pdf).

12. Бойченко, В. В. (2020г). Розвиток інженерної складової STEM-освіти: сучасні тенденції. *Освіта для XXI століття: виклики, проблеми, перспективи: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (12–13 листопада 2020 року, м. Суми)*, (сс. 54-56). Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка.

13. Бойченко, М. А., **Бойченко, В. В.** (2019). Розвиток технічної обдарованості школярів в умовах STEM-освіти у США. *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (1-8 липня 2019 р., м. Чорноморськ)*, (сс. 43-46). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України.

14. Boichenko, V. V. (2020d). Modern trends in STEM education development in Ukraine: analysis of regulatory documents. *Labyrinths of Reality: Collection of scientific works, Issue 4 (9)*, 24-25. Montreal: CPM «ASF». <http://virtus.conference-ukraine.com.ua/conf53.pdf>.

15. **Boichenko, V.**, Sbruieva, A. (2020). Teaching STEM in Ukrainian schools: priorities and challenges. *Economic and Social-Focused Issues of Modern World: Conference Proceedings of the 3rd International Scientific Conference (November 17 – 18, 2020, Bratislava, Slovak Republic). The School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava*, (pp. 172-175). [http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings\\_%20VSEMy\\_s\\_November\\_2020.pdf](http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Conference%20Proceedings_%20VSEMy_s_November_2020.pdf).

### **Відомості про апробацію**

Основні положення та результати дослідження оприлюднено на міжнародних наукових конференціях:

«Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави» (Чорноморськ, 2019) – заочна;

«Тенденції розвитку педагогічної освіти України» (Житомир, 2019) – дистанційна;

«Інноваційні трансформації в сучасній освіті: виклики, реалії, стратегії» (Київ-Одеса, 2019) – заочна;

«Інноваційні технології навчання обдарованих дітей та молоді» (Одеса, 2019) – заочна;

«Освіта для ХХІ століття: виклики, проблеми, перспективи» (Суми, 2019; 2020) – очна;

«Сучасні стратегії педагогічної освіти в контексті розбудови суспільства сталого розвитку та євроінтеграції» (Київ, 2019) – заочна;

«Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта 2020: глобалізований простір інновацій» (Київ, 2020) – заочна;

«Інноваційний розвиток вищої освіти: глобальний, європейський та національний виміри змін» (Суми, 2020) – очна;

«Академічна культура дослідника в освітньому просторі: європейський та національний досвід» (Суми, 2020) – очна;

«Європейський університет: імідж, мобільність та соціальні перспективи» (Суми, 2020) – очна;

«Підтримка та супровід обдарованих учнів в сучасному інформаційно-освітньому просторі» (Київ, 2020) – дистанційна;

«Освіта для ХХІ століття: виклики, проблеми, перспективи» (Суми, 2020) – очна;

«Лабіринти реальності» (Монреаль, Канада, 2020) – заочна;

«Освіта і формування конкурентоспроможності фахівців в умовах євроінтеграції» (Мукачево, 2020) – дистанційна;

«Economic and Social-Focused Issues of Modern World» (Bratislava, Slovak Republic, 2020) – дистанційна.