

КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису*

ПИЛИПЕНКО ОЛЬГА СЕРГІЇВНА

УДК: 377:004.9]:51


ДИСЕРТАЦІЯ

**ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ
ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ
У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ**

01 Освіта / Педагогіка

015 Професійна освіта (Цифрові технології)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 _____ Пилипенко О. С.

Науковий керівник:

Крамаренко Тетяна Григорівна,

кандидат педагогічних наук, доцент

Кривий Ріг – 2023

АНОТАЦІЯ

Пилипенко О. С. Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 015 Професійна освіта (цифрові технології). – Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2023.

Актуальність теми дослідження зумовлена стрімким розвитком STEM-освіти, зміною економічної діяльності, її технічної бази й організаційних форм, умов й вимог, які вона висуває до рівня знань і кваліфікації людини. Впровадження STEM-освіти допоможе підготувати професіонала, озброєного інноваційними технологіями навчання, практичним досвідом особистості, що задовольнить соціальне замовлення суспільства. Формування STEM-компетентностей сприяє розвитку потрібних на сьогодні навичок, зокрема критичного мислення, навичок аналізу, уміння працювати в команді, творчого підходу до розв'язання проблем, які стають все більш актуальними в сучасному суспільстві. В умовах інтеграції та мобільності освітня парадигма вимагає нових підходів до навчання математики, пошуку інноваційних методик, що сприятиме формуванню особистості здатної до розв'язування комплексних завдань.

У дисертації здійснений теоретичний аналіз та запропоновано нове вирішення наукового завдання, яке полягає у теоретичному обґрунтуванні педагогічних умов, розробці методики для реалізації структурно-функціональної моделі у навчанні математики відповідно до педагогічних умов та експериментальній перевірці ефективності впровадженої структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Проведено аналіз стану впровадження STEM-освіти у науково-педагогічній літературі та освітній практиці, а також стан проблеми організації STEM-освіти у закладах фахової передвищої освіти. Конкретизовано змістове наповнення STEM-компетентностей студентів. STEM-компетентності студентів визначено як інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості його складових: математичної компетентності; інформаційно-комунікаційної компетентності; базових компетентностей в галузях природознавства і техніки; проєктно-технологічної компетентності; м'яких навичок, зокрема критичного мислення.

З'ясовано, що вирішення суперечностей можливо через створення певних педагогічних умов, зокрема мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики через залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу; упровадження STEM-проєктів у навчанні математики; застосування ІКТ для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики.

У дисертації теоретично обґрунтовано структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики, яка ґрунтується на наукових уявленнях щодо цілей, завдань, змісту, на проєктному, дослідницькому, компетентнісному, діяльнісному, особистісно-орієнтованому, когнітивному, синергетичному, диференційованому та системному підходах, а також принципах науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, усвідомленості.

Встановлено три групи зовнішніх чинників, які справляють вплив на актуалізацію STEM-освіти: соціальне замовлення на підготовку висококваліфікованих STEM-фахівців; розвиток інформаційно-

комунікаційних та STEM-технологій, включаючи розробку спеціальних та адаптованих засобів навчання, у тому числі для вивчення математики; методологічний блок, який включає принципи навчання та основні підходи організації навчання, модернізацію технологій та методик навчання.

Структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики складається з цільового, змістового, діяльнісного та діагностичного блоків. Цільовий блок визначає мету – формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Змістовий та діяльнісний блоки віддзеркалюють змістове наповнення процесу формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики (зміст поняття STEM-компетентностей студентів, педагогічні умови, засоби, методи й форми).

Діагностичний блок презентує засоби діагностики, що здійснюються на основі розроблених критеріїв (ціннісно-мотиваційного, креативно-діяльнісного, когнітивного і рефлексивно-оцінного) та показників сформованості STEM-компетентностей студентів відповідно до чотирирівневої градації – високий, достатній, середній і початковий.

Висвітлено зміст педагогічного експерименту з перевірки ефективності структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики та педагогічних умов, що підсилюють її ефективність, а також методику діагностики результативності запропонованих засобів. Висвітлено досвід мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики. Детально описано використання навчальних проєктів як основи впровадження STEM-освіти у навчанні математики студентів фахових коледжів. Обґрунтовано, що застосування інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики сприяє

формуванню STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Спираючись на аналіз теоретичних напрацювань, причин і труднощів, а також концептуальних ідей моделі, було апробовано структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

За результатами апробації до змісту навчання математичних дисциплін закладів фахової передвищої освіти було запроваджено: засоби урізноманітнення форм навчання, ІКТ, STEM-проєкти, STEM-квести, веб-конференції, блоги, сайти і тематичні групи у соціальних мережах; пакет методичних матеріалів, система прикладних завдань, ігрових і професійно зорієнтованих ситуацій; засоби моніторингу формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Після завершення дослідно-експериментальної роботи було проведено статистичний аналіз, який показав наявність тенденції до позитивних змін відповідно до визначених критеріїв формування STEM-компетентностей студентів; вдалося досягти переваги достатнього та високого рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Реалізація структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти, а також використання педагогічних умов, що підсилюють її ефективність, призвела до підвищення рівнів критичного мислення, інформаційно-комунікаційної компетентності, проєктно-технологічної, ключової математичної компетентності, базових компетентностей в галузях природознавства і техніки.

Ключові слова: STEM-освіта, STEM-компетентності, професійна освіта, фахова передвища освіта, математика, методика навчання математики, цифрові технології, інформаційно-комунікаційні технології, навчальний проєкт, STEM-проєкт, системи динамічної математики, пакет GeoGebra, педагогічні умови, структурно-функціональна модель.

ABSTRACT

Pylypenko O. S. Formation of STEM competences of students of Professional pre-higher education Institutions in teaching Mathematics. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 015 Vocational Education (Digital Technologies). Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, 2023.

The relevance of the research topic is due to the rapid development of STEM education, changes in economic activity, its technical base and organizational forms, conditions and requirements that it puts forward to the level of knowledge and qualification of a person. The introduction of STEM education will help to prepare a professional armed with innovative teaching technologies and practical experience of the individual who will satisfy the social order of society. The formation of STEM competencies contributes to the development of skills needed today, including critical thinking, analysis skills, teamwork, and a creative approach to solving problems that are becoming increasingly relevant in modern society. In the context of integration and mobility, the educational paradigm requires new approaches to teaching mathematics and the search for innovative methods that will contribute to form a personality capable of solving complex problems.

The thesis provides a theoretical analysis and proposes a new solution to the scientific task, which consists in theoretical substantiation of pedagogical conditions, development of methods for implementing the structural and functional model in teaching mathematics in accordance with pedagogical conditions and experimental verification of the effectiveness of the implemented structural and functional model of formation of STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics.

The thesis analyzes the state of implementation of STEM education in the scientific and pedagogical literature and educational practice, as well as the state of the problem of organizing STEM education in Institutions of professional pre-higher education. The content of students' STEM competencies has been specified. STEM competencies of students have been defined as an integrated personal formation that manifests itself in the formation of its components: mathematical competence; information and communication competence; basic competencies in the fields of science and technology; project and technological competence; soft skills, including critical thinking.

It has been found that the resolution of contradictions is possible through the creation of certain pedagogical conditions, in particular, motivating and stimulating students to educational, cognitive and research activities in teaching mathematics through engagement in cooperation and the use of individual and group coaching; implementation of STEM projects in teaching mathematics; use of ICT to ensure visibility and research orientation of teaching mathematics.

The thesis theoretically substantiates the structural and functional model of the formation of STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics, which is based on scientific ideas about aims, objectives, content on project, research, competence, activity, personality-oriented, cognitive, synergistic, differentiated, and systemic approaches, as well as the principles of scientificity and accessibility, development, integration, cognitive activity, individuality, research and practical orientation, interconnections between theory and practice, independence and activity, interactivity and awareness.

Three groups of external factors that influence the actualization of STEM education have been identified: social order for the training of highly qualified STEM specialists; development of information and communication and STEM technologies, including the development of special and adapted teaching aids, including for the study of mathematics; methodological block, which includes the

principles of teaching and basic approaches to the organization of learning, modernization of technologies and teaching methods.

The structural and functional model of the formation of STEM-competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics consists of target, content, activity and diagnostic blocks. The target block defines the aim – the formation of STEM-competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics. The content and activity blocks reflect the content of the process of forming students' STEM competencies in teaching mathematics (the content of the concept of students' STEM competencies, pedagogical conditions, means, methods and forms).

The diagnostic block presents diagnostic tools based on the developed criteria (value-motivational, creative-activity, cognitive and reflective-evaluative) and indicators of students' STEM competencies formation according to a four-level gradation: high, sufficient, intermediate and elementary.

The content of the pedagogical experiment to test the effectiveness of the structural and functional model of forming STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics and the pedagogical conditions that enhance its effectiveness, as well as the methodology for diagnosing the effectiveness of the proposed tools have been presented. The experience of motivating and stimulating students to educational, cognitive and research activities in teaching mathematics have been highlighted. The use of educational projects as the basis for the implementation of STEM education in teaching mathematics to students of Professional colleges has been described in detail. It has been substantiated that the use of information and communication technologies to ensure the visibility and research orientation of mathematics teaching contributes to the formation of STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in mathematics teaching.

Based on the analysis of theoretical developments, reasons and difficulties, as well as the conceptual ideas of the model, the structural and functional model of the formation of STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education in teaching mathematics has been tested.

According to the results of the testing, the following has been introduced into the content of teaching mathematical disciplines of Institutions of professional pre-higher education: means of diversifying forms of education, ICT, STEM projects, STEM quests, web conferences, blogs, websites and thematic groups in social networks; a package of methodological materials, a system of applied tasks, game and professionally oriented situations; means of monitoring the formation of STEM competencies of students in teaching mathematics.

Upon completion of the research and experimental work, a statistical analysis was conducted, which has showed a tendency for positive changes in accordance with the defined criteria for the formation of students' STEM competencies; it was possible to achieve the advantage of sufficient and high levels of students' STEM competencies in mathematics.

The implementation of the structural and functional model for the formation of STEM competencies of students of Institutions of professional pre-higher education, as well as the use of pedagogical conditions that enhance its effectiveness, has led to an increase in the levels of critical thinking, information and communication competence, project and technological competence, key mathematical competence and basic competencies in the fields of science and technology.

Keywords: professional education, professional pre-higher education, STEM education, STEM competencies, STEM competencies, methods of teaching mathematics, digital technologies, information and communication technologies, pedagogical conditions, structural and functional model, educational project, STEM project, dynamic mathematics systems, GeoGebra package, augmented reality.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати

1. Крамаренко Т. Г., **Пилипенко О. С.** Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики. *Фізико-математична освіта*. Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Фізико-математичний факультет ; редкол.: М. П. Вовк, М. Гр. Воскоглу, Т. Г. Дереката ін. ; гол. ред. О. В. Семеніхіна. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2018. Вип. 4, № 18. С. 90–95. URL: http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v4-18/2018_4-18-Kramarenko_Pylypenko_FMO.pdf.
2. Kramarenko T. H., **Pylypenko O. S.**, Zasliskiy V. I. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2019. Vol. 2547. P. 130–144. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper10.pdf> (**індексовано в базі Scopus, Web of Science**).
3. Kramarenko T. H., **Pylypenko O. S.**, Muzyka I. O. Application of GeoGebra in Stereometry teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2020. Vol. 2643, P. 705–718. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper42.pdf> (**індексовано в базі Scopus**).
4. **Pylypenko, O.** (2020). Development of critical thinking as a means of forming STEM competencies. *Educational Dimension*. 2020. Vol. 55. P. 317–331. DOI: 10.31812/educdim.v55i0.3955.
5. **Пилипенко О. С.** STEM-компетентності: сутність та структура *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки* : зб. наук. пр. Бердянськ : БДПУ, 2021. Вип. 3. С. 142–149. DOI: 10.31812/123456789/4535.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. **Банада О. С.** Урізноманітнення форм навчання математики в контексті STEM-освіти. STEM–освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах : зб. матер. Всеукр. студентської наук.-практ. конф. Херсон, 2018. С. 86–87.

7. **Банада О. С.** Крамаренко Т. Г. Використання системи динамічної математики GeoGebra в розробці STEM-проектів. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів I Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 трав. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 80–83.

8. **Пилипенко О. С.** GeoGebra як засіб розвитку STEM-компетентностей учнів у навчанні математики. Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ). Кривий Ріг : КДПУ, 2020. С. 91–94.

9. **Пилипенко О. С.** Використання мобільного додатку 3D calculator GeoGebra з доповненою реальністю у навчанні математики *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку* : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. 23 груд. 2020 р., Дніпро : КЗВО «ДАНУ» ДОР», 2021. С. 183–186.

10. **Пилипенко О. С.** Можливості навчального сервісу WordWall. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 трав. 2021 р. Кропивницький, 2021. С. 155–158.

11. **Пилипенко О. С.** Огляд онлайн-сервісу Mentimeter для створення та проведення миттєвих опитувань. *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного*

напрямку : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., 17–18 лист. 2021. Дніпро : КЗВО «ДАНО» ДОР», 2022. С. 55–58.

12. Kramarenko T., **Pylypenko O.**, Serdiuk O. Digital Technologies in Specialized Mathematics Education: Application of GeoGebra in Stereometry Teaching. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology : AET. 2022. Vol. 1. P. 576–589. DOI: 10.5220/0010926300003364.

13. **Пилипенко О. С.** Перспективи використання цифрових квест-кімнат в освітньому процесі. Організація дистанційного навчання в умовах воєнного стану : зб. доповідей наук.-практ. конф. ОМО викладачів інформатики та обчислювальної техніки Дніпропетровської області / упоряд. Н. Г. Григор'єва, В. В. Венгреньок. Дніпровський фаховий коледж будівельно-монтажних технологій та архітектури. Дніпро, 2022. С. 36–39.

14. Крамаренко Т. Г., **Пилипенко О. С.** Застосування STEM-підходів у навчанні математики. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 207.

15. **Пилипенко О. С.**, Пиріжок О. Г. Інтегроване навчання як основна складова STEM-освіти. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси: ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 212–213.

16. Крамаренко Т. Г., **Пилипенко О. С.** STEM-навчання і навчання математики: від теорії до практики впровадження. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжн. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 62–65.

17. **Пилипенко О. С.** Діагностика рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 185–187.

*Опубліковані праці, що додатково відображають наукові результати
дисертації*

18. **Банада О. С.**, Крамаренко Т. Г. Робототехніка як напрямок STEM-освіти та її зв'язок з математикою. *Вісник міжнародного дослідного центру «Людина: мова, культура, пізнання»* : наук. журнал / за заг. ред. В. В. Корольського. Кривий Ріг, 2018. Т. 42. С. 90–99.

19. Крамаренко Т. Г., **Пилипенко О. С.** Математика в STEMі: навч.-метод. посіб. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун т, 2023. 274 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ	27
1.1. Аналіз стану впровадження STEM-освіти у науково-педагогічній літературі та освітній практиці	27
1.2. Особливості навчання STEM-дисциплін у підготовці фахових молодших бакалаврів.....	46
1.3. Структура, зміст та засоби діагностики сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.....	64
1.3.1. Зміст поняття «STEM-компетентності».....	64
1.3.2. Критерії, показники та рівні сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.....	76
1.4. Структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики	90
Висновки до першого розділу.....	113
РОЗДІЛ 2. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ	117
2.1. Мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики.....	117
2.2. Навчальні проєкти як основа впровадження STEM-освіти у навчанні математики студентів фахових коледжів	134

2.3. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики	160
2.4. Експериментальна перевірка ефективності впровадженої структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики	192
Висновки до другого розділу	211
ВИСНОВКИ	213
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	219
ДОДАТКИ.....	245

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AR – augmented reality (доповнена реальність)

IoT – Internet of Things (інтернет речей)

IT – Information Technology (інформаційні технології)

MOODLE – Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище)

STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics (наука, технології, інженерія та математика)

STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (наука, технології, інженерія, мистецтво та математика)

STREAM – Science, Technology, Reading and wRiting / Research, Engineering, Arts / All and Mathematics (наука, технології, читання та письмо / дослідження, інженерія, мистецтво / все та математика)

VR – virtual reality (віртуальна реальність)

ВСП – відокремлений структурний підрозділ

ЕГ – експериментальна група

ЗК – загальні компетентності

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології

ІБАС – інформаційна, бібліотечна та архівна справа

КГ – контрольна група

РН – результати навчання

СК – спеціальні компетентності

СФМ – структурно-функціональна модель

ФПО – фахова передвища освіта

GRAN1 (GRaphic ANalysis) – програмний засіб, призначений для графічного аналізу функцій.

GRAN-2D (GRaphic Analysis 2-Dimension), GRAN-3D (GRaphic Analysis 3-Dimension) – програмне забезпечення, призначене для графічного аналізу систем геометричних об'єктів відповідно на площині і в просторі.

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодення ознаменоване стрімким економічним та інформаційно-технологічним розвитком. Змінюється економічна діяльність, її технічна база й організаційні форми, умови й вимоги, які вона висуває до рівня знань і кваліфікації людини. Впровадження STEM-освіти допоможе підготувати професіонала, озброєного інноваційними технологіями навчання, практичним досвідом особистості, що задовольнить соціальне замовлення суспільства.

Акронім STEM розшифровується як Science, Technology, Engineering, Math, тобто поєднання наукового підходу, сучасних технологій, інженерних навичок та математичного апарату в процесі вивчення навчальних предметів.

Нормативно-правове забезпечення STEM-освіти в Україні базується на Законах України «Про освіту» [107], «Про повну загальну середню освіту» [108], «Про професійну (професійно-технічну) освіту» [110], «Про фахову передвищу освіту» [111], «Про вищу освіту» [103], «Про наукову та науково-технічну діяльність» [106], «Про інноваційну діяльність» [104] та ін. Одним із найважливіших нормативних документів, які окреслюють перспективи розвитку STEM-освіти в Україні, є Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти на період до 2029 року «Нова українська школа», затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 року № 988-р.

Набула чинності Концепція розвитку природничо-математичної освіти до 2027 року (STEM-освіти), затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 року № 960-р. [120]. У цьому документі STEM-освіта визначається як цілісна система природничої і математичної освітніх галузей, метою якої є розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових,

математичних, технічних та інженерних знань для розв'язання практичних проблем для подальшого використання цих знань і вмінь у професійній діяльності.

Питанням STEM-навчання, а саме концептуальним підходам та практичним напрямом реалізації STEM-освіти присвячено праці таких науковців, методистів, педагогів-практиків як Н. Балик [2; 67; 72], О. Барна [2; 71; 72], Ю. Ботузова [76], Н. Валько [79], І. Василяшко [80; 81], Д. Васильєва [77; 83], С. Волянська [85], С. Горбенко [80; 151], О. Гриб'юк [89; 90], Л. Гриневич [12; 52], О. Данилова [53], І. Закарлюка [102], Т. Крамаренко [23; 123; 127; 128], О. Кузьменко [131], О. Курносенко [132], Ф. Левченко [134; 135], Н. Морзе [12; 13; 35], І. Овчар [149], В. Олексюк [2; 190], О. Патрикєєва [80; 151], В. Пікалова [161; 162; 165], Л. Рождественська [177], Н. Сороко [189], О. Стрижак [191], О. Струтинська [54], Г. Шмигер [2; 67; 202] та ін. Різні аспекти STEM-освіти перебувають у центрі уваги зарубіжних науковців М. Borrego [1], J. Confrey [29], M. Harrison [11], H. Jang [15], D. Langdon [24], B. Means [32], E. Peters-Burton [38], M. Sanders [45; 46], J. Tarnoff [56] та ін.

STEM-освіта дає знання і розуміння основних концепцій у галузях STEM, також сприяє формуванню широкого спектру навичок, які стають надзвичайно важливими в сучасному суспільстві та на ринку праці. Тож STEM-освіта допоможе у формуванні важливих на сьогодні STEM-компетентностей.

Сучасний тренд «STEM-освіта» як концепція інтегрованого навчання здобувачів освіти за чотирма профільними дисциплінами в міждисциплінарному та прикладному контексті активно впроваджується у закладах середньої освіти та окремих закладах вищої освіти.

Підготовка фахових молодших бакалаврів базується на розвитку широкого спектру компетентностей, що відіграють ключову роль у їх подальшій професійній діяльності. Оскільки ці студенти отримують освіту

для працевлаштування у різних галузях, важливо, щоб їхнє навчання ґрунтувалося на методиках та підходах STEM-освіти. Це дозволяє їм отримати не лише фахові знання, але й розвивати такі навички як здатності до пошуку та аналізу інформації з різних джерел, застосовувати знання у практичних ситуаціях, використовувати інформаційні та комунікаційні технології, удосконалювати креативні якості та інноваційність, навички комунікації, критичного мислення, які суттєві в їхній майбутній кар'єрі.

Підготовка молоді до творчої праці неможлива без впровадження в навчальний процес сучасних закладів освіти навчально-дослідницької праці як важливого засобу формування в студентів стійкого інтересу й готовності до творчої діяльності.

Принагідно слід зацентувати на ролі й значущості підготовки фахових молодших бакалаврів після російсько-української війни. Адже країна буде потребувати швидкої та якісної підготовки фахівців високого рівня, з розвиненими інтелектом і творчими здібностями для ефективноної відбудови України. STEM-освіта є надзвичайно актуальним феноменом в аспекті стратегічного розвитку провідних країн світу щодо отримання ними конкурентних переваг у різних сферах людської діяльності.

Проблема ефективності підготовки фахівців у закладах фахової передвищої освіти належить до пріоритетних у педагогічній науці. Наукові аспекти вдосконалення професійної підготовки фахових молодших бакалаврів досліджували: О. Анісімова [194], А. Бевз [73], В. Гиндрюк [86], І. Гузій [91], А. Гуржій [92; 93], У. Дудка [96], Л. Єршова [172], О. Зайцев [101], Л. Зубрик [113], В. Кремень [130], Н. Кулалаєва [179], П. Куцик [133], П. Лузан [173], В. Луговий [130], Н. Ничкало [172], М. Пригодій [93], С. Проскура [171], Л. Пуховська [186], В. Радкевич [172; 173; 174], Г. Романова [179], П. Саух [130], Л. Скрипник [187], О. Сліпушко [188], О. Шаврова [201] та ін.

Як одна з провідних складових STEM-освіти є навчання математики, ми досліджували як саме навчання математики робить внесок у формування STEM-компетентностей.

Проблеми необхідності посилення практичної спрямованості навчання математики, використання інноваційних технологій навчання, розвитку навчальних компетентностей, творчих здібностей здобувачів освіти, знайшли відображення в дослідженнях Т. Армаш [60; 63], К. Власенко [60; 63], І. Лов'янової [37; 57; 60; 63], І. Сітак [60; 63], Н. Тарасенкової [192] та ін.

Учені акцентують увагу на тому, що впровадження в освітній процес STEM-підходів дозволяє реалізувати новий формат освіти. Водночас, аналіз наукових джерел з теми дослідження засвідчив обмаль праць, присвячених формуванню STEM-компетентностей студентів фахових коледжів, а також залучення педагогічних працівників закладів передвищої освіти до процесів забезпечення якості підготовки фахівців із використанням можливостей STEM-освіти.

Таким чином, підвищення рівня формуванню STEM-компетентностей молоді в Україні потребує нагального вирішення як на загальнодержавному рівні, так і на рівні кожного здобувача фахової передвищої освіти, що, в свою чергу, вимагає поступових кроків, починаючи зі школи та коледжів.

У сучасній освітній практиці має місце низка суперечностей, між:

1) значним обсягом накопиченого вітчизняного та зарубіжного досвіду в організації STEM-освіти у закладах середньої освіти і недостатнім розумінням необхідності та актуальності організації STEM-навчання фахових молодших бакалаврів;

2) вимогами до рівня формування STEM-компетентностей випускників закладів фахової передвищої освіти і наявним ступенем їх сформованості;

3) необхідністю запровадження інновацій, викликаних процесами цифровізації та євроінтеграції та недостатньою швидкістю оновлення

навчальних програм і методичного забезпечення фахових молодших бакалаврів.

Необхідність подолання виявлених суперечностей зумовило вибір теми дослідження «Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану наукових досліджень Криворізького державного педагогічного університету в частині наукової держбюджетної теми «Теоретико-методичні засади проєктування імерсивного хмаро орієнтованого освітнього середовища університету» (ДР № 0121U113711) та наукової теми кафедри математики та методики її навчання «Технологія змішаного навчання у фундаментальній та професійній підготовці і підвищенні кваліфікації вчителів» (№ 0120U101527). Тему дисертації затверджено вченою радою Криворізького державного педагогічного університету (Пр. № 11 від 26 квітня 2023 р.).

Об'єкт дослідження: професійна підготовка студентів закладів фахової передвищої освіти.

Предмет дослідження: структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Мета дослідження теоретично обґрунтувати, розробити і експериментально перевірити ефективність структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Гіпотеза дослідження. Досягненню високого рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики сприятиме моделювання навчання з дотриманням таких педагогічних умов формування STEM-компетентностей: мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької

діяльності у навчанні математики через залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу; упровадження STEM-проектів у навчанні математики; застосування ІКТ для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики.

Відповідно до мети й гіпотези визначено такі основні **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати стан впровадження STEM-освіти у науково-педагогічній літературі та освітній практиці.

2. Визначити особливості навчання STEM-дисциплін у підготовці фахових молодших бакалаврів.

3. Визначити структуру, зміст STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти та засоби діагностики їх формування у навчанні математики.

4. Розробити сукупність педагогічних умов та структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

5. Розробити методику реалізації структурно-функціональної моделі у навчанні математики відповідно до педагогічних умов.

6. Експериментально перевірити ефективність впровадженої структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Задля досягнення мети, вирішення визначених завдань, перевірки висунутої гіпотези використано комплекс таких **методів дослідження**: *теоретичних* – аналіз, синтез, узагальнення, класифікація, систематизація теоретичних і дослідних даних, моделювання для визначення сутності ключових понять дослідження, обґрунтування педагогічних умов, проектування структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики; *емпіричних* – бесіди, тестування та анкетування студентів,

постановка проблемних запитань, експертне оцінювання, ранжування для з'ясування стану рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики, педагогічний експеримент задля перевірки ефективності структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти, а також з метою перевірки ефективності запропонованої моделі; *методи математичної статистики* з метою кількісного й якісного аналізу результатів оцінки експериментальних даних, визначення значущості отриманих результатів.

Експериментальна база дослідження. Дослідно-експериментальна робота здійснювалася в чотири етапи впродовж 2019-2023 н. р. на базі ВСП «Криворізького фахового коледжу Державного університету економіки і технологій», де протягом цього часу дисертантка працювала викладачем математики, інформатики та комп'ютерних дисциплін. До експерименту було залучено 80 студентів.

Додатково окремі розроблені матеріали впроваджувались на базі Криворізького будівельного фахового коледжу, ВСП «Фахового коледжу економіки, права та інформаційних технологій» ПЗВО «Кам'янець-Подільський податковий інститут» та ВСП «Фахового коледжу «Політехніка» Державного університету економіки і технологій».

Наукова новизна дослідження:

- *уперше* виявлено та обґрунтовано структуру, компоненти, критерії, показники та рівні сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики; педагогічні умови їх формування; розроблено структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей, змістовним ядром якої є визначені педагогічні умови і яка структурує формувальні впливи в цільовий, змістовий, діяльнісний і діагностичний блоки;

- *уточнено* зміст поняття «STEM-компетентності студентів закладів фахової передвищої освіти»; технологію формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики;
- *набули подальшого розвитку* методика компетентнісно орієнтованого навчання математики; STEM-орієнтовані методи й форми організації навчання математики для формування STEM-компетентностей здобувачів освіти.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці та апробації структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики; розробці методичних рекомендацій для викладачів із упровадженням інтегрованих STEM-проектів у навчання математики; розробці навчального посібника, у якому подаються методичні рекомендації щодо використання у навчанні математики STEM-підходів, впровадженню проєктних технологій навчання, реалізації міжпредметних зв'язків, комп'ютерно-орієнтованих методів і форм навчання.

Результати наукового дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення теорії та практики STEM-навчання математичних дисциплін, зокрема при розробці посібників, програм спецкурсів для студентів закладів фахової освіти.

Упровадження результатів дослідження здійснювалося у Відокремленому структурному підрозділі «Криворізького фахового коледжу Державного університету економіки і технологій» (довідка про впровадження № 479 від 11.09.2023 р.). Також додатково окремі результати впроваджувалися у Криворізькому будівельному фаховому коледжі (довідка про впровадження № 70 від 18.08.2023 р.), Відокремленому структурному підрозділі «Фахового коледжу економіки, права та інформаційних технологій» ПЗВО «Кам'янець-Подільський податковий інститут» та

Відокремленому структурному підрозділі «Фаховому коледжі «Політехніка» Державного університету економіки і технологій».

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні, концептуальні положення, висновки, рекомендації та попередні результати дослідження обговорювалися на засіданнях кафедри інформатики та прикладної математики та кафедри математики та методики її навчання Криворізького державного педагогічного університету; оприлюднені в доповідях на науково-практичних конференціях, зокрема *міжнародних*: «Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін» (Кропивницький, 2018), «Cloud Technologies in Education (CTE) (The 7th)» (Кривий Ріг, 2019), «ICHTML 2020: International Conference on History, Theory and Methodology of Learning» (Кривий Ріг, 2020), «Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін» (Кропивницький, 2021), «Проблеми математичної освіти» (Черкаси, 2023), «Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики» (Київ, 2023); *всеукраїнських*: «Математична підготовка у багатоступеневій системі вищої освіти: погляд студентів і молодих вчених» (Харків, 2017), «Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку» (Дніпро, 2020, 2021), «Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях» (Бердянськ, 2021).

Публікації. Основні результати дисертації висвітлено у 9 одноосібних публікаціях і 9 у співавторстві, серед них – 2 статті у науковому виданні, що входить до наукометричної бази Scopus, 3 – у наукових фахових виданнях України, 12 – у матеріалах наукових конференцій, 1 навчально-методичному посібнику, підготовленому у співавторстві.

Особистий внесок здобувача. Проаналізовано вітчизняний досвід використання системи динамічної математики GeoGebra у навчанні [17], описано стереометричні задачі прикладного змісту, розглянуто проектну

роботу у GeoGebra 3D [18], обґрунтовано застосування технології доповненої реальності GeoGebra, зроблено алгоритм створення прямокутного паралелепіпеда в 3D графіці [23], запропоновано приклади використання GeoGebra у навчанні математики для розробки STEM-проєктів [68], дібрано засоби цифрових технологій, які можуть використовуватися у STEM-навчанні математики [124], описано застосування STEM-підходу як методу навчальних проєктів [126], змістове наповнення пунктів посібника 3.11, 3.16, 3.19, 3.21, 4.2 [127], запропоновано актуальні форми STEM-навчання, приклади завдань що містять STEM-підхід, зроблено огляд та запропоновано приклади впровадження робототехніки на заняттях математики [128], обґрунтовано актуальність інтегрованого навчання, описано впровадження інтегрованих занять у своїй педагогічній діяльності [158].

Структура дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ STEM- КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ

1.1. Аналіз стану впровадження STEM-освіти у науково-педагогічній літературі та освітній практиці

Освітній простір нашої країни зорієнтований на інноваційного студента. Щоб скласти основу конкурентоздатності на ринку праці сьогодні, потрібно навчати студентів вчитися впродовж життя, працювати в команді, спілкуватися в багатокультурному середовищі, навчати ставити перед собою цілі і досягати їх, а також критично мислити.

У Концепції розвитку природничо-математичної освіти до 2027 року [120] STEM-освіта характеризується як цілісна система природничої і математичної освітніх галузей, метою якої є розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань для розв'язання практичних проблем для подальшого використання цих знань і вмінь у професійній діяльності.

Акцентуємо увагу на нормативно-правовому забезпеченні STEM-освіти в Україні, яке певним чином пов'язане з підготовкою фахових молодших бакалаврів. Нагальність змін у системі освіти базується на Законах України «Про освіту» [107], «Про повну загальну середню освіту» [108], «Про позашкільну освіту» [109], «Про професійну (професійно-технічну) освіту» [110], «Про фахову передвищу освіту» [111], «Про вищу освіту» [103], «Про наукову та науково-технічну діяльність»

[106], «Про інноваційну діяльність» [104], «Про культуру» [105] та ін. Наразі одним із найважливіших нормативних документів, які окреслюють перспективи розвитку STEM-освіти в Україні, є Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти на період до 2029 року «Нова українська школа», затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 грудня 2016 року № 988-р. Набула чинності Концепція розвитку природничо-математичної освіти до 2027 року (STEM-освіти), затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 року № 960-р. [119].

Починаючи з 2016 року, в Україні ініційовано впровадження та розвиток STEM-освіти. З цією метою спочатку було розроблено та прийнято Наказ від 29.02.2016 №188 «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні», а також «План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016–2018 рр.», згодом Міністерство науки і освіти України видало накази, які стали початком застосування STEM-освіти в навчальних процесах: Наказ МОН від 24.04.2017 № 628 «Про внесення змін до складу робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні» та Наказ від 17.05. 2017 р. № 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 рр.». Інститут модернізації змісту освіти також видав ряд наказів: наказ ІМЗО від 5 лютого 2020 р. № 8 «Про проведення фестивалю STEM-весна – 2020», наказ ІМЗО від 13.11.2019 р. № 113 «Про організацію та проведення дослідження «Ефективність освітніх процесів в умовах модернізації освітньої галузі» та наказ ІМЗО від 14.08. 2019 р. № 68 «Про організацію та проведення STEM-школи – 2020» [145].

Додатково видано Наказ МОН від 20.09.2021 № 999 «Про реалізацію інноваційного освітнього проєкту «Я – дослідник 2.0 (дидактична система

природничо-наукової початкової освіти)» на вересень 2021 – листопад 2024 роки» [144]. А також 2020 року Урядом України ухвалено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року [168] та у 2021 році затверджено план заходів щодо реалізації цієї Концепції [178].

Новий етап трансформації та модернізації загальної середньої освіти розпочато після прийняття Концепції реалізації національної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» до 2029 року [167], яка спрямована забезпечити радикальні та систематичні реформи загальної середньої освіти. «Нова українська школа» є ключовою реформою Міністерства освіти України, яка має на меті зупинити негативну тенденцію викладання та виховання старими методами та перетворити українську школу на важіль соціальної рівності та згуртованості, економічного розвитку і конкурентоспроможності України. Міжнародний та вітчизняний досвід показує, що найбільш продуктивний у наш час є підхід, коли в навчанні переважають інструментальні знання, це є основою для ефективного засвоєння способів дій [150, с. 58].

Аналіз психолого-педагогічної і методичної літератури свідчить про те, що концептуальні підходи та практичні напрями реалізації STEM-освіти досліджують багато науковців, методистів, зокрема Н. Балик [2; 67; 72], О. Барна [2; 71; 72], Ю. Ботузова [76], Н. Валько [79], І. Василяшко [80; 81], Д. Васильєва [77; 83], С. Волянська [85], С. Горбенко [80; 151], О. Гриб'юк [89; 90], О. Данилова [53], І. Закарлюка [102], Т. Крамаренко [23; 123; 127; 128], О. Кузьменко [131], О. Курносенко [132], Ф. Левченко [134; 135], Н. Морзе [13], І. Овчар [149], В. Олексюк [2; 190], О. Патрикеева [80; 151], В. Пікалова [161; 162; 165], Л. Рождественська [177], О. Семеніхіна [33; 48; 49; 182], С. Семеріков [6; 115], Є. Смирнова-Трибульська [13], Н. Сороко [189], О. Стрижак [191], О. Струтинська [54], Н. Хараджян [199; 200], М. Шишкіна [30; 50], Г. Шмигер [2; 67; 202], В. Юнчик [90] та ін.

Сучасний погляд на освіту передбачає, що природничі науки, техніка, інженерія та математика (STEM) є критично важливими дисциплінами, що розширюють можливості членів сучасного суспільства в їх роботі і повсякденному житті. Природничі науки багато в чому за допомогою математики дають відповіді на фундаментальні питання природи і дозволяють зрозуміти навколишній світ.

Про необхідність посилення практичної спрямованості навчання математики зазначають Т. Армаш [60; 63], К. Власенко [60; 63], І. Лов'янова [37; 57; 60; 63], І. Сітак [60; 63], Н. Тарасенкова [192] та ін. У роботах дослідників підкреслено, що майбутнє за технологіями, а майбутнє технологій – це креативні педагоги нового формату, які здатні своїми знаннями, вмінням зробити привабливими програми і методи навчання, завдяки яким можна розвивати креативних особистостей, спроможних генерувати ідеї, застосовувати фундаментальні знання і навички під час вирішення складних завдань у майбутній професійній діяльності.

Проблеми використання ІКТ у навчанні STEM-дисциплін висвітлювали такі науковці як В. Биков [74], Т. Вакалюк [61; 190], Є. Вінниченко [31], Ю. Горошко [31], М. Жалдак [31; 99; 100], М. Кислова [117], Т. Крамаренко [122; 128; 129], В. Кремень [130], О. Лаврентьєва [25; 26], П. Лузан [173], М. Мар'єнко [30], І. Мінтій [34; 190], Н. Морзе [13], К. Осадча [55], В. Прошкін [33; 52; 59], С. Раков [175], Н. Рашевська [42], П. Саух [130], О. Семеніхіна [33; 48; 49; 182], С. Семеріков [6; 115], С. Сисоєва [55], В. Соловйов [6; 42], О. Спирін [61; 190], Н. Хараджян [199; 200], М. Шишкіна [30; 50] та ін.

Ми висвітлювали STEM-підходи у навчанні математики у публікаціях [17; 18; 23; 40; 68; 69; 70; 124; 126; 127; 128; 152; 153; 154; 156; 158; 159].

Під STEM-підходом розуміємо – підхід до організації процесу навчання, який поєднує науку, технологію, інженерію та математику. STEM-

заняття – це заняття з використанням STEM-підходу, у центрі уваги якого знаходиться практичне завдання чи проблема, які потрібно вирішити.

Деякі STEM-підходи у навчанні стохастики розглядаються в наукових працях М. Жалдака та І. Біляй [98; 100], О. Семеніхіної та М. Друшляк [183; 184] та ін. Автори пропонують застосовувати вільне програмне забезпечення Gran1, GeoGebra, R для підготовки учителів математики та інформатики, а також подальшого використання його у навчанні школярів та студентів.

Як зазначають О. Данилова та В. Сургаєва [53], сьогodнішня освіта – цілеспрямована пізнавальна діяльність людини на отримання знань, умінь та навичок або на їх удосконалення – повинна бути випереджувальною, відповідати тенденціям розвитку суспільства в майбутньому.

О. Патрикеева [45, с. 5] зазначає, що використання провідного принципу STEM-освіти – інтеграції – дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію процесу навчання та формування навчальних компетентностей якісно нового рівня. Це також сприяє більш якісній підготовці молоді до успішного працевлаштування та подальшої освіти, яка вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять.

STEM-освіта – це низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує здобувачів освіти до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять. Як зазначалося вище, акронім STEM вживається для позначення популярного напрямку в освіті, що охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), інженерію (Engineering) та математику (Mathematics) [116].

Крім цього, залежно від галузі, до цих слів можуть додаватись мистецтво / всі предмети (STEAM), читання і письмо / дослідження (STREAM) тощо.

STEM визначає характерні риси відповідної дидактики, сутність якої виявляється у поєднанні міждисциплінарних практик орієнтованих підходів до вивчення природничо-математичних дисциплін. Водночас, у STEM активно включається сукупність творчих, мистецьких дисциплін, що об'єднані загальним терміном Arts (позначення відповідного підходу – STEM and Arts). Актуальними напрямками STEM and Arts є промисловий дизайн, архітектура, індустріальна естетика тощо [139].

У деяких джерелах можна побачити розрізнення STEM чи STEM and Arts чи STEAM [14]. Кожен підхід має схожість, і часто цих подібностей достатньо, щоб використовувати ці терміни як синоніми. Проте кожен із цих підходів має свій набір характеристик і цілей використання. STEAM-освіта – це підхід до навчання, який поєднує науку, технології, інженерію, мистецтво та математику. Науковці акцентують увагу, що не достатньо до STEM-заняття просто додати фарби, скотч та клей, щоб зробити його заняттям STEAM. Це зменшує глибоке навчання, засноване на процесі властивому мистецтву. Натомість на занятті слід активно викладати мистецькі стандарти, шляхом застосування навичок, яких набули студенти під час мистецьких занять.

Ми помітили, що у європейському науковому дискурсі наголошується на важливості всіх дисциплін, використанні міждисциплінарних підходів STEAM і у цьому випадку, літера A означає All – всі. Тобто, пояснюється важливість поєднання природничо-наукових з іншими навчальними дисциплінами, які вивчаються у школі. STREAM – це інтеграція STEAM з доповненням R: читання (Reading) та письмо (wRiting), вважаючи, що студенти та учні повинні володіти грамотністю, щоб мати можливість ефективно спілкуватися, що є важливим аспектом людської взаємодії.

STEM-освіта – це категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на

сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [169].

Впровадження та розвиток STEM-освіти сьогодні є особливо важливим. У рамках STEM-освіти впроваджуються міждисциплінарні навчальні програми, зростає інформованість студентів з STEM-дисциплін та STEM-професій, для студентів проводяться STEM-курси. У той же час на кожному етапі ця система розвиває здатність студентів проводити дослідження, аналітично працювати, експериментувати та критично мислити, вона поєднує в собі різні можливості та методи навчання.

Аналіз педагогічної літератури показує інтерес науковців до різних аспектів STEM-освіти. Беручи до уваги, що STEM-освіта є одним із найважливіших напрямів реформування української освіти, варто виділити деякі аспекти її впровадження в освітній процес.

О. Барна [71] виділяє п'ять важливих аспектів STEM-освіти:

1. Допомогти здобувачам освіти *вивчати світ комплексно*, адже вони пізнають його цілісно, а не окремо розбитим на окремі предмети.

2. Залучити до *самостійної дослідницької діяльності*, працювати із емуляторами, наприклад, такими які розміщені на сайті Інтерактивних симуляцій PhET [39]. На цьому сайті є величезна бібліотека емуляторів, які дозволять створити прості проекти, які учні та студенти зможуть дослідити віртуально, встановити їхні властивості, а тоді за наявності засобів реалізувати їх в матеріальні проекти.

3. Важливо обрати спосіб *інтеграції теми*. Потрібно виділяти тематичні дні чи блоки, таким чином отримуємо ефект синергії, коли вивчення двох тем різних предметів, які пов'язані між собою, дасть більший результат. Це може бути конструювання і програмування механізмів, де об'єднуюватимуться фізика, інформатика, математика, технології. Також може бути конструювання та програмування електричних схем на базі

віртуального середовища, яке використовує мікроконтролер Arduino, де можна скооперувати математику, інформатику, програмування, технологію, мистецтво та інші предмети.

4. *Створення проєктів*, які можуть покращити повсякденне життя, реалізувати певні пристрої, потурбуватися про безпеку чи ефективність управління власним домом.

5. Важливим є залучення широкого загалу освітян до ідеї STEAM-освіти. Можна зробити реалізації *наукових «пікніків», днів та тижнів науки, фестивалів, оглядів*.

Такі заходи часто практикуються у центрі, який представляє О. Барна. Завдяки зазначеним формам роботи, здобувачі освіти створюють різноманітні продукти проєктної діяльності. Наприклад, розробили проєкт, впровадження якого посприяло ефективнішому використанню електроенергії у офісі.

Потрібно створювати міжпредметні проєкти, використовувати сторітелінг, засоби для створення коміксів, ефекти звичайної презентації та навчати студентів будувати моделі реального світу, розповідати про них. Це дасть поштовх до реальної STEAM-освіти.

Отже, все що організовується для здобувачів освіти навіть ситуативно, дозволяє вхопити ідею і почати робити щось своє. Можна організувати віртуальні екскурсії, наприклад до музею природознавства, музею техніки. Потрібно надихати на нові ідеї для проєктів, на нові дослідження і відкриття.

Як зазначає О. Корнієнко [121], для привертання уваги здобувачів освіти до практичної діяльності, можна розширити розмаїтість організаційних форм, методів навчання та способів навчальної взаємодії. Потрібно допомагати освоювати навчальний матеріал через проведення екскурсій, конкурсів, квестів, фестивалів, хакатонів та інших заходів. Також, для формування предметних компетентностей та їх перевірки, викладач може використовувати систему інтегрованих завдань, спрямованих на

застосування способів навчально-пізнавальної діяльності, знань, умінь і навичок для розв'язання здобувачами освіти певних задач, які близькі до задач з реального життя.

Доцільним прикладом є конкурс творчих робіт «Геометрія навколо нас», запропонований Н. Тарасенковою та О. Коломієць [192]. Було оголошено різні номінації, де учні виконували різного типу завдання, наприклад, писали есе, виготовляли вироби на різну геометричну тематику. Такі конкурси можна впроваджувати і у навчанні в коледжі, вони сприяють виявленню та підтримці обдарованих студентів, дають можливість проявити індивідуальні здібності, реалізують компетентнісний підхід у навчанні математики.

О. Корнієнко вважає, що впровадження методичних рішень STEM-освіти у навчально-виховний процес сприятиме формуванню у здобувачів освіти важливих характеристик, які визначають компетентного фахівця: здатність бачити і аналізувати проблеми; здатність розглядати проблему з різних сторін та встановлювати зв'язки; вміння ставити дослідницьке запитання і пропонувати шляхи його вирішення; вміння відчувати гармонію в організації ідеї; готовність приймати нові погляди і відстоювати власну точку зору; здатність до творчого мислення, відхід від шаблону; здатність до перегруповування ідей та зв'язків; здатність до узагальнення, синтезу [121].

Підтримуємо думку Н. Балик та Г. Шмигер [67], що STEM-навчання – це поєднання проектного та міждисциплінарного підходів, які базуються на основі інтеграції природничих наук в технології, інженерне мистецтво і математику. Важливість такого інтегрованого навчання спонукає до тісної взаємодії цих сфер на практиці.

Л. Гриневич, Л. Хоружа, Н. Руденко та В. Прошкін [52] наводять цікаві приклади практико-орієнтованих інтегрованих завдань, які розкривають можливості STEM-освіти.

Як зазначають Г. Шмигер та Я. Василенко [202, с. 30-31] у зарубіжній літературі науковці виділяють такі аспекти STEM-освіти [45, 47]:

1. STEM-навчання – це зосередження на практичних завданнях і актуальних проблемах. На STEM-заняттях здобувачі освіти вирішують реальні соціальні, економічні і екологічні проблеми, здійснюють пошук рішень.

2. Заняття STEM спрямовуються на процес інженерного проектування. STEM-освіта забезпечує гнучкий процес для проектування. У цьому процесі здобувачі освіти визначають проблему, ведуть попередні дослідження, висувають кілька ідей для їх рішень, розробляють і створюють прототип, а потім його тестують, оцінюють і реалізують. Акцентується увага на знаходженні рішень.

3. STEM-навчання занурює здобувачів освіти у практичний запит і відкрите дослідження. На заняттях STEM шлях до навчання відкритий. Робота є практичною і колективною, рішення теж є спільним. Студенти спілкуються, обмінюються ідеями і при потребі модернізують створені прототипи. Вони контролюють власні ідеї і проводять власні дослідження.

4. STEM-навчання залучає студентів до продуктивної спільної роботи. Щоб студенти працювали разом як продуктивна команда, потрібна допомога з боку викладачів. Це стає можливим, якщо всі викладачі працюють разом, здійснюють спільну роботу і оправдовують очікування студентів.

5. STEM-навчання інтегрує математику і природничі науки. Необхідним є створення планів спільної роботи викладачів різних предметів. Використання на заняттях знань з різних предметів навчить студентів розуміти, що при об'єднанні математики і інших наук можна вирішувати важливі життєві проблеми. Це призведе до зростання інтересу до математики та природничих наук.

Отже, головною ідеєю STEM-навчання є практична підготовка здобувачів освіти до вирішення окремих проблем реального життя шляхом

інтеграції STEM-дисциплін (науки, технології, інженерії та математики) та формування у них STEM-компетентностей.

М. Сандерс [45] описує історію виникнення STEM-освіти в Америці. У 1990-х роках Національний науковий фонд (NSF) почав використовувати аббревіатуру «SMET», як скорочення для «науки, математики, інженерії та технологій». Після скарги, що «SMET» звучить надто схоже на «негідність», аббревіатуру змінили на «STEM». У 2003 році мало хто знав, що вона означає. Після 2005 року фінансування почало надходити на все, що стосувалось STEM, і розпочалася STEM-манія.

Проаналізувавши роботи зарубіжних науковців (М. Боррего [1], Д. Ленгдон [24], Б. Мінс [32], Дж. Конфрі [29] та ін.), відмітимо, що працівники в галузі науки, техніки, інженерії та математики є важливими для американських інновацій та конкурентоспроможності на динамічному та глобальному ринку. Вчені наголошують, що освітяни з дитинства люблять досліджувати властивості піску та води, будувати вежі і збивати їх, рахувати свої цукерки на Хелловін або відстежувати спортивну статистику. Завданням STEM-освіти є допомогти, щоб вроджений потяг, цікавість і креативність не втрачались на життєвому шляху.

У США популярними є інклюзивні STEM-школи [8, 27]. Вони засновані на подвійних передумовах, щоб розвинути математичні та природничі компетентності, і щоб здобувачі освіти з традиційно недостатньо представлених груп населення, могли розвивати ці компетентності, щоб стати повноправними учасниками сфер економічного зростання та процвітання. Інклюзивні STEM-школи не перевіряють майбутніх учнів на сформованість високих попередніх академічних досягнень. Навпаки, вони створюють підтримку для залучення до STEM і надають їм можливість опанувати зміст STEM і набути відповідних навичок.

М. Гаррісон [11], відмічає, що інженерія (літера E у STEM) рідко викладається як окремий навчальний предмет в англійських та валлійських

зкладах освіти. Автор акцентує увагу на тому, що технології та інженерія є самостійними предметами і забезпечують практичний контекст для інших галузей STEM, що студентам подобається практичний характер цих предметів у STEM.

Як зазначає М. Сандерс [46], викладачі технологій заявляють про «Т» та «Е» у STEM, але те ж саме роблять і професійні та технічні викладачі, які визнають «Е» своєю власною. Більшість, навіть ті, хто займається освітою, кажуть «STEM», коли мають говорити «STEM-освіта», не звертаючи уваги на те, що STEM без освіти є посиланням на галузі, в яких працюють науковці, інженери та математики. Викладачі природничих наук, математики та технологій є викладачами STEM, які працюють у сфері STEM-освіти. Це важлива відмінність. Крім того, М. Сандерс, акцентує увагу на тому, що існує поширена помилкова думка, що «Т» (технологія) означає обчислення, таким чином спотворюючи передбачуване значення абревіатури STEM.

Ми погоджуємось з дослідниками, що STEM-освіта є навчальною програмою, основною ідеєю якої – навчання студентів за чотирма профільними дисциплінами у міждисциплінарному та прикладному спрямуваннях. Проте, єдиного повного розуміння поняття STEM немає, кожний освітній простір (певної країни) визначає його для себе самостійно [146].

Зокрема, Л. Рождественська [177] зазначає, що в епоху глобалізації, інтенсивного розвитку інтегративних процесів важливим фактором є професіоналізації фахівця, його кар'єрного зростання із STEM-освітою. Автор наводить приклади, як впроваджують STEM-освіту в Латвії, акцентує увагу, що STEM-освіта є вкрай необхідною у засвоєнні знань та поєднання їх з вибором професій майбутнього. Для якісного профорієнтаційного супроводу мають бути підготовлені педагоги. Адже процес вибору майбутньої професії – є специфічним процесом соціалізації учнів, який поєднує етапи вибору професії, професійної адаптації в ній, професіоналізації, а отже, самореалізації себе як конкурентоспроможного фахівця.

Розглянемо, як трактують поняття STEM-освіти в Україні. Наприклад, О. Курносенко [132], стверджує, що STEM-освіта впливає суттєво на траєкторію вибору майбутньої професії, визначає її прогностичність, перспективність, необхідність, сприяє розвитку і саморозвитку креативності, творчості, нестандартності. Автор зазначає, що STEM відкриває широкі можливості для професійного розвитку та надає студентам доступ до технологій, що актуально наразі, коли студенти постійно створюють цифровий контент, обмінюються ним та використовують його у широких масштабах.

О. Барна та Н. Балик [72], зазначають, що в системі загальної середньої освіти виокремлюються 3 етапи реалізації напряму STEM через певну інтеграцію традиційних навчальних предметів і курсів математики, фізики, хімії, біології, географії, астрономії, технології на кожному з етапів навчання.

1. Початкова школа. Основне завдання – *стимулювання допитливості і підтримка інтересу до навчання і пошуку знань, мотивація до самостійних досліджень, створення простих приладів, конструкцій* тощо. Шляхом проведення навчальних екскурсів, днів науки, творчості, винахідництва, впровадження проєктного навчання має здійснюватися формування навичок дослідницької діяльності, закладення основ обізнаності зі галузями і професіями STEAM; стимулювання інтересу учнів до подальшого опанування курсів, пов'язаних зі STEAM.

2. Середня школа. Основне завдання – *викликати в учнів стійку цікавість до природничо-математичних наук, дати сукупність практично важливих знань, необхідних для подальшого життя людини у техносфері, глибокого розуміння екології і природи в цілому*. Залучення до дослідництва, винахідництва, проведення інтегрованих занять, тематичних тижнів, навчальних практик, реалізація міждисциплінарних проєктів, участь у спеціалізованих гуртках, конкурсах, фестивалях, що дозволить збільшити відсоток тих, хто стане талановитим ученим, дослідником. Збільшується

поінформованість учнів зі STEM-дисциплін і професій, а також академічних вимог у областях і професіях STEM.

3. Старша школа. Основне завдання – сприяння свідомому вибору подальшої освіти STEM профілю, поглиблена підготовка з груп предметів STEM (профільне навчання), освоєння наукової методології.

Чільне місце в процесі реформування загальноосвітньої школи займає цикл природничо-математичних дисциплін, зокрема математика, яка є знаряддям дослідження багатьох сфер теоретичної та практичної діяльності. Об'єктивні процеси розвитку людини і суспільства сприймаються системою освіти як виклики і, в основному, проявляються в різкому зростанні обсягів відомостей (про людину, суспільство і природу), що мають бути використані в процесі навчання і містять як нові знання, так і ті, що накопичило людство за попередні роки [80].

У Концепції [120] зазначається, що розвиток природничо-математичної освіти (STEM-освіти) може бути забезпечений на початковому, базовому, профільному та вищому/професійному рівнях.

STEM-освіта визначає характерні риси відповідної дидактики, сутність якої виявляється у поєднанні міждисциплінарних практик, орієнтованих підходів до вивчення природничо-математичних дисциплін. Математика є основою STEM, оскільки вона забезпечує математичний апарат для інших STEM-дисциплін. Впровадження елементів STEM-освіти дає можливість показати міжпредметні зв'язки математики з іншими предметами, а також її прикладну спрямованість [116].

Під час впровадження STEM-освіти доцільно використовувати мультимедійні та віртуальні дошки, мобільні гаджети, комп'ютери, слабку або відсутню технічну базу можна замінити інтерактивним сервісом та зробити практичні завдання доступними. Тому доцільно подати деякі відомості про переваги використання такого забезпечення у STEM-навчанні.

В. Підгородецька [160], виокремлює переваги використання

мультимедійної дошки на різних етапах заняття математики. Забезпечення ефективною та динамічною подачі матеріалу, урізноманітнення використання ресурсів покращує мотивацію студентів. Завдяки мотивації забезпечується готовність до сприйняття нового матеріалу.

Мультимедійна дошка надає можливість збереження використаних файлів в шкільній мережі для організації повторення вивченого матеріалу, це спрощує перевірку засвоєння матеріалу. На заняттях узагальнення та систематизації з використанням на дошці опорних конспектів, різноманітних таблиць, інтерактивних діаграм, організаційних схем, карт пам'яті та гіперпосилань викладачу легше ілюструвати взаємозв'язки між математичними поняттями, показати місце поняття у темі.

Також застосування мультимедійної дошки на заняттях математики в основній школі висвітлює у своїх роботах Д. Васильєва [83].

Сучасна освіта покликана зацікавити студентів навчанням, зокрема і навчанням математики. Впровадження STEM-освіти – це підготовка студентів до життя у світі високих технологій, опанування нових знань та їх інтеграції задля вирішення різноманітних проблем.

С. Доценко та В. Лебедева [95], акцентують увагу на тому, що завдяки STEM-освіті з використанням *мобільних технологій* вдається реалізувати усі дієві засоби засвоєння математики: математичні практикуми з завданнями дослідницького характеру; навчальні проекти; демонстрація експериментів з їх аналізом, що систематизує отримані знання; навички розв'язування математичних задач.

Як зазначають О. Гриб'юк та В. Юнчик [90], STEM-освіта є пріоритетною з причин затребуваності ІТ-фахівців, програмістів, інженерів, фахівців технологічних виробництв. Професії майбутнього пов'язані з технологічним виробництвом на перетині з природничими науками (фахівці біо- та нанотехнологій), де фахівці мають бути всебічно підготовлені з різноманітних освітніх галузей природничих наук, інженерії та технології.

Також автори обґрунтовують ефективність використання системи GeoGebra, на заняттях математики, пропонують евристичні, дослідницькі та прикладні математичні задачі, що зумовить впровадження STEM-освіти.

Проблеми впровадження STEM-освіти шляхом використання синтетичного навчального середовища досліджують О. Пінчук, С. Литвинова, О. Буров [163]. Автори розглядають основні напрямки розвитку таких середовищ: 1) комп'ютерна генерація віртуальних середовищ; 2) проєктування дистанційно керованих роботів; 3) вдосконалення інтерфейсу людина-машина; вивчення відповідних аспектів людської поведінки.

STEM-навчання завжди передбачає використання *інформаційно-комунікаційних технологій*, актуальні питання застосування електронних, дистанційних та мобільних технологій навчання математики розглядають В. Корольський, Т. Крамаренко, С. Семеріков, С. Шокалюк [115]. У навчальному посібнику цього авторського колективу висвітлено особливості використання програм Gran, GeoGebra, актуальність використання інтерактивних вправ, зокрема LearningApps, автори акцентують увагу на впровадженні STEM-проектів в освітній процес, оскільки це один із факторів посилення мотивації учіння математики.

Вчені М. Жалдак, В. Лапінський, М. Шут [99], поєднують інформаційно-комунікаційні технології з традиційним навчанням, акцентуючи увагу, що важливим завданням для цього є розробка методик використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі, підготовка науково-педагогічних кадрів та створення умов для використання здобувачами освіти сучасних засобів навчально-пізнавальної діяльності.

Збільшення розумового навантаження на заняттях STEM-дисциплін змушує педагогів активно використовувати сучасні технології, зокрема Інтернет-технології навчання здобувачів освіти.

За останні роки розвитку інформаційних технологій відбувається широке впровадження *технологій розширеної (AR) та віртуальної реальності (VR)* у сучасних галузях виробництва, бізнесу, медицини, реклами, дизайну, інженерії та науки. Загально визнано, що вони організовують професійне навчання відповідно до принципів візуалізації, гейміфікації, задачного та діяльнісного підходів, що відносяться до принципів STEM-навчання.

О. Лаврентьєва, І. Архипов, О. Крупський, Д. Великодний, С. Філатов [25] акцентують увагу на важливості використання мобільних додатків з AR у процесі професійної підготовки студентів. Автори пропонують методику навчання студентів транспортної галузі, яка охоплює систему навчальних завдань на основі мобільних додатків з доповненої реальності, таких як Cat VR Learning, Cat Technology Experience, Hyundai Virtual Guide, IMechanic – AR Car Repair App, Genesis AR Manual, Genesis Virtual Guides.

О. Лаврентьєва, І. Архипов, О. Кучма, О. Учитель [26] виділяють найпоширеніші програмно-апаратні рішення для симуляційного навчання зварювальників з використанням AR- та VR-технологій, зокрема Soldamatic AR, Welducation basic, Welding's simulator, Soldamatic Augmented Lab.

Дослідження наукових праць дало можливість виявити стратегічно важливі фактори, що впливають на зацікавленість молодих людей у STEM-освіті: наявність прикладів для наслідування; отримання практичного досвіду; заохочення до вивчення STEM-дисциплін; розуміння практичної значимості STEM-освіти [1; 38].

С. Волянська [85] вважає, що в STEM-освіті повинен переважати багатопрофільний підхід, який використовує інтегрованість у навчанні STEM-дисциплін, як це робиться в реальних виробничих умовах. Тим самим здобувачі освіти зможуть застосовувати свої знання для вирішення не в повній мірі структурованих технологічних проблем, розвивати технічні

здібності і більш інтенсивно оволодівати навичками високоорганізованого мислення.

О. Патрикеева [151] зазначає, що особливою формою наскрізного STEM-навчання математики є інтегровані заняття, які спрямовані на встановлення міжпредметних зв'язків, що сприяють формуванню в студентів цілісного, системного світогляду, актуалізації особистісного ставлення до питань, що розглядаються на занятті. Інтегровані заняття можуть проводитись двома шляхами: через об'єднання схожої тематики кількох навчальних предметів; через формування інтегрованих курсів або окремих спецкурсів шляхом об'єднання навчальних програм таких курсів.

Дійсно, основою ефективності таких занять є чітке визначення мети і відповідне їй планування для забезпечення різнобічного розгляду студентами певного об'єкта, поняття, явища з використанням навчальних засобів різних предметів. Особливість планування і проведення інтегрованих, бінарних занять полягає у тому, що вони можуть проводитись як одним викладачем, який викладає предмети, що інтегруються, так і декількома.

Через складність координації діяльності педагогів у другому випадку таких інтегрованих занять проводиться неогрунтовано мало, тому необхідно планувати їх заздалегідь всіма викладачами паралелі. У випадках, коли програмовий матеріал різних навчальних предметів дозволяє інтегрувати його в межах одного навчального дня, можуть організовуватися «тематичні дні», коли всі заняття за розкладом спрямовують на реалізацію єдиної навчально-виховної мети, досягнення конкретного результату.

Інтегровані заняття можна проводити двома шляхами: через об'єднання схожої тематики кількох навчальних предметів; через формування інтегрованих курсів або окремих спецкурсів шляхом об'єднання навчальних програм таких курсів. Наприклад, досить часто в навчальних закладах, викладачі інформатики та математики розробляють та проводять бінарні заняття, у ході яких студенти створюють певні продукти (презентації,

текстові документи тощо), закріплюють знання загальних принципів роботи з програмами, удосконалюють навички, розвивають творчі здібності. Досвід використання міжпредметних зв'язків та проведення інтегрованих занять, курсів та проєктів описаний у педагогічних виданнях. Проведення бінарних занять стало практикою у коледжах, у яких ми проводили дослідження.

О. Коваленко, О. Сапрунова [118], дослідивши досвід упровадження STEM-освіти в країнах ЄС та США, стверджують, що використання викладачем математики провідного принципу STEM-освіти – інтеграції (міжпредметної, трансдисциплінарної) дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу, застосовувати сучасні технології під час навчання з метою формування компетентностей якісно нового рівня, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять. Досвідом впровадження трансдисциплінарного підходу до вивчення природничо-математичних дисциплін ділиться І. Закарлюка [102]. Автор пропонує, на засадах трансдисциплінарного підходу, дисципліни природничо-математичного циклу вивчати як єдину STEM-дисципліну(курс), яка їх інтегрує, це сприятиме розвитку уявлення про навколишній світ.

Міжпредметні зв'язки та інтегровані курси скорочують час на засвоєння матеріалу, дають необхідні знання і більш якісну підготовку молоді до успішного працевлаштування та подальшої освіти. STEM-освіту часто називають «навчанням навпаки», «перевернутою освітою». І. Василяшко [81] пояснює це тим, що шлях «від теорії до практики» у STEM зазвичай зворотний. Спочатку практика – придумування та конструювання пристроїв і механізмів, а вже потім, у процесі цієї діяльності, – опанування теорії і нових знань. Цей метод досить часто у своїй роботі використовують викладачі математики.

Нам імponує система міжпредметних математичних задач, запропонована К. Власенко, І. Лов'янова та ін. [63]. Автори класифікують види зв'язків: паралельне навчання, перспективні зв'язки, використання

методу математичного моделювання. Основним змістовим пунктом розробленої системи, рекомендують вибрати прикладну задачу. Запропонована система задач, яка спирається на міжпредметні зв'язки, сприяє формування мотивації до вивчення математики; робиться наголос на самостійному розв'язуванні обраної системи задач з метою кращого розуміння теми, що вивчається, та розвитку вміння моделювати.

Математика та інші науки стають прикладними, адже отримані на заняттях знання стають у нагоді і в професійній діяльності, і в повсякденному житті. Але STEM-освіта – це не тільки «навчання навпаки». Найбільша цінність STEM-освіти у тому, що вона допомагає опанувати дисципліни не відокремлено, а за допомогою інтеграції всіх в єдину систему навчання.

Впровадження STEM-освіти допоможе розкрити особистісний потенціал студентів, формувати у них критичне мислення, вміння працювати в команді та інші важливі STEM-компетентності, які необхідні фаховим молодшим бакалаврам при досягненні життєвого та професійного успіху.

1.2. Особливості навчання STEM-дисциплін у підготовці фахових молодших бакалаврів

На сьогодні в Україні, орієнтованій на технологічний прогрес та зростання інноваційної економіки, наявна низка проблем, яка обумовлює гостру потребу в науково-інженерних кадрах, фахівцях високотехнологічних виробництв, науковцях-дослідниках [97, с. 121]. Загальновизнано, що саме освіта має забезпечувати потенціал росту трудових ресурсів, техніки, технологій, методів управління виробництвом, які на сьогодні розвиваються достатньо динамічно.

Сьогодні завдання освіти полягає не лише у підвищенні рівня професійної підготовленості фахівця, а й у формуванні STEM-

компетентностей, конкурентоспроможності та готовності до успішного розв'язання комплексних задач. Підприємства потребують цілеспрямованих, креативних фахівців, здатних ефективно взаємодіяти у команді, успішно виконувати поставлені завдання.

Проблема ефективності підготовки фахівців у закладах фахової передвищої освіти належить до пріоритетних у педагогічній науці. Наукові аспекти вдосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців досліджували: О. Анісімова [194], А. Бевз [73], В. Гиндрюк [86], І. Гузій [91], А. Гуржій [92; 93], У. Дудка [96], Л. Єршова [172], О. Зайцев [101], Л. Зубрик [113], В. Кремень [130], Н. Кулалаєва [179], П. Куцик [133], П. Лузан [173], В. Луговий [130], Н. Ничкало [172], М. Пригодій [93], С. Проскура [171], Л. Пуховська [186], В. Радкевич [172; 173; 174], Г. Романова [179], П. Саух [130], Л. Скрипник [187], О. Сліпушко [188], О. Шаврова [201] та ін.

Існує високий попит на STEM-працівників, «фахівців майбутнього»: математиків, системних аналітиків, архітекторів інформаційних систем, біотехнологів, енергоаудиторів, операторів медичних роботів, метеоенергетиків, проектувальників інтермодальних транспортних вузлів і нанотехнологічних матеріалів, фахівців з кіберпротезування та кристалографії, операторів крос-логістики, інженерів роботизованих систем, операторів багатофункціональних робототехнічних комплексів тощо. За оцінками експертів, протягом наступного десятиліття професіоналів з цих професій буде майже на мільйон більше [196, с. 42].

Автори В. Радкевич, П. Лузан і Т. Пащенко [173], досліджують систему професійної освіти в Україні з фокусом на окремі регіони. Розглядають демографічні показники студентів, профілі навчальних закладів та актуальність програм для майбутніх випускників. Ознайомившись з результатами аналітичного дослідження авторів, щодо функціонування

фахових коледжів, контингентів студентів, галузей знань і спеціальностей закладів ФПО України та виходячи з власного досвіду, зазначимо наступне.

Вважаємо, що гальмівними факторами розвитку технічних та природничих наук освіти в Україні виступають такі фактори як:

- низька мотивація студентів до вивчення технічних дисциплін та природничих наук;
- незадовільний рівень впровадження інноваційних технологій;
- відсутність технопарків та сучасних дослідних лабораторій, якісної матеріально-технічної бази наукових досліджень;
- брак висококваліфікованих науково-інженерних кадрів, висококваліфікованих ІТ-фахівців та фахівців високотехнологічних виробництв;
- непривабливість наукової сфери для молоді у зв'язку з низькою заробітною платнею та низькою зацікавленістю у впровадженні креативних ідей у вітчизну економічну галузь.

Наразі професійна освіта суттєво втратила свій престиж, на що вплинули такі виклики сучасності, як пандемія, введення в Україні воєнного стану, спостерігається демографічний спад, висока міграція молоді за кордон, значний вплив соціальних мереж на вибір роду занять.

Тому вбачаємо за необхідне повернення престижу професійної освіти, зокрема через впровадження STEM-освіти. STEM-дисципліни (наука, технології, інженерія та математика) відіграють значну роль у підготовці професійних молодших бакалаврів у різних галузях. Важливість STEM-освіти зумовлена її здатністю розвивати критичне мислення, вміння розв'язувати проблеми та розвивати технічні навички, які необхідні для досягнення успіху на сучасному ринку праці.

Дисципліни STEM дають студентам міцну основу у відповідних галузях, будь-то інформатика, інженерія, біологія, математика чи інша

дисципліна. Основи технічних знань необхідні для розуміння принципів і концепцій, що лежать в основі різних галузей і професій.

STEM-освіта робить акцент на аналітичному мисленні та методах вирішення проблем. Студентів навчають системно підходити до складних проблем, розбивати їх на частини та розробляти ефективні рішення. Ці навички є цінними практично в кожній професії, оскільки вони дають змогу вирішувати проблеми швидко, якісно і творчо.

Стрімкий характер сучасного світу вимагає професіоналів, які можуть адаптуватися до швидкого технологічного прогресу та впроваджувати інновації. STEM-освіта заохочує студентів бути допитливими, досліджувати нові ідеї та мислити нестандартно, розвиваючи інноваційне мислення, яке є двигуном прогресу в різних галузях.

У STEM-дисциплінах дослідження та аналіз даних є фундаментальними. Фахові молодші бакалаври, які пройшли підготовку з залученням STEM, здатні приймати рішення на основі дослідження і наукових принципів, забезпечуючи більш поінформований і обґрунтований вибір у своїй кар'єрі.

Студенти навчаються ефективно працювати в команді, обмінюватися ідеями та співпрацювати для досягнення спільних цілей. Ці навички є життєво важливими в сучасному взаємопов'язаному світі, де командна робота часто є запорукою успіху проєкту.

У світі, що дедалі більше визначається технологіями, професіоналам важливо бути технологічно грамотними. STEM-освіта знайомить студентів з різноманітними технологіями та інструментами, що робить їх досвідченими у використанні та адаптації до нових технологій у своїй кар'єрі.

Окремо відзначимо математику, яка посідає значне місце у підготовці фахових молодших бакалаврів. Вона вважається фундаментальним предметом і є невід'ємною частиною різних освітніх програм, у тому числі на рівні молодшого бакалавра. Наведемо деякі ключові аспекти навчання

математики у підготовці фахових молодших бакалаврів в Україні (А. Бевз [73], В. Гиндрюк, Н. Юрченко [86], Л. Зубрик [113], С. Проскура, С. Литвинова [171], О. Шаврова, Н. Дьяченко [201]):

– математика, як правило, включена як основний предмет у навчальний план більшості професійних програм підготовки молодших бакалаврів, вона є важливою частиною загальноосвітніх вимог, забезпечуючи розвиток у студентів аналітичних навичок та навичок розв'язання проблем;

– для багатьох професійних програм фахового молодшого бакалаврату деякі курси з математики можуть бути визначені як обов'язкові для вивчення більш складних курсів у тій самій галузі; наприклад, студентам, які вивчають інженерію, економіку, комп'ютерні науки або природничі науки, може знадобитися пройти вступні курси з математики або статистики, перш ніж переходити до вивчення спеціалізованих предметів;

– математика надає фундаментальні поняття та інструменти, необхідні для різних спеціалізованих галузей; наприклад, у програмах, пов'язаних з фінансами, економікою або статистикою, глибоке розуміння математичних понять, таких як алгебра, математичний аналіз та теорія ймовірностей, має вирішальне значення;

– математика допомагає студентам розвинути кількісні навички, необхідні для аналізу даних, моделювання та прийняття рішень, ці навички є безцінними у професіях, пов'язаних з обробкою фінансових даних, проведенням наукових досліджень або роботою з великими масивами даних;

– вивчення математики сприяє розвитку критичного мислення та вміння вирішувати проблеми, студенти вчаться логічно підходити до складних проблем, аналізувати їх та знаходити системні рішення, що є важливими навичками для багатьох професій;

– для студентів, які вивчають технічні та інженерні дисципліни, математика відіграє ще більш важливу роль, курси з математичного аналізу, диференціальних рівнянь, лінійної алгебри та математичного моделювання

мають вирішальне значення для розуміння і розробки інженерних принципів і конструкцій.

Отже, математика відіграє важливу роль у формуванні аналітичних здібностей та вмінні розв'язувати проблеми для фахових молодших бакалаврів. Вивчення математики формує основу для розуміння складних концепцій у різних галузях та озброює студентів навичками, необхідними для їхнього академічного та професійного зростання.

Стандарти [143] фахової передвищої освіти визначають необхідні компетентності, які студенти повинні здобути під час навчання. Ці компетентності можуть бути загальними ЗК (наприклад, комунікаційні навички, критичне мислення) або спеціальними СК для конкретної спеціальності. Нами проаналізовано стандарти фахової передвищої освіти за спеціальностями 029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа, 072 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок, 071 Облік і оподаткування, 076 Підприємництво та торгівля, 181 Харчові технології, з точки зору дотичності до STEM-компетентностей, на предмет дотичності до формування STEM-компетентностей.

У Стандартах [143] для зазначених спеціальностей виокремимо деякі загальні та спеціальні компетентності, які можна віднести до STEM-компетентностей (табл. 1.1).

З інформації поданої у таблиці 1.1 стверджуємо, що у Стандарті [143] для різних спеціальностей є загальні та спеціальні компетентностей, які певною мірою пов'язані зі STEM-компетентностями. На відмінну від спеціальних компетентностей, загальні компетентності схожі для всіх спеціальностей, вони повністю повторюються або доповнюють одна одну. Для кожної спеціальності, має своє місце і СК, яка дотична до STEM-компетентностей, отже формуючи у студентів закладів фахової передвищої освіти STEM-компетентності, ми формуємо і деякі спеціальні та загальні компетентності, які передбачені Стандартом.

Таблиця 1.1

ЗК та СК дотичні до STEM-компетентностей

072 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок	
ЗК	Здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 6); здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 7); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 8).
СК	Здатності використовувати теоретичний і методичний інструментарій фінансової, економічної, математичної, статистичної, правової та інших наук для розв'язання складних завдань у сфері фінансів, банківської справи та страхування (СК 1); застосовувати сучасне інформаційне та програмне забезпечення для отримання й обробки даних у сфері фінансів, банківської справи та страхування (СК 8); здійснювати ефективні комунікації між фахівцями і користувачами послуг у сфері фінансів, банківської справи та страхування (СК 10).
071 Облік і оподаткування	
ЗК	Здатності зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ЗК 2); здатності до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 5); застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 6); використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 7).
СК	Здатність використовувати математичний інструментарій для розв'язання прикладних економічних та оптимізаційних завдань в сфері обліку і оподаткування (СК 2); здатність здійснювати обліково-аналітичні процедури із застосуванням спеціалізованих програмних засобів і комп'ютерних технологій (СК 6).
076 Підприємництво та торгівля	
ЗК	Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця в загальній системі знань про природу і суспільство та в розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати (ЗК 2); здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3); здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 6); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7); здатність виявляти ініціативу та підприємливість (ЗК 8).

Продовження таблиці 1.1

076 Підприємництво та торгівля	
СК	Здатність враховувати основні закономірності та сучасні досягнення у підприємницькій, торговельній та біржовій діяльності (СК 1); здатність обирати та використовувати відповідні методи, інструментарій для обґрунтування рішень щодо діяльності підприємства (СК 2); здатність застосовувати інноваційні підходи у діяльності підприємницьких, торговельних та біржових структур (СК 3); здатність застосовувати основи обліку, оподаткування і страхування у підприємницькій, торговельній та біржовій діяльності (СК 7).
181 Харчові технології	
ЗК	Здатності зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ЗК 2); здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3); використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 6); здатності вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 7); оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 8).
СК	Здатність застосовувати практичні уміння і навички під час виробництва якісної і безпечної продукції (СК 4); здатність заповнювати обліково-звітну документацію і проводити технологічні та економічні розрахунки (СК 6).
029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа	
ЗК	Здатності зберігати та примножувати моральні, культурні цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця в загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ЗК 2); здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3); здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 7).
СК	Здатність працювати з системами, які сприяють організації, збереженню, обміну та поширенню знань, інформації і документів (СК 1); здатність здійснювати збирання й оброблення інформації та документів для їх зберігання, опрацювання, інформаційного пошуку, використання і поширення (СК 2); здатність підтримувати комунікацію з усіма суб'єктами інформаційного середовища, виходячи із цілей спілкування (СК 5); здатність працювати з електронними ресурсами, застосовувати інформаційні та комп'ютерні технології в процесі комунікації та роботи з інформацією і документами (СК 6).

Виокремимо результати навчання передбачені у Стандарті [143], які можемо підвищити шляхом впровадження STEM-навчання для студентів коледжів зазначених вище спеціальностей (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

**Результати навчання, яких можна досягнути через
формування STEM-компетентностей**

Спеціальність	Результати навчання
1	2
072 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок	Застосовувати набуті теоретичні знання у практичній діяльності для розв'язання професійних завдань (РН 06); застосовувати сучасне інформаційне та програмне забезпечення для отримання й обробки даних у сфері фінансів, банківської справи та страхування (РН 07); здійснювати пошук, відбір та опрацювання інформації з різних джерел у процесі професійної діяльності (РН 08); застосовувати інновації у сфері фінансів, банківської справи та страхування (РН 14); виявляти навички самостійної роботи та роботи в команді, демонструвати гнучке мислення, відкритість до нових знань (РН 15).
071 Облік і оподаткування	Застосовувати математичний інструментарій для розв'язання прикладних завдань у сфері обліку і оподаткування (РН 5); застосовувати спеціалізовані інформаційні системи і комп'ютерні технології для розв'язання задач з обробки даних у сфері професійної діяльності (РН 12); вміти працювати самостійно і в команді, нести професійну відповідальність за результати роботи, дотримуватися норм та стандартів професійної етики для досягнення спільної мети (РН 16)
076 Підприємництво та торгівля	Використовувати сучасні комп'ютерні й телекомунікаційні технології обміну та поширення професійно спрямованої інформації у сфері підприємництва, торгівлі та біржової діяльності (РН 4); здійснювати пошук, самостійний відбір інформації з різних джерел у сфері підприємницької, торговельної та біржової діяльності (РН 5); проявляти ініціативу та підприємливість, володіти навичками міжособистісної взаємодії для досягнення професійної мети (РН 6); застосовувати інноваційні підходи у підприємницькій, торговельній та біржовій діяльності (РН 9).

Продовження таблиці 1.2

1	2
181 Харчові технології	Застосовувати закономірності фізико-хімічних, біохімічних і мікробіологічних перетворень основних компонентів продовольчої сировини під час виробництва та зберігання готової продукції (РН 2); проводити технологічні, техніко-економічні розрахунки сировини, матеріальних ресурсів і заповнювати обліково-звітну документацію (РН 11); застосовувати спеціальне програмне забезпечення та інформаційно-комунікаційні технології у професійній діяльності (РН 13); застосовувати ресурсоощадні та конкурентоспроможні технології для підвищення ефективності виробництва (РН 14)
029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа	Знати та пояснювати специфіку процесів збирання, створення, опрацювання, зберігання, пошуку, поширення, охорони, захисту інформації/знань і документів (РН 5); застосовувати інструменти і методи збору, аналізу, класифікації, організації та поширення інформації та документів у різних форматах (РН 6); застосовувати стандартні технології просування/промоції читання та споживання якісної, достовірної інформації з метою дотримання правил інформаційної безпеки (РН 10); застосовувати інформаційні та комп'ютерні технології в процесі створення, обробки, систематизації, зберігання інформації/документів (РН 11); демонструвати інформаційну грамотність під час виконання професійних завдань (РН 15); застосовувати засоби та інструменти міжособистісної, у тому числі професійної, комунікації і взаємодії з іншими (РН 16).

Впроваджуючи STEM-навчання у заклади ФПО ми вчимо студентів гнучкому мисленню, пошуку та аналізу інформації, навчаємо застосовувати математичний інструментарій для розв'язання прикладних завдань, використовувати інформаційно-комунікаційні технології у професійній діяльності та іншим важливим аспектам, які передбачені у Стандарті як результати навчання.

У сфері фінансів, банківської справи та страхування (**072 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок**), математичні знання

є необхідними для вирішення складних проблем і прийняття обґрунтованих рішень. Методика STEM-навчання математики забезпечує студентам інтерактивний, захоплюючий та ефективний спосіб засвоєння матеріалу, що допомагає забезпечити їхню успішність в сучасному конкурентному світі.

Проведення STEM-занять математики для студентів фінансових спеціальностей вимагає ретельного планування та підбору відповідного матеріалу. Важливим є показати студентам практичне застосування математики в їхній майбутній професійній діяльності. Наприклад, можна розробити проєкт, в якому студенти здійснюватимуть фінансовий аналіз компаній, аналізуючи їхні фінансові звіти та прогнозуючи подальший розвиток. Такий підхід розвиватиме у студентів практичні навички, допоможе усвідомити, наскільки математика є важливою у сфері фінансів.

В оцінюванні успішності у STEM-навчанні математики використовуються як традиційні методи, так і альтернативні. Традиційні методи оцінювання, такі як письмові контрольні роботи та іспити, надають загальну оцінку знань студентів. Альтернативні методи, такі як проєктні завдання, практичні роботи та публічні презентації, дозволяють оцінити не лише знання, а й здатність студентів до критичного мислення та розв'язання реальних проблем.

О. Зайцев, М. Колтакова [101], розглядають педагогічні умови формування професійної компетентності студентів спеціальності Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок, зокрема виділяють такі умови: 1) навчальну діяльність розглядати як систему, що містить дві підсистеми: діяльність студента і діяльність навчання; 2) предметом навчальної діяльності є досвід студента, який утворюється у процесі учіння шляхом привласнення елементів соціального досвіду; 3) розвитку студента сприяє лише та навчальна діяльність, яка має цілісний характер; 4) навчальну діяльність розуміти як діяльність продуктивну, творчу, у процесі якої студент засвоює професійні знання і способи їх здобуття, а викладач цьому сприяє.

Автори також підкреслюють важливість розвитку професійної компетентності в контексті сучасних викликів у фінансовій та банківській сферах. Вони зазначають ефективні педагогічні підходи та методи, які б сприяли розвитку професійних навичок та знань студентів.

О. Сліпушко [188] розглядає використання практико-орієнтованого підходу у викладанні дисципліни «Мікроекономіка» для студентів спеціальності Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок. Цей підхід передбачає використання ситуаційних завдань, які моделюють реальні сценарії, пов'язані з діяльністю банківських фахівців. Задачі поділяються на предметні, пов'язані з соціальним життям та пов'язані з майбутньою професією. Автор підкреслює, що ситуаційні задачі підвищують мотивацію студентів до навчання, і пропонує розроблений збірник таких задач для мікроекономіки.

Студенти, які навчаються за спеціальністю **071 Облік і оподаткування**, повинні розуміти різні види податків, правила їх обчислення та збору. Математичні навички допомагають здійснювати точні розрахунки і виконувати облік операцій з податками.

Математика є основою для аналізу фінансових звітів, бюджетів і інших даних про фінансову діяльність компаній та підприємств. Вміння працювати з числовими даними дозволяє здійснювати звірку, виявляти неточності і здійснювати аналіз фінансових результатів. Також при підготовці фінансових планів важливо оперувати числовими даними, виконувати розрахунки та прогнози. Математичні методи і статистичний аналіз допомагають здійснювати аналіз та прогнозування фінансових показників.

П. Куцик, В. Шевчук та І. Дерун [133] акцентують увагу на необхідності переосмислення парадигми бухгалтерського обліку в умовах діджиталізації та глобалізації, а також пропонують інтеграцію STEM-освіти у підготовку фахівців з бухгалтерського обліку для ефективного вирішення сучасних викликів. Підкреслюють практичну значущість такого підходу для

підвищення конкурентоспроможності майбутніх фахівців з бухгалтерського обліку та сприяння національній безпеці в умовах зовнішніх загроз.

Слід зазначити, що в практичній діяльності сьогодні дедалі більшу роль відіграють сучасні інформаційні технології, що своєю чергою впливає на формування необхідних знань, умінь та навичок студентів. Це ще більшою мірою підвищує необхідність упровадження концепції STEM, підкреслюючи важливість технологій та інженерії як складових STEM.

У сфері обліку і оподаткування можна використовувати різні комп'ютерні програми математичного спрямування, які сприяють аналізу фінансових даних, виконанню розрахунків, оподаткуванню та фінансовому плануванню. Про них детальніше ми висвітлили у другому розділі.

У спеціальності **076 Підприємництво та торгівля** математика відіграє значну роль у різних аспектах підприємницької та фінансової діяльності. Математика є фундаментальним інструментом для підприємців та фахівців, які займаються торгівлею та біржовою діяльністю, для прийняття обґрунтованих рішень, аналізу ринкових тенденцій та ефективного управління фінансовими ресурсами.

Вивчення математики є важливим для створення бюджетів, встановлення фінансових цілей та прогнозування майбутніх доходів і витрат. Ці розрахунки допомагають підприємцям планувати свою діяльність, розподіляти ресурси та приймати стратегічні рішення.

Для підприємств, що займаються торгівлею та біржовою діяльністю, управління запасами має вирішальне значення для підтримання належного рівня запасів при мінімізації операційних витрат. Математика допомагає визначити оптимальний рівень запасів, точки повторного замовлення та стратегії поповнення запасів.

Оскільки підприємства прагнуть до інновацій, ефективності та конкурентоспроможності, інженерія та технології відіграють вирішальну роль у різних аспектах їхньої діяльності.

Ураховуючи, що інженерія відіграє центральну роль у проєктуванні, розробці та вдосконаленні продуктів і послуг, підприємці часто потребують інженерних знань для створення інноваційних та готових до виходу на ринок пропозицій, які відповідають вимогам клієнтів. Технології та інженерія є життєво важливими для налагодження ефективних виробничих процесів та оптимізації виробничих робочих процесів. Автоматизація, робототехніка та технологічний інжиніринг допомагають компаніям покращити виробничі можливості та зменшити витрати.

Технології Інтернет речей (IoT) дозволяють бізнесу збирати дані в режимі реального часу з різних джерел, що призводить до покращення управління запасами, прогнозного обслуговування та персоналізованого обслуговування клієнтів.

Підприємці цієї спеціальності часто використовують цифрові платформи та маркетплейси для розширення свого охоплення та зв'язку з ширшою клієнтською базою. Технології забезпечують безперешкодну інтеграцію та управління цими платформами.

Технологічні інструменти та платформи дозволяють підприємцям збирати ринкову інформацію, відстежувати тенденції та аналізувати поведінку споживачів, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення.

Таким чином, інженерія та технології тісно переплітаються зі спеціальністю Підприємництво та торгівля. Впровадження STEM-навчання дозволить компаніям підвищити продуктивність, інновації та якість обслуговування клієнтів, тим самим отримуючи конкурентну перевагу в динамічному та мінливому бізнес-середовищі. Підприємці, які розуміють потенціал інженерії та технологій у своїй галузі, можуть сприяти зростанню, ефективності та успіху своїх підприємств.

Загалом, математика та інші STEM-дисципліни є незамінним інструментом на спеціальності Підприємництво та торгівля. Підприємці та професіонали покладаються на математичні методи для прийняття рішень на

основі даних, управління фінансами, оцінки ризиків та оптимізації бізнес-процесів.

У. Дудка [96] досліджує ефективність використання інформаційно-комунікаційних технологій у підготовці економістів до роботи за фахом. Автор акцентує на важливості формування готовності майбутніх економістів до професійної діяльності засобами ІКТ, зокрема рекомендує використовувати комп'ютерно орієнтовані форми та методи організації навчання, активізувати пізнавальну діяльність засобами ІКТ, організувати дистанційне навчання на базі системи MOODL.

Спеціальність **181 Харчові технології** – це мультидисциплінарна галузь, яка передбачає застосування різних наукових принципів, інженерні концепції та технологічні досягнення у виробництві, переробці, збереженні та розподілі харчових продуктів. Математика надає необхідні інструменти і методи для вирішення кількісних проблем і прийняття обґрунтованих рішень по всьому ланцюжку виробництва харчових продуктів.

В. Гиндрюк, Н. Юрченко [86] стверджують, що формування математичних вмінь студентів спеціальності 181 Харчові технології є складовою їх успіху в професійній діяльності. Важливою базою є вміння розв'язувати задачі за допомогою рівнянь та їх систем. Автори пропонують ввести до вивчення правило Крамера для випадків $n=2$ і $n=3$ в межах дисципліни «Математика» з відповідним практичним застосуванням на задачах фахового спрямування і продовжити вивчення теми в загальному випадку в межах дисципліни «Вища математика».

Не менш важливим є інженерія та технології. Інженери використовують технології для оптимізації операцій з переробки харчових продуктів, роблячи їх більш ефективними, економічно вигідними та екологічно стійкими. Це включає в себе підвищення врожайності, зменшення відходів і підвищення загальної продуктивності процесу.

Отже, вивчення STEM-дисциплін є важливим для спеціальності 181 Харчові технології, оскільки математика – це інструмент, який дозволяє харчовим технологам приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати процеси, забезпечувати безпеку та якість харчових продуктів, а також сприяти ефективному та сталому виробництву безпечних та поживних продуктів харчування. Інженерія та технології відіграють ключову роль у впровадженні інновацій, підвищенні ефективності та безпечності харчової промисловості. Вони сприяють постійному вдосконаленню харчових процесів і продуктів, допомагаючи задовольнити зростаючий попит на безпечні, поживні та стійкі продукти харчування.

У спеціальності **029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа** STEM відіграє важливу роль у різних аспектах галузі. Хоча ця спеціальність в першу чергу зосереджена на управлінні та збереженні інформації, документів і записів у бібліотеках та архівах, математика надає важливу підтримку в різних сферах.

Наприклад, може допомогти в аналізі даних, пов'язаних з використанням бібліотечних матеріалів, таких як статистика книжкового обігу, демографічні дані про відвідувачів і тенденції в структурі запозичень. Застосовуючи статистичні методи, бібліотекари та архівісти можуть приймати обґрунтовані рішення щодо розвитку колекцій, розподілу ресурсів та виявлення прогалин у своїх фондах.

Системи каталогізації та класифікації часто передбачають застосування математичних принципів для створення ефективних і логічних структур для організації інформації. Ці системи використовують коди, номери і категорії, щоб забезпечити легкий пошук і доступність інформації для користувачів.

Бібліотеки та архіви покладаються на бази даних для ефективного управління великими обсягами інформації. Математика і методи моделювання даних мають важливе значення при розробці та оптимізації баз даних для ефективного зберігання, пошуку і маніпулювання записами.

Також, математика має важливе значення для проведення досліджень, пов'язаних з бібліотечною та архівною справою. Дослідники можуть використовувати статистичні методи для аналізу даних, оцінки задоволеності користувачів або оцінки впливу інформаційних послуг і ресурсів.

Не менш важливими є інженерія та технології. Оскільки технології продовжують стрімко розвиватися, їх інтеграція у спеціальність ІБАС стала необхідною для ефективного управління, збереження та поширення інформації. Оскільки ця спеціальність має справу з величезними обсягами даних, то технології допомагають в організації, інтеграції та аналізі даних, дозволяючи бібліотекарям і архівістам приймати рішення на основі даних щодо розвитку колекцій і розподілу ресурсів.

О. Анісімова та інші [194] підкреслюють важливість діджиталізації як ключового механізму формування інформаційного суспільства. Автори висвітлюють значення бібліотек у формуванні медіа- та інформаційної культури і підкреслюють, що суспільні трансформації докорінно змінюють сутність і напрями бібліотечної роботи.

Зручним є і те, що технології дозволяють поширювати інформацію серед широкої аудиторії. Це включає використання онлайн-каталогів, цифрових сховищ та електронних видавничих платформ, щоб зробити ресурси більш доступними для користувачів по всьому світу. Технології покращують користувацький досвід у бібліотеках та архівах. Зручні інтерфейси, інтерактивні дисплеї та додатки віртуальної реальності можуть збагатити спосіб взаємодії користувачів з інформацією.

У своїй роботі І. Гузій [91] зосереджує увагу на інтегративному підході до професійної підготовки майбутніх фахівців інформаційної, бібліотечної та архівної справи. Автор відзначає декілька важливих напрямів його використання: інтеграція професій, інтеграція знань, інтеграція умінь, інтеграція цінностей, інтеграція науково-методичного забезпечення тощо.

Таким чином, STEM-дисципліни є важливими і при вивченні галузі інформаційної, бібліотечної та архівної справи. Загалом, математика забезпечує міцну основу для прийняття науково обґрунтованих рішень, ефективної організації інформації та ефективного управління в галузі інформаційної, бібліотечної та архівної справи. Вона дозволяє фахівцям цієї спеціальності краще розуміти потреби користувачів, оптимізувати використання ресурсів та підвищити доступність і зручність використання інформації для суспільства, якому вони служать.

Інженерія та технології зробили революцію в цій галузі, запропонувавши інноваційні рішення для ефективного управління, збереження та поширення інформації в цифрову епоху. Використання цих технологічних досягнень дає можливість бібліотекарів і архівістам задовольняти потреби своїх користувачів, оптимізуючи при цьому робочі процеси і покращуючи загальний користувацький досвід.

Розглянувши STEM у контексті вивчення різних спеціальностей, можемо зробити висновок, що для кожної галузі STEM знаходить своє місце. Система освіти в Україні визнає важливість галузей STEM у стимулюванні економічного зростання, технологічного прогресу та інновацій. Також STEM-дисципліни тісно пов'язані з дослідженнями, тому багато навчальних закладів заохочують здобувачів освіти брати участь у дослідницьких проєктах і займатися науковими дослідженнями з раннього віку.

Увага до STEM-освіти зумовлена необхідністю підготовки кваліфікованої робочої сили, сприяння дослідженням та інноваціям, а також не відставати від світових досягнень у галузі науки і технологій. Оскільки важливість галузей STEM продовжує зростати, то коледжам необхідно посилювати свої програми та ініціативи, пов'язані з STEM.

Наразі фахова передвища освіта не достатньо спрямована на впровадження STEM-навчання, але орієнтована на підготовку компетентних та інноваційних випускників, які можуть ефективно сприяти науковим

дослідженням, технологічному прогресу та економічному зростанню в Україні та за її межами. Тож вбачаємо за необхідне посилення методики формування STEM-компетентностей студентів у закладах ФПО.

1.3. Структура, зміст та засоби діагностики сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики

1.3.1. Зміст поняття «STEM-компетентності»

Закон України «Про освіту» [107] надає таке визначення: «Компетентність – динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність» (стаття 1.1.15).

У Концепції нової української школи компетентність розглядається як «поєднання знань, способів мислення, поглядів, цінностей, навичок, умінь, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність». Це поняття ширше ніж у Законі України «Про освіту» та включає в себе компетенції як коло явищ, питань, у яких людина компетентна, тобто обізнана, авторитетна, має відповідний рівень пізнання й досвід [148, с. 12].

Змістовна структура поняття «компетентність» (competence) часто описується за допомогою моделі KSAO, яка містить наступні складові: знання (Knowledge), навички (Skills), вміння (Abilities) та інші (Other) характеристики [164, с. 118].

Компетентність в її традиційному розумінні в освіті, розширена в розрізі STEM, а саме в аспекті компетентності даних і диверсифікована в

сучасному цифровому середовищі, формує універсальну інструментальну компетентність як тип «вмію, розумію, як ...». Як зазначає С. Раков [175], візуальна компетентність, компетентність в галузі даних, медійна, інформаційна, ІКТ – все це лише окремі випадки універсальної інструментальної компетентності на основі інструментів або знаків, що застосовуються до текстів і зображень.

У той же час в літературі зростаючий перелік різних видів предметної компетентності відносять до типу «знаю, що ...». Така грамотність передбачає оволодіння базовими знаннями і навичками. Це оволодіння, іноді називають «функціональною компетентністю», підкреслюючи прикладний контекст, який використовується для функціонування в суспільстві, характер цих знань, найчастіше спирається на універсальні компетентності.

Компетентність часто пояснюють за допомогою стійких термінів, таких як «здатність до...», «комплекс умінь», «готовність до...», «знання в дії», «спроможність» та інші. З цього випливає, що компетентність – це цілісне утворення. Іншими словами, ні знання, ні вміння, ні досвід діяльності не є самі по собі компетентністю.

Під ключовими компетентностями мають на увазі найбільш універсальні компетентності. Їх формування відбувається в рамках кожного навчального предмета, фактично вони є надпредметними.

Враховуючи, що студенти приходять навчатись у коледж з сформованими навичками у базовій середній освіті і оскільки ще не затверджений Державний стандарт повної загальної середньої освіти, то ми зробили порівняння переліку ключових компетентностей за Державним стандартом базової середньої освіти України [94] та за рекомендацією Ради Європейського Союзу [5] (табл. 1.3). Прийшли до висновку що списки компетентностей мають багато спільного, але в Україні перелік є більш розширеним, в ЄС математичну компетентність та компетентність у галузі

науки, технологій та інженерії (STEM-компетентності) виділяють як єдине ціле, на відмінну від України.

Таблиця 1.3

**Порівняння переліку ключових компетентностей
за Державним стандартом України та за рекомендацією Ради ЄС**

Ключові компетентності за Державним стандартом України (від 30 вересня 2020 року)	Ключові компетентності за рекомендацією Ради Європейського Союзу (від 22 травня 2018 року)
вільне володіння державною мовою	багатомовна компетентність
здатність спілкуватися рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами	грамотність
математична компетентність	математична компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії (STEM-компетентності)
компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій	
інноваційність	
інформаційно-комунікаційна компетентність	цифрова компетентність
громадянські та соціальні компетентності	громадянська компетентність
навчання впродовж життя	особистісна, соціальна компетентність та вміння вчитися
культурна компетентність	культурна обізнаність та самовираження
підприємливість і фінансова грамотність	підприємницька компетентність
екологічна компетентність	

Формування STEM-компетентностей реалізується шляхом організації STEM-навчання. Проаналізувавши Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [168], зазначимо, що до таких компетентностей відносять: когнітивні навички, навички оброблення інформації, інтерпретації та аналізу даних, інженерне мислення, науково-дослідницькі навички, алгоритмічне мислення та цифрову грамотність, креативні якості та інноваційності, технологічні навички та навички комунікації.

Ця Концепція базується зокрема на програмному документі Міжнародного бюро з питань освіти ЮНЕСКО «Дослідження STEM-компетентностей для XXI століття». За визначенням ЮНЕСКО, STEM-компетентності – це здатність людини належним чином застосовувати знання, навички та ставлення з предметів STEM у повсякденному житті, на робочому місці чи в освітньому контексті. Ці компетентності не слід обмежувати та розвивати в традиційних межах окремих галузей наявних знань (наприклад, окремі фізичні чи цифрові компетентності). STEM-компетентності охоплює як «know-what» – знання, ставлення та цінності, пов’язані з дисциплінами, так і «know-how» – навички застосовувати належним чином ці знання з урахуванням етичних установок і цінностей [51, с. 11].

Питанням визначення поняття «STEM-компетентності», а також уточненням їх складових і розробкою моделей займалися такі українські та зарубіжні дослідники, як: Н. Балик, О. Барна, М. Бойко, Л. Гриневич, Х. Джанг, О. Кузьменко, Н. Морзе, В. Олексюк, Г. Онопченко, О. Онопченко, Н. Поліхун, К. Постова, О. Струтинська, І. Сліпухіна, Г. Шмигер та інші.

Базовими компонентами STEM-компетентностей, які відзначають багато науковців (Х. Джанг [15], Н. Балик, Г. Шмигер [67] та ін.), є навички вирішення проблем, уміння формулювати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення, уміння застосовувати знання в різних ситуаціях, навички соціального спілкування, здатність застосовувати навички мислення вищого рівня, технологічні та інженерні навички, навички управління часом, ресурсами та знаннями.

Розглянувши детально уміння та ставлення пов’язані з математичною компетентністю та компетентністю у галузі науки, техніки (інженерії) та технологій за Державним стандартом базової середньої освіти України [94] зробили узагальнення та виклали у таблицях 1.4-1.5.

Таблиця 1.4

**Уміння та ставлення пов'язані з математичною компетентністю
за Державним стандартом базової середньої освіти України [94]**

<i>Математична компетентність</i>	
<i>Уміння</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Встановлювати причино-наслідкові зв'язки, перетворювати інформацію з однієї форми в іншу. – Оперувати геометричними об'єктами на площині та в просторі, встановлювати кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності, створювати математичні моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, досліджувати, інтерпретувати та оцінювати результати. Здійснювати прогнози в контексті навчальних і практичних задач, доводити правильність тверджень, застосовувати логічні способи мислення під час розв'язування пізнавальних і практичних задач, пов'язаних з реальними об'єктами. – Використовувати математичні методи в життєвих ситуаціях, для виконання технологічних завдань у різних сферах діяльності, для розв'язання задач засобами цифрових технологій. – Відстежувати ланцюжки аргументів для збереження здоров'я, покращення добробуту. Використовувати математичні методи під час занять фізичною культурою і спортом, розраховувати фізичні можливості для досягнення мети в процесі заняття спортом, розраховувати раціон харчування тощо.
<i>Ставлення</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Готовність шукати пояснення та оцінювання правильності аргументів, оцінювати доцільність математичних методів у розв'язанні проблем природничого змісту, усвідомлення важливості математики як мови науки, техніки та технологій. – Усвідомлення ролі і значення точності та правильності вимірювань, обчислень і розрахунків для проектування і виготовлення виробів. – Прагнення обирати раціональні способи пояснення подій минулого, причин та можливих способів розв'язання сучасних соціальних, політичних, економічних проблем. – Усвідомлення взаємозв'язків математики і мистецтва, взаємозумовленості художньо-образного і математичного мислення у становленні особистості, усвідомлення важливості критичного мислення в процесі занять фізичною культурою і спортом.

Математична компетентність, за Державним стандартом базової середньої освіти України [94], передбачає здатність використовувати набуті математичні знання при розв'язуванні різноманітних буденних проблем, вміння моделювати процеси та ситуації із застосуванням математичного апарату, усвідомлювати роль використання математичних знань і вмінь в повсякденному житті людини.

Таблиця 1.5

**Уміння та ставлення пов'язані з компетентністю у галузі науки,
техніки (інженерії) за державним стандартом базової середньої
освіти України**

<i>Компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій</i>	
<i>Уміння</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Будувати та досліджувати математичні моделі природних явищ і процесів, робити висновки на основі міркувань та свідчень, обґрунтовувати рішення. – Здійснювати фіксування результатів та оцінювати точність вимірювань, класифікувати об'єкти, явища природи, технологічні процеси. – Використовувати наукові знання, здобутки техніки і технологій для розв'язання проблем, формулювати гіпотези, збирати дані, здійснювати експерименти, аналізувати і узагальнювати результати проектно-технологічної діяльності. – Використовувати наукові методи для розв'язання задач прикладного змісту засобами цифрових технологій, будувати та використовувати інформаційні моделі об'єктів, явищ і процесів для розв'язання проблем реального та віртуального світу. – Визначати загальні фізичні принципи будови і функціонування інформаційних систем і середовищ, цифрових пристроїв, розпізнавати вплив природних і технологічних чинників на безпеку, здоров'я і добробут. – Критично оцінювати наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища, використовувати технічні засоби для втілення художніх ідей. – Застосовувати знання з природничих наук для поліпшення фізичного стану.
<i>Ставлення</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Прагнути поглиблювати уявлення про цілісну наукову картину світу для суспільно-технологічного розвитку, критичне оцінювання досягнень науково-технічного прогресу, здобутків природничих наук і технік. – Емоційно-ціннісне сприйняття природи та її пізнання для успішного життя в соціоприродному середовищі, виявлення допитливості і пізнавального інтересу до природничих проблем, цивілізована взаємодія з природою, усвідомлення значення технологій у повсякденному житті. – Залученість до формування власної наукової культури, культурних цінностей науки, визнання цінності природних ресурсів для сьогодення та майбутніх поколінь і їх раціональне використання. – Усвідомлення взаємовпливу знань природничих наук, техніки, технологій і мистецтва, художнє осмислення людського досвіду, усвідомлення важливості бережливого природокористування. – Усвідомлення особливостей виконання фізичних вправ в різних природних умовах, усвідомлення значення досягнень сучасної техніки та технологій для фізичного самовдосконалення.

Також розглянули уміння та ставлення пов'язані з математичною компетентністю та компетентністю у галузі науки, техніки (інженерії) та

технологій за рекомендацією Ради Європейського Союзу [5], зробили узагальнення та виклали в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

**Уміння та ставлення пов'язані зі STEM-компетентностями
за рекомендацією Ради Європейського Союзу**

<i>Математична компетентність та компетентність у галузі науки, технологій та інженерії (STEM-компетентності)</i>	
<i>Поняття компетентності</i>	<i>Знання, вміння, навички та ставлення</i>
<p><i>Математична компетентність</i> – здатність застосовувати логіко-математичне мислення для вирішення проблем у повсякденному житті.</p> <p><i>Математична компетентність</i> передбачає здатність і бажання застосовувати логічне та просторове мислення, а також презентації (формули, моделі, конструкції, графіки, діаграми).</p>	<p><i>Знання</i> чисел, мір та структур, основних операцій, розуміння математичних термінів і понять, усвідомлення питань, на які математика може дати відповідь.</p> <p>Володіти <i>навичками</i> застосування базових математичних принципів і процесів у контексті повсякденного життя вдома та на роботі, застосовувати й оцінювати логічні ланцюжки аргументів. <i>Вміння</i>: математично обґрунтовувати, розуміти математичні докази і спілкуватися математичною мовою та використовувати відповідні засоби, зокрема статистичні дані та графіки.</p> <p><i>Ставлення</i> до математики ґрунтується на повазі до істини і готовності шукати причини та оцінювати їхню дійсність.</p>
<p><i>Компетентність в науці</i> – здатність і готовність пояснювати природний світ, використовуючи сукупність знань і методологію, включаючи спостереження та експерименти, щоб зробити висновки, що ґрунтуються на фактах.</p> <p><i>Компетентності в технологіях та інженерії</i> – здатність застосовувати знання та методології з метою задовольнити людські потреби.</p> <p><i>Компетентність у науках, технологіях та інженерії</i> передбачає розуміння змін, спричинених діяльністю людини, та її особисту відповідальність за наслідки таких змін.</p>	<p><i>Знання</i> включають основні принципи природного світу, фундаментальні наукові концепції, теорії, принципи та методи, технології і технологічні продукти та процеси, розуміння впливу науки, техніки, інженерії та діяльності людини загалом на природу. Розуміти досягнення, обмеження та ризики наукових теорій та застосування технологій у суспільствах.</p> <p><i>Вміння</i> включають організацію процесу вивчення природи через контрольовані експерименти, застосування принципів наукового дослідження, здатність використовувати технологічні інструменти і машини, наукові дані для досягнення мети або отримання доказового рішення.</p> <p><i>Ставлення</i>: цікавість, турбота про етичні проблеми, підтримка безпеки та екологічної стійкості, зокрема критичне оцінювання впливу технологічного прогресу на особистість, сім'ю, спільноту та світ загалом. Готовність відкинути власні переконання, коли вони суперечать новим експериментальним висновкам.</p>

Підсумовуючи зазначене, відмітимо, що в Україні розділяють математичну компетентність та компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій на дві різні компетентності, також розділяють їх уміння та ставлення, а у Європейському Союзі математичну компетентність і компетентність у науці, техніці та інженерії виділяють як одну компетентність, але їх опис розділяють на дві частини, як в Україні, при чому описують окремо знання, вміння, навички та ставлення. Також варто зазначити, що в уміння та ставлення STEM-компетентностей вкладають схожий зміст.

Деякі вчені у структурі STEM-компетентностей виокремлюють складові, наприклад, автори Н. Поліхун, К. Постова, І. Сліпухіна, Г. Онопченко, О. Онопченко [198] пропонують такі: науково-дослідницьку, проєктно-конструкторську, інформаційну, організаційно-управлінську та технологічну.

До складових STEM-компетентностей Л. Гриневич, Н. Морзе, М. Бойко [12] зараховують математичну компетентність, компетентність в природничих науках і технологіях, інформаційно-цифрову компетентність та екологічну грамотність.

Також автори [12] пропонують складові STEAM-компетентностей, до яких відносять всі складові STEM-компетентностей і додають підприємливість, володіння іноземною мовою, культурну компетентність, громадянську та соціальну компетентність.

Н. Морзе та О. Струтинська [35] до складових структури STEAM-компетентностей відносять: знання, уміння та навички у галузях STEAM, цифрову компетентність, дослідницьку компетентність, м'які навички та деякі інші ключові компетентності.

На основі вищезазначених складових STEM-компетентностей і аналізі компетентностей фахового молодшого бакалавра, зазначених у стандарті,

визначимо структурний склад STEM-компетентностей студентів фахових коледжів:

- 1) математична компетентність;
- 2) інформаційно-комунікаційна компетентність;
- 3) базова компетентність в галузях природознавства і техніки;
- 4) проєктно-технологічна компетентність;
- 5) м'які навички, зокрема критичне мислення.

Важливо не розглядати ці складові як ізольовані чи самостійні, а краще розглядати як пов'язані та цілісні. Оскільки для вирішення проблем та прийняття рішень потрібна інтеграція всіх складових.

Розглянемо зміст кожної із запропонованих складових. Математична компетентність передбачає використання отриманих математичних знань для вирішення різноманітних завдань у повсякденному житті, зокрема моделювання процесів та ситуацій за допомогою математичних інструментів, усвідомлення важливості використання математики в житті кожної людини. Також полягає у здатності використовувати логіко-математичне, просторове мислення для вирішення повсякденних проблем, включає навички представлення інформації (формули, моделі, графіки, діаграми). Детальніше розглядали математичну компетентність вище.

При описі наступних двох складових будемо спиратися на визначення ключових компетентностей у Державному стандарті базової середньої освіти [94]. Під інформаційно-комунікаційною компетентністю розуміємо вміння використовувати цифрові технології впевнено, критично і безпечно для навчання, особистого розвитку та інших життєвих ситуаціях. Здатність використовувати інформаційно-комунікаційні технології та відповідні засоби для виконання особистісних і суспільно значущих завдань.

Компетентність у галузі природничих наук і техніки передбачає формування наукового світогляду, охоплює вміння використовувати наукові знання й методології для пояснення світу природи. Також означає здатність

здійснювати дослідження природи й формулювати обґрунтовані висновки на основі зібраної інформації, розуміти зміни, зумовлені людською діяльністю та нести відповідальність за наслідки такої діяльності.

Зазначимо, що проєктно-технологічна компетентність передбачає формування знань та навички, пов'язаних з проєктуванням, розробкою та вирішенням технічних завдань та проблем.

До м'яких навичок відносимо креативні якості та інноваційність, навички комунікації та критичне мислення.

Під креативними якостями та інноваційністю розуміємо якості, що сприяють творчості та інноваційності студентів, здатності до прийняття креативних функціональних рішень, інноваційності (удосконалення існуючих продуктів, процесів та систем). Навички комунікації – це навички спілкування, ефективної взаємодії, роботи в команді, обмін ідеями, встановлення загальних цілей, що дає команді можливість розділити відповідальність за досягнення основних цілей, а також вміння працювати незалежно в команді, вміти бути як лідером, так і виконавцем, розуміти свою роль [168].

Оскільки на сьогодні поняття критичного мислення має велику кількість тлумачень у зарубіжній і вітчизняній науці, то вважаємо за доцільне розглянути це поняття детальніше.

Проблемі формування критичного мислення присвячені праці багатьох українських дослідників (Т. Воропай [197], Н. Козаченко [119], О. Кушнір, О. Лабенко, Т. Олійник, Ю. Стежко, С. Терно [193], О. Тягло [197] та ін.). Аналізуючи зарубіжну та вітчизняну літературу, можна говорити, що вчені по-різному підходять до трактування поняття «критичне мислення», але донині не існує єдиного його визначення.

Дослідниця особливостей критичного мислення Д. Халперн [10] визначає його як використання таких методів пізнання, що відрізняються контрольованістю, обґрунтованістю та цілеспрямованістю, збільшують

вірогідність отримання бажаного кінцевого результату. Ці методи використовуються під час розв'язування завдань, формулювання висновків, оцінювання й ухвалення рішень і вимагають навичок, які обґрунтовані й ефективні для конкретної ситуації і типу завдання.

До критичного мислення вдаються, коли необхідно розв'язати задачу, сформулювати висновки, зробити імовірнісну оцінку або ухвалити рішення, причому людина використовує ті навички, які обґрунтовані та ефективні для конкретної ситуації і типу розв'язуваної задачі.

М. Каллет [16] зазначає, що критичне мислення – це процес, який вимагає, розуміння ситуації, формування рішення і прийняття дій щодо висновку. Тобто цілеспрямований метод вдосконалення думок поза автоматичним, повсякденним способом мислення; процес, який використовує структуру та набір інструментів. Переваги полягають у зміні способу погляду на проблеми, упорядкуванні думок та врахуванні думок інших. Це стимулює нові перспективи та запобігає викривленню поглядів на ситуацію. У результаті покращуються навички вирішення проблем та прийняття рішень.

У цілому в наукових джерелах виявили різні підходи до розуміння критичного мислення, Н. Козаченко [119] виділяє три підходи до розуміння критичного мислення, які умовно називає так: психолого-педагогічний, логіко-методологічний та науковий.

Виділимо найбільш істотні, на наш погляд, вміння, які мають місце в більшості сучасних концепцій критичного мислення: перевіряти та оцінювати надійність джерел інформації; вміння виділяти та опрацьовувати необхідну інформацію; чітко формулювати власну позицію, бути точним у виборі мовних засобів; розглядати проблеми з різних позицій та порівнювати з різних кутів зору; вміння задавати питання для отримання інформації з метою її уточнення або перевірки; здатність приймати рішення і вміти обґрунтувати свій вибір.

Критичне мислення є однією зі складових STEM-компетентностей. Його визначають як здатність розуміти логічні зв'язки між концепціями, будувати, оцінювати та формулювати аргументи, виявляти невідповідності і помилки у міркуваннях (включаючи особисті), вирішувати проблеми системно, визначати актуальність і важливість ідей, обґрунтовувати власні судження та цінності, користуватися відповідними джерелами даних, робити висновки тощо [169].

О. Тягло та Т. Воропай [197] розглядають чотири етапи формування критичного мислення: актуалізація знань студентів з метою пробудження інтересу до теми та визначення мети вивчення конкретного навчального матеріалу; критичне осмислення нової інформації через читання та письмо; формування власної думки стосовно матеріалу (роздуми або рефлексія); узагальнення й оцінювання проблеми, визначення способів її вирішення через з'ясування та усвідомлення власних можливостей.

С. Терно [193] у своїй роботі зазначає, для того щоб студенти користувались своїми можливостями критичних мислителів, важливо, щоб педагог розвивав у них низку важливих якостей, серед яких готовність до планування, гнучкість, наполегливість, готовність виправляти свої помилки, усвідомлення, пошуку компромісних рішень.

Одним з основних результатів навчання має бути вміння студентів критично мислити. Це досягається через усвідомлення основних принципів, що характеризують цей процес, та їх практичне застосування. Кожен з цих принципів можна розглядати як розумову навичку: виявлення та оскарження припущень, перевірка фактичності та логічності, аналіз альтернативних підходів та врахування контексту.

Таким чином, для сприяння розвитку критичного мислення у студентів, викладачу варто створювати такі умови: навчати шляхом створення проблемних ситуацій, давати проблемні задачі та обговорювати шляхи їх розв'язання; заохочувати до аналізу власних думок та рефлексії; вчити

студентів принципам та стратегіям критичного мислення; створювати обставини для вибору, при цьому дозволяти припускатись помилок, навчати їх аналізувати, моделювати ситуації виправлення помилок. Дотримання цих вимог сприятиме розвитку критичного мислення у студентів.

Отже, *STEM-компетентності студентів закладів ФПО* визначаємо як інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості його складових: математичної компетентності; інформаційно-комунікаційної компетентності; базової компетентності в галузях природознавства і техніки; проєктно-технологічної компетентності; м'яких навичок, зокрема критичного мислення.

Вбачаємо за необхідне визначити критерії, показники та рівні сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти, зокрема у навчанні математики.

1.3.2. Критерії, показники та рівні сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики

Одним із завдань нашого дослідження є з'ясування та обґрунтування основних критеріїв і показників сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. У нашому дослідженні під «критерієм» ми розуміємо якісну ознаку, за допомогою якої буде оцінюватись ступінь сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики, а «показник», як складник критерію, буде конкретним проявом якості процесу формування STEM-компетентностей.

І. Зіненко [112] зазначає, що навчання математики сприяє розвитку основних універсальних компетентностей та інструментальної грамотності, таких, як: розв'язування задач, логічна аргументація, креативне поєднання

даних, комунікація з використанням даних, обробка інформації, практичні навички використання знань.

Якщо звернутися до досвіду іноземних держав, наприклад, Польща приєдналася до європейських дебатів про роль та якість освіти та професійної підготовки в рамках «Відкритого методу координації». У 2006 р. Європейський парламент прийняв рекомендації про ключові компетентності для навчання протягом усього життя. Втім, ця дискусія на європейському рівні не вплинула на національну політику в Польщі. За підсумками інтенсивної роботи експертів і громадських консультацій був представлений новий базовий Освітній стандарт [43]. Його вирізняла спрямованість на освітні результати, що зумовлені екзаменаційними стандартами, інтегрованими в базову освітню програму.

Він був організований на двох рівнях. Базовий рівень, який включає три-п'ять загальних вимог з кожній дисципліни, які визначають основну мету навчання за конкретним предметом на кожному ступені. Так, у молодшій середній школі загальні вимоги з математики включають математичне моделювання, стратегічне мислення, математичне обґрунтування і аргументацію. Весь процес навчання повинен бути спрямований на розвиток цих навичок. Другий рівень включає детальні вимоги, опис конкретних знань і навичок, якими повинні оволодіти студенти. Наприклад, вміння розв'язувати системи рівнянь. Однак ці деталізовані вимоги служать лише інструментом для досягнення більш широких цілей в рамках загальних вимог.

Рада допомоги освіті (Council for Aid to Education) – незалежна некомерційна організація, що працює в сфері освіти, визнаючи зростаючу значимість навичок XXI століття [4], виступила з ініціативою створення оціночної системи, якій могли б користуватися школи і установи освіти для оцінки розвитку в студентів математичної компетентності. Вона передбачає оцінку результатів діяльності і набір тестів для визначення навичок

критичного мислення, комунікації, критичного читання, наукового і математичного мислення. При виконанні завдань студенти повинні продемонструвати:

- розуміння, коли запропонована інформація відноситься до завдання, а коли ні (релевантна чи ні); аналіз і розуміння інформації, представленої в таблицях і цифрах;

- здатність оцінювати достовірність документів; вміння відділяти раціональні аргументи від емоційних;

- розуміння різниці між фактичною інформацією і думкою;

- вміння виявляти спірні або критичні припущення; уміння працювати з недостатньою, двозначною і суперечливою інформацією;

- вміння виявляти недостовірні відомості, можливу необ'єктивність і логічні помилки в аргументах;

- здатність визначати додаткову інформацію, яка могла б допомогти у вирішенні проблеми;

- вміння зважувати різні види доказів;

- вміння систематизувати і синтезувати інформацію з кількох джерел;

- вміння впорядковувати докази з різних джерел в письмовому вигляді.

Наприклад, в канадському Стандарті елементом математичної компетентності є використання навичок опрацювання інформації. Цей результат розділений на два більш вузьких [58]:

- вміння здійснювати план дій з використанням даних (збирати дані, проводити опитування, тестування, оновлення даних, моделювання, прогнозувати, формулювати висновки);

- вміння оцінювати розв'язання задачі з використанням даних (її обґрунтованість, приведення переконуючих аргументів, міркування, пояснення, доказ, міркування).

Яскрава ілюстрація іншого підходу – фінська Національна освітня програма [36]. У ній виділено сім наскрізних математичних

компетентностей: грамотність, числення, інформаційно-комунікаційні технології, критичне та креативне мислення, особливості та соціальні можливості, етичне розуміння, міжкультурне взаєморозуміння. Їх інтерпретація для різних курсів різна. У кожному році навчання відповідають певні наскрізні компетентності та галузі змісту освіти. Кожен освітній результат може бути пов'язаний з декількома наскрізними компетентностями і предметними галузями (табл. 1.7-1.8).

Таблиця 1.7

**Матриця освітніх результатів з математики згідно з фінською
Національною освітньою програмою**

Мета навчання	Предметні галузі, пов'язані із зазначеними цілями	Трансверсальні компетентності
1	2	3
Значення, цінності, установки		
Підтримувати інтерес студента до математики, підтримувати його впевненість, розвивати позитивну самооцінку і образ	Вміти розв'язувати рівняння та нерівності; вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Знати визначення та властивості понять, на основі яких створена ця компетентність; володіти знаннями та вміннями для розв'язання стандартних та нестандартних завдань, для постановки проблем та їх вирішення; продовжувати освіту, самоосвіту та особистісний розвиток
Робочі навички		
Допомагати студентам удосконалювати навички математичних спостережень, інтерпретувати і використовувати їх в різних ситуаціях	Вміти розв'язувати рівняння та нерівності; вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Отримати навички інноваційної, творчої та дослідницької діяльності

Продовження таблиці 1.7

1	2	3
Заохочувати студента представляти свої рішення і висновки за допомогою різних інструментів, малюнків, в усній і письмовій мові, в тому числі використовуючи ІКТ	Вміти розв'язувати рівняння та нерівності; вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Вміти застосовувати знання для вирішення навчально-пізнавальних та практико-орієнтованих завдань; отримати навички інноваційної, творчої та дослідницької діяльності; продовжувати освіту, самоосвіту та особистісний розвиток
Допомагати студентам розвивати навички мислення і розв'язання завдань	Вміти розв'язувати рівняння та нерівності; вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Знати визначення та властивості базисних та допоміжних понять, на основі яких створена ця базисна компетентність; продовжувати освіту, самоосвіту та особистісний розвиток

У першій колонці таблиці вказані предметні навички, що формуються при вивченні математики, в другій – навчальний матеріал, на якому вони формуються, в третій – універсальні (наскрізні) компетентності. Один результат може відповідати трьом різним компетентностям і кільком темам навчального предмету. Це комплексна організація освітніх результатів, компетентностей і учбового матеріалу. Один зі результатів з математики – інтерпретувати таблиці і діаграми, використовувати статистичні дані, в тому числі у вивченні ймовірностей.

Цей результат пов'язаний з такою галуззю навчального матеріалу, як «Обробка даних і програмне забезпечення, статистика і ймовірність» і з декількома наскрізними компетентностями. Для оцінки теж запропонована матрична структура – оцінюється, наскільки студент вміє створювати таблиці

на основі заданого набору даних, інтерпретувати таблиці і діаграми. Розбираючись в принципах цього підходу, слід звернутися до досліджень в галузі оволодіння «концептуальним знанням» (conceptual knowledge) [28].

Таблиця 1.8

Взаємозв'язок цілей навчання та предметних галузей

Мета навчання	Предметні галузі, пов'язані із зазначеними цілями	Трансверсальні компетентності
Допомагати студенту оволодіти математичними поняттями і позначеннями (записом)	Вміти розв'язувати рівняння та нерівності; вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Знати визначення та властивості базисних та допоміжних понять, на основі яких створена ця базисна компетентність; продовжувати освіту, самоосвіту та особистісний розвиток
Підтримувати студента в осягненні поняття числа і принципів десяткової системи числення	Вміти виконувати дії з геометричними фігурами, координатами та векторами	Знати визначення та властивості базисних та допоміжних понять, на основі яких створена ця базисна компетентність; отримати навички інноваційної, творчої та дослідницької діяльності;

Австралійська Національна освітня програма в значній мірі дотримується аналогічного підходу [1]. Результати навчання представлені під назвою Year Content (матеріал, який повинен бути вивчений за рік, який відбиває «предметні навички»). Вони представлені в форматі таблиці (матриці), де кожний результат пов'язаний з універсальними компетентностями («загальними здібностями»). Кожна з них ділиться на конкретні навички, які призводять до відповідного освітнього результату. Як і в Фінляндії, один результат навчання може бути пов'язаний з декількома STEM-компетентностями і предметними галузями.

У навчальній програмі з математики вказано наступний освітній результат «описати і інтерпретувати різні набори даних в контексті». Він пов'язаний з наступними загальними здібностями: грамотність (розуміння текстів за допомогою прослуховування, читання і перегляду), математична грамотність (інтерпретація статистичної інформації), критичне і креативне мислення (вивчення, виявлення, дослідження та організація інформації та ідей).

Для підтримки цього підходу був створений спеціальний веб-сайт, який дозволяє переглядати освітню програму нелінійним чином, пов'язувати освітні результати, універсальні компетентності і предметний матеріал, отримувати доступ до корисних ресурсів щодо методології і оцінки, змінювати і навіть завантажувати персоналізовану версію програми в залежності від обраних освітніх результатів.

У той же час традиційно в багатьох країнах зміст предметної освіти описується не в термінах результатів, а в термінах досліджуваних тем. Це відбувається, наприклад, в Англії та Китаї. Можливо, в цих країнах ідея розвитку STEM-компетентностей реалізується в недостатній мірі.

Стандарт шкільної освіти при такому підході сфокусований на розробці переліку предметних тем або навіть більш дрібних фрагментів навчального матеріалу, в яких вказані конкретні факти, дати, правила, формули та ін.

Ступінь деталізації досить висока, адже в цьому полягає суть такого підходу – регулювати, що саме повинні вивчати студенти. У цьому підході освітні результати об'єднані зі списком тем і формулюються з акцентом на знання різних предметів і фактів.

Визначимо критерії оцінки сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики (табл. 1.9).

Таблиця 1.9

Критерії оцінки STEM-компетентностей у навчанні математики

№	Структурні компоненти	Зміст компонентів	Критерії оцінки
1	Ціннісно-мотиваційний компонент	Пізнавальна мотивація і ціннісне ставлення до вивчення математики	Ціннісно-мотиваційний критерій. Наявність розвиненої пізнавальної мотивації до вивчення математики, ціннісного ставлення до математичних знань і вмінь, обумовлених особистісними і професійними інтересами в контексті сталого розвитку
2	Когнітивний компонент	Фундаментальні та прикладні математичні знання	Когнітивний критерій. Володіння фундаментальними і прикладними математичними знаннями, необхідними для формування загальної культури і майбутньої професійної діяльності
3	Креативно-діяльнісний компонент	Уміння, навички, досвід діяльності (пізнавальної, репродуктивної, творчої), якості мислення	Діяльнісний критерій. Готовність до самостійного застосування сформованих математичних знань, умінь, навичок, досвіду діяльності для вирішення професійних завдань
			Креативний критерій. Спроможність до збільшення математичних знань, умінь, навичок творчої діяльності при вирішенні професійних завдань в умовах досягнення стійкого розвитку
4	Рефлексивно-оцінний компонент	Рефлексивно-оцінні якості	Рефлексивний критерій. Володіння навичками рефлексії, критичного мислення, здатність до аналізу результатів власної діяльності та інших людей, самооцінці, самокорекції в контексті значущості мотивів у досягненні цілей

Аналіз табл. 1.9 показує, що використання STEM-компетентностей у навчанні математики як індикатору освітніх досягнень має величезний методичний потенціал перетворення навчального середовища з урахуванням

принципів освіти для сталого розвитку, інноваційний характер якої виявляється в орієнтації на формування креативно мислячого і морально мотивованого покоління, яке має відповідні компетентності і здатне жити в сучасному, швидко мінливому світі.

Критерії досягнення компетентності формуються залежно від різних аспектів прояву компетентності та їх кількість, як правило, варіюється від трьох до п'яти. Таким чином, сукупність індикаторів досягнення кожної конкретної компетентності служить достатньою умовою для оцінки компетентностей. Це означає, що індикатори досягнення можуть розглядатися як критерії оцінювання.

При такому підході природним чином виникають питання про те, як формулюються показники і встановлюється кількісна оцінка за кожним індикатором досягнень, як формулюються і де розміщуються відповідні оціночні засоби.

Під оціночним засобом ми розуміємо форму представлення контрольного завдання, яка складається з трьох частин. Перша частина є організаційно-методичною та служить викладачеві для опису об'єктів оцінювання (компетентності). Друга частина містить інструкцію для студентів щодо виконання контрольного завдання і саме завдання. Третьою частиною оцінного засобу є опис критеріїв, показників і процедури оцінювання, містить шкалу і межі оцінки успішного виконання завдання. Названі компоненти розміщуються в форматі електронного навчального методичного комплексу з дисципліни (наприклад, система MOODLE).

Таким чином, для того щоб перевірити сформованості STEM-компетентностей у навчанні математики, важливо мати систему критеріїв і показників. У таблиці 1.10 представлені критерії та показники оцінки результатів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики, а також форми контролю для їх перевірки.

Таблиця 1.10

Критерії та показники результатів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики

Критерії	Показники	Форма контролю
Математичні знання	Повнота Міцність	Тести, контрольні роботи, індивідуальні домашні завдання, інтернет-екзамен
Математичні вміння, навички	Усвідомленість Уміння застосувати математичні знання у вирішенні професійних завдань	Тести, індивідуальні домашні завдання, захист проєкту, його презентація
Навички роботи з математичними пакетами прикладних програм	Міцність Усвідомленість	Індивідуальні домашні завдання, захист проєкту, його презентація, віртуальні лабораторні роботи
Навички дослідницької, творчої діяльності	Зміст Оформлення та презентація Наявність дослідного потенціалу	Захист проєкту, його актуальність, новизна і презентація, есе
Володіння прийомами логічного, системного мислення	Повнота Міцність Усвідомленість	Тести, контрольні роботи, індивідуальні домашні завдання, інтернет-іспит

Критерії сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики за компонентами і рівнями представлено у таблицях 1.11 та 1.12.

Оскільки студенти 1-2 курсів коледжів навчаються за 12-бальною шкалою, то при розробці методики оцінювання рівня сформованості STEM-компетентностей розробили таблицю 1.12 з описами рівнів. Ця таблиця зрозуміла для студентів. Користуючись нею, студенти мали змогу самостійно визначати власний рівень STEM-компетентностей, а також перевірити чи зростає рівень у ході участі у STEM заходах.

Таблиця 1.11

Критерії сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики (за компонентами і рівнями)

	Ціннісно-мотиваційний	Креативно-діяльнісний	Когнітивний	Рефлексивно-оцінний
	1	2	3	4
Високий (10-12 балів)	<p>Чітко визначає строки реалізації завдань. Вміє планувати свою діяльність. Зацікавлений у виконанні завдання, розуміє значущість результатів, які будуть отримані, вміє спланувати власну діяльність.</p>	<p>Самостійно формулює мету та завдання визначені для виконання. Самостійно обрані методи забезпечують вирішення завдань повною мірою. Вміє працювати з різними джерелами, систематизувати та синтезувати отриману інформацію. Уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Володіє прийомами логічного та системного мислення, має навички дослідницької творчої діяльності. Завдання виконує в нормальному темпі.</p>	<p>Аналізує та розуміє інформацію представлену в цифрах та таблицях. Знає та вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Має навички роботи з математичними пакетами прикладних програм. Під час проведення діагностики усі тестові завдання діагностичних методик виконує з першого разу, без або з мінімальною допомогою; відповіді чіткі, правильно оформлені.</p>	<p>Вміє коректно оцінювати власні досягнення, наводити переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки. Вміє оформлювати результати своєї діяльності. Помічає та виправляє власні помилки.</p>
Достатній (7-9 балів)	<p>Визначає строки реалізації завдань, але виконує їх неповною мірою. Вміє планувати свою діяльність з незначною допомогою викладача. Зацікавлений у виконанні завдання, розуміє значущість результатів, які будуть отримані.</p>	<p>Самостійно формулює мету та завдання визначені для виконання. Самостійно обрані методи забезпечують вирішення завдань неповною мірою; або способи та методи вирішення завдань обирає, користуючись незначною допомогою викладача. Вміє працювати з різними джерелами, але систематизувати та синтезувати отриману інформацію вдається не завжди. Володіє прийомами логічного та системного мислення, має навички дослідницької творчої діяльності. Уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Темп виконання трохи сповільнений.</p>	<p>Розуміє відношення отриманої інформації до завдання. Аналізує та розуміє інформацію представлену в цифрах та таблицях. Знає та вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Має навички роботи з математичними пакетами прикладних програм. Тестові діагностичні завдання виконуються з першого або другого разу з допомогою викладача; відповіді неповні; наявні помилки при виконанні завдань.</p>	<p>Не завжди коректно вміє оцінити власні досягнення, навести переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, вміє відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки. Вміє оформлювати результати своєї діяльності, з незначною допомогою викладача. Помічає та виправляє власні помилки з допомогою викладача.</p>

Продовження табл. 1.11

	1	2	3	4
Середній (4-6 балів)	Не може чітко визначити строки реалізації завдань; визначені з допомогою викладача строки виконує неповною мірою. Зі значною допомогою викладача вдається спланувати діяльність.	Не може чітко сформулювати мету та завдання визначені для виконання. Способи та методи вирішення завдань обирає тільки за допомоги викладача. неповною мірою розуміє відношення отриманої інформації до завдання. Без допомоги не може знайти потрібну інформацію в джерелах, не вміє систематизувати та синтезувати отриману інформацію. Не володіє прийомами логічного та системного мислення, тільки частково має навички дослідницької творчої діяльності та уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Темп виконання повільний.	Неповною мірою розуміє відношення отриманої інформації до завдання. Частково розуміє, але не може проаналізувати інформацію представлену в цифрах та таблицях. Не вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Не має стійких навичок роботи з математичними пакетами прикладних програм. Тестові діагностичні завдання виконуються повільно, зі значною допомогою викладача; відповіді неповні; наявні грубі помилки при виконанні завдань.	Не вміє коректно оцінити власні досягнення, навести переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, не може відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки. Оформити та презентувати результати вдається тільки зі значною допомогою. Помилки не помічаються та не завжди виправляються студентом.
Початковий (0-3 бали)	Не може визначити строки реалізації завдань, відчуває труднощі з планування власних дій, не в повній мірі зацікавлений у виконанні завдання.	Не може визначити методи вирішення завдань. Без допомоги викладача не може самостійно визначити потрібні джерела інформації, прийомами логічного мислення не володіє. Темп виконання дуже сповільнений.	Не розуміє змісту завдання. Намагається із допомогою викладача працювати з цифровими інструментами, але їх використання дуже обмежено та неефективно для вирішення поставлених завдань. Тестові завдання діагностики повністю не виконані за відведений час, допускаються грубі помилки, не може впоратися без допомоги викладача.	Оцінити свої досягнення та досягнення інших не може, тому не помічає суттєвих недоліків у роботі. Оформити та презентувати результати роботи не вміє.

Нами визначено чотири критерії оцінки STEM-компетентностей студентів у навчанні математики: ціннісно-мотиваційний компонент; креативно-діяльнісний компонент; когнітивний компонент; рефлексивно-оцінний компонент. Діагностування навчальних досягнень студентів у процесі навчання математики та рівня сформованості STEM-

компетентностей на основі наведених критеріїв відповідно визначено нами чотири рівні: початковий, середній, достатній та високий.

Таблиця 1.12

Характеристика рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики

Рівні	Зміст показників
Високий рівень (10-12 балів)	<p>Самостійно формулює мету та завдання визначені для виконання, обирає способи та методи вирішення завдань, розуміє відношення отриманої інформації до завдання, чітко визначає строки їх реалізації, аналізує та розуміє інформацію представлену в цифрах та таблицях. Методи, обрані для вирішення завдань забезпечують їх вирішення повною мірою. Вміє працювати з різними джерелами, систематизувати та синтезувати отриману інформацію. Володіє прийомами логічного та системного мислення, має навички дослідницької творчої діяльності, уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Вміє коректно оцінювати власні досягнення, наводити переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки. Вміє планувати свою діяльність та оформлювати її результати. Вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Має навички роботи з математичними пакетами прикладних програм. Під час проведення діагностики усі тестові завдання діагностичних методик виконує з першого разу, без або з мінімальною допомогою; відповіді чіткі, правильно оформлені; помічає та виправляє власні помилки; завдання виконуються в нормальному темпі.</p>
Достатній рівень (7-9 балів)	<p>Самостійно формулює мету та завдання визначені для виконання. Способи та методи вирішення завдань обирає, користуючись незначною допомогою викладача, розуміє відношення отриманої інформації до завдання, визначає строки їх реалізації, але виконує їх неповною мірою. Аналізує та розуміє інформацію представлену в цифрах та таблицях. Методи, обрані для вирішення завдань забезпечують їх вирішення неповною мірою. Вміє працювати з різними джерелами, але систематизувати та синтезувати отриману інформацію вдається не завжди. Володіє прийомами логічного та системного мислення, має навички дослідницької творчої діяльності, уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Не завжди коректно вміє оцінити власні досягнення, навести переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, вміє відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки.</p> <p>Вміє планувати свою діяльність та оформлювати її результати. Вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Має навички роботи з математичними пакетами прикладних програм. Тестові діагностичні завдання виконуються з першого або другого разу з допомогою викладача; відповіді неповні; наявні помилки при виконанні завдань, але помилки помічаються та виправляються студентом з допомогою викладача; темп виконання трохи сповільнений.</p>

Продовження табл. 1.12

Середній рівень (4-6 балів)	<p>Не може чітко сформулювати мету та завдання визначені для виконання. Способи та методи вирішення завдань обирає тільки за допомоги викладача, неповною мірою розуміє відношення отриманої інформації до завдання та не може чітко визначити строки їх реалізації, визначені з допомогою викладача строки виконує неповною мірою. Частково розуміє, але не може проаналізувати інформацію представлену в цифрах та таблицях. Методи, обрані для вирішення завдань не забезпечують їх вирішення неповною мірою. Без допомоги не може знайти потрібну інформацію в джерелах, не вміє систематизувати та синтезувати отриману інформацію. Не володіє прийомами логічного та системного мислення, тільки частково має навички дослідницької творчої діяльності та уміння застосовувати математичні знання в практичній діяльності для вирішення завдань. Не вміє коректно оцінити власні досягнення, навести переконливі аргументи щодо переваг та недоліків у своїй роботі та в роботі інших, не може відстоювати свою думку, обґрунтовувати висновки. Зі значною допомогою викладача вдається спланувати діяльність, оформити та презентувати результати вдається тільки зі значною допомогою. Не вміє працювати із сучасними мережевими ресурсами та цифровими інструментами для вирішення поставлених завдань. Не має стійких навичок роботи з математичними пакетами прикладних програм. Тестові діагностичні завдання виконуються повільно, зі значною допомогою викладача; відповіді неповні; наявні грубі помилки при виконанні завдань, які не помічаються та не завжди виправляються студентом; темп виконання дуже повільний.</p>
Початковий рівень (0-3 бали)	<p>Студент не розуміє змісту завдання, не може визначити методи вирішення завдань та строки їх реалізації. Без допомоги викладача не може самостійно визначити потрібні джерела інформації, прийомами логічного мислення не володіє. Оцінити свої досягнення та досягнення інших не може, тому не помічає суттєвих недоліків у роботі. Оформити та презентувати результати роботи не вміє. Намагається із допомогою викладача працювати з цифровими інструментами, але їх використання дуже обмежено та неефективно для вирішення поставлених завдань. Тестові завдання діагностики повністю не виконані за відведений час, допускаються грубі помилки, студенти не можуть впоратися без допомоги викладача, темп виконання дуже сповільнений. Часто завдання недоступні студенту для виконання.</p>

Вважаємо за доцільне фіксувати рівні сформованості кожного критерію STEM-компетентностей відповідно до таких шкал: 10-12 балів – високий рівень, 7-9 балів – достатній рівень, 4-6 балів – середній рівень, менше 3 балів – початковий рівень.

Одним із завдань нашого дослідження є розробка структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Для викладачів математики ця модель може окреслити шлях ефективного формування

STEM-компетентностей студентів, основні методи і прийоми, що будуть використані у цьому процесі та діагностичний інструментарій STEM-компетентностей студентів закладів ФПО.

1.4. Структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики

Визначившись з розумінням поняття STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики і розробивши критерії, показники та рівні її сформованості, вбачаємо за потрібне обґрунтувати педагогічні умови формування STEM-компетентностей та розробити структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Здійснюючи моделювання досліджуваного процесу у власному дослідженні будемо спиратись на такі визначення понять «моделювання», «модель», «педагогічна модель», «структурно-функціональна модель», які є прийнятними для педагогічного дослідження.

У Великому тлумачному словнику української мови «моделювання» трактується як «дослідження яких-небудь об'єктів, систем, явищ, процесів шляхом побудови і вивчення їх моделей» [84, с. 684]. В українському педагогічному енциклопедичному словнику «моделювання» трактується як «матеріальна й умовна імітація реально наявної педагогічної системи шляхом формування моделей, які створюють принципи організації та функціонування цієї системи» [88, с. 213].

У словнику визначення моделі подають як «зразок, що імітує будову і дію якого-небудь об'єкта, використовується для одержання нових знань про об'єкт; уявний чи умовний (зображення, опис, схема і т. ін.) образ якого-

небудь об'єкта, процесу або явища, що використовується як його представник» [84, с. 684].

Отже, поняття «*модель*» розуміємо як схема, що відтворює будову і дію будь-якого об'єкта дослідження. За Н. Сороко: «При цьому мета моделі є передбачуваний результат педагогічної діяльності. Якщо мета «складна», її розкривають через сукупність завдань – результатів діяльності на проміжних етапах, у конкретних сферах (напрямах) та ін.» [189, с. 141]. Відображаючи чи відтворюючи об'єкт дослідження, модель здатна його замінити таким чином, що її вивчення може надати нам нову інформацію про цей об'єкт [114, с. 141].

Структурна модель призначена для графічного відображення структурних властивостей об'єкта, а функціональна модель використовується для аналізу функціональних характеристик новацій, проявів певних явищ, процесів або роботи системи, урахуваючи зв'язки зі внутрішніми та зовнішніми компонентами. *Структурно-функціональну модель* визначаємо як «графічний опис функціональних особливостей нововведення, проявів явища, процесу» [137, с. 53].

Поняття «*педагогічна модель*» одночасно трактують як схематизоване представлення усіх педагогічних заходів, що забезпечують ефективність і результативність даного процесу [138, с. 6-8]. Беручи до уваги рекомендації в науковій літературі, визначаємо структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики як сукупність усіх педагогічних заходів: принципів, методів та підходів, освітніх технологій та педагогічних умов, критеріїв і рівнів діагностування та оцінювання у досягнення поставленої мети в освітньому процесі.

Досліджуючи поняттєвий апарат STEM-освіти, автори [191] дійшли висновку про актуальність моделювання STEM-орієнтованого навчального середовища. Методичні основи організації хмарного навчального

середовища для навчання математичних дисциплін та інформатики розроблено М. Шишкіною, У. Когут, М. Попель [50].

Балик Н., Барна О., Шмигер Г. та Олексюк В. [2] розробили модель STEM-компетентностей викладачів, яка базується на моделі Х. Джанга [15]. Автори серед значної кількості критеріїв вибрали 37 основних критеріїв, які розподілили на три домени STEM-компетентностей: навички, знання, трудова діяльність. Кожен домен об'єднав критерії в такі групи: розв'язування задач; робота з людьми; робота з технікою; робота з організаційною системою.

Розробляючи СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики, ми спирались на досвід науковців з питань моделювання освітніх процесів Г. Іванової [114], Н. Сороко [189], О. Сажієнко [181], Н. Поліхун., К. Постова, І. Сліпухіна, Г. Онопченко, О. Онопченко [198] та ін.

Запропонована нами структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики, представлена на рис. 1.1. СФМ складається з блоків: зовнішні чинники, цільовий, змістовий, діяльнісний, діагностичний.

До *зовнішніх чинників*, які актуалізують STEM-освіту у фахових коледжах, відносимо наступні три блоки:

1) соціальне замовлення на підготовку висококваліфікованих STEM-фахівців;

2) розвиток інформаційно-комунікаційних та STEM-технологій, включаючи розробку спеціальних та адаптованих засобів навчання, у тому числі для навчання математики; сучасних засобів для STEM-навчання, STEM-центрів;

3) методологічний блок, який включає принципи навчання та основні підходи організації навчання, модернізацію технологій та методик навчання.

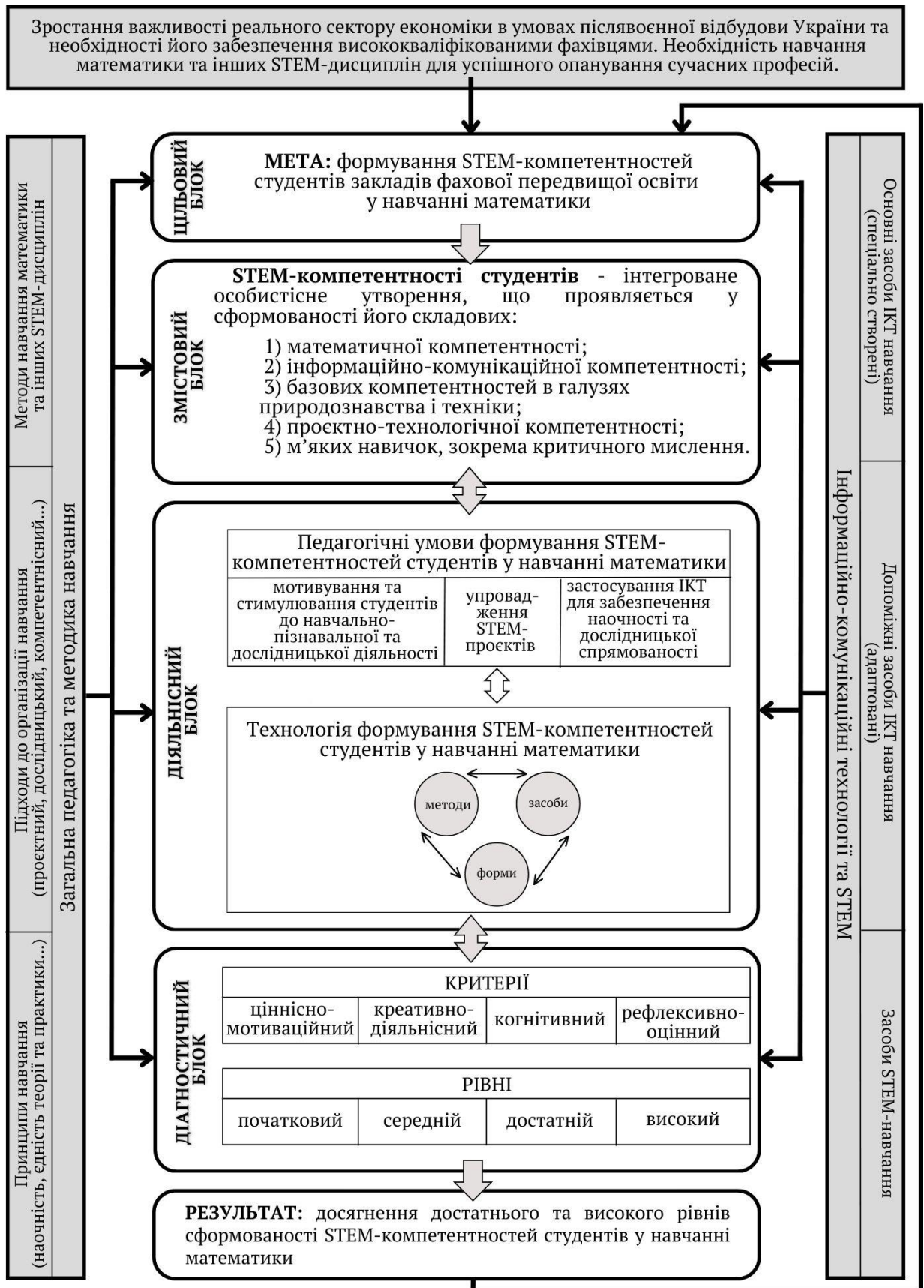


Рис. 1.1 Структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики

До *зовнішніх чинників (соціальне замовлення)* відносимо зростання важливості реального сектору економіки в умовах післявоєнної відбудови України та необхідності його забезпечення висококваліфікованими фахівцями; необхідність навчання математики та інших STEM-дисциплін для успішного опанування сучасних професій; потреба суспільства у всебічно розвинутій, освіченій особистості; суспільні вимоги до розвитку освіти. У наш час розвиток потенціалу особистості студентів є головним завданням сучасної системи освіти.

Розвиток нових технологій (*зовнішні чинники – технології*) зумовив зростання потреб суспільства у творчих людях, які здатні створювати нове, як у виробничому, так і в соціальному житті, уміють ставити та вирішувати принципово нові завдання, актуальні і для сучасного суспільства, і для майбутнього. В цих умовах традиційна система навчання, яка реалізує класичну модель освіти, стає непродуктивною. Сучасні викладачі повинні виконати важливе завдання по перебудові традиційного навчання, яке має за мету накопичення знань, умінь, навичок, у якісно новий процес розвитку та становлення нового покоління українців.

Сучасна міжнародна тенденція STEM-освіти є концепцією інтегрованої освіти за суміжними дисциплінами у міждисциплінарному та прикладному аспектах, що вважається на сьогодні стратегічно важливим, в тому числі на державному рівні в розвитку провідних країн світу для отримання конкурентної переваги в різних економічних галузях. STEM-освіта полегшує підготовку компетентних фахівців для високотехнологічних виробництв та пропонує великий науковий потенціал кожній державі. Отже, загальні глобальні тенденції висувають до освіти низку вимог:

- доступність, неперервність освіти та мобільність;
- підвищення якості у навчанні та вихованні;
- реформування освіти спрямоване на наступність кожного з етапів на шляху від початкової до профільної освіти;

- оновлення методів та підходів до освітнього процесу, які зумовлюють практичне застосування здобутих знань та вмінь, тобто професійне спрямування освіти;
- пріоритетність окремих напрямків освіти, які є найбільш перспективними на даний час;
- особистісно-орієнтоване спрямування освітніх процесів;
- мобільне поновлення методичної та матеріально-технічної бази навчальних закладів відносно розвитку науково-технічного прогресу;
- STEM-освіта як найбільш наближений підхід до означених пріоритетів в освіті.

Розглядаючи іноземний досвід в аспекті необхідності враховувати сучасні світові тенденції впровадження нових технологічних рішень для побудови педагогічної моделі STEM-компетентності, з'ясовано, що у багатьох країнах світу напрямки STEM-освіти розглядаються саме з позицій розвитку економіки, коли найближчим часом прогнозується брак фахівців за багатьма технологічними сучасними напрямками [131, с. 188]: 1) фахівці високотехнологічних виробництв, інженери, програмісти тощо; 2) з'являються та в недалекому майбутньому з'являться важливі фахові сфери, які зараз не виведені в окремі галузі та не зазначені як професійні напрямки; 3) фахівці «майбутнього» будуть здобувати знання в сучасних освітніх закладах за окремими перспективними предметами, тому саме на них потрібно орієнтуватися в першу чергу.

Тому важливим є аналіз досвіду впровадження STEM-освіти в освітні процеси на тлі загального реформування освіти в Україні. Важливою ідеєю в роботі дослідника є майбутнє технологій, які є новою формою творчого та наукового мислення; науковця, який може використовувати свої знання та вміння для створення переконливих STEM-програм; становлення творчих особистостей, які мають розвивати ідеї, застосовувати базові знання та

набувати навичок для розв'язування складних проблем у майбутній професійній діяльності.

Таким чином, прогресивні та динамічні зміни спонукають змінювати старі підходи формування особистості та здійснювати інтеграцію в нових умовах, за допомогою прогресивних педагогічних та психологічних методик. Пристосування студентів до сучасних умов, їх соціалізація, всебічний розвиток особистості є актуальними завданнями для сучасного етапу розвитку науки. Питання навчання та виховання повноцінної особистості в сучасній Україні спонукає до дієвих кроків як на державному рівні, так і на рівні кожного освітнього закладу.

Зовнішні чинники (методологічний блок). Перед сучасною науковою теоретичною та практичною педагогікою в Україні стоїть мета реалізації принципів Нової української школи в освітньому процесі, пошук ефективних шляхів та засобів впливу на почуття та поведінку, всебічного розвитку здібностей студентів та їх особистісних якостей з метою опанування ними знаннями та навичками, набуття необхідних компетентностей в процесі ефективної навчальної діяльності. У контексті цього потрібно виділити основні *методологічні підходи*, які були нами визначені як основа подальшого впровадження STEM в освітні процеси та формування STEM-компетентності у вивченні математики.

Дослідницький підхід у навчанні полягає в тому, щоб розглядати тему чи завдання з точки зору дослідження. Цей підхід включає розвиток низки важливих навичок, таких як формулювання математичних задач на основі аналізу суспільних та індивідуальних задач, створення відповідних моделей задач, висування та перевірка гіпотез, а також інтерпретація результатів. Крім цього, важливим є систематизація отриманих результатів, пошук їх можливих застосувань та встановлення зв'язків між різними розділами математики [175, с. 34].

Проектний підхід у навчанні відображає систему взаємодії та інтеграції навчального змісту, практичних умінь, сприяючи цілісності засвоєння знань та розвитку умінь для самостійного пошуку та розв'язання задач. Цей підхід у навчанні, базується на реальних проєктах та наукових засадах, а отримані результати можуть впроваджуватись у різні суспільні сфери [78, с. 10].

Компетентнісний підхід у навчанні орієнтований на досягнення результатів, які включають ієрархічно впорядковані ключові, загальногалузеві та предметні компетентності у навчальній діяльності. Цей підхід сприяє формуванню предметних знань умінь, навичок, а також і гуманістичних, культурних, мотиваційних та інших компонентів [175].

Діяльнісний підхід має забезпечувати організацію діяльності суб'єктів STEM-орієнтованого освітнього середовища, де всі учасники є активними у пізнанні, спілкуванні, практичній діяльності та інше [189, с. 179].

Особистісно-орієнтований підхід зумовлює формування особистісно-орієнтованого освітнього середовища, коли на перше місце виходять інтереси особистості того, хто вчиться, його особистісний розвиток [142, с. 546]. Впровадження STEM особистісного орієнтованого навчання вимагає від викладачів створення специфічних умов, які надають широкі можливості для організації навчального процесу із залученням широкого ряду можливих навчальних технологій та об'єднання для розв'язання завдань проєкту навчального матеріалу і засобів декількох шкільних предметів, одночасно створюючи комфортне навчальне середовище для зняття зайвої емоційної напруги студентів. У контексті забезпечення умов успішного функціонування системи особистісно-орієнтованого навчання особливо актуальним виявляється визначення, коли кінцевим результатом освіти постає не власне освіченість студентів, а становлення особистостей, тобто самобутніх, унікальних, творчих людей, що мають власні цінності у житті.

Когнітивний підхід – визначити актуальні наукові теми в рамках глобалізаційного процесу розвитку освіти для пошуку шляхів модернізації

освіти та розв'язання освітніх проблем. Це є стимулом у процесі розумового розвитку студентів в STEM-орієнтованому освітньому середовищі [189, с. 179].

Синергетичний підхід – підхід, який спрямовує студентів на самоорганізацію та саморозвиток, вимагаючи від учасників навчального процесу комплексного використання знань, умінь та навичок з усіх дисциплін STEM для вирішення завдань. Основа постійної позитивної взаємодії із зовнішнім середовищем, що веде до організаційних змін у самоосвіті [189, с. 179].

Диференційований підхід – це підхід, який полягає у забезпеченні форми організації освітньої діяльності учасників освітнього процесу, забезпеченні розкриття їх здібностей у відповідності їх освітнім інтересам. Під час навчання використовуються різні підходи для кожного з тих, хто навчається (індивідуальний підхід) або для груп студентів, розділених за рівнем успішності, станом здоров'я (рівнева диференціація), або за різними іншими аспектами: професійна спрямованість, тип мислення, стать тощо (типологічна диференціація) [189, с. 179].

Системний підхід – це комплексне вивчення досліджуваного питання, що включає аналітичний розгляд взаємозв'язків цілей, завдань, змісту, форматів і методів навчання у взаємодії компонентів освітнього процесу, якісних характеристик і загальної характеристики системних властивостей процесу навчання. Цей підхід спрямований на виявлення різних типів зв'язків між структурними елементами STEM-орієнтованих освітніх середовищ та об'єднання їх в єдину систему [189, с. 179].

Основні принципи формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики визначаємо відповідно до основних принципів STEM-напряму в освіті. Варто зазначити, що можна виділити широкий ряд принципів, які використовуються в процесі реалізації того чи іншого підходу в освітніх системах, але кожний підхід має домінуючий вектор, який його

об'єктивно характеризує. Виходячи з основних підходів до впровадження STEM в освітні процеси та спираючись на рекомендації у науковій літературі [138; 189; 198], визначаємо наступні принципи, які пропонуємо у *методологічному блоці* розробленої моделі: науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, усвідомленості, використання міжпредметних зв'язків.

В цьому контексті потрібно наголосити, що сьогодні за допомогою нових освітніх та інформаційних технологій педагог має можливість здійснювати освітній процес на засадах загальновідомих принципів дидактики, впроваджуючи цікаві групові чи парні форми роботи. Беззаперечним є той факт, що використання в тому числі гаджетів, комп'ютерної техніки мотивує та зацікавлює студентів до навчання, унаочнює традиційні заняття різноманітними інтерактивними видами діяльності, що також сприяє формуванню та розвитку креативності, творчості та критичного мислення, які є пріоритетними у новітньому світі технологічних можливостей.

Щодо ролі викладачів в сучасному освітньому процесі із застосуванням нових підходів до навчання та нових освітніх технологій та технологій ІКТ необхідним є зауважити, що традиційне навчання просто потерпає у конкурентній боротьбі з новим, але швидко пристосованим до уваги студентів способом сприйняття довілля та формування світогляду особистості. Тому сучасний педагог повинен шукати таких способів і методів роботи, які будуть максимально ефективними для представлення нового матеріалу, цікавими та доступними для розуміння сучасним студентам. Сучасним студентам потрібні сучасні педагоги, які вміють користуватися новими технологіями та передавати свої знання і вміння студентам в освітньому процесі.

Отже, педагогам в сучасному освітньому просторі недостатньо користуватися Інтернетом, комп'ютерним пристроєм та навчати за допомогою ІКТ. Тепер викладач зобов'язаний постійно розвивати та вдосконалювати свої технологічні та інформаційно-комунікаційні можливості шляхом впровадження нових освітніх технологій та мережевих ресурсів, цифрових інструментів для освітньої діяльності. Розвивати в студентів навички критичного усвідомлення інформації, вчити їх виявляти непевну інформацію, відрізняти факти від суджень, захищати від небезпеки інформаційного тиску та користуватися можливостями новітніх технологій, тобто проводити систематичну роботу, поступово формуючи необхідні компетентності студентів в процесі навчання.

Отже, важливе значення має постійне самовдосконалення та підвищення компетентності викладачів, набуття знань про новітні підходи до процесу навчання, підвищення кваліфікації та безперервного зростання професійної особистості.

Запропонована *структура моделі формування STEM-компетентностей* студентів у навчанні математики також складається з цільового, змістового, діяльнісного, діагностичного блоків, на кожному з яких вважаємо за потрібне зупинитися більш детально.

1. У *цільовому блоці* моделі представлено мету: формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. З метою ефективного функціонування в сучасному та майбутньому суспільстві важливо, щоб студенти мали достатньо базових знань та вмінь, сформованих компетентностей для використання різноманітних технологій та сучасних засобів STEM-навчання.

2. *Змістовий блок. STEM-компетентності студентів* – інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості його складових:

- 1) математичній компетентності;
- 2) інформаційно-комунікаційній компетентності;

- 3) базових компетентностях в галузях природознавства і техніки;
- 4) проєктно-технологічній компетентності,
- 5) м'яких навичок, зокрема критичному мисленні.

Згідно Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року, яка ґрунтується на компетентнісному та особистісно-орієнтованому підході до навчання, сучасна освіта зумовлює необхідність враховувати вікові особливості психофізичного розвитку учнів, передбачати здобуття ними умінь і навичок, необхідних для успішної самореалізації в майбутній професійній діяльності, особистому житті, громадській активності [167]. Студенти коледжів 1-2 курсів вивчають математику за програмою старшої школи, тому можемо розглядати Концепцію і для навчання студентів.

Відповідно до вимог *компетентнісного підходу*, завдання має бути близьким до реального стану життя людини, щоб полегшити використання знань з математики у життєвих ситуаціях. Студенти також повинні проаналізувати сильні та слабкі сторони кожного запропонованого рішення. Студенти мають бути забезпечені завданнями на розвиток здібностей, які чітко слідують міжпредметним зв'язкам та напрямкам застосування математичної освіти. Також потрібно пропонувати студентам компетентнісні задачі, у яких чітко прослідковуються міжпредметні зв'язки та прикладна спрямованість навчання математики, більше уваги приділяється професійно спрямованим завданням, оскільки студенти коледжів мають набути стійкої мотивації щодо професійної реалізації з обраної спеціальності.

3. Діяльнісний блок розробленої моделі поділено на дві складові, які зумовлюють загальні напрямки використання в роботі з формування STEM-компетентностей в процесі вивчення математики: педагогічні умови формування STEM-компетентностей студентів та технологію формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Також цей блок передбачає забезпечення зворотного зв'язку між педагогами та студентами в процесі опанування знаннями та вміннями стосовно вивчення математики засобами STEM-навчання.

Ю. Завалевський, С. Горбенко, О. Лозова [64] досліджують оптимальні *психолого-педагогічні умови впровадження STEM-освіти*, які трактують як наявність певних сприятливих педагогічних та психологічних чинників, що забезпечують ефективний педагогічний процес, спрямований на навчання, виховання і розвиток особистості.

Виокремлено наступні важливі *психолого-педагогічні умови*:

– цілеспрямована організація освітнього STEM-середовища у закладі освіти; зокрема, STEM-центрів закладів;

– наявність розробленого навчально-методичного забезпечення закладів освіти: методичних рекомендацій щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти [139; 140; 141], навчальних програм, методик STEM-освіти для викладання курсів, факультативів, організації роботи гуртків науково-технічних, з робототехніки, інженерії, природничих та аграрних дисциплін, сучасних наукових напрямів, новітніх технологій з урахуванням кращого національного та міжнародного досвіду;

– підвищення майстерності науково-педагогічних працівників через активне використання новітніх педагогічних підходів до викладання й оцінювання, інноваційних практик міжпредметного навчання, методів та засобів навчання з акцентом на розвиток дослідницьких та винахідницьких компетентностей;

– мотивація здобувачів освіти до науково-дослідної, конструкторської, винахідницької діяльності через залучення здобувачів освіти до спільної діяльності та комунікативного процесу, що в результаті стане їх професійним самовизначенням;

– співпраця представників закладів освіти та академічних наукових

установ, науково-дослідних лабораторій, наукових музеїв, природничих центрів, підприємств, громадських та інших організацій, у тому числі із залученням їх до створення освітнього середовища закладів освіти.

В. Пікалова в дисертаційній роботі [161, с. 119] обґрунтовує *комплекс педагогічних умов використання GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики*.

До таких умов вона відносить:

– створення хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації, підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra;

– навчально-пізнавальної, навчально-дослідницької, науково-дослідницької, проєктної;

– уведення в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra, який побудований на засадах технологічного підходу, передбачає поетапне залучення студентів до дослідження математичних об'єктів, об'єктів з інших дисциплін, об'єктів навколишнього світу й водночас до поступового оволодіння дослідницьким інструментарієм пакету GeoGebra;

– застосування комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання на основі організації їхньої позааудиторної роботи, залучення до діяльності GeoGebra-спільноти та використання індивідуального й групового коучингу.

Ми до *педагогічних умов формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики* відносимо:

1) мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики через

залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу;

2) упровадження STEM-проектів у навчанні математики;

3) застосування ІКТ для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики.

У роботі описуємо *педагогічні умови*, оскільки вони направлені не тільки на процес навчання, а й на взаємодію учасників процесу, студентів з викладачами, взаємодію з різними технічними засобами, а також на формування STEM-компетентностей.

Мотивування та стимулювання студентів є важливими аспектами навчального процесу. Використання різноманітних підходів та методів навчання, таких як групова робота, дискусії, використання цікавих прикладів, історій, впровадження практичних завдань, проектів, ІКТ, проведення інтегрованих занять – все це стимулює студентів до активної навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності.

Надання студентам можливості вільного вибору варіантів розв'язування завдань, вибору проектів тощо, забезпечення підтримки навчання студентів допомагає стимулювати самостійність, сприяє розвитку впевненості та зацікавлення у вивченні математики. Організація групової роботи для спільного розв'язання складних завдань чи проектів у математиці, сприяє взаємодопомозі та співпраці між студентами, розвиває навички командної роботи та вирішенню проблем шляхом обміну ідеями.

Залучення студентів до проведення власних досліджень, створення власних математичних проектів або вирішення реальних математичних проблем з підтримкою викладача у ролі коуча, сприяє зацікавленню вивченням математики через практичні та цікаві завдання.

О. Нежинська та В. Тищенко [147] зазначають, що коучинг – сучасна технологія для розвитку потенціалу людей і команд, спрямована на досягнення цілей, сприяє розкриттю внутрішнього потенціалу особистості.

Коучинг розвиває професійні та особисті якості, завдяки чому розвиваються нові здібності й навички, покращуючи ефективність роботи та життя взагалі. Наприклад, у роботі викладача зі студентами завданням педагога стає організувати процес самостійного пошуку студентами оптимальних рішень і відповідей на питання, що їх цікавлять.

Доцільно дозволити студентам самостійно вибирати завдання чи проєкти, які відповідають їхнім індивідуальним зацікавленням та потребам.

Упровадження STEM-проєктів у навчанні математики дозволяє об'єднати науку, технології, інженерію та математику для практичного застосування. STEM-проєкти допомагають застосовувати теоретичні математичні концепції у реальних ситуаціях, сприяють розвитку креативного та критичного мислення, командної роботи та проблемного підходу до вивчення математики.

Метод STEM-проєктів – це групова навчально-пізнавальна, творча чи ігрова діяльність, що має загальні цілі, методи та засоби застосування, інтегрує три чи більше дисципліни та має спрямування на досягнення загальних результатів. Основними складовими проєктної діяльності є п'ять «П»: постановка проблеми; проєктування / планування діяльності; пошук відомостей, варіантів розв'язування проблеми; спрямованість на отримання певного продукту діяльності; презентація / представлення результату.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні математики дозволяє створювати наочність та забезпечує дослідницьку діяльність у процесі навчання, сприяє активізації пізнавальної діяльності.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад, GeoGebra, Gran тощо, дозволить студентам проводити власні дослідження. Використання програмного забезпечення для створення візуальних моделей, діаграм, графіків, допоможе студентам зрозуміти матеріал, також виконання інтерактивних завдань, квестів, сприяє кращому засвоєнню матеріалу та формуванню STEM-компетентностей.

Застосування ІКТ у навчанні математики сприяє розумінню складних понять шляхом використання візуальних елементів, стимулює активність студентів через інтерактивність та допомагає формувати дослідницькі навички шляхом власного експериментування та дослідження. Впровадження нових освітніх технологій, мережевих ресурсів, цифрових інструментів сприяє розвитку критичного мислення, навчає аналізувати та опрацьовувати інформацію.

Підвищення мотивації у STEM-навчанні передбачається зокрема шляхом урізноманітнення методів і засобів, формування готовності до застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Використання прийомів застосування набутих математичних знань та вмій у життєвих ситуаціях сприятиме активізації творчої та пошуково-дослідницької діяльності студентів.

Як зазначає Ю. В. Триус [195], *технологія навчання у вузькому розумінні є взаємопоєднанням методів, засобів та форм навчання.*

Сучасну педагогічну технологію можна визначити як синтез здобутків педагогічної науки й практики, у поєднанні елементів традиційного підходу та нових досягнень науково-технічного прогресу. Розвиток освітнього процесу та його компонентів зараз пропонує великий вибір нових *технологій*, які є оптимізованими до навчального процесу.

Розглянемо, які інноваційні технології доцільно використовувати для формування STEM-компетентностей студентів фахових коледжів у навчанні математики. Мова йде, насамперед, про *інтерактивні технології, інформаційно-комунікаційні технології* з використанням електронних освітніх ресурсів у процесі навчання. Саме вони допомагають зробити сучасне заняття цікавим, а матеріал доступним для засвоєння та запам'ятовування.

Особливістю *особистісно-орієнтованих педагогічних технологій* є спрямованість на студентів, як суб'єктів самоактуалізації, самовираження і

самореалізації, що зумовлює певну освітню модель, яка зосереджена на індивідуальності здобувача освіти, що включає створення і реалізацію алгоритмів спільної навчальної діяльності її суб'єктів, відповідну організацію навчального змісту й вибір адекватних форм і методів навчання [142, с. 303]. *Інформаційно-комунікаційні, проблемно-пошукові, дослідницькі, конструкторські, проєктні, квест-технології* спрямовані на використання спеціалізованих навчальних програм, проєктних та дослідницьких методів, групову пошукову діяльність, різні форми взаємодії здобувачів освіти, як під час дистанційного навчання, тьюторства, так і під час особистого спілкування з однолітками, які мають спільні інтереси тощо.

Відкриті віртуальні класи, автоматизовані лабораторні практикуми віддаленого доступу надають студентам можливості для представлення навчального матеріалу засобами інтерактивних дошок, презентацій, електронного блокнота та ін., створення спільного освітнього продукту, використання сучасних мережевих технологій, мультимедіа, презентацій, віртуальної та доповненої реальності.

Також доцільно використовувати в процесі навчання математики *технологію «перевернутого» навчання (flipped learning)*. Вона передбачає, що студенти спочатку самостійно, у позаурочний час, вивчають новий матеріал за допомогою перегляду відеоуроків та додаткових джерел. Потім на заняттях разом обговорюють нові поняття, ідеї, в цей час викладач контролює процес обговорення і допомагає застосовувати нові знання на практиці.

Технологія Game Based Learning (гейміфікація) є теж ефективною під час вивчення математики, вона зумовлює імітацію реальної ситуації на принципах гри, що надасть можливості для формування якісних зв'язків між теоретичними та практичними знаннями з математики.

У STEM-навчанні математики значною мірою використовуються комп'ютерно-орієнтовані методи і форми навчання, опису яких присвячено

значну увагу Ю. В. Триусом [195]. Нами питання детальніше розкривалося у навчально-методичному посібнику [127]. З *методів навчання математики*, класифікованих за *характером навчально-пізнавальної діяльності*, у STEM-навчанні значною мірою використовують частково-пошуковий та дослідницький методи, у меншій мірі пояснювально-ілюстративний та репродуктивний методи.

З *методів навчання*, класифікованих за *джерелом здобуття знань*, з вербальних методів доцільно виокремити роботу з електронними підручниками, довідковим матеріалом комп'ютерних програм; опрацюванням відомостей, що отримуються через глобальну мережу. З наочних методів навчання значну увагу доцільно приділити роботі з навчаючими та навчально-контролюючими програмами; з практичних методів навчання – дослідницькій роботі у STEM-лабораторіях, обчислювальні експерименти, навчальні проекти.

Поширеними засобами навчання, які впливатимуть на формування STEM-компетентностей студентів, є робототехнічні, засоби для моделювання, конструювання, різноманітні лабораторні приладдя, електронні пристрої (наприклад, комп'ютери, телефони, планшети, проєктори, 3D-принтери, інтерактивні дошки, проєкційні столи), засоби ІКТ навчання (спеціально створені та адаптовані).

До *адаптованих засобів ІКТ навчання* ми відносимо Інтернет-сервіси Google (Google Docs, Google Sites, Google Forms, Google Disk, YouTube та ін.); офісні програми, зокрема Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint та ін.); сервіс для візуалізацій (наприклад Canva). До *спеціально створених засобів ІКТ навчання* відносимо системи динамічної математики, сервіси для створення інтерактивних вправ (WordWall, LearningApps, Kahoot та ін.), інтерактивних дошок (Padlet, Linoit), засоби доповненої та віртуальної реальності, сервіси для створення навчальних квест-кімнат. Зокрема, як один з важливих Engineering-інструментів пропонуємо використання *системи*

динамічної математики GeoGebra [127, с. 16]. Використання цих засобів допомагає реалізувати завдання моделювання різноманітних процесів і явищ, здійснювати проєктну та дослідницьку діяльність.

Засоби реалізації поставлених навчальних завдань, виходячи з сучасних умов реформування освітнього процесу в Україні, необхідно визначати з опорою на активне використання у навчання мережевих ресурсів, цифрових інструментів, гаджетів, комп'ютерів, які повсякчас використовують студенти у повсякденному житті з умовою опанування вміннями використовувати їх у навчальних процесах. Також обладнання аудиторій для офлайн та змішаного навчання повинно спрямовуватися на використання мультимедійних засобів.

Впровадження сучасних засобів ІКТ, таких як засоби наочності, системи динамічної математики, квест-кімнати, інтерактивні комп'ютерні вправи, офісні програми, дослідницькі онлайн середовища, засоби доповненої та віртуальної реальності, засоби побудови комп'ютерних моделей, відеоредактори та ін., призводить до змін в організації освітнього процесу та суттєво впливає на зміст і методику STEM-навчання.

Форми навчання в сучасних умовах не визначаються аудиторними заняттями, а можуть мати різні формати, виходячи з умов, які складаються на сьогодні в кожному регіоні країни, місті чи окремому закладі. Широкі можливості для проведення занять, які зумовлюють в окремих випадках самостійне, а в інших частково самостійне навчання студентів визначає роль викладача в освітньому процесі, коли застосування нових, в тому числі ІКТ та інтерактивних технологій надає можливість та визначає як необхідність для викладачів бути координаторами та кураторами процесу навчання.

Основні форми, які пропонуються в науковій літературі для роботи з формування STEM-компетентності під час вивчення математики:

1. STEM-заняття – це організація навчання групи постійного складу за певної тривалості занять, що включає інтеграцію декількох STEM-дисциплін.

2. Курс STEM поєднує кілька дисциплін STEM в одну навчальну дисципліну.

3. STEM-квест – командна гра, основною ідеєю якої є поетапне виконання задалегідь підготовлених логічних завдань зі STEM-дисциплін, спрямованих на отримання єдиного кінцевого результату.

4. STEM-хакатон – це спільна діяльність студентів з різними уподобаннями щодо STEM-дисциплін та напрямків, які працюють над розв'язанням поставленої проблеми або створенням нового продукту.

Форми організації, які ми пропонуємо для формування STEM-компетентності можуть бути визначені, як у вузькому розумінні – STEM-заняття, STEM-проекти, так і в широкому – STEM-тижні, наукові «пікніки», дні та тижні науки, STEM-фестивалі, STEM-хакатони, STEM-квести, що не виключає застосування традиційних форм, практичних, лабораторних та самостійних робіт, виконаних студентами та оцінених викладачем, консультативної, парної чи групової роботи.

4. Діагностичний блок.

Ф. Рейс детально описує різні методи оцінювання і акцентує увагу на тому, що *система оцінювання повинна бути*: обґрунтованою; надійною та несуперечливою; явною настільки, щоб студенти знали орієнтири; корисною для зворотного зв'язку; мотивуючою на подальше навчання [41, с. 102]

У цілому в педагогіці виділяють три основних типи оцінювання: діагностичне оцінювання, формувальне та підсумкове [7, с. 128].

1. *Діагностичне оцінювання (diagnostic assessment)*, допомагає визначити поточний стан знань з предмета в студентів, їх набір навичок та можливостей, виявляє проблеми перед процесом навчання.

2. *Формувальне оцінювання (formative assessment)* забезпечує зворотний зв'язок в ході навчального процесу. Саме цей тип оцінювання допомагає виміряти прогрес студента. Головною метою формувального оцінювання є виявлення тих областей, які потребують поліпшення.

3. *Підсумкове оцінювання (summative assessment)* відбувається після того, як курс або модуль був завершений та надає інформацію і зворотний зв'язок, що підсумовує весь курс навчання.

На нашу думку, слухними та корисними видами оцінювання на сьогодні є *самооцінювання (self-assessment)* та *взаємооцінювання (peer assessment)*. Погоджуємося з думкою Ф. Рейса [41], який зазначає, що є багато причин для впровадження самооцінювання та взаємооцінювання. А саме: студенти дізнаються більше про систему оцінювання та як вона може бути застосована на практиці. Таким чином, очікується від студентів більшої залученості в процес навчання [41, с. 102].

Технологія впровадження *критеріального підходу до оцінювання* полягає в тому, щоб максимально повно і докладно пояснити студентам систему подальшого оцінювання. Впровадження критеріального оцінювання дозволяє вирішувати низку завдань: точний та об'єктивний інструмент для визначення успішності виконання завдань; використання певних параметрів дозволяє з'єднати систему оцінювання з цілями студента; прозорість та процедурна визначеність системи критеріального оцінювання роблять її потенційно сильним інструментом для участі в навчальному процесі як керівництву навчального закладу, так і батьків; студент самостійно несе відповідальність та може спостерігати за процесом удосконалення власних компетентностей.

Складові діагностичного блоку визначені нами за основними критеріями оцінки STEM-компетентностей студентів у навчанні математики: ціннісно-мотиваційний компонент; креативно-діяльнісний компонент; когнітивний компонент; рефлексивно-оцінний компонент.

1. *Ціннісно-мотиваційний компонент* – пізнавальна мотивація і ціннісне ставлення до вивчення математики.

2. *Креативно-діяльнісний компонент* – вміння, навички, досвід діяльності (пізнавальної, репродуктивної, творчої), якості мислення.

Креативний критерій – спроможність до збільшення математичних знань, умінь, навичок творчої діяльності, діяльнісний критерій – готовність до самостійного застосування сформованих математичних знань, умінь, навичок, досвіду діяльності для вирішення поставлених навчальних завдань.

3. *Когнітивний компонент* – фундаментальні та прикладні математичні знання.

4. *Рефлексивно-оцінний компонент* – володіння навичками рефлексії, критичного мислення, здатність до аналізу результатів власної діяльності та інших людей, самооцінці, самокорекції.

Діагностування навчальних досягнень студентів у процесі навчання математики та рівня сформованості STEM-компетентностей на основі наведених вище критеріїв (компонентів) відповідно визначено нами чотири рівні: *початковий, середній, достатній та високий*.

Результат, який має бути досягнений в процесі реалізації запропонованої моделі є досягнення переваги достатнього та високого рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Схематично **функціональність моделі** представлено на рисунку 1.1. Мета визначає змістовий блок. Змістовий блок з діяльнісним знаходиться у тісній взаємодії, оскільки ми визначаємо, як кожна педагогічна умова впливає на складові STEM-компетентностей. Наприклад, навчально-пізнавальна діяльність знаходиться у тісній взаємодії з критичним мисленням. Тобто постійно йде узгодження між структурними компонентами STEM-компетентностей і педагогічними умовами їх формування.

Тісний зв'язок між технологією формування STEM-компетентностей який спирається на критерії і рівні. Тобто ми підбираємо доцільні форми, засоби і методи, щоб забезпечити формування кожного критерію і забезпечити його зростання за рівнями. Отриманий результат корелюється з поставленою метою формування STEM-компетентностей. Впровадження моделі у процес навчання забезпечується дотриманням педагогічних умов.

Отже, СФМ в процесі формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики має як теоретичний, так і прикладний аспект у застосуванні. Вона визначає специфіку практичних дій щодо здійснення педагогічного управління формуванням визначеного феномену; ґрунтується на сучасних методологічних засадах (компетентнісний та діяльнісний, особистісно-орієнтований, когнітивний та синергетичний, диференційований та системний), спирається на виконання загальних принципів (науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, міжпредметної координації); базується на сукупності взаємопов'язаних компонентів (ціннісно-мотиваційного, креативно-діяльнісного, когнітивного, рефлексивно-оцінного). Впровадження розробленої моделі в практику закладів фахової передвищої освіти забезпечить цілісність та послідовність формування STEM-компетентності студентів у процесі навчання математики на системній основі.

Висновки до першого розділу

Аналіз теоретико-методологічних засад формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики засвідчив актуальність обраної теми дослідження і дав підстави зробити наступні узагальнення.

STEM-навчання поєднує чотири напрями – науковий, технологічний, інженерний та математичний. Зміст полягає у доступному візуалізуванні складних наукових явищ для заохочення здобувачів освіти до дискусій і вирішення важливих практичних проблем з використанням технологій, розвитку практичних навичок і критичного мислення. Математика є однією із STEM-дисциплін, на основі якої можуть інтегруватися інші навчальні

дисципліни. STEM-освіта сприяє розвитку STEM-компетентностей студентів через наближення навчання в аудиторії до проблем реального світу за допомогою практичних досліджень.

Впровадження STEM-освіти може відбуватися шляхом залучення студентів до самостійної дослідницької діяльності, інтеграції тем з різних навчальних дисциплін, реалізації міжпредметних проєктів, наукових «пікніків», днів та тижнів науки, STEM-фестивалів, надання можливості здобувачам освіти вивчати світ комплексно, що сприяє формуванню STEM-компетентностей студентів закладів ФПО.

Стандарти фахової передвищої освіти в Україні спрямовані на підготовку компетентних та інноваційних випускників, які можуть ефективно сприяти науковим дослідженням, технологічному прогресу та економічному зростанню в Україні. Низку загальних та спеціальних компетентностей, яких можуть набувати студенти у процесі навчання, доцільно класифікувати як STEM-компетентності. Акцент на практичну підготовку, дослідження та співпрацю з промисловістю гарантує, що випускники будуть добре підготовлені до вимог сучасного ринку праці.

STEM-компетентності студентів закладів ФПО визначаємо як інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості його складових: математичної компетентності, інформаційно-комунікаційної компетентності, базових компетентностей в галузях природознавства і техніки, проєктно-технологічної компетентності, м'яких навичок, зокрема критичного мислення.

Критичне мислення у філософії розглядається більш широко, ніж складова STEM-компетентностей. Явище критичного мислення визначають як високу здатність систематизувати та аналізувати інформацію крізь призму особистісно-психологічного підходу з погляду логіки, що є невід'ємною складовою STEM-компетентностей. Критичне мислення сприяє ретельному обмірковуванню, внаслідок чого особистість приймає зважені правильні

рішення, не піддається маніпуляціям, здатна відстоювати власну позицію, апелювати до власного досвіду, самостійно оцінювати явища навколишньої дійсності. У STEM-освіті під критичним мисленням розглядають логіко-методологічний аспект, що включає здатність до аналізу і синтезу, порівняння, конкретизації, узагальнення, формулювання висновків.

Розроблена структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики, ґрунтується на наукових уявленнях щодо цілей, завдань, змісту, на проєктному, дослідницькому, компетентнісному, діяльнісному, особистісно-орієнтованому, когнітивному, синергетичному, диференційованому та системному підходах, а також принципах науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, усвідомленості.

Встановлено три групи зовнішніх чинників, які справляють вплив на актуалізацію STEM-освіти: соціальне замовлення на підготовку висококваліфікованих STEM-фахівців; розвиток інформаційно-комунікаційних та STEM-технологій, включаючи розробку спеціальних та адаптованих засобів навчання, у тому числі для вивчення математики; методологічний блок, який включає принципи навчання та основні підходи організації навчання, модернізацію технологій та методик навчання.

Структура моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики складається з цільового, змістового, діяльнісного та діагностичного блоків. Цільовий блок визначає мету – формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Змістовий та діяльнісний блоки віддзеркалюють змістове наповнення процесу формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики (зміст поняття STEM-

компетентностей студентів, педагогічні умови, засоби, методи й форми). Діагностичний блок презентує засоби діагностики, що здійснюються на основі розроблених критеріїв (ціннісно-мотиваційного, креативно-діяльнісного, когнітивного і рефлексивно-оцінного) та показників сформованості STEM-компетентностей студентів відповідно до чотирирівневої градації – високий, достатній, середній і початковий.

Матеріали розділу висвітлено у публікаціях [40; 68; 69; 70; 124; 125; 128; 153].

РОЗДІЛ 2

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ

2.1. Мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики

Щоб визначити, що мотивує студентів коледжу до вивчення математики, що вони знають про STEM-навчання, про використання ІКТ у навчанні математики, ми провели опитування щодо визначення рівня їх мотивації засобами STEM-освіти. Аналіз результатів дослідження дав змогу проаналізувати не лише рівні вмотивованості студентів у навчанні математики, але й встановити, що однією з важливих педагогічних умов ефективного впровадження STEM-освіти є мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики через залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу.

Було запропоновано запитання стосовно їх мотивації до вивчення математики за допомогою інформаційних технологій навчання, виконання певних умов у реалізації STEM-освіти та міри ефективності такої технології для підвищення рівнів комунікативності студентів та їх задоволеності навчанням у колективі. Потрібно було порівняти власний досвід з твердженнями в опитувальнику, висловлюючи міру згоди чи незгоди.

Дослідження мотивації досягнення успіхів студентів було запропоновано у вигляді тверджень-відповідей на запитання «Для чого я навчаюся?». Респонденти мали дати відповіді на запропоновані запитання, зазначаючи міру згоди з твердженням, оцінивши кожне з них за 5-бальною шкалою в міру згоди /незгоди з висловлюванням, яке було запропоновано.

Анкету визначення рівня мотивації студентів коледжу до вивчення математики засобами STEM-освіти подано у додатку А. Анкета розроблена та складена за аналогією зі стандартизованими тестами та опитувальниками, адаптована до мети дослідження та спрямована на отримання інформації щодо впливу нових освітніх технологій, зокрема компонентів STEM-освіти на мотивацію студентів до опанування знаннями та навичками, набуття необхідних компетентностей.

Метою проведення опитування є визначення рівнів мотивації студентів до вивчення математики засобами STEM-освіти. Опитувальник містить 26 запитань, кожне з яких зумовлює оцінку згоди/незгоди із запропонованим твердженням за 5 бальною шкалою, де 0 – абсолютно не згоден, а 4 – цілком згоден.

Це опитування надає можливість проаналізувати основні аспекти ефективності впровадження STEM-освіти в освітній процес вивчення математики з точки зору інтересу до таких інновацій у студентів коледжів, їх оцінки доцільності вивчення математики методами STEM та ефективності засобів STEM-освіти для опанування навичок користування мультимедійними та комп'ютерними технологіями, прикладними програмами, інформаційно-комунікаційними технологіями, мобільними електронними засобами та знаннями в процесі дистанційного та змішаного навчання, а також аналіз оцінки студентами ефективності впровадження методів STEM-освіти у навчальні процеси з вивчення математики у їх освітньому закладі.

Критерії оцінки та характеристики змісту показників подали в таблиці 2.1.

Отримані в результаті проведення анкетування вибірки досліджуваних даних дають змогу здійснити аналіз наявних проблем стосовно значення для студентів технології STEM з точки зору застосування її у практичній навчальній діяльності та визначити рівні впливу нових освітніх технологій,

зокрема компонентів STEM-освіти на мотивацію студентів до опанування знаннями та навичками, набуття необхідних компетентностей.

Таблиця 2.1

Значення показників

Рівні	Характеристика рівнів	
Високий	3-4 балів	високий рівень мотивації в процесі реалізації завдання вивчення математики засобами STEM-освіти та на цій основі подальшої практичної реалізації здобутих знань та вмінь у продовженні навчання та професійному спрямуванні
Достатній	2-2,9 балів	про достатній рівень мотивації вивчення математики засобами STEM-освіти свідчить усвідомлення студентом власних можливостей та перспектив, але недостатньо чітко визначаються уявлення про способи реалізації цих прагнень
Середній	1-1,9 балів	прагнення студента до вивчення математики та застосування методів STEM-освіти не реалізуються повністю, частково відсутні чіткі уявлення про подальше практичне застосування здобутих математичних знань та навичок з математики та використання у навчанні компонентів STEM
Низький	0-0,9 балів	Відсутні уявлення про можливості реалізації математичних знань та вмінь у практичній діяльності, необхідності застосування нових освітніх технологій для підвищення навчальної успішності

У опитуванні брало участь 28 респондентів. За узагальненими результатами опитування вибірки отримані узагальнені дані за рівнями мотивації студентів до вивчення математики засобами STEM-освіти і виявлено, що більшість респондентів – 14 студентів (50%) мають достатній рівень мотивації за визначеними показниками, високі рівні показали 6 досліджуваних (21%), середні рівні у 7 студентів (25%), а низький рівень тільки у 1 студента.

Ці результати дозволяють зробити висновок про те, що застосування STEM-освіти в навчанні математики може бути ефективним інструментом для збільшення мотивації студентів до вивчення предмета.

Більшість досліджуваних виявили достатній і високий рівні мотивації, що свідчить про зацікавленість та бажання навчатись. Однак, все ще є студенти з низьким і середнім рівнем мотивації, які потребують додаткової уваги та підходу для досягнення більш високих результатів. Для подальшої роботи з вивчення математики за допомогою STEM-освіти можна використовувати індивідуальний підхід до кожного студента з урахуванням його потреб та особливостей.

Виходячи з отриманих результатів опитування, досліджуваних з високими рівнями мотивації до вивчення математики засобами STEM-освіти виявлено 21% від усієї вибірки, тому говорити про системність тенденцій високих рівнів мотивації серед студентів коледжу неможливо. Однак велика кількість досліджуваних, які мають достатній рівень мотивації до застосування STEM-освіти свідчить про можливість наростання тенденції до збільшення рівня мотивації у подальшому.

Аналіз результатів проведеного дослідження, обговорення з викладачами коледжу проблеми вмотивованості студентів до вивчення STEM-дисциплін, зокрема математики, фізики, інформатики, дали змогу виокремити одну із важливих педагогічних умов успішного STEM-навчання. Описуючи структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів фахових коледжів у навчанні математики, до *педагогічних умов формування STEM-компетентностей* нами віднесено мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики через залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу; упровадження STEM-проектів у навчанні математики; застосування ІКТ для

забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики.

Розглядаючи методику формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики, виокремлюємо такі основні напрями STEM-підходів:

– розробка та впровадження навчальних проєктів, зокрема STEM-проєктів, які можуть бути трансдисциплінарними;

– проведення бінарних та інтегрованих занять, що пов'язують математику з іншими навчальними дисциплінами, зокрема, з інформатикою, фізикою, економікою, статистикою;

– використання у навчанні математики систем динамічної математики, зокрема GRAN та GeoGebra, інших Engineering-інструментів для побудови графіків функцій, розв'язування рівнянь, нерівностей, візуалізації абстракцій тощо;

– застосування програмних засобів для розв'язування задач, які потребують статистичного опрацювання даних;

– використання доповненої реальності;

– впровадження до змісту навчання дослідницьких завдань та задач прикладного характеру.

Наведемо приклади завдань для вивчення елементів математичної статистики, які спонукають студентів до дослідницької діяльності. Найважливішим для мотивації студентів виконувати дослідження є особистісна значущість обраного завдання для кожного з них.

1. Дослідити відношення зросту студента до його маси. Користуючись формулою Кьютела, розрахувати, чи відповідає маса студента його зросту? Для цього необхідно масу, виміряну в кілограмах, поділити на квадрат зросту, взятий у метрах. Якщо відношення менше двадцяти, то вагу необхідно набирати. Якщо значення обчисленої величини лежить в межах від 20 до 23, то вага нормальна. Тим студентам, у яких обчислений коефіцієнт більший за 24, але не перевищує 29, бажано зменшувати вагу.

2. Дослідити індекс маси членів власної родини і наскільки збалансованим є в родині харчування. Більш широко можна сформулювати тему проєкту «Математика на кухні».

3. Взуттєвій фабриці потрібно виготовити партію взуття обсягом 5000 пар. Опитати студентів, з'ясувати у них розміри взуття, опрацювати статистичні дані, підготувати поради для представника взуттєвої фабрики щодо виготовлення кількості пар взуття певних розмірів.

4. Дослідити витрати з бюджету власної родини, включаючи податки, витрати на комунальні послуги, харчування, розваги тощо. Які можна зробити поради щодо більш раціонального використання коштів?

5. Урожайність зернових культур в районі подана в центнерах з гектара. Наближено обчислити урожай, який можна зібрати з 300 гектарів зернових?

6. Як математика, зокрема статистика, використовується у сільському господарстві, у транспортній галузі, у будівництві, у майбутній професії студента?

7. Наскільки ефективно використовується город чи присадибна ділянка, якщо така є у розпорядженні вашої родини?

8. Разом з викладачами математики, фізики, економіки доцільно реалізувати проєкт, пов'язаний з раціональним використанням водних ресурсів. У цьому дослідженні можуть бути розглянуті питання, як заощаджувати ресурси, скільки коштує очистка води для побутових послуг і використання для їжі? Як використовують воду в різних країнах світу?

9. Разом з викладачами математики, фізики, економіки доцільно реалізувати проєкт, пов'язаний з раціональним використанням електроенергії. У якому можуть бути розглянуті питання, як заощаджувати ресурси, скільки коштує вироблення кіловата енергії на теплових, гідроелектростанціях? Як використовують енергію сонця і вітру в різних

країнах світу? Наскільки раціональне використання електроенергії у вашій оселі?

10. Цікаво буде молоді дізнатися і про те, як одногрупники використовують вільний час, які соціальні мережі використовують, які книги читають, якими видами спорту займаються і наскільки регулярно це відбувається?

Для розуміння закону великих чисел щодо стійкості відносних частот доцільно запропонувати стохастичний експеримент «Написання слів». Детальніше про використання подібної вправи для стимулювання студентів до дослідницької діяльності висвітлювалося нами у посібнику [127, с. 232]. Спочатку потрібно, щоб кожен учасник експерименту на трьох-чотирьох папірцях написав по чотири слова. Потім підрахувати у кожному слові кількість літер, записати для кожної групи кількість слів, що мають парну кількість літер (варіанти 0, 1, 2, 3, 4) і зібрати дані зі всієї групи.

Далі розрахувати статистичну ймовірність події A_k – «у колонці з 4-х слів k слів мають парну кількість літер», побудувати полігон відносних частот кількості слів у кожній групі, що мають парну кількість цифр, по осі абсцис відкласти значення варіанти, по осі ординат – отримані статичні ймовірності (відносні частоти).

Потрібно розрахувати ймовірності кожного з чисел 0, 1, 2, 3, 4; теоретичні частоти, побудувати полігон ймовірностей і на завершення порівняти результати експерименту і теоретичні розрахунки, зробити висновок.

Учасники експерименту виступають в якості датчиків випадкових чисел. Здійснюючи генерацію випадкових чисел, методом Монте-Карло наближено визначають ймовірності випадкових подій. Крім того, доцільно пропонувати складати фрагменти програм, які моделюють розглянутий експеримент.

Подібно до описаного вище, радимо проводити експеримент з викиданням пари гральних кубиків та фіксуванням суми чисел, що випадають на їх верхніх гранях.

За допомогою гральних кубиків можна розв'язати багато задач з теорії ймовірності та статистики. Наприклад, можна спочатку запропонувати студентам розв'язати задачу: кидають два гральні кубика, кожного разу записують пару чисел що випала, знайдіть ймовірність того, що із записаних пар чисел можна скласти двоцифрове число, яке складатиметься лише з парних цифр. А потім задати перевірити розв'язання експериментально.

Також доречно запропонувати студентам провести дослідження після вивчення теми «Елементи теорії ймовірностей і математичної статистики». Наприклад, виявити залежності між зростом і вагою людини, між вагою і довжиною стопи, між зростом і довжиною стопи. Для цього студенти повинні будуть зібрати дані, тобто опитати певну кількість людей та занести значення їх зросту, ваги і розміру стопи до таблиці. Потім скласти рівняння залежності і побудувати графіки. Студенти отримають висновок, що існує залежність між зростом людини і вагою, між довжиною стопи і вагою та між зростом і довжиною стопи.

Також можна дати додаткове завдання – визначити вагу за допомогою метрової стрічки. Під час виконання якого студенти використовуватимуть різні програмні засоби, такі як Microsoft Office Excel, Cortona viewer, Gran, GeoGebra та інші. Метою такої роботи є залучення студентів до дослідницької діяльності, висування гіпотез, експериментальна їх перевірка та опрацювання результатів експерименту.

Щоб залучити здобувачів освіти до дослідницької діяльності, висування гіпотез, експериментальної їх перевірки та опрацювання результатів експерименту, у тому числі з використанням програмних засобів, ми пропонували проєкт «Передбачувана випадковість» [127, с. 220].

Студенти виявляли залежності між зростом і вагою людини, між вагою і довжиною стопи, між зростом і довжиною стопи. Досліджували, чи існує зв'язок між зростом людини, її вагою та рівнем IQ. Також досліджували і «перевідкривали» закони фізики (зокрема, формулу для визначення тиску, закон Ома), досліджували стабільність курсу національної валюти у доларовому еквіваленті впродовж певного періоду; зв'язок між величиною вкладених у виробництво коштів та отриманими прибутками. Результати дослідницької діяльності мають виражатися складеними рівняннями залежностей і прогнозуванням результатів – екстра- та інтерполяцією.

Далі студенти працюють над створенням презентацій, веб-сторінок. Для опрацювання результатів доцільно скористатися таблицями Google. Для цього попередньо заносять дані до таблиці. Потім виділяють стовпчики «Зріст» та «Вага», додають Діаграму, обравши тип «Точкова». Далі потрібно перейти до Редактор діаграм – Оформлення. Обрати Пряма, зазначити тип Лінійна функція, в Мітках обрати Застосувати формулу, Показувати R^2 . Чим ближче значення R^2 до одиниці, тим значущішим буде зв'язок між значеннями величин, які досліджуються.

Педагог виконує функцію коуча. Останнім етапом є захист роботи студентів, після представлення всіх результатів відбувається обговорення ключового питання та рефлексія.

Прикладні задачі мотивують студентів, показуючи, як їхні знання можна застосувати у реальному житті. Розв'язання таких завдань підвищує інтерес студентів до навчання, оскільки вони бачать користь своїх знань у практичних ситуаціях, що робить навчання цікавішим.

Багато планово-виробничих і економічних задач пов'язані з розподілом обмежених ресурсів (сировини, робочої сили, енергії, палива тощо). Життєвою необхідністю розв'язування таких задач найбільш природно обґрунтувати потребу у нових ідеях, знаннях і методах математики для активного залучення студентів до навчально-пізнавальної діяльності.

Часто розподіл ресурсів можна здійснити не єдиним чином. Наприклад, дану продукцію можна отримати різними способами, по-різному вибираючи технологію, сировину, застосовуючи обладнання, організацію процесу. При цьому кожний спосіб розподілу ресурсів, що оцінюється з позиції деякого критерію (прибуток, об'єм випуску продукції тощо), характеризується певним значенням показника цього критерію. Природним тому є намір знайти такий варіант розподілу (програму, план), який би гарантував найбільший економічний ефект. Такий план називають оптимальним.

Методи і моделі *лінійного програмування* широко застосовуються при оптимізації процесів у всіх галузях народного господарства: при розробці виробничої програми підприємства, розподілі її по виконавцях, при розміщенні замовлень між виконавцями і по тимчасових інтервалах, при визначенні найкращого асортименту продукції, що випускається, в задачах перспективного, поточного та оперативного планування і управління; при плануванні вантажопотоків, визначенні плану товарообігу і його розподілу; в задачах розвитку і розміщення продуктивних сил, баз і складів матеріальних ресурсів тощо.

Наведемо приклад задачі на визначення оптимального за прибутком плану виробництва, яку ми пропонували студентам фахового коледжу при вивченні систем лінійних рівнянь на нерівностей [127, с. 212]. У подальшому подібні задачі можуть бути розв'язані при вивченні вищої математики з використанням матриць та визначників.

Приклад 3. Підприємство випускає столи і книжкові полиці. У табл. 2.2 подано затрати і прибутки для кожного виду продукції, наявні ресурси. Знайти оптимальний за прибутком план виробництва.

Запропонувавши задачу на оптимізацію транспортних перевезень, розраховуємо, що студенти зможуть проявити, а у подальшому й удосконалити базові компетентності в галузях природознавства і техніки.

Таблиця 2.2

**Матеріальні затрати підприємства
на одиницю виготовленої продукції**

Вид виробу	Матеріальні затрати			Прибуток
	Час на виготовлення (год.)	Лісоматеріали (м ³)	Скло (м ²)	
Стіл	9,2 (P2)	0,3	–	3 (P7)
Полиця	4 (P3)	0,6	2	2 (P8)
Ресурси	520 (P4)	24 (P5)	40 (P6)	

Розпочати роботу про розробку оптимального плану випуску продукції можна відштовхнувшись від цієї задачі. Самостійно студенти доберуть види виробів, дізнаються про витрати матеріалів та трудоемкості на випуск одиниці продукції, про можливі прибутки від продажу одиниці продукції, обчислять можливий сумарний прибуток від продажу випущеної продукції.

Наведемо приклад ще одного із завдань, яке доцільно використати для мотивування у навчанні математики майбутніх економістів, транспортників.

Приклад 4. У трьох пунктах відправлення зосереджений однорідний вантаж у кількостях, відповідно рівних 320, 280 і 300 т. Цей вантаж необхідно перевезти в три пункти призначення в кількостях, відповідно рівних 160, 420 і 320 т. Вартості перевезень 1 т вантажу з кожного пункту відправлення в кожен пункт призначення є відомими величинами і задаються матрицею:

$$(C_{ij}) = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 6 & 4 & 7 \\ 9 & 6 & 5 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Знайти план перевезень, що забезпечує вивіз наявного в пунктах відправлення і завезення необхідного в пункти призначення вантажу при мінімальній загальній вартості перевезень.

Більше задач оптимізації наведено нами у посібнику [127]. Задачі лінійного програмування на визначення оптимальних планів випуску продукції мають відповідати певним вимогам: мати реальний практичний зміст, який демонструє практичну цінність набутих математичних знань; відповідати навчальній програмі; бути сформульованими доступною і зрозумілою мовою; бажано, щоб не містили термінів, що потребують додаткових знань і не передбачені програмою.

Пошук у Інтернеті відкриває широкі можливості для досліджень та навчально-пошукової діяльності, забезпечуючи доступ до різноманітних даних і ресурсів. Це сприяє якісному проведенню досліджень та дозволяє студентам зробити обґрунтовані висновки. Багато різноманітних інструментів у Інтернеті корисні для проєктної та дослідницької роботи. Звичайно, щоб допомогти студентам розпочати роботу, стане в нагоді перелік ресурсів, які можуть знадобитись. Вибір залежатиме від цілей завдання та від того, чи має завдання виконуватись окремими студентами чи спільно в групах.

Часто студенти відчують труднощі з баченням математики, яка їх оточує щодня, або їм не вистачає мотивації вивчати математику, оскільки вони не бачать зв'язку її з повсякденним життям. Один із способів допомогти студентам – показати красу математики, яку можна знайти в природі та в повсякденному житті. Інший варіант – послухати різноманітні виступи на тему математики від експертів з усього світу, які обов'язково зацікавлять студентів. Багато з них можуть наштовхнути на цікаве дослідження.

Вивчаючи числові послідовності, можна запропонувати студентам переглянути коротке відео «Природа в числах», створене Крістобалем Віла (<http://vimeo.com/9953368>), яке надихає здобувачів освіти до вивчення, наприклад, чисел Фібоначчі та «золотого перетину». Щоб отримати наступне число у послідовності Фібоначчі, потрібно додати два попередні (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13). Студентам можна запропонувати підготувати доповідь про те, ким були Фібоначчі або Леонардо Пізанський. Студентам буде цікаво створити

короткий біографічний нарис Фібоначчі, описати його життя та математичні досягнення.

Впровадження інтегрованих занять у навчання сприяє стимулюванню навчально-пошукової діяльності студентів. Цей підхід об'єднує декілька предметів у змістовно зв'язану тему, що сприяє розвитку у студентів критичного мислення, вмінню ширше розглядати та аналізувати питання з різних боків, а також залучає до використання різноманітних джерел інформації. Це спонукає студентів до активної участі в процесі навчання, робить його цікавішим і стимулює бажання засвоювати знання у більш глибокому контексті.

Стало традицією проведення *інтегрованих занять* математики з інформатикою, фізикою, економікою у ВСП Криворізького фахового коледжу Державного університету економіки і технологій. Зокрема, за такими темами як застосування похідної, визначених інтегралів, векторів та ін. Подаємо окремі фрагменти таких занять, зокрема схеми і таблиці, які відображають міжпредметні зв'язки фізики, математики, економіки та інформатики, складені сумісно з викладачем фізики коледжу О. Пиріжок (табл. 2.3, 2.4, рис. 2.1).

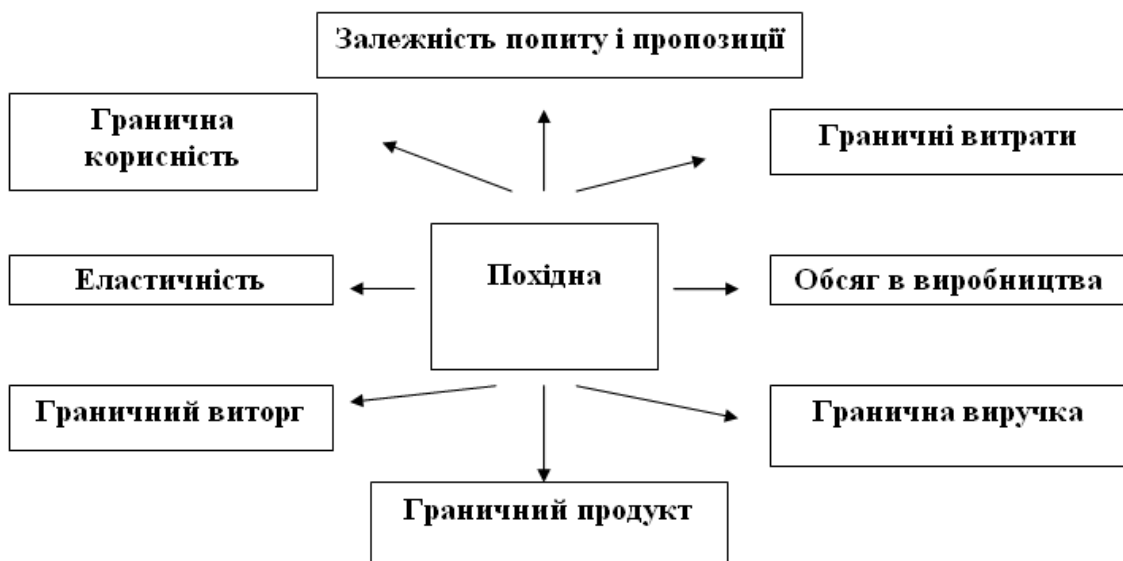


Рис. 2.1. Схема застосування поняття похідної в економіці

Таблиця 2.3

Використання математичних понять на заняттях з фізики

Поняття курсу	Питання курсу фізики
Приріст функції	Приріст внутрішньої енергії. Приріст об'єму.
Степенева і показникова функції	Графіки термодинамічних процесів рівняння Пуассона. Формула роботи при ізотермічному процесі. Формула роботи при адіабатному процесі.
Похідна Частинна похідна Повний диференціал	Абсолютна і відносна похибки, дослідження функції. Молярна теплоємність газу при сталому тиску. Молярна теплоємність газу при сталому об'ємі.
Інтеграл	Робота газу при зміні його об'єму. Види рівняння Пуассона.
Числові системи та наближені обчислення	Похибки вимірювання, точність. Правило обчислення похибок під час розв'язання задач та виконання лабораторного практикуму.

Таблиця 2.4

Використання похідної у фізиці

Фізична величина	Формули
Швидкість	$v = X'$; а) $x = vt$, $v = (vt)' = v$; б) $x = v_0t + \frac{at^2}{2}$, $v = (v_0t) + (\frac{at^2}{2})' = v_0 + at$
Прискорення	$a = V'$, якщо $v = at$, то $a = a$
Потужність	$P = \frac{dA}{dt} = A'$, $dA = Fdx$, Тоді $P = \frac{Fdx}{dt} = F \frac{dx}{dt} = Fv$
Сила	$F = ma$, де $a = \frac{dv}{dt}$, тоді $F = m \frac{dv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt}$
Сила струму	$i = \frac{dq}{dt} = q'$
ЕРС індукції	$E_i = - \frac{d\Phi}{dt} = -\Phi'$

Під час розгляду питання інтеграції з економікою, багато викладачів самотужки складають задачі з економічним змістом. Щоб задача мала сенс необхідні реальні, достовірні техніко-економічні і промислово-економічні дані. Їх можна взяти в журналі «Економіка України», «Географія та економіка в школі», у технічних паспортах приладів, а також у будь-якій технічній літературі.

Курс фізики має значні можливості для встановлення зв'язків з математикою, економікою, екологією, інформатикою тощо, які забезпечуватимуть формування цілісного уявлення про природу на основі діалектичної єдності природничих знань; систематичність знань; формування в учнів та студентів умінь встановлювати всебічні зв'язки між явищами, поняттями, творіннями; розуміння цих зв'язків як фактору, що сприяє поглибленню знань; посилення практичної спрямованості навчання.

Також можна запропонувати *інтегроване заняття за темою «Визначені інтеграли»*, де розкрити тему застосування визначених інтегралів до розв'язування задач математики, економіки, механіки і фізики.

Основною ідеєю є узагальнення та систематизація знань здобувачів освіти, представлення результатів діяльності; обчислення деяких фізичних величин за допомогою визначених інтегралів, розглянути приклади застосування визначеного інтеграла до розв'язування задач фізики, техніки, механіки, економіки, геометрії.

Зміст творчо-пошукових завдань для підсумкового заняття подано нами у посібнику [127, с. 147]. Щодо використання визначених інтегралів в економічних обчисленнях, це можуть бути задачі про загальні, середні, граничні витрати; функції попиту та пропозиції товару; нарощування капіталу.

Вивчаючи теми на застосування похідної і визначеного інтеграла, доцільно розглядати задачі практичного змісту, задачі геометрії, фізики, економіки. Рекомендуємо наближено обчислювати визначені інтеграли і за допомогою GRAN1 та GeoGebra.

Метою кожного викладача, який веде STEM-предмет, має стати мотивування та зацікавлення студентів. Впровадження елементів STEM-освіти в навчання математики дає можливість підвищити якість науково-технологічної підготовки студентів, що в подальшому сприятиме підвищенню STEM-компетентностей. Щоб забезпечувати успішне використання студентами технологій у навчання математики та розробці STEM-проектів, потрібно викладачу систематично використовувати STEM-підходи у навчання, різноманітні Engineering-інструменти, зокрема такі, як системи динамічної математики GeoGebra і GRAN.

Різнманітні гаджети, зокрема мобільні телефони, стають дієвими інструментами завдяки STEM-освіті для засвоєння математики і набуття навичок розв'язування математичних задач через математичні практикуми з завданнями дослідницького характеру; демонстрацію експериментів з їх аналізом, що систематизує отримані знання; участь у навчальних проектах.

Застосування комп'ютерних програм сприяє активній участі студентів у навчальному процесі та поліпшує засвоєння математичних знань. Вони роблять навчання математики більш цікавим та захоплюючим, а також допомагають студентам підготуватися до практичного застосування математичних навичок у своїй майбутній професійній діяльності.

Ми пропонували студентам задачі стереометрії на оптимізацію, які розв'язуються з використанням похідної і з застосуванням найбільшого та найменшого значення функції, наприклад за підручником [66]. Після розрахунків оптимальних розмірів призми / піраміди здійснювали креслення розгортки многогранника і склеювали його. Для демонстрацій пропонували моделі у динаміці, створені за допомогою системи динамічної математики. Наведемо приклади математичних задач, які студенти повинні були переформулювати як задачі прикладного змісту.

1. Яких розмірів мають бути радіус основи і висота відкритого циліндричного бака, щоб при заданому об'ємі V на його виготовлення було витрачено найменшу кількість листового металу?

2. Бічна грань правильної чотирикутної піраміди має сталу задану площу і нахилена до площини основи під кутом α . При якому значенні α об'єм піраміди є найбільшим?

3. У правильну чотирикутну піраміду з ребром основи a і висотою H вписано правильну чотирикутну призму так, що її нижня основа розміщена в основі піраміди, а вершини верхньої основи – на бічних ребрах. Знайти ребро основи і висоту призми, яка має найбільшу бічну поверхню.

4. Бічне ребро правильної трикутної піраміди має сталу задану довжину і утворює з площиною основи кут α . При якому значенні α об'єм піраміди буде найбільшим?

5. У правильній трикутній піраміді бічна грань має сталу задану площу і утворює з площиною основи кут α . При якому значенні α відстань від центра основи піраміди до її бічної грані найбільша?

6. У конус із заданим сталим об'ємом вписано піраміду, в основі якої лежить рівнобедрений трикутник з кутом при вершині, що дорівнює α . При якому значенні α об'єм піраміди найбільший?

7. Твірна конуса має сталу довжину і утворює з висотою конуса кут α . У конус вписано правильну шестикутну призму з рівними ребрами (основа призми розміщена у площині основи конуса). При якому значенні α бічна поверхня призми найбільша?

Розв'язування задач прикладного змісту надасть можливість мотивувати, активізувати навчально-пізнавальну діяльність студентів та сприятиме практичному застосуванню набутих знань.

Також викладачу слід формувати в студентів наполегливість у напруженні розумових сил, щоб зіштовхнувшись з важкою задачею, студенти не вирішили відкласти її розв'язання на невизначений час. Звертати

увагу, що припускатися помилок нормально, головне робити правильні для себе висновки, скористатися помилкою для продовження навчання. Треба розвивати вміння спостерігати за собою в процесі розумової діяльності, відслідковувати перебіг міркувань. Акцентувати увагу на пошуку компромісних рішень, важливо, щоб ухвалені рішення могли сприйняти інші люди, інакше ці рішення так і залишаться на рівні висловлювань.

Раніше ми пропонували студентам крім традиційного виведення формул під час вивчення теми «Об'єми тіл» STEM-підхід. Він полягав у тому, що студентам пропонувалося висунути гіпотезу щодо того, як співвідносяться об'єми призми і піраміди, циліндра і конуса. Для цього використовували виготовлені моделі цих геометричних тіл і пересипали суху речовину з конуса в циліндр, з призми у піраміду.

Мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики можна реалізувати шляхом реалізації співпраці та коучингу, впровадження інтегрованих занять, розв'язування прикладних та дослідницьких задач, використання у навчанні систем динамічної математики, застосування програмних засобів для розв'язування задач, використання доповненої реальності, навчальних проєктів.

2.2. Навчальні проєкти як основа впровадження STEM-освіти у навчанні математики студентів фахових коледжів

Як показали результати дослідження, одним із найефективніших способів розвитку STEM-компетентностей студентів фахових коледжів є впровадження *методу STEM-проєктів*, який передбачає поєднання дослідницького, пошукового, проблемного, творчого підходів, сприяє творчому розвитку студентів, готує їх до вирішення важливих комплексних проблем у повсякденному житті. Головне гасло сучасного розуміння методу

проектів: «Все, чого я вчуся, я знаю, навіщо мені це потрібно, де і як я зможу застосувати ці знання». Для впровадження методу проектів у навчальний процес необхідно використати, насамперед, суб'єктний досвід студентів, інтерес до отримання нових знань та застосування їх в реальному житті.

Розпочинати STEM-навчання доцільно з організації та проведення бінарних уроків з математики та відповідної фінансової дисципліни; математики та статистики; математики, фізики та економіки; математики та інформатики. Низку інтегрованих / бінарних уроків проведено в ВСП Криворізькому фаховому коледжі Державного університету економіки і технологій. Коло питань, пов'язаних з підготовкою та проведенням інтегрованих, бінарних уроків у коледжі, частково висвітлювалося нами у навчально-методичному посібнику [127] та матеріалах конференції [158].

Наступним значимим просуванням може стати власне підготовка, обговорення та реалізація STEM-проектів.

Одним із ключових аспектів успішного навчання математики студентів фінансових спеціальностей, зокрема 072 Фінанси, банківська справа, є інтеграція математичних концепцій у фінансові дисципліни, що дає можливість студентам бачити зв'язок між теорією та практикою. Темою для STEM-проектів може стати використання математичних моделей для аналізу ризиків та прийняття фінансових рішень, розрахунок відсоткових ставок та кредитів, вивчення інвестиційних стратегій та торгівельних операцій.

Під час вивчення теми з математики «Показникова функція, властивості та графік» зі студентами 1-2 курсів фахових коледжів доречним та цікавим для студентів буде впровадження STEM-проекту «Фінансова математика» чи «Математика кредитів». який дасть змогу здобувачам освіти глибше ознайомитися з професією, зрозуміти механізми нарахування відсотків тощо. З основних напрямів фінансової математики для ознайомлення здобувачам освіти доцільно запропонувати математику кредиту, яка пов'язана з виконанням процентних розрахунків [82; 87].

Зі студентами старших курсів у подальшому доцільно при вивченні математики розглядати питання, пов'язані з різними борговими інструментами, наприклад, депозитарними сертифікатами, векселями, облігаціями; аналізувати потоки платежів, які застосовуються у кредитуванні, банківській справі та інвестуванні.

До початку роботи над проектом викладачу / керівнику / коучу доцільно поспілкуватися зі студентами про основні складові проектної діяльності. Такими є постановка проблеми, проектування / планування діяльності, пошук відомостей, варіантів розв'язання проблеми, спрямованість на отримання певного продукту діяльності, презентація / представлення результату. Навіть працюючи над однаковою темою, наприклад, «В якому банку, на яких умовах, на який термін та в якому обсязі краще взяти кредит?», студенти ставитимуть власні цілі, по-різному бачитимуть кінцевий продукт проектної діяльності та його презентацію. Наприклад, можуть «брати» кредит на покупку житла, започаткування власного бізнесу, отримання вищої освіти, покупку мобільного гаджета, автомобіля, облаштування майданчика для відпочинку тощо. При цьому студенти інтегрують знання з різних навчальних дисциплін, включаючи насамперед математику. Поставлені цілі, розроблені продукти / прийнятні рішення будуть особистісно значимими для кожного студента.

Зазвичай, на підготовчих та мотиваційних етапах реалізації STEM-проектів доцільно проводити зі студентами так звані «мозкові штурми». Під час «штурму» студенти висувають власні ідеї щодо того, як найкраще вирішити проблему, можуть їх аналізувати, оцінювати достовірність відомостей, релевантність отриманої інформації. Вмотивований на виконання проекту студент зможе досягнути більшого успіху і удосконалити ціннісно-мотиваційний компонент STEM-компетентності, власне критичне мислення.

Банківські працівники і громадяни, які зберігають гроші в банку під відсотки чи беруть кредит, мають справу з формулами нарахування відсотків. Тому користувачу потрібно попередньо ознайомитися з умовами кредитування в різних банках, уміти оцінити, в якому банку найвигідніше взяти кредит. Практичним результатом втілення проєкту може стати звіт за наявними в регіоні банками щодо ефективності взяти кредит готівкою, кредит на нове житло чи автомобіль тощо.

Автори підручника [66, с. 244] пояснюють, як при вивченні математики уникнути неоднозначності в задачах на відсоткові розрахунки. Задачі, у яких ідеться про зміну процентних ставок, можуть викликати певні ускладнення. Типовим прикладом є задачі 21.22, 21.23, у яких ідеться про збільшення (зменшення) «банківського відсотка». Щоб уникнути цієї неоднозначності, в економіці та інших областях, де широко застосовують відсоткові розрахунки, використовують поняття «процентні пункти». Якщо вживають слово «пункти», то потрібно до тієї відсоткової ставки, що була раніше, додавати чи віднімати відсотки підвищення чи зниження. Якщо ж так не вказано, то можна трактувати і таким чином: потрібно лише знайдене значення підвищувати чи понижувати, а не всю суму. Тому автори переформулюють задачу 21.22 уже з врахуванням терміну «процентні пункти».

Задача 21.22 [66]. Вкладник поклав у банк 4000 грн. За перший рік йому було нараховано певний відсоток річних, а другого року банківський відсоток було збільшено на 4 процентних пункти. На кінець другого року на рахунку стало 4664 грн. Скільки відсотків становила банківська ставка в перший рік?

У сучасних умовах відсотки капіталізуються, як правило, не один, а декілька разів на рік – по півріччях, поквартально, щомісячно. Деякі комерційні банки практикують навіть щоденне нарахування відсотків. На практиці, як правило, фіксується не ставка за період нарахування, а річна

ставка, де період нарахування вказується. Наприклад, «15% річних з поквартальним нарахуванням відсотків». Тоді нарахування відсотків відбувається за формулою, що враховує як річну ставку, так і кількість періодів нарахування відсотків.

Нехай j – річна ставка; m – число періодів нарахувань у році. Щоразу відсотки нараховуються за ставкою j/m . j називають номінальною ставкою. Ставка j потрібна для того, щоб знати, яке число потрібно розділити на кількість періодів у році, щоб одержати ставку за період [82; 87].

Формула нарощення тоді буде мати такий вигляд:

$$S = P \left(1 + \frac{j}{m} \right)^{mn} = P \left(1 + \frac{j}{m} \right)^N \quad (2)$$

Щоб оцінити рівень навчальних досягнень та рівень сформованості когнітивного компоненту у ході реалізації STEM-проєкту, пропонували студентам розв'язати контрольні завдання. Приклад одного з завдань наводимо нижче.

Приклад 2. Яким буде борг, що дорівнює 1000 грн., через 5 років при складній ставці 15% річних, якщо відсотки нараховуються поквартально.

Нарощену суму боргу знаходимо за формулою (2):

$$S = 1000 \left(1 + \frac{0,15}{4} \right)^{4 \cdot 5} = 2088,152 \text{ грн}$$

При тому, що нарощена сума боргу при річному нарахуванні відсотків дорівнювала б 2011,36 грн. Тобто, чим частіше нараховуються відсотки, тим швидше відбувається процес нарощення боргу.

Наші дослідження показали, що молодшим фаховим бакалаврам важливо дізнатися також про актуарні розрахунки, які складають математичну основу для страхування [87]. У ході впровадження такого проєкту при вивченні показникової функції підвищується фінансова грамотність учасників, удосконалюються знання та уміння студентів з

фінансової математики. При цьому студенти крім підвищення рівня когнітивного складника STEM-компетентності, фіксували удосконалення креативно-діяльнісного та рефлексивно-оцінного компонентів.

Проект «Функції в житті людини» передбачає поглиблене і більш конкретизоване вивчення студентами різного роду функцій. Пропонуємо об'єднати студентів у підгрупи, в кожній підгрупі повинно бути не менше чотирьох учасників. Кожна з підгруп обирає одну з функцій. Наприклад: показникову, тригонометричні, логарифмічну чи квадратичну.

При виконанні цього проєкту можемо запропонувати розпочати роботу з добору вислову якогось вченого / математика.

Далі пропонуємо працювати наступним чином. Перший студент повинен підготувати матеріал про обрану функцію, указати властивості функції, зобразити її графік, повідомити ким і коли була запроваджена дана функція, якщо такі відомості будуть доступні. Зазначимо, що при цьому студент розвиває щонайменше когнітивний компонент математичної компетентності та критичне мислення щодо аналізу та добору потрібних відомостей.

Другий студент з підгрупи може підготувати відомості про використання даної функції в описах різних фізичних процесів, в галузях техніки і природи. При цьому студент розвиває як когнітивний, креативно-діяльнісний, рефлексивно-оцінний компоненти математичної компетентності, так і базові компетентності в галузях природознавства і техніки. Теж можна сказати і щодо третього студента, який готує матеріал про використання заданої функції в аналізі творів музики, мистецтва тощо.

Четвертий студент готує матеріали щодо використання функції в різних науках, відмінних від розглянутих вище.

Приведемо приклад фрагментів виконання частинки такого проєкту на прикладі однієї підгрупи. «Показникова функція в житті людини» – це назва

проєкту для всієї групи студентів. Далі пропонуємо розбити цю тему на більш вузькі підтеми.

Далі кожен студент добирає летючий вислів для захисту своєї виконаної роботи (приклад епіграфа, підбраного другим студентом підгрупи). Далі студенти добирають матеріал до заданої теми, вибирають основне і готують презентацію до захисту досліджуваної теми. Основний матеріал студенти повинні представити у вигляді схем, малюнків, коротких тез.

Особливу цінність в STEM-освіті несуть ті проєкти, які мають інтеграцію кількох предметів у вивченні заданої тематики. Аналогічні проєкти можна запропонувати при вивченні логарифмічної функції, тригонометричних та обернених тригонометричних функцій.

Таким чином, проєкти повинні бути результатом спроб здобувачів освіти відповісти на важливі запитання. Вони можуть мати різні форми: продукти, презентації, виступи. Вони можуть відповідати будь-якій із трьох структур: міжособистісне спілкування, обмін інформацією або вирішення проблем. Вибираючи існуючий математичний проєкт або створюючи власний, необхідно враховувати наступне:

1. Чи присвячений проєкт лише математиці (або одній предметній галузі) чи є зв'язок з іншими навчальними галузями?

2. Чи прив'язаний проєкт до стандартів для відповідних галузей навчальної програми, наприклад, стандартів метод об'єднання викладачів математики?

3. Чи дається проєкт із навчальними матеріалами для групи (наприклад, ресурси для викладача, діяльність студентів, рубрики та інструменти оцінювання)?

4. Чи можуть брати участь усі студенти групи? Проєкти не повинні бути орієнтовані лише для талановитих і обдарованих здобувачів освіти, оскільки всі студенти повинні мати можливість отримати користь від участі у

проєкті. На сьогодні часто окремо прописують методи фасилітації для людей з особливими освітніми потребами.

5. Яка загальна тривалість проєкту?

6. Чи передбачає участь у проєкті подальшу співпрацю з іншими членами команди? Спільний проєкт, зокрема із залученням студентів за межами шкільного середовища, потребуватиме більше часу та моніторингу, щоб допомогти студентам навчитися бути частиною команди та належним чином спілкуватися з іншими.

7. Яку користь здобувачі освіти отримують як академічну, так і особисту від участі в проєкті? Зауважимо, що коли одні здобувачі освіти спілкуються з іншими здобувачами освіти та експертами з усієї країни чи з-за кордону, вони отримують ширше відчуття різноманітності. Їхня участь у справжньому реальному житті може заохотити їх працювати якнайкраще та побачити важливість математики в повсякденному житті. Якщо здобувачі освіти беруть участь у виборі проєкту і їм подобається тема, вони, як правило, більше залучатимуться та захоплюватимуться своїм навчанням.

8. Чи варто брати участь?

Доцільно при вивченні алгебри та початків аналізу пропонувати хоча б по одному проєкту до тем, які охоплюють значну кількість годин. Перевагу доцільно віддавати проєктам, які передбачають інтеграцію двох і більше предметів. Наприклад, при вивченні «Алгебри і початків аналізу» можна запропонувати студентам групові проєкти «Похідна в природі» або «Похідна в навколишньому світі». тема передбачає інтеграцію математики, фізики та географії, економіки та інших предметів.

З досвіду роботи можемо відмітити, що для студентів є цікавими такі проєкти з алгебри, як «Чудові нерівності та їх доведення й застосування», «Великі математики та їх великі теореми».

ІКТ відіграють важливу роль у проєктній роботі, оскільки допомагають здійснити швидкий обмін інформацією, покращуючи комунікацію та

співпрацю між учасниками. Вони дозволяють збирати, аналізувати та обробляти дані, спрощують роботу з обсягами інформації та полегшують управління завданнями. Ці технології оптимізують процеси роботи, сприяють ефективному плануванню та виконанню завдань, що впливає на результативність та якість проєкту в цілому.

Як зазначає В. Юнчик [203], також може бути корисним як середовище для моделювання та емпіричного дослідження властивостей досліджуваних об'єктів, так і інструментально-вимірювальний комплекс, що надає користувачеві набір спеціалізованих інструментів для створення і перетворення об'єкта, а також вимірювання його заданих параметрів.

Завданням проєкту може бути побудувати в додатку *GeoGebra 3D дитячий майданчик*, використавши максимальну кількість вивчених геометричних фігур: призм, пірамід, сфер, конусів, циліндрів тощо (рис. 2.2). Оцінювання результативності є обов'язковим елементом організації роботи над проєктом. Результативність проєкту полягає у співвідношенні запланованих очікувань з кінцевими результатами роботи. Створені розробки можна спроектувати на подвір'ї за допомогою додатку з доповненою реальністю.

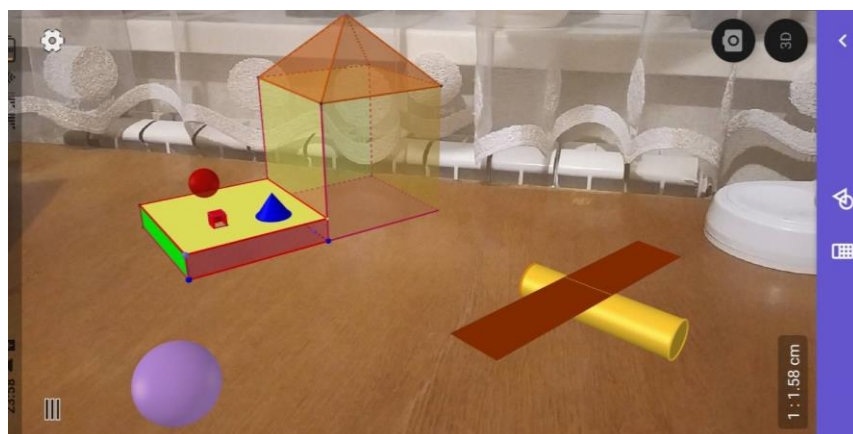


Рис. 2.2. Зразок виконання проєкту «Дитячий майданчик»

Згідно з концепцією С. Терно [193], про яку згадували у першому розділі, важливо під час впровадження проєктів, для розвитку критичного мислення вчити студентів планувати, оскільки думки часто виникають

хаотично, важливо упорядкувати їх, вирішити, у якій послідовності їх викласти. Якщо студент не готовий сприймати ідеї інших, він ніколи сам не зможе стати генератором ідей, гнучкість дозволяє почекати з винесенням судження, поки студент не буде мати різноманітну інформацію.

У роботі О. Семеніхіної, М. Друшляк та І. Шищенко [48] представлено методику формування навичок моделювання *на основі STEM-проектів*, що ґрунтується на моделюванні цікавих кривих курсу аналітичної геометрії. Автори пропонують цілий модуль «STEM-освіта та моделювання», спрямований на формування навичок моделювання цікавих кривих, таких як конхоїда Нікомеда, равлик Паскаля, цисоїда Діокла, лемніската Бернуллі та інших. Спочатку викладач пропонує приклад STEM-проекту, який обговорюється в аудиторії та розв'язується викладачем за допомогою GeoGebra; далі студенти об'єднуються у групи по 3-4 людини і виконують короткий STEM-проект (7-10 днів), в якому моделюють криву. Потім студенти пропонують власний STEM-проект (15-20 днів), рішення якого базується на моделюванні цікавої кривої.

За доцільного застосування набуває значної ваги метод навчання як дослідження. Викладачу варто ґрунтовно продумати способи інтеграції теми, виокремивши певні тематичні дні чи блоки навчальної програми. Перейшовши до заключного етапу створення і презентації проектів, викладач має спонукати студентів до обрання тем, які мають практичний зміст. Відштовхнутися можна від прикладів, яких зараз чимало є у мережі Інтернет, а у подальшому їх удосконалити, наприклад, розширюючи напрямки дослідження.

Для прикладу, при розробці проекту за ключовим словом «Вода», «математики» можуть визначити втрати води, якщо не відремонтований кран, а також кошти, які необхідні на повторну її очистку. При вивченні тем «Многогранники», «Тіла обертання» пропонувати студентам створювати з паперу, інших матеріалів, наприклад, макети меблів у кімнаті, створювати

макети будинків, певних локацій на природі. Адже мейкерство є одним із STEM-підходів у навчанні.

Як зазначає Л. Рождественська [177], можна запропонувати студентам розробити STEM-проект «Кімната художника», в якому студенти будуть моделювати кімнату з підручних засобів, а перед цим доцільно запропонувати зробити макет в GeoGebra. Студенти вже будуть знати з чого почати, які розміри предметів взяти, які кольори будуть імпонувати, які фігури потрібні для створення кімнати, навчатися розбивати об'єкт на прості геометричні тіла і форми, а також зображати просторові фігури на площині. Або ж запропонувати побудувати 3D-макет за допомогою геометричних фігур в просторі (площин, призм, пірамід, сфер, конусів, циліндрів тощо). Ми також пропонували розробити проект «Кімната художника» у якому студенти активно взяли участь.

Проаналізувавши зміст сторінок у глобальній мережі з різними проектами, запропонованими вчителями та викладачами математики (додаток Б), прийшли до висновків, що теми навчальних проектів сформульовані таким чином, щоб студент міг самостійно обрати аспект висвітлення із запропонованого широкого поля дослідження. Переважна більшість цих тем пов'язані з пошуком та інформацією. Важливо, щоб викладач розумів правильне застосування методу проектів та його особливості, оскільки більшість тем звучать як теми підручника.

Проаналізувавши велику кількість тем проектів, представлених в Інтернеті, виявилось, що багато викладачів пропонують тему вивчення біографічних фактів, розв'язування задач математики або пошук цікавих математичних фактів. Результатом такої діяльності найчастіше є презентація, звіт чи інфографіка. Знову ж таки виникає дискусійне питання про правильне розуміння методу проектів.

Для формування STEM-компетентностей здобувачів освіти у процесі навчання математики, ми запропонували *створити 3D моделі просторових*

тіл, які можна було б використовувати при вивченні теми «Площі поверхонь тіл обертання» та «Площі поверхонь та об'єми просторових фігур», для виконання було використано *друк на 3D принтері*.

Завданням до проєкту було запрограмувати модель в програмі 123D Catch, роздрукувати на 3D принтері, знайти площу поверхні та об'єм тіла обертання.

Першу модель яку було створено – пустотілий циліндр. Студенти запрограмували просторове тіло, роздруківка фігури на 3D принтері тривала 24 години. Отримали циліндр з висотою $H=15$ см, в основі якого лежить круг з радіусом $R=5$ см.

Повну поверхню циліндра (його площу) знаходили за формулою: $S_{бп1} = 2\pi RH = 2\pi 5 * 15 = 150\pi$ см². Отже, площа бічної поверхні зовнішнього циліндра становить 150π см². Аналогічно шукали площу бічної поверхні внутрішнього циліндра, враховуючи те, що його радіус становив 4 см. $S_{бп2} = 2\pi RH = 2\pi 4 * 15 = 120\pi$ см².

Далі студенти шукали площі основ за формулою $S_o = \pi R^2$, $S_{o1} = \pi 5^2 = 25\pi$ см²- площа основи зовнішнього циліндра, площа основи внутрішнього циліндра становила $S_{o2} = \pi 4^2 = 16\pi$ см². Площа основи просторової фігури тоді складатиме $S_o = S_{o1} - S_{o2} = 25\pi - 16\pi = 9\pi$ см².

Площу повної поверхні шуканої фігури знаходили за формулою:

$$S_{пп} = S_{бп1} + S_{бп2} + 2S_o$$

$$S_{пп} = 150\pi + 120\pi + 2 \cdot 9\pi = 288\pi \text{ см}^2$$

Другою просторовою фігурою, яку було запрограмовано і виготовлено був круглий диск. Просторове тіло запрограмував студент в програмі 123D Catch, роздруківка фігури на 3D принтері тривала 15 годин.

Для знаходження площі поверхні тіла обертання (циліндра) студент скористався формулою $S_{пп} = S_{бп} + 2S_o = 2\pi RH + \pi R^2$. Вимірявши радіус основи $R = 3$ см, $H = 0,5$ см, було знайдено площу повної поверхні

просторової фігури: $S_{\text{пп}} = 2\pi RH + \pi R^2 = 2\pi 0,5 \cdot 3 + \pi 3^2 = 3\pi + 9\pi = 12\pi \text{ см}^2$. Об'єм циліндра знаходили за формулою $V = S_0 H$. $V = \pi R^2 H = \pi 3^2 \cdot 0,5 = 4,5\pi \text{ см}^3$.

Третьою просторовою фігурою, яку було за програмовано і виготовлено була правильна чотирикутна піраміда. Просторове тіло було за програмоване студентом в програмі 123D Catch. Роздруківка фігури на 3 D принтері тривала 42 години.

Для знаходження площі поверхні піраміди студент скористався формулою $S_{\text{пп}} = S_{\text{бп}} + S_0$

Виміри піраміди були наступними: Довжина ребра основи склала $a=2$ см, довжина апофеми бічної грані $l=3$ см. Тоді площа повної поверхні $S_{\text{пп}} = 4a \cdot l + a^2 = 4 \cdot 3 \cdot 2 + 2^2 = 28 \text{ см}^2$. Об'єм піраміди знаходили за формулою $V = \frac{1}{3} S_0 H$.

Спочатку знайшли висоту піраміди за теоремою Піфагора:

$$H = \sqrt{l^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{3^2 - \left(\frac{2}{2}\right)^2} = \sqrt{9 - 1} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2} \text{ см}$$

$$V = \frac{1}{3} S_0 H = \frac{1}{3} 2^2 \cdot 2\sqrt{2} = \frac{8\sqrt{2}}{3} \text{ см}^3$$

Вивчаючи тему «Геометричні перетворення на площині», радимо викладачам математики реалізувати *STEAM-проект «Писанка»*. Спочатку необхідно намалювати «писанку» чи «мурал» на папері кольоровими олівцями, а тоді створити її засобами GeoGebra, будуючи графіки функцій, рівнянь та різноманітних геометричних фігур. Під час побудови користуються симетрією відносно точки і прямої, поворотом навколо точки, паралельним перенесенням. За допомогою інструмента «Бігунок» та інших можна створити динамічні комп'ютерні моделі. Така робота зацікавить студентів до предмету, підвищить розумову активність та творче мислення, під час побудови «писанки» студенти задіють новаторські здібності, винахідництво та розвивають логічне мислення. В системах динамічної

математики є можливість симетричної побудови геометричних фігур відносно координатних осей, побудови фігур, що мають симетрію обертання, паралельне перенесення об'єктів, застосування гомотетії, динамічна побудова графічних об'єктів та створення анімацій, що значно спростить розуміння цих тем і ще більше візуалізує STEM-проект.

Упродовж вивчення змістової лінії «Функції» радимо викладачам залучати студентів 1-2 курсів до виконання *проєкту «Жива картина»*. Спочатку варто зобразити малюнок на аркуші, далі подати його в системі динамічної математики за допомогою побудови графіків. При цьому до координат окремих точок, формул, якими задано функції, доцільно вводити параметри, щоб у подальшому, змінюючи їх, отримувати динамічні графіки.

Наприклад, під час виконання STEM-проєкту можуть виникати моменти, коли доцільно дібрати певне фото, завантажити його на полотно побудови, виділити необхідні фігури, графіки, дібрати формули для яких можна засобами GeoGebra.

Цікавим для студентів буде вивчення тематики фракталів на заняттях геометрії, чи в позаурочний час (під час гурткової роботи з математики). Тематика *проєкту «Подорож до країни фракталів»* дозволить викладачу інтегрувати геометрію, інформатику, мистецтво та фізику. Якщо цей проєкт є груповим, то одному студенту можна запропонувати дослідити історію виникнення фракталів, другому – особливості ліній, третьому – підібрати палітру до зображень, четвертий студент аналізує де саме використовують сучасні люди фрактали.

Роль фракталів у комп'ютерній графіці сьогодні дуже велика. З їх допомогою можна намалювати лінії й фігури дуже складної форми. Фрактальна геометрія, з точки зору комп'ютерної графіки, незамінна, коли потрібно створити гори, штуденти хмари, поверхню моря тощо.

У фізиці фрактали природним чином виникають при моделюванні нелінійних процесів, таких як турбулентний плин рідини, складні процеси

дифузії-адсорбції, полум'я, хмари тощо. Фрактали використовуються при моделюванні пористих матеріалів, наприклад, в нафтохімії. У біології вони застосовуються для моделювання популяцій і для опису систем внутрішніх органів (система кровоносних судин). Після створення кривої Коха було запропоновано використовувати її при обчисленні довжини берегової лінії.

З фракталами студенти можуть познайомитися також на гуртку «Комп'ютерної математики», який можна було б запропонувати відкрити в коледжі.

Також для групового проєкту з геометрії може бути проєкт *«Чудові Математичні криві: троянди та спіралі»*. Актуальність теми цього проєкту полягає у демонстрації та застосуванні математичних знань у практичній діяльності людини. У курсі вивчення аналітичної геометрії не передбачено розгляд властивостей чудових кривих, які широко використовуються в житті. Метою проєкту є познайомити здобувачів освіти з деякими математичними кривими, які зустрічаються та мають практичне застосування у нашому житті.

З'ясувати, що таке Рози Гранді та спіралі. Цей проєкт краще провести як груповий, оскільки тематика дуже широка і цікава. По групах студентам пропонується розібрати і презентувати наступні питання: поняття спіралі Архімеда; логарифмічна спіраль; гіперболічна спіраль; спіраль Ферма; спіраль Кореню; троянди Гранді.

Також для студентів було розроблено проєкт *«Мистецтво Пірамід»* [170], у співавторстві з О. Бесхлібною. Робота над проєктом пов'язана з вивченням теми: «Многогранники. Піраміда». В рамках проєкту студенти вивчають піраміду як геометричне тіло, знаходять математичне обґрунтування геометричних таємниць піраміди; вивчають причини за якими піраміда визнана однією із досконалих форм; уточнюють можливості застосування пірамідальної форми у сучасному світі, зокрема у ювелірії;

студентами буде представлена підтверджена практикою інформація про можливість застосування правильних побудов пірамід в інтересах людини.

Під час роботи з проєктом студенти можуть об'єднатись в декілька груп. Одна група може знайти цікавинки про «єгипетські піраміди», про міфологію пірамід і про піраміди в цілому. Студенти другої групи - дослідити інформацію про ювелірні прикраси, які роблять в формі піраміди та як виготовити піраміду з підручних засобів. Інша група може знайти інформацію про розгортки піраміди та виготовити її. Результати роботи над проєктом «Мистецтво Пірамід» представлено на сайті [170].

Студентам можна запропонувати проєкт «Економна економіка», із залученням таких предметів, як алгебра, алгебра і початки аналізу, геометрія, економіка, трудове навчання, інформатика. Організувати роботу краще у міні-групах.

Доцільно використовувати програмне забезпечення системи динамічної математики, креслярські інструменти, фарби, пензлі, папір, матеріали та інструменти для виготовлення макетів, 3D-принтер.

Основною ідеєю проєкту є прикладна спрямованість. Прикладні задачі – це задачі, які поставлені поза математикою і розв'язуються математичними засобами. Задачі такого виду відповідають певним вимогам: мати реальний практичний зміст, який демонструє практичну цінність набутих математичних знань; відповідати програмі; бути сформульованими доступною і зрозумілою мовою, не містити термінів, що потребують додаткових знань, які не передбачені програмою навчальної дисципліни.

Практичні задачі евристичного характеру є потужним знаряддям для розвитку творчих здібностей особистості, їхніх STEM-компетентностей. Наприклад, здібностей втілювати здобуті знання в духовні і матеріальні форми, переносити знання і уміння в нові ситуації, уміння бачити знайоме в незнайомому, винахідливість, гнучкість мислення та ін. Доступні для розуміння студентів прикладні задачі посилюють світоглядні аспекти

навчання, мають незрівнянну цінність для мотивації вивчення нового математичного матеріалу. Життєвою необхідністю їх розв'язування найбільш природно обґрунтувати потребу у нових ідеях, знаннях і методах.

Прогнозованим результатом може бути зроблений і обґрунтований розрахунок найбільш доцільного варіанту виконання роботи. Доцільне виготовлення макету за отриманими розрахунками з паперу, дерева чи з пластика за допомогою 3D-принтера.

Запропоновані нижче задачі, зазначає Т. Крамаренко [129], можна віднести як до навчально-творчих *задач на оптимізацію*, що передбачають вибір оптимального розв'язування та оптимізацію затрат і розвивають відповідно такі компоненти творчих здібностей особистості, як гнучкість та раціоналізм мислення, так і до конструкторських задач чи до експериментальних задач на моделювання. Два останні види навчально-творчих завдань дозволяють розвивати здібності особистості до конструювання та до широкого перенесення принципів, методів наукового пізнання у нові ситуації.

Конкретну задачу на відшукування екстремальних значень можна розв'язувати різними способами.

У ході проєкту «Економна економіка» студентам можна запропонувати таку прикладну задачу: між двома населеними пунктами А і В пролягає дорога, знайдіть де потрібно розташувати пішохідний перехід, щоб маршрут від пункту А до пункту В був мінімальним. Для розв'язання задачі зручно використати програмний засіб GeoGebra. Викладач може заздалегідь підготувати задачу. Скориставшись інструментом «прапорець», в динамічній системі математики GeoGebra можна наочно провести дослідження, що підвищить інтерес студентів до математики та творчої діяльності. Будемо розв'язувати задачу чотирьохетапною схемою. Перший етап – складання математичної моделі і аналізу задачі. Дано точки А і В, між ними проходить дві паралельні прямі l_1 та l_2 , потрібно знайти такі точки С і D, щоб відрізок

CD був перпендикулярним до прямих, а ламана $ACDB$ була найменшою (рис. 2.3).

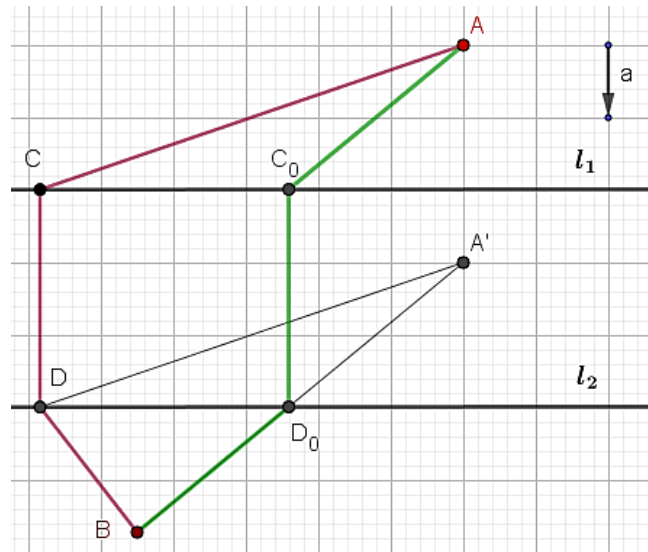


Рис. 2.3. Ілюстрація до першого етапу задачі

Оскільки ламана складається з трьох ділянок, то $AC + CD + DB = L$, $CD = \text{const}$, отже L буде найменшою, якщо найменшого значення буде набувати сума AC і DB ; \overrightarrow{CD} – вектор паралельного перенесення. Другим етапом буде побудова, вона детально розписана на рисунку 2.4. Третій етап – доведення. $AC + CD + DB = \text{const} + AC + DB = \text{const} + A'D + DB$, остання сума буде найменшою, якщо точки A' , D , B лежать на одній прямій. На останньому етапі – дослідженні, викладач може переміщувати населені пункти A і B або дорогу, в результаті студенти прийдуть до висновку, що задача має завжди один розв'язок.

GeoGebra полегшує створення математичних моделей, які дозволяють проводити інтерактивні дослідження при переміщенні об'єктів і зміні параметрів. Лабораторно-дослідницькі роботи такого плану можна проводити при вивченні різних тем геометрії, організовувати їх в комп'ютерних лабораторіях разом з викладачем інформатики, використовувати різноманітне програмне забезпечення, інтегруючи таким чином навчальні предмети.

Приклад. Пункти А, В і С розміщені у вершинах прямокутного трикутника ($\angle ACB = 90^\circ$), $BC = 3$ км, $AC = 5$ км. З пункту А в пункт С веде шосейна дорога. Турист починає рухатися з пункту А по шосе. На якій відстані від пункту А турист має звернути із шосе, щоб за найменший час дійти з пункту А до пункту В, якщо швидкість туриста по шосе дорівнює 5 км/год, а поза шосе – 4 км/год?

Інформаційні технології у проєктах використовуються як для пошуку та аналізу доцільних відомостей, так і для створення нових продуктів. Наприклад, ми пропонували студентам створювати шаблони для обчислень у таблицях Google, а також фрагменти програми «Фінансовий калькулятор» доступною для них мовою програмування. Студентам цікаво ознайомитися з уже існуючими фінансовими калькуляторами, розібратися з алгоритмами обчислень.

Під час виконання подібних завдань у ході реалізації проєкту інтегруються знання студентів з математики та інформатики, удосконалюються ключова математична та інформаційно-комунікаційна компетентності.

Проєктна діяльність студентів забезпечує пріоритет надпредметних соціально-значимих знань і умінь, що найбільше відповідає парадигмі особистісно-орієнтованої освіти, тому що саме ці знання і вміння дозволяють молоді упродовж життя успішно реалізуватися.

Для забезпечення повноцінного спілкування, зворотного зв'язку «студент-студент», «студент-викладач», доцільно на першому етапі роботи над проєктом створити сайт чи блог проєкту. на сайті можуть висвітлюватися здобутки студентів, розроблені ними продукти проєктної діяльності. Технологічну карту реалізації проєкту «Фінансова математика» ми описали у посібнику [127, с. 157].

У рамках інтеграції знань студентів з математики та інформатики нами був розроблений та впроваджений трансдисциплінарний STEM-проєкт «Зони

відпочинку». Студентам фахового коледжу було запропоновано створити у програмі TinkerCAD побутові просторові тіла та знайти об'єм просторової фігури. Приклади робіт представлені у Додатку В. Також пропонували проєкт зі створенням в програмі TinkerCAD «Зони відпочинку». Відповідно з розробленими зонами, далі кожен студент-«архітектор» отримав індивідуальні завдання для математичних розрахунків. Наприклад, розрахувати кількість коштів, що піде на матеріали для облаштування такого майданчика, чи хоча б на фарбування майданчика. Деякі студенти склали повний кошторис, тобто враховували всі трати на матеріали, роботу, доставку та інше. Приклади створених проєктів представлено у Додатку Г.

Процесу поетапної реалізації навчального STEM-проєкту передують його детальне планування з визначенням проблематики, мети та постановки завдань, а також передбаченням основного результату в процесі реалізації.

Авторський колектив Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпучіна, Г. В. Онопченко та О. В. Онопченко пропонують доцільну *технологічну схему* для розробки та впровадження STEM-проєктів у навчанні обдарованих дітей [198, с. 51-54]. Даною схемою ми також користувалися і при розробці та впровадженні проєкту для студентів.

Під час мотиваційного етапу STEM-проєкту передбачили формування цікавості студентів до певного кола проблем, визначення проблеми STEM-проєкту, яка дасть змогу закріпити отримані теоретичні знання на практиці.

Показники ціннісно-мотиваційного компоненту STEM-компетентностей студентів будуть зростати, якщо викладач / керівник проєкту та співпраця зі студентами зможуть забезпечити підвищення рівня пізнавального інтересу до вирішення проблемних задач. Участь у проєкті сприятиме креативному підходу до вирішення поставлених задач, розширюватиме коло інтересів у межах обраної проблематики для кожного студента.

На *мотиваційному етапі проекту* перед здобувачами освіти ставиться ключове питання. Наприклад, як знання математики допоможе внести гармонію у оточуючий нас світ, налаштувати побут, зони відпочинку? Під час проведення мозкового штурму відбувається обговорення ключових питань, ідей. Визначаються можливі напрями, які могли б дати відповідні набори даних. Обговорюються та оцінюються ідеї здобувачів освіти, які вони пропонують.

Викладач може продемонструвати певні зразки можливих продуктів проєктної діяльності. Здобувачі освіти можуть сформувати міні-групи за інтересами чи працювати в проєкті індивідуально. Вони обирають спосіб представлення результату власної роботи.

На *етапі планування* студенти розробляють графік реалізації проєкту, формулюють задачі для груп або індивідуальних виконавців, здійснюють розподіл задач між групами або окремими виконавцями, погоджують терміни виконання. У ході *організаційно-дослідницького (технологічного) етапу* студенти здійснюють пошук необхідних відомостей, аналізують, розробляють алгоритм виконання завдання, створюють запланований продукт.

До участі у заключному етапі презентації розроблених продуктів студентам потрібно було підготувати звіт у вигляді усної розповіді з демонстрацією презентації, можливих виготовлених макетів з паперу та розробок у згаданому програмному забезпеченні TinkerCAD.

Для забезпечення зростання показників рефлексивно-оцінного компоненту STEM-компетентностей студентів необхідно здійснити само- та взаємо аналіз розроблених продуктів, само- і взаємооцінювання.

Впродовж роботи над проєктом викладач здійснює формувальне оцінювання, наприкінці проєкту – підсумовуюче. Для формувального оцінювання доцільно використовувати різноманітні сучасні засоби ІКТ. У

пункті 2.3. нашого дослідження представлено опис інструментарію поточного оцінювання, який ми використовуємо у навчанні студентів.

На початку проєкту використовується робота з мотиваційними таблицями, здійснюється вхідне тестування. Впродовж роботи над проєктом використовуємо для оцінювання студентів такі методи, як консультації, самостійна робота з листами оцінювання проєкту та кінцевого продукту проєкту (само- і взаємооцінювання); робота з опитувальниками до теми. Наприкінці роботи над проєктом використовують такі методи оцінювання як демонстрація – захист проєкту; анкетування; аналіз листів оцінювання, підсумкові контрольні роботи. Після цього викладач проводить рефлексію зі студентами та індивідуальні консультації з кожною групою, в тому числі через сайт проєкту, коригує їхню діяльність, надає певні рекомендації та спрямовує роботу над ключовими питаннями проєкту.

Ми успішно залучали студентів коледжу до участі у STEM-проєкті *«Створення 3D голограми»*. Голограма – це проєктування зображення об'єкта з площини у тривимірний простір. При цьому створюється ілюзія об'ємності, оскільки людина бачить не самі об'єкти, а лише їхні світлові образи. Запропонований проєкт є міждисциплінарним.

На заняттях з математики під час вивчення теми *«Перерізи многогранників»* студентам було запропоновано зробити макет правильної зрізаної чотирикутної піраміди. Матеріалом для виготовлення слугували пластикові пластини. Спочатку студенти зробили розмітку на пластині, потім вирізали та склеїли макет (додаток Г). Для перевірки роботи відкрили готове відео 3D-голограми на телефоні і поставили зверху перевернуту модель.

На інформатиці, під час вивчення комп'ютерної графіки, зробили власні відео для 3D-голограми. Студентам було запропоновано список тем з різних предметів. Таким чином, в результаті отримали велику кількість відео, які у подальшому використовували на різних дисциплінах. Наприклад, під час вивчення теми *«Адаптація»* на біології і екології студенти можуть

переглянути відео на 3D-голограмі про тварин, які мають властивість адаптації. Етап створення такого відео висвітлено нами в Додатку Г. Використання створених голограм на заняттях збільшувало інтерес студентів та мотивувало на подальшу дослідницьку роботу.

У пункті 1.4., розглядаючи структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики, ми акцентували увагу у методологічному блоці зовнішніх чинників на необхідності дотримання основних принципів навчання, у тому числі відповідно до матеріалів наукових публікацій [138; 189; 198].

Продемонструємо, яких *принципів* дотримуємося у ході впровадження STEM-проєктів, на прикладі проєкту «*Створення 3D-голограми*». Дотримання принципу *науковості та доступності* зумовлює включення до змісту педагогічної системи наукових знань. Наприклад, як зір людини сприймає різні об'єкти; як створюють голограми.

Пропонуються сучасні наукові способи засвоєння знань, відповідно до вікових особливостей студентів, рівня сформованості в них розумових операцій. Робота над проєктом передбачає дотримання *принципів розвитку особистості*, що проявляється в динаміці якісних та кількісних якостей особистості – розвитку STEM-компетентностей. Проєкт трансдисциплінарний, що передбачає *інтеграцію* знань з різних навчальних дисциплін (математики, інформатики, біології) для вирішення проблемного питання.

Дотримуємося *принципу пізнавальної активності*, оскільки відбувається спрямування активності студентів на певні об'єкти освітнього процесу та отримання знань про об'єкти пізнання. Упровадження STEM-проєктів спрямоване на реалізацію принципу *індивідуальності* через врахування особливостей кожного з учасників освітнього процесу та максимальний їх розвиток.

Наведені вище STEM-проєкти мають *дослідницьку та практичну спрямованість*, виражають *взаємозв'язки теорії та практики*, що

виражається у формуванні STEM-компетентностей учасників. Студенти можуть відстежувати *міжпредметні зв'язки* та прикладні напрямки навчання математики. Спільна робота в команді, забезпечення *інтерактивності* сприяє вирішенню проблемних ситуацій, *усвідомленню* студентами необхідності формування культури інтелектуальної діяльності на основі самоосвіти, самовиховання та самовдосконалення в освітній діяльності, уміння реалізовувати знання та вміння з опорою на особистісні якості.

У ході проєктної діяльності під час вивчення математики у молодших фахових бакалаврів розвиваються усі складники STEM-компетентності, насамперед, ключова математична компетентність, інформаційно-комунікаційна компетентності, проєктно-технологічна компетентність та критичне мислення.

Індонезійські вчені [65] виділяють три етапи саморегулювання це планування, аналіз та визначення. На першому етапі, фазі планування, студенти встановлюють кроки навчання, а саме: аналіз навчальних завдань, визначення цілей навчання та планування навчальних стратегій. На другому етапі, аналізу, студенти реалізують план, який постійно контролюється, щоб переконатися, що він призводить до навчальних цілей. На третьому етапі, визначення, студенти визначають, наскільки обрана стратегія навчання та як досягти цих цілей навчання.

Показники та критерії, за якими буде проводитись оцінювання мають бути простими та зрозумілими. Серед орієнтовних показників за якими відбувається оцінювання результативності проєкту можуть бути: значущість та актуальність проблеми проєкту; доцільність методів дослідження й обробки даних; активність кожного учасника; колективний характер рішень; уміння аргументувати свої висновки; естетика оформлення презентаційних результатів; презентація проєкту; використання проєктних результатів.

Презентація матеріалів дослідження перед широкою аудиторією є неодмінним складником проєктної діяльності, її можна провести перед

студентівським колективом, громадськістю. Успішна презентація результатів дослідження може підштовхнути до подальшого розв'язання проблеми.

Прихильники проєктувальної педагогічної діяльності відстоюють принцип навчання за допомогою діяльності, розглядаючи при цьому діяльність як різновид творчої роботи, де студент виступає її активним учасником. Тому в основі цього методу лежить діяльнісний підхід, спрямований на формування комплексу різноманітних вмінь та навичок, необхідних для життя.

Таким чином, особливості реалізації методу проєктів на заняттях математики враховують вікові та індивідуальні особливості студентів, враховують зміст і особливості шкільного курсу математики, враховують оцінювання критеріїв та оцінювання творчої складової навчального матеріалу.

Проєктна робота зацікавлює студентів до предмету, підвищує розумову активність та творче мислення, допомагає мобілізувати знання на практиці та швидко адаптуватися до нестандартних ситуацій. Під час побудови дитячого майданчика або ж кімнати художника студенти задіють новаторські здібності, винахідництво, формуються STEM-компетентності, такі як критичне мислення, креативність, організаційні здібності, уміння працювати в команді, емоційний інтелект, здатність до ефективної взаємодії, когнітивна гнучкість.

У ході дослідження встановили, що успіх у навчанні математики студентів фахової передвищої освіти обумовлює впровадження сучасних методик та педагогічних інновацій, зокрема навчальних проєктів.

Використання ІКТ у розробці STEM-проєктів є не лише корисним, але й необхідним завдяки чіткості графіки, візуалізації досліджуваних математичних об'єктів, виразів, ілюстрації методів побудови.

2.3. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики

У ході нашого дослідження ми впевнилися в тому, що використання комп'ютерних програм на заняттях математики розвиває у студентів інтерес до вивчення предмету, підвищує ефективність самостійної роботи студентів, індивідуалізації процесу навчання шляхом покращення наочності навчання, сприяння формуванню абстрактних уявлень про математичні моделі, поглиблення самостійності вивчення курсу, створення комфортних умов проведення різних форм контролю знань, що допомагає в розробці індивідуальних заходів для корекції знань студентів у межах досягнення визначених цілей навчання.

Програмний комплекс *GRAN* [31], розроблений в Україні під керівництвом М. І. Жалдака, призначений для графічного аналізу функцій, систем геометричних об'єктів на площині та у просторі.

Т. Крамаренко [129] досліджувала вплив комп'ютерно-орієнтованого навчання математики на розвиток в учнів пізнавальних і творчих якостей, запропонувала методичні рекомендації щодо використання програмних засобів *GRAN* у навчанні математики. Автор зазначає, що застосування цих програм в процесі вивчення математики дозволяє поєднати високий рівень абстрактності матеріалу, логічну строгість систематичного подання зі значним ступенем наочності. Пропонує власний підхід до розв'язування широкого кола практичних задач на екстремуми, через створення динамічних виразів для обчислення кутів, довжин відрізків, площ многокутників та іншого.

Вагомим універсальним програмним засобом для підтримки навчання як геометрії, так і алгебри є система динамічної математики *GeoGebra*.

Однією з переваг ресурсу є можливість працювати в програмі онлайн, не інсталиючи її на комп'ютер.

Автори О. Семеніхіна та ін. [49] зазначають, що використання програмного засобу GeoGebra сприяє формуванню навичок візуалізації об'єкта дослідження, демонстрації його властивостей, ухиленню від стандартних дій, пов'язаних із створенням допоміжних рисунків; представленням матеріалу динамічними ілюстраціями, інтерактивними аплетами.

М. Бурда та Д. Васильєва [77], акцентують увагу на важливості візуалізації навчального матеріалу, особливо під час навчання математики в умовах воєнного стану. Програми GRAN та GeoGebra допоможуть унаочнити абстрактні математичні поняття, викликати інтерес до навчання, активізувати дослідницьку діяльність та навчально-пізнавальну.

Нам імпонує приклад Ю. В. Ботузової [76]. Вона пропонує при вивченні лінійної функції та її властивостей створити динамічне креслення функції $y = kx + b$. Переміщуючи повзунки k та b , здобувачі освіти спостерігають зміну графіка та намагаються дійти власних висновків щодо характеру монотонності функції при $k > 0$, $k < 0$, $k = 0$, особливостей розміщення графіків, у яких $k \neq 0$, $b = 0$ тощо.

Моделювання математичних об'єктів та спостереження за процесом їх динамічних змін за допомогою інтерактивних креслень програми GeoGebra дозволяють формувати в студентів вміння виділяти характерні ознаки, встановлювати закономірності, робити узагальнення та висувати гіпотези.

Тому перед вивченням теми «Побудова графіків тригонометричних функцій» ми запропонували здобувачам освіти виконати вдома практичну роботу. Студенти об'єднались у групи і будували за допомогою програмного засобу GeoGebra динамічні графіки функції: 1) $y = kx + b$, 2) $y = x^2 + k$, $y = x^2 - k$;

3) $y=(x+k)^2$, $y=(x-k)^2$, 4) $y = kf(x)$ і $y = f(kx)$, використавши інструмент «повзунок», який замість значень k , b буде підставляти деякі числа.

Будуючи графіки, студенти згадували певні залежності, також описували взаємозв'язок між аналітичним виглядом функції та розташуванням її графіку, записували правила. В результаті студенти прийшли на заняття, повторивши пройдений матеріал і вже були підготовлені та вмотивовані до вивчення нової теми, а на занятті показали результати власної роботи.

Зазначимо, що через використання студентами у навчанні математики згаданого Engineering-інструменту, здійснюється вплив на формування у студентів як ключової математичної компетентності та інформаційно-комунікаційної компетентності, так і критичного мислення. Адже при виконанні завдання студенти демонстрували здатності, які належать до STEM-компетентностей [4]. А саме: здійснювали аналіз і розуміння інформації, представленої в таблицях і цифрах; розуміння, коли запропонована інформація відноситься до завдання, а коли ні (релевантна чи ні); вміння виявляти спірні або критичні припущення; вміння систематизувати і синтезувати інформацію з кількох джерел тощо.

Таким прийомом можна швидко і продуктивно провести актуалізацію опорних знань. Також на етапі актуалізації опорних знань з цієї теми можна спочатку попросити студентів сформулювати правило побудови графіка функції $y = k \cdot f(x)$, а потім запропонувати приклад в GeoGebra, в якому буде заздалегідь побудовано графіки тригонометричних функції $g(x) = \cos x$ і $f(x) = k \cdot \cos x$. Число k буде закріплене за «повзунком» і знаходитись в межах $[-5; 5]$.

Рухаючи «повзунок», викладач ставитиме запитання «Графік якої функції утворився?», «Відбувся стиск чи розтяг?», «Відносно якої осі відбувся стиск/розтяг?», «В скільки разів відбувся стиск/розтяг до осі

абсцис?». Таким чином студенти згадають не тільки перетворення графіка функції $y = kf(x)$, а й функції $y = -f(x)$. Аналогічним методом можна повторити перетворення графіка функції $y = f(kx)$ і розглянути побудову графіка функції $y = \sin(kx)$. Під час розв'язування вправ з даної теми можна робити перевірку побудов графіків тригонометричних функцій за допомогою GeoGebra, таким чином студенти ще більше зацікавляться виконанням завдань, оскільки використання програмного засобу GeoGebra розвиває інтерес до вивчення предмета та сприяє підвищенню ефективності їхньої самостійної роботи.

Запровадження такого STEM-підходу закріпить стійку зацікавленість до вивчення математики, тобто сприятиме зростанню таких показників сформованості STEM-компетентностей, як ціннісно-мотиваційний, креативно-діяльнісний, когнітивний та рефлексивно-оцінний. В цьому ми переконалися під час проходження асистентської практики, апробувавши даний STEM-підхід для студентів 1-2 курсів при вивченні математики.

Описуючи графіки за допомогою відповідних інструментів, студенти якнайкраще зможуть дібрати потрібні функції. Математичне моделювання з використанням систем динамічної математики сприятиме глибшому розумінню тем, що вивчаються. Перед поясненням нового матеріалу з теми «Побудова графіків функцій $y = kf(x)$ та $y = f(kx)$ » викладач може вдома зробити заготовки графіків функцій $y = k\sqrt{x}$ та $y = \sqrt{kx}$ в програмному засобі GeoGebra. Тоді, використовуючи інструмент «повзунок», замість значення k буде підставляти деякі числа. На занятті, демонструючи графік, рухати повзунком. Студенти, побачивши перетворення графіка при $0 < k < 1$ та $k > 1$, самостійно виведуть правило.

Під час карантину та запровадження воєнного стану, в умовах дистанційного чи змішаного навчання необхідно приділяти більше уваги комунікації між учасниками освітнього процесу, забезпечувати спілкування

та роботу в команді за допомогою як *інструментів синхронної комунікації* (чати, відеочати, аудіочати, миттєві повідомлення), так і *асинхронної комунікації* (електронна пошта, форуми, коментарі).

С. Симоненко, В. Осадчий, С. Сисоєва, К. Осадча та А. Азарян [55] наводять приклади хмарних технологій, що сприяють покращенню комунікативних навичок учасників проєктів та забезпеченню злагодженої роботи в команді – важливому складнику STEM-компетентностей здобувачів освіти. Це інструменти синхронної комунікації – Facebook Messenger, iMessage, Firebase Cloud Messaging, Google Cloud Messaging, асинхронної комунікації – Office 365, G Suite, Zoho Workplace, інструменти для спільної роботи – ezTalks Cloud Meeting, Prezi, Office 365, Yammer, Evernote.

Частину із перерахованих інструментів ми використовуємо у навчанні студентів. Переконаливо можемо стверджувати, що впровадження цих сервісів у навчальний процес сприяє кращій комунікації та співпраці між студентами та викладачами під час вивчення загальноосвітніх та фахових дисциплін, роботи над проєктами, розробки програмного продукту тощо.

Для студентів, які опановують *облік та оподаткування*, можна використовувати у навчанні різні *комп'ютерні програми математичного спрямування*, які сприяють аналізу фінансових даних, виконанню розрахунків, оподаткуванню та фінансовому плануванню. При цьому студенти зможуть удосконалити власну ключову математичну та інформаційно-комунікаційні компетентності. Зазвичай, для розв'язування завдань з математики студентам 1-2 курсів фахових коледжів достатньо скористатися електронними таблицями Microsoft Excel або Google. Вони є потужними інструментами для створення таблиць і роботи з даними, виконання розрахунків, побудови графіків та діаграм. В електронних таблицях студенти зможуть створювати формули для автоматичних обчислень з фінансового аналізу і обліку.

Користуючись відомостями з мережі, студенти готували і мали змогу виступити з повідомленнями про те, що для фінансового аналізу є спеціально розроблене програмне забезпечення. Наприклад, зарубіжні аналоги Bloomberg Terminal, Thomson Reuters Eikon або FactSet та інші. Вони надають доступ до фінансових даних, показників, рейтингів і аналітичних інструментів, що дозволяє здійснювати комплексний аналіз фінансових даних підприємств. Для фінансового моделювання, прогнозування доходів, витрат, прибутків та збитків, оцінювання ризиків можуть використовуватися засоби Oracle Hyperion або SAP Business Planning and Consolidation тощо.

Майбутнім бухгалтерам цікаво було дізнатися про відповідні бухгалтерські програми, які використовуються в Україні: Dilovod, Бухгалтерія Онлайн, MASTER: Бухгалтерія та інші. Популярна раніше в Україні програма 1С: Бухгалтерія наразі знаходиться у підсанкційному списку. Алгоритми дій в розрахунках програм пов'язана із застосуванням математичного апарату. Бухгалтерські програми спеціально розроблені для обліку фінансів, включаючи бухгалтерські проводки, звіти, розрахунки податків, обліку заробітної плати та інших фінансових трансакцій. Податкове програмне забезпечення допомагають особам та підприємствам виконувати розрахунки та подавати податкові декларації відповідно до законодавства про оподаткування.

Математика лежить в основі багатьох фінансових показників, що використовуються для фінансового аналізу та звітності. Навчаючи математики молодших фахових бакалаврів спеціальності 076 Підприємництво та торгівля, доцільно акцентувати увагу на тому, що математичні розрахунки використовуються для оцінки та кількісного визначення ризиків, допомагають підприємцям приймати обґрунтовані рішення та розробляти стратегії їх зменшення, розрахувати рентабельність інвестицій, прибутки, збитки, витрати та доходи.

Системи динамічної математики можуть використовуватись для моделювання, застосовуватись в різних галузях, таких як економіка, наука, біологія та інженерія, для аналізу та прогнозування. Дозволяє створювати математичні моделі, враховуючи зміни у часі, що сприяє оптимізації процесів та прийняттю кращих рішень.

Вважаємо доцільним використовувати у навчанні стереометрії програмні засоби *GeoGebra* та *Gran* [18], це сприятиме формуванню в здобувачів освіти STEM-компетентностей, зокрема формуванню ключових математичної та цифрової компетентностей, розвитку просторової уяви та просторового мислення.

У навчанні стереометрії заслуговують на увагу розробки завдань В. Сидорука [185], на побудову перерізів методом слідів, внутрішнього проєктування та комбінованим методом. До кожного із завдань передбачено можливість покрокового відтворення побудов. Це дає змогу тим, хто навчається, розвивати як математичну компетентність, так і уміння самостійно навчатися. До окремих задач запропоновано побудови, створені на полотні 3D.

На високому методичному рівні створено добірку завдань на комбінації геометричних тіл М. Риковського [176]. Ці моделі розроблені як побудови тіл на площині з використанням властивостей паралельного проєктування. Їх доцільно використовувати з метою візуалізації властивостей геометричних тіл. Однак, моделі складно відтворити студентам, оскільки хід побудови і деталі побудов йому недоступні.

Моделі розроблені як побудови тіл на площині з використанням властивостей паралельного проєктування. Зокрема пропонується книга, добірка наочностей, до теми «Призма». Є низка наочностей, у яких представлено комбінації стереометричних тіл: сфера і піраміда, сфера і призма, сфера і циліндр тощо. Розглянемо наочність «Вписаний у кулю конус. Правильна трикутна піраміда вписана в конус. Піраміда вписана в

сферу». Уже з назви слідує, що наочності властива інтегрованість. Вона може бути використана при проведенні занять стереометрії у коледжі чи занять з методики навчання математики за різними темами.

Користуючись наочністю, користувачам радять вивчити властивості тіл, вписаних у сферу, дослідити зв'язок між радіусами кулі, конуса, висотою конуса та його твірною. Користуючись інструментом Прапорець, яким оснащені ці наочності, користувач має змогу здійснити повторення. Який конус називається вписаним у кулю? Якому елементу конуса належить центр кулі? Яка піраміда називається вписаною у конус? Яка піраміда називається вписаною у сферу? Яким буде осьовий переріз конуса? Який круг кулі називається великим кругом? Сформулювати властивості діаметра кулі, перпендикулярного до його великого круга.

Ми підтримуємо рекомендації О. Семеніхіної та М. Друшляк [182] стосовно того, що доцільно використовувати середовище GeoGebra до вивчення основних тем курсу стереометрії.

Під час вивчення стереометрії студентам важко уявити, а тим паче побудувати перетин багатьох площин, об'ємні фігури, їх перерізи, для полегшення сприйняття зручно використовувати систему динамічної математики GeoGebra, в якій можна виконувати динамічні 3D-моделі. Наприклад, для студентів під час вивчення теми «Паралельність прямих і площин у просторі» запропонувати довести задачу: площини α і β перетинаються по прямій c , пряма $a \parallel \alpha$ і $a \parallel \beta$, потрібно довести, що $a \parallel c$. В GeoGebra побудувати у площині α пряму $a_1 \parallel a$, $a_1 \parallel \beta$, тоді за теоремою (якщо площина проходить через пряму, паралельну другій площині, і перетинає цю площину, то пряма їх перетину паралельна даній прямій) $a_1 \parallel c$, а з ознаки паралельності прямих $a \parallel c$.

Завдяки програмному засобу GeoGebra студенти можуть поглянути на рисунок з різних боків, чого не можна зробити в зошиті. Але до застосування GeoGebra на заняттях стереометрії слід підходити обережно, оскільки

постійно постачаючи студента готовими, красивими і правильними малюнками, тим більше 3D-моделями, ми зрештою починаємо гальмувати розвиток просторової уяви студентів, а деякі завдання взагалі майже втрачають сенс, якщо дати до них готовий малюнок.

Використання середовища GeoGebra сприяє вирішенню наявних утруднень у шкільному курсі математики. Наприклад, на етапі переходу від конкретних до загальних задач з умовою, які розв'язуються параметрично, традиційно виникають труднощі, пов'язані з віковими особливостями здобувачів освіти. Якщо не подолати їх вчасно, студент важко засвоює і погано розуміє суть теорем, законів, зустрічається з труднощами під час формулювання висновків, узагальнень, проведенні досліджень.

Розробки з використанням програмно-методичного комплексу GRAN, застосування онлайн додатку GeoGebra, до створення стереометричних наочностей висвітлено у навчальному посібнику «Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики» [115]. На сайті GeoGebra користувачі можуть переглянути розробки, що містять відповідні наочності. У посібнику розглядаються умови завдань для самостійного виконання студентами, тестові завдання для самоконтролю. Також автором створено GeoGebraBook «Моделі до стереометричних задач» [122].

Дослідження ефективності використання додатків GeoGebra для мобільних телефонів у навчанні стереометрії ми здійснювали у навчанні студентів у ВСП Криворізького фахового коледжу Державного університету економіки і технологій.

При застосуванні додатків доцільно, щоб той, хто навчається, міг у вікні браузера відтворити побудову, відкривав за потребою інші тимчасово приховані елементи креслення, отримував текстові підказки. При цьому значну кількість побудов варто пізніше чи одночасно з переглядом створити з використанням додатка для мобільного телефону.

Розглянемо особливості виконання окремих побудов та надамо рекомендації щодо їх використання.

Однією з головних проблем, з якою стикаються студенти, це читання двовимірного креслення, яке подає зображення фігури тривимірного простору. Щоб розвивати просторову уяву студентів, доцільно пропонувати їм виконувати задачі на побудову перерізів многогранників площинами.

Стереометричні задачі прикладного змісту. Геометрія є наукою абстрактною, часто викладається без належної реалізації її прикладної спрямованості. Це призводить до того, що значна частина студентів не відчуває потреби у вивченні даного предмета, оскільки не бачить можливості використання набутих геометричних знань, зокрема зі стереометрії, у майбутньому. А тому є потреба у зв'язку стереометричних задач з життям. Пропонуємо розглянути дві задачі прикладного змісту, для розв'язання яких вбачаємо за доцільне залучити додаток GeoGebra 3D. Ці задачі ми пропонували для розв'язування студентам ВСП Криворізького фахового коледжу Державного університету економіки і технологій під час виконання проєкту «Економна економіка».

Задача 1. Скільки відсотків деревини йде у відходи при виготовленні з дерев'яної колоди, завдовжки 5 м та діаметром основ 20 см і 15 см, балки з перерізом у формі прямокутника максимальної площі поперечного перерізу?

Задача 2. Обчисліть об'єм найбільшого бруса з основою у формі прямокутника, який можна витесати з колоди циліндричної форми. Довжина колоди 5 м, а товщина – 20 см. Який відсоток деревини при цьому піде у відходи?

Такі прикладні завдання, стимулюють активну участь студентів у навчальному процесі. Запропонований підхід допомагає переконати у важливості математичних знань і розвиває вміння аналізувати та розв'язувати проблеми. Завдяки завданням прикладного змісту, студенти

можуть застосовувати отримані знання до реальних ситуацій, що збільшує їхню мотивацію та інтерес до предмета.

Використовуючи ці задачі ми провели дослідження на базі двох паралельних груп спеціальності «Фінанси та кредит». У дослідженні брали участь – 18 студентів експериментальної групи (ЕГ) та 17 студентів контрольної групи (КГ). У експериментальній групі було завдання розв'язати задачі на основі динамічного рисунку, контрольна група розв'язувала такі ж задачі, але за допомогою статичного.

Запропонована анкета складалась з декількох запитань, на які студенти відповідали під час розв'язування задач.

З якими фігурами будемо працювати? Позитивна відповідь: КГ – 6 студентів (35%), ЕГ – 7 студентів (39%)

Як розташовані фігури одна відносно одної? Позитивна відповідь: КГ – 7 студентів (41%), ЕГ – 7 студентів (39%).

Якої форми має бути поперечний переріз балки, щоб її розмір був максимальним? Об'єм бруса буде найбільшим, якщо поперечний переріз бруса буде квадратної форми. Для цього не обов'язково складати функцію і досліджувати її на екстремум, достатнього скористатися формулою для обчислення площі чотирикутника, вписаного в коло. Позитивна відповідь: КГ – 4 студентів (24%), ЕГ – 3 студентів (17%).

На другому етапі КГ було показано рисунок до задачі на папері, ЕГ продемонстровано рисунок у GeoGebra (рис. 2.5) та розглянуто його в динаміці.

Після цього групам повторно задали останнє запитання щодо перерізу, статистика позитивних відповідей покращилась: КГ – 6 студентів (35%), ЕГ – 9 студентів (50%).

Що мається на увазі під відходами від виготовлення колоди? Позитивну відповідь, що це різниця між об'ємом зрізаного конуса та об'ємом паралелепіпеда, дали: КГ – 9 студентів (53%), ЕГ – 12 студентів 67%.

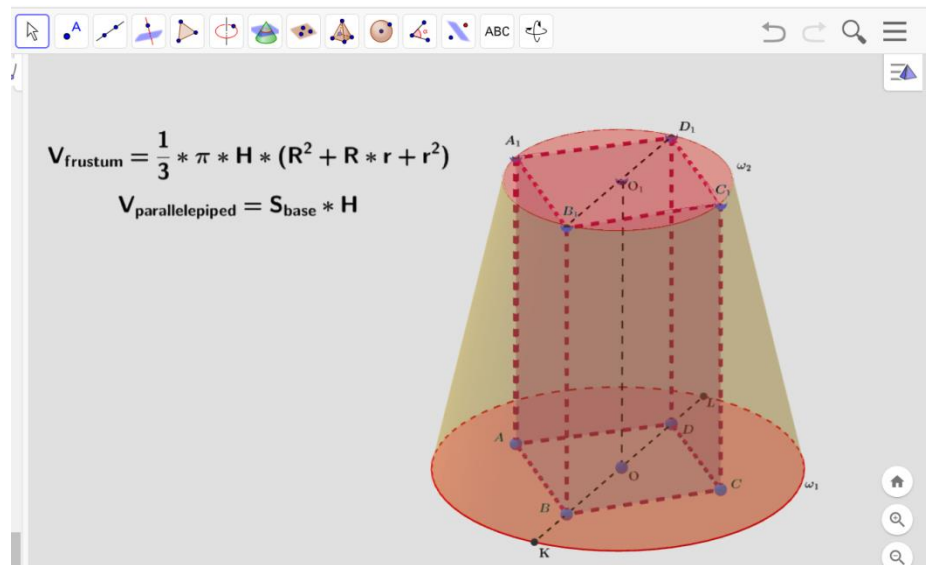


Рис. 2.5. Паралелепіпед, вписаний в зрізаний конус

Динамічне зображення у GeoGebra допомогло групі ЕГ покращити статистику відповідей, після демонстрації рисунку на папері такого ефекту досягти не вдалося. Результати анкетування показали що вища результативність досягається саме при демонструванні динамічних моделей.

Задачі на оптимізацію з використанням GeoGebra висвітлені у навчальному посібнику, про який згадували раніше [115]. Також у посібнику є добірки завдань з використанням GeoGebra з наочностями для профільного навчання математики, реалізації міжпредметних зв'язків початків математичного аналізу та стереометрії. При цього можна за виразами для обчислення об'єму тіла відслідковувати зміну цієї величини і знаходити оптимальні розміри бруса. Доцільно також скористатися у GeoGebra інструментом «інспектор функцій», щоб знаходити екстремальні значення функції і візуалізувати абстракції.

Зручно одразу на полотні прописати формули, а потім під час обговорення відкривати їх покроково. Щоб зробити таку заготовку в додатку GeoGebra 3D, потрібно спочатку побудувати зрізаний конус (шляхом перетину конуса площиною), потім через центр меншого кола і точку на ньому будуємо пряму. До отриманої прямої проводимо перпендикулярну

пряму, обравши точкою центр меншого кола. Відмічаємо точки перетину прямих з колом та через отримані 4 точки будуємо квадрат (за допомогою інструменту Многокутник), послідовно з'єднавши точки. З вершин квадрата опускаємо перпендикуляри до нижньої основи конуса (більшого кола) та відмічаємо точки перетину перпендикулярів з площиною основи конуса, через отримані 4 точки будуємо квадрат, послідовно з'єднавши точки. За допомогою інструменту Призма будуємо призму, обравши многокутник основи (квадрат) і вершину на одній з точок меншого кола.

Доповнена реальність. Для створення математичної моделі в додатку «Доповнена реальність», спочатку потрібно створити модель в 3D Графіка, за допомогою відповідних інструментів (Додаток Д), а потім за допомогою кнопки «AR» спроектувати в реальний світ. Щоб розмістити об'єкт в реальному світі, треба обрати місце, навести на нього фотокамерою і натиснути на екран телефону. Після цього фігура зафіксується в обраному місці. Для зміни розміру, кольору об'єкту, використовуємо сенсорний екран.

Оскільки в додатку є можливість будувати призму, складнощі можуть виникати при створенні певних видів призм. Розглянемо детально на прикладі прямої призми в основі якої лежить прямокутник.

Щоб побудувати прямокутний паралелепіпед можна скористатись нашим алгоритмом (Додаток Е). Ми виділяємо два основні етапи побудови це побудова динамічного прямокутника та побудова прямокутної призми. У свою чергу етап побудови прямокутника (основи призми) ділиться на чотири кроки: 1) побудова відрізка, 2) побудова прямої паралельної відрізка, 3) побудова перпендикулярів до прямої, що проходять через кінці відрізка, 4) побудова прямокутника.

Розглянемо методичні вказівки до побудови цих чотирьох кроків. Перший крок, для того, щоб побудувати відрізок в площині Оху, потрібно обрати інструмент «Вигляд з» (знаходиться в групі «Редагування») і вказати дану площину. Потім обрати інструмент «Відрізок» і вказати дві точки, через

які автоматично побудує відрізок АВ. Другий крок, за допомогою інструменту «Точка» поставимо точку в довільному місці (т. С). Обираємо інструмент «Паралельна пряма», вказуємо на побудований відрізок і точку, автоматично побудує пряму g. Третій крок, обираємо інструмент «Перпендикулярна пряма», вказуємо на пряму g та на точку А – отримали пряму перпендикулярну до прямої g, що проходить через т. А (позн. і). Аналогічно будуємо пряму через точку В (позначимо j). Четвертий крок, обираємо інструмент «Многокутник» і вказуємо на точки перетину прямих і відрізків. У вкладці «Алгебра» прибираємо видимість зайвих прямих, за бажанням, змінюємо колір об'єктів. Змінювати розмір прямокутника можемо за допомогою переміщення точок А, В, С.

Етап побудови прямокутної призми розбиваємо також розбиваємо на кроки. Спочатку потрібно побудувати пряму перпендикулярну до прямокутника, для цього обираємо інструмент «Перпендикулярна пряма», вказуємо на прямокутник і на його вершину. Отримали пряму h, яка є перпендикулярною до прямокутника ABDE і проходить через його вершину. Останнім кроком є побудова призми, обираємо інструмент «Призма», вказуємо на прямокутник і на пряму h. Призму побудовано, змінити її розміри можна за допомогою точок А, В, С, І. У вкладці «Алгебра» прибираємо видимість прямої h.

Після побудови призми в 3D Графіці [166], натискаємо на «кнопку» AR (доповнена реальність). Далі необхідно за допомогою фотокамери обрати місце в навколишньому середовищі, куди плануємо перенести об'єкт. Наприклад, на стіл. Натиснувши на екран, фігуру буде перенесено в реальний світ [19], де її можна буде дослідити. Камера телефона слугуватиме нашими очима. Зануївши телефон у віртуальну фігуру ми побачимо її зсередини, можемо обійти довкола неї, також додаток дозволяє змінювати розмір, колір. За допомогою доповненої реальності з GeoGebra можна наочно побачити, що повсюду нас оточують математичні об'єкти, фігури [20; 21; 22],

досліджувати їх, ходити довкола них, зазирати або заходити всередину фігури.

У зафіксовану фігуру можемо вводити реальні об'єкти, що мають форму прямокутного паралелепіпеда (рис. 2.6).

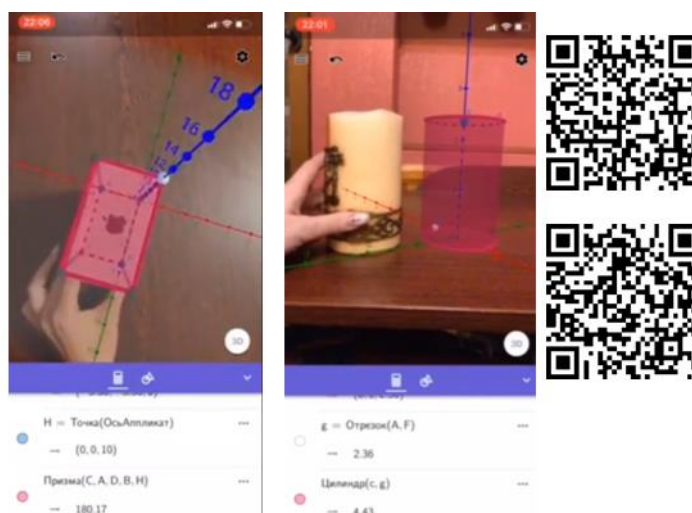


Рис. 2.6. Демонстраційні програми GeoGebra AR

Враховуючи, що при створенні геометричного тіла «призма» автоматично обчислюється його об'єм, можемо визначити співвідношення між об'ємом реального тіла і результатом, який запропонований програмним засобом. При цьому студентам потрібно володіти апаратом застосування властивостей подібних тіл.

Проаналізуємо низку дослідницьких завдань для вивчення теорії ймовірностей та математичної статистики, у тому числі для використання системи динамічної математики, для розуміння закону великих чисел. Проведення стохастичних експериментів, подальше опрацювання їх результатів, зокрема, з використанням систем динамічної математики, теоретичне узагальнення отриманих емпіричних результатів є STEM-підходом під час вивчення теорії ймовірностей та математичної статистики.

Вивчаючи тему «Статистичний аналіз даних», студентам можна запропонувати вдома скласти таблицю середніх температур повітря в даному місяці в 15 столицях світу, а потім обчислити розмах, середнє значення,

медіану і моду даної вибірки. Дана практична домашня робота висвітлює міжпредметні зв'язки математики з географією та інформатикою, а також зацікавить студентів та покаже практичне застосування теми. Для опрацювання цих чи інших статистичних даних доцільно, крім традиційного підходу – вручну, використовувати STEM-підхід – з використанням одного з програмних засобів: Gran1, GeoGebra, Microsoft Excel, таблиці Google.

Застосовуючи програмні засоби для розв'язування задач, які потребують статистичного опрацювання даних, можна інтенсифікувати процес навчання за рахунок вивільнення здобувачів освіти від рутинних обчислень, а зекономлений час відвести на обговорення отриманих результатів, складання задач за частотною таблицею. В ІТ-сфері є відносно новий напрям Big Data; однією з важливих професій – є Data-аналітик. Для роботи з великими даними використовується також статистичний аналіз.

Розглянемо приклади завдань, що містять дані, які потребують статистичного опрацювання даних.

Завдання. Знайти об'єм та розмах вибірки, моду, медіану, середнє арифметичне, середнє квадратичне відхилення. Побудувати частотну таблицю, гістограму відносних частот. Користуючись частотною таблицею, розподілити за зростом замовлення на пошиття 2000 форм для працівників (зріст 160-164, 164-168 і далі), обчислити ймовірний прибуток від продажу цієї партії одягу, якщо відомий прибуток від продажу одиниці товару певного розміру.

Спочатку потрібно отримати дані про зріст, для цього можна взяти зріст студентів групи, що додатково включить кожного у процес.

Далі для створення статистичної вибірки потрібно вказати тип даних вибірки (варіанти, частоти або відносні частоти); модель даних (дискретна або неперервна); тип графіка залежно від типу розподілу (полігон – для дискретного, гістограма – для неперервного); розглянути відповідно дискретну чи неперервну функцію розподілу. Якщо вводяться відносні

частоти, то вказують об'єм вибірки. Для неперервної моделі даних, що задається через набір варіант, вказують відрізок задання вибірки та кількість відрізків розбиття.

Розглянемо алгоритм опрацювання статистичних даних за допомогою програмного засобу Gran1 (рис. 2.7). Обираємо тип даних Статистична вибірка, використовуємо послугу Об'єкт створити. Зазначаємо, що модель даних Неперервна, і потрібно побудувати Гістограму. Обираємо тип даних Варіанти і вводимо дані з клавіатури. Бажано зберегти введені дані у файлі. Далі додатково вказуємо відрізок задання та кількість відрізків розбиття. Бажано підтвердити визначену автоматично за формулою Стерджеса кількість відрізків відповідно до об'єму вибірки.

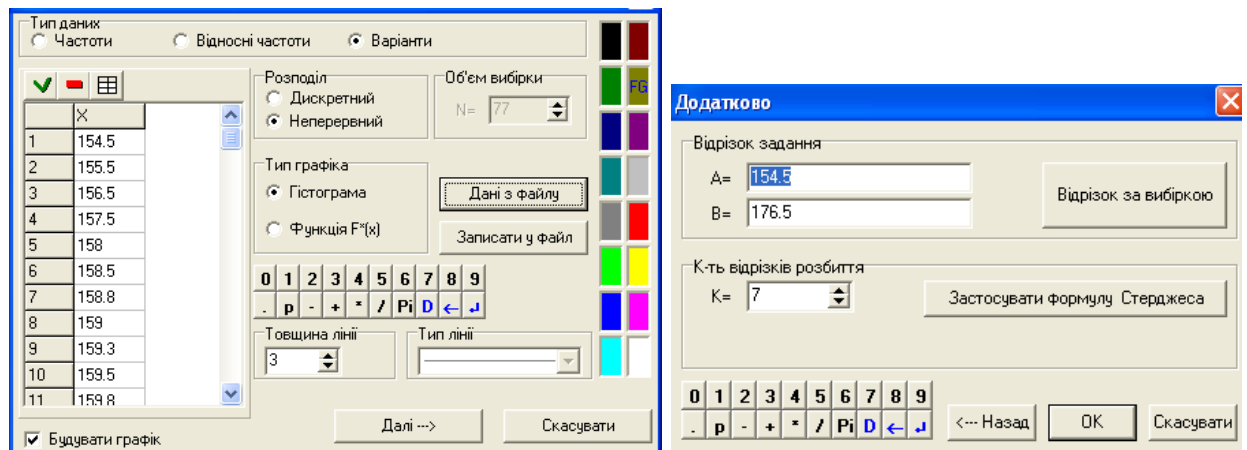


Рис. 2.7. Робоче вікно Gran1 для введення вибірки

Послуга Операції \ статистика призначена для операцій, які пов'язані з опрацюванням статистичних даних: Частотна таблиця, Критерій Пірсона, Щільність нормального розподілу за вибіркою.

Послуга Операції \ статистика \ частотна таблиця використовується при необхідності переглянути частотну таблицю для статистичної вибірки. Таблиця подається у додатковому вікні, в якому вказані 1) значення варіант для дискретного або межі інтервалів для неперервного розподілу; 2) частота варіанти для дискретного або частота попадання в інтервал для неперервного розподілу; 3) накопичена частота (сума частот від першої до даної включно);

4) відносна частота варіанти для дискретного або відносна частота попадання в інтервал для неперервного розподілу; 5) накопичена відносна частота.

Щоб визначити, скільки форм для певного зросту потрібно пошити, перемножують обчислені відносні частоти на обсяг замовлення. Отримані дані запишемо в стовпчик 6 (табл. 2.5). Щоб визначити затрати тканини, перемножують отриману кількість одиниць продукції для кожного інтервалу (стовпець 6) на витрати тканини для пошиття одиниці продукції (стовпець 3). Планований прибуток для кожного інтервалу (стовпець 9) отримують як добуток відповідних даних в стовпчиках 4 і 6.

Таблиця 2.5

Обчислення прибутку і кількості тканини для пошиву форми

№	Зріст дівчат	Витрати на од. продукції	Прибуток	Кількість = відносна частота * * обсяг партії		Кількість тканини		Прибуток
				5	6	7	8	
1	152-156	2,5	2	0,01299·2000	26	2,5·26	65	52
2	156-160	2,8	3	0,1169·2000	208	2,8·208	582,4	624
3	160-164	3,1	4	0,2208·2000	442	3,1·442	1370,2	1768
4	164-168	3,4	4	0,3247·2000	649	3,4·649	2206,6	2596
5	168-172	3,7	4	0,2338·2000	468	3,7·468	1731,6	1872
6	172-176	4,0	3	0,09091·2000	182	4,0·182	728	546
7	176-180	4,3	2	0,1299·2000	26	4,3·26	111,8	52
Σ					2001		6795,6	7510

У програмі GRAN1 передбачена послуга Операції \ Статистика \ Щільність нормального розподілу за вибіркою, за допомогою якої для поточного неперервного розподілу статистичних ймовірностей можна побудувати новий об'єкт-функцію, що визначається за формулою:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-\frac{(x-M)^2}{2S^2}} \quad (3)$$

де M – статистичне математичне сподівання, а S – статистичне середнє

квадратичне відхилення для заданої вибірки.

Також доцільно порівняти площу під гистограмою і згенерованою кривою (послуга Операції \ Інтеграл), перевірити гіпотезу про узгодженість статистичних даних за критерієм Пірсона (Операції \ Статистика \ Критерій Пірсона), для функції щільності нормального розподілу перевірити «правило 3 сигм», побудувати графік функції чи щільності розподілу статистичних ймовірностей, обчислити площу фігури, обмеженої цим графіком.

Користуються популярністю у навчанні стохастики наочності, які моделюють випадкові події. Низку таких наочностей наводять у публікаціях О. Семеніхіна та М. Друшляк [183, 184]. Заслужують на увагу і потребують локалізації українською наочності у GeoGebra М. Сада [44].

Розглянемо, які настанови доцільно дати досліднику, який працює з наочністю «Кидання двох кубиків: моделювання та підрахунок результатів» [44].

1. Подивіться на початкову діаграму та частотну таблицю, у якій зібрані результати після того, як кинули 20 разів по два кубики, і запишіть їх суму. Який результат відбувся найчастіше? Скопіюйте і таблицю, і діаграму у свій ноутбук, щоб порівняти їх з подальшими результатами.

2. Натисніть кнопку «Киньте один раз» та спостерігайте за змінами: опишіть, що змінилося в таблиці і на гистограмі. Клацніть на «Перезапустити» та змодельуйте серію викидання кубиків ще 20 разів. Дайте відповіді на ті самі запитання, що й вище, та повторіть схему у своєму зошиті.

3. Якби довелося зробити ставку на те, який результат буде найбільш повтореним після 100 підкидань, то на що б ви зробили ставку? Чому? Натисніть кнопку Відтворити, щоб «кинути багато разів», і перегляньте зміни. Використовуйте кнопку «Пауза», щоб зупинитись, а потім спостерігайте за результатами після 100 запусків. Скопіюйте діаграми,

отримані після 10, 100 та 1000 запусків у свій ноутбук. Що спільного та відмінного ви спостерігаєте?

4. Що складніше отримати, коли ви підкидаєте два кубики: 12 чи 10? Чому? А 11 чи 12? Чому? Який найімовірніший результат, коли підкидати два кубика? Чому?

Отже, у навчанні теорії ймовірностей і математичної статистики доцільно використовувати GeoGebra і Gran1, оскільки можна будувати гістограми розподілу статистичних ймовірностей і кумулятивні криві, обчислювати ймовірність потрапляння випадкової величини на заданий інтервал тощо. За допомогою динамічних параметрів отримати динамічні графіки.

Студентів приваблюють інформаційні технології і деякі хочуть брати участь просто для того, щоб мати можливість ними скористатися. Не можна постійно працювати за однією методикою. Потрібно цікавитися новими тенденціями, тому що важливо мати спільну мову з студентами. Саме тоді вони розумітимуть та любитимуть викладача і його предмет.

Використання цифрових технологій в оцінюванні навчальних досягнень студентів. Для того, щоб STEM-предмети зацікавили якомога більшу кількість здобувачів освіти, необхідно урізноманітнювати форми та засоби навчання, контролю і оцінювання навчальних досягнень студентів. Щоб підвищити рівень сформованості когнітивного компонента STEM-компетентностей, доцільно використовувати різноманітні інтерактивні вправи, анімаційні задачі, відеоматеріали тощо. Завдяки мережевим технологіям, викладач, який володіє навичками роботи з програмним забезпеченням, може створити власне інформаційно-освітнє середовище, яке допоможе взаємодіяти з студентами та сприяти досягненню ними високих результатів.

Розглянемо, як доцільно застосовувати засоби цифрових технологій для *удосконалення* у студентів ціннісно-мотиваційного, когнітивного та

рефлексивно-оцінного компонентів *математичної компетентності, інформаційно-комунікаційної компетентності та певною мірою критичного мислення*. Розглянуті далі багатофункціональні засоби та платформи ми пропонували під час діагностичного, формувального та частково підсумкового оцінювання. Студенти виступали як користувачами пропонованого контенту, так і активними його розробниками.

У мережі Інтернет є багато сервісів для створення інтерактивних завдань. Розглянемо деякі з них, на нашу думку, найбільш зручні та цікаві, які ми апробували у процесі навчання математики та під час занять з інформатики.

Одним з таких середовищ є *LearningApps* – багатофункціональна платформа для створення інтерактивних вправ. Вона користується значною популярністю серед педагогічних працівників, адже проста у використанні, дозволяє швидко створювати різні типи вправ для активного навчання та перевірки рівня знань студентів.

Зручним виявилось використання наступних видів інтерактивних вправ у сервісі *LearningApps*: знайди пару, класифікація, числова пряма, упорядкування, вікторина, заповнити пропуски, скачки, кросворд та інші. Вправи можна групувати у папки за темами або за навчальними групами. Перевагою цього застосунку є як україномовним, так і англomовний інтерфейс, що сприяє формуванню у студентів комунікативної компетентності. Можна створювати колекції, тобто групу вправ, яка одразу задається разом. У налаштуваннях можна зазначити чи буде доступна наступна вправа, якщо не пройдено попередньої. Педагог може перевірити кількість пройдених вправ з заданої колекції. Приклади використаних нами колекцій наведено в Додатку Є.

Такі завдання дієво використовувати для вивчення теорії, зокрема означень, формул тощо. Також можна використовувати для проведення ігор, конкурсів, вікторин, позакласних заходів, проєктів.

Схожим середовищем до LearningApps є сервіс *Wordwall*, який також можна використовувати для створення інтерактивних вправ і користуватись онлайн, зберігати вправи у вигляді PDF-файлу, що дає змогу зручно роздруковувати вправи. Це зручно під час проведення самостійних та контрольних робіт у аудиторії, оскільки не в усіх студентів є гаджети з можливістю підключення до інтернету.

Застосунок схожий на інтерактивне середовище LearningApps, однак має більше шаблонів та функцій. За допомогою сервісу WordWall можна створювати вправи за шаблоном, що економить час. Інтерактивні вправи можна відтворювати на будь-якому веб-пристрої, наприклад, комп'ютері, планшеті, телефоні чи інтерактивній дошці. Студенти можуть відтворювати їх самостійно. Або це може робити викладач, в той час як студенти по черзі виконують вправи біля дошки. Досвід роботи з використання зазначеного сервісу WordWall ми детальніше представили у публікації [156].

Для створення власної вправи потрібно обрати «Створити вправу», бажаний шаблон та ввести свій зміст. При цьому можна редагувати параметри відтворення та кольорову гамму. У найбільшій мірі у WordWall студенти використовували шаблони для створення різних типів завдань: «Відповідники», «Вікторина», «Випадкове колесо», «Сортування за групами», «Анаграма», «Літак», «Кросворд», «Магніти зі словами», «Групи і команди» та багато іншого.

Щоб задати студентам вправу, потрібно обрати «Поділитись», «Задати завдання», вказати потрібні параметри (вводити ім'я чи анонімно, термін виконання, чи показувати відповіді, список переможців) тощо. Є можливість поділитись вправою у Facebook, Twitter, Google Classroom, відправити електронною поштою або вбудувати у власний сайт, використовуючи фрагмент HTML-коду. Така особливість виявилася надзвичайно корисною, адже дає можливість забезпечувати викладачеві зворотній зв'язок з здобувачами освіти, особливо в умовах змішаного та дистанційного

навчання. Сервіс дає змогу ділитись напрацюваннями з колегами, зробивши розробку публічною, що значно скорочує час на підготовку завдань.

Розвитку рефлексивно-оцінних якостей особистості, зокрема здатності до аналізу результатів власної діяльності та інших людей, самооцінці, самокорекції сприяє можливість перевірити виконання завдань на вкладці «Мої результати». Там детально описано результати проходження студентами кожної вправи. Використовуючи власні гаджети, студенти можуть виконати завдання онлайн.

Наприклад, доречно запропонувати студентам під час дистанційного навчання вправу «Вікторина: ігрове шоу» за темою «Логарифм числа» (рис. 2.8, а) з метою перевірки рівня знань. Оскільки виконання кожного завдання обмежене в часі, це виключає можливість проявити студентами академічну недобросовісність. Таким чином, викладач може швидко і якісно оцінити велику кількість студентів.

Доцільно у навчальному процесі використовувати ігрові сервіси Wordwall. Ми на досвіді переконалися в тому, що розпочавши використовувати ігрові вправи для відпрацювання вивчених формул, студенти показують вищий результат.

По закінченню заняття можна провести рефлексію, використавши вправу «Випадкове колесо» (рис. 2.8, б). Студенту пропонується дати відповідь на випадкове питання, яке висвітиться після того як викладач розкрутить колесо. Інтерактивна вправа «Випадкове колесо» урізноманітнить заняття, її можна використати і для об'єднання студентів у групи випадковим чином або для обрання тих, хто буде відповідати.

Підбиваючи підсумки, зазначаємо, що потрібно гейміфікувати навчання, робити його міждисциплінарним. Сервіс Wordwall є сучасним інструментом для зацікавлення студентів і урізноманітнення власного заняття, а також для якісного оцінювання. Актуальні опитування дозволяють встановити міцний зв'язок з аудиторією і дізнатися, на скільки добре

студенти засвоїли матеріал, що надалі допоможе викладачу акцентувати увагу на прогалинах, а студентам зрозуміти, що треба ще довчити. Тобто формувальне опитування надає реальні дані, які можуть бути використані для прийняття оптимальних рішень.



Рис 2.8. Приклади вправ в сервісі Wordwall

Сьогодні важко уявити день студента без телефону. Тому доцільно поєднувати опитування та використання смартфона з онлайн-застосунком *Mentimeter*. Досліджували використання цього застосунку у навчанні Б. Гокбулут [9], К. Валлелі, П. Гібсон [62], Л. Литвин [136] та інші.

Mentimeter – простий і доступний в освоєнні інструмент голосування, забезпечує миттєвий зворотний зв'язок від аудиторії, його зручно використовувати для опитування студентів в режимі реального часу в аудиторії, оскільки він доступний і на мобільних пристроях, і в електронному середовищі. Використання *Mentimeter* зацікавить студентів, активізує увагу і, знаючи що відповіді анонімні, дадуть правдиві відповіді, огляд цього онлайн-сервісу ми представили в своїй роботі [159].

Онлайн-опитування може включати серію питань з різними типами відповідей: множинний вибір; відкриту відповідь; оцінка за шкалою; ранжування відповідей; введення відповіді у вигляді точки на плоскій координатної площини (питання з відповіддю на матриці). Зручно є те що викладач може одразу в режимі онлайн бачить відповіді, які подаються у вигляді діаграм (стовпчастих, секторних, точкових на вибір). Проводити опитування можна як у синхронному режимі (наприклад, в аудиторії), так і в асинхронному – будь-коли в межах заданого інтервалу часу.

На рисунку 2.9 зображено приклади результатів опитування таких типів, як «Широкий вибір» (рис. 2.9 а) та «Хмари слів» (рис. 2.9 б). У першому варіанті дається можливість обрати одну або кілька правильних відповідей із множини, в другому варіанті потрібно самостійно ввести слово або декілька слів у відведені поля. Хмари слів доцільно використовувати тоді, коли потрібно зібрати асоціації, ключові слова. Наприклад, можна на початку заняття, після оголошення теми, поставити аудиторії питання «Які результати навчання ви очікуєте отримати?». Наприкінці заняття повторити це ж запитання і таким чином отримати зворотній зв'язок, чи виправдалися очікування студентів.



а) Питання з множинним вибором б) Результати опитування у хмарі слів

Рис. 2.9. Приклади результатів опитування

Mentimeter доцільно використовувати для формувального оцінювання та збору думок учасників. Такі завдання викладач може давати на актуалізацію знань, на етапі первинної перевірки розуміння матеріалу, в середині заняття в якості інструменту для з'ясування проблемних питань, в кінці заняття на етапі рефлексії. Виконання завдань в Mentimeter створює під час заняття активну діяльнісну атмосферу.

Швидке анонімне голосування може ефективно застосовуватися, якщо необхідно визначити загальний рівень розуміння студентами теми. Воно має низку позитивних властивостей, зокрема: анонімність дозволяє відповідаючому уникнути стереотипного мислення та висловити відкрито

особисту думку; відсутність критики чи негативної оцінки з боку оточуючих дозволяє студентам легше висловити себе; результати будуть більш точними, оскільки учасники не схильні до тиску з боку оточуючих; анонімність дозволяє уникнути негативного домінування думки одного чи кількох учасників голосування.

Широко використовуємо у навчанні студентів і такий ефективний засіб як *Kahoot!*. Платформа зорієнтована на освітні ігри, вікторини. Такі змагання можуть бути створені як для гри (наприклад, для проведення позакласного заходу, тренінгу чи виховної години), так і для навчання (тестування знань).

Викладач може створювати власні ігри на сайті <https://kahoot.com/>, додавши свої запитання та за бажанням варіанти відповіді, встановлювати терміни для відповідей та інші параметри. А можна скористатись готовою грою, застосувавши відповідний фільтр для пошуку.

Студенти можуть брати участь в іграх, створених викладачем, за допомогою унікальних кодів гри, для цього потрібно перейти на сайт <https://kahoot.it/> і ввести код.

Використовуючи *Kahoot!* заняття будуть більш захопливими та ефективними. Оскільки студенти відповідають на питання змагаючись між собою за бали, після кожного питання видно рейтинг групи, причому на бал впливає не лише правильна відповідь, а й швидкість, що створює конкурентну та захоплюючу атмосферу. Ця платформа допомагає зробити навчання та тестування більш цікавими та ефективним.

Зручно використовувати на заняттях дошку *Padlet*. Цей мультимедійний ресурс служить для створення, спільного редагування та зберігання інформації. Ресурс надає безкоштовну мультимедійну стіну, яку можна використовувати викладачу для структурованої подачі інформації (наприклад, матеріали з розділу, або домашні завдання тощо), для групової роботи студентів (наприклад, зробити дошку думок групи, або звітування про виконання проєкту), для оцінювання в реальному часі всієї групи.

Якщо у аудиторії можна написати ідеї на липких нотатках, а потім розмістити їх на ватмані чи дошці, щоб зібрати всі ідеї від усієї групи, то зробити це онлайн допоможе Padlet дошка. Це віртуальна стіна, на яку можна прикріплювати фото, відео, аудіо, посилання на сторінки в інтернеті, файли, малюнки, писати текст. Це може бути особистий проєкт стіни, або стіна для багатьох учасників, яким можна надати доступ до читання або редагування.

Щоб створити власну дошку потрібно натиснути «Створити дошку Padlet» і обрати бажаний шаблон (вони відрізняються розміщенням постів). З права у налаштуваннях, можна змінити назву дошки, фон, шрифт, надати стіні унікальну веб-адресу. Також з права є кнопка «поділитись», де можна налаштувати режими доступу і обрати яким способом поділитись (наприклад, посиланням, QR-кодом, вбудувати на сайт або блог).

Щоб створити пост на дошці, достатньо двічі клацнути мишею по дошці, або натиснути «+» у правому нижньому куті. У вікні, яке відкриється, можна написати текст, додати різноманітні файли. Пости додаються на дошку в режимі реального часу, тому кожен може бачити, коли хтось інший щось додає до стіни. Є декілька варіантів для експорту дошки, наприклад, у вигляді картинки чи pdf-файлу.

При вивченні математики зручно використовувати Padlet дошку для стислого, компактного та системного розміщення основного матеріалу, наприклад, вивчені формули, правила, теореми, такий довідник може підготувати як викладач так і студенти. Можна на дошці написати запитання і дати студентам час для відповіді на дошці, після чого об'єднати студентів у малі групи для обговорення відповідей. Побачивши різноманітність відповідей, відкриваються можливості для спільного навчання та самооцінки, оскільки студенти мають миттєвий доступ до широкого спектру відповідей одногрупників, а не лише до кількох усних відповідей. Також доречно використовувати Padlet дошку під час виконання групових проєктів, оскільки широкий вибір засобів масової інформації, які підтримує Padlet, забезпечує

особливо насичене середовище для роботи в сучасному складному інформаційному середовищі.

Використання Padlet у навчанні забезпечує безпечний простір для збору та контролю спільної роботи в групі. Усі студенти мають можливість робити внесок і вчитися один у одного.

Використання Padlet у навчанні дає змогу формувати STEM-компетентності, важливі для збору, аналізу, використання та створення інформації. Можливість давати анонімні відповіді, нададуть студентам впевненості, більше свободи та експериментів у процесі навчання. Використовуючи Padlet в режимі реального часу, педагог може побачити більш повну картину навчання усіх студентів, а не лише кількох найголосніших чи найвпевненіших.

Canva – платформа графічного дизайну, яка дозволяє користувачам створювати презентації, інфографіку, афіші та інший візуальний контент. Canva допоможе викладачеві створити й персоналізувати плани занять, графіки, плакати, відео тощо. Сервіс пропонує великий банк зображень, шрифтів, шаблонів та ілюстрацій. Платформа безкоштовна, є платні версії з додатковими функціональними можливостями, для освіти є безкоштовна версія «Canva для навчання».

На платформі тисячі шаблонів, зроблені професійними дизайнерами, які можна редагувати та завантажувати. Для навчання є шаблони презентацій, відео, інфографіки, плакатів, аркушів завдань, дидактичних карт, сторібордів.

Під час підготовки завдань з теми геометричні фігури, можна скористатися шаблонами аркушів завдань зображених на рисунку 2.10, за бажанням можна змінити текст, наприклад перекласти на українську мову, але залишивши ці короткі фрази на англійській мові можна додати в заняття елемент інтегрованості.

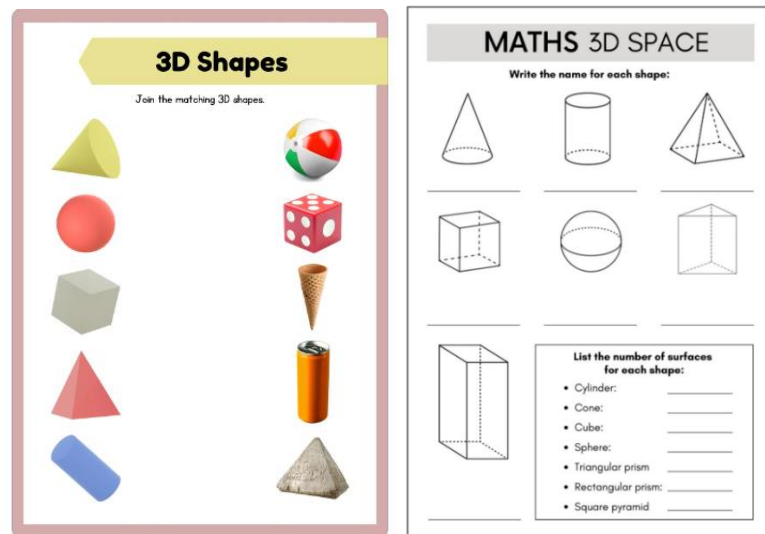


Рис. 2.10. Приклади використання аркушу завдань в Canva

Під час вивчення теми «Многогранники», можна у аудиторії запропонувати студентам гру «Знайди пару», для цього потрібно заздалегідь роздрукувати шаблон дидактичної карти зображеної на рисунку 2.11. Або ж зберегти і використати ці малюнки для створення дидактичної вправи «Знайди пару», наприклад у Wordwall.

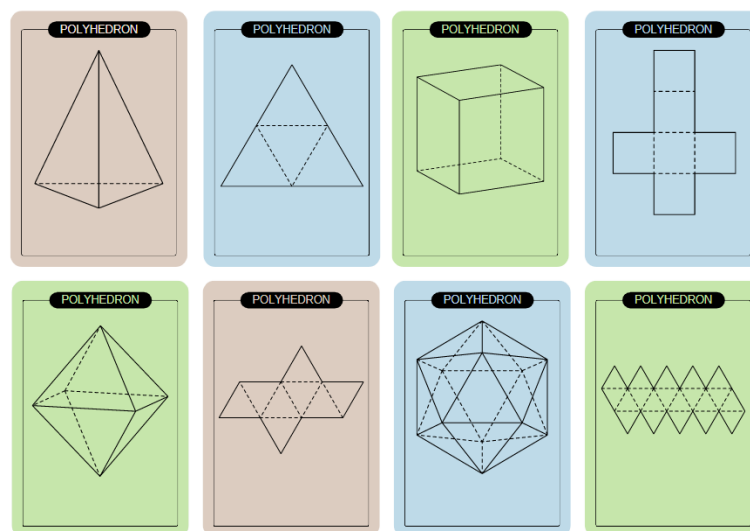


Рис. 2.11. Приклад використання дидактичних карт в Canva

Слід звернути увагу на розділ «Дошки», можна створити дошку для мозкового штурму чи дошку з блок-схемою, одразу пропонується безліч шаблонів, оформлених у сучасному стилі, де потрібно ввести лише інформацію. Дошки для команд містять різні готові шаблони, які можна

використовувати при командній роботі, також є можливість створення дошок для планування, доречно використовувати у проєктній роботі.

Створювати і редагувати в Canva можна спільно з іншими користувачами, в реальному часі. Для цього потрібно запросити учасників, призначити їм права доступу і створити дизайн за лічені секунди. Оскільки сервіс дуже простий у використанні, то студенти можуть самостійно ним користуватись, наприклад для презентації проєкту можуть швидко зробити відеоролик, оскільки Canva пропонує безліч безкоштовних стокових відео та кліпів прямо у відеоредакторі.

Однією з нагальних проблем освітнього простору є урізноманітнення навчального процесу, активізація пізнавальної діяльності студентів, розширення сфери їх інтересів. Це потребує впровадження новітніх форм, методів та технологій навчання. Однією з таких сучасних технологій є *вебквести*, яка допомагає студенту знаходити необхідну інформацію, піддавати її аналізу, систематизувати, вирішувати поставлені задачі, розвивати пізнавальну діяльність та формувати STEM-компетентності студентів.

Квест кімната ще в нещодавньому минулому були розвагою, доступною тільки при особистих зустрічах з друзями в спеціально облаштованих приміщеннях. Наразі з'являються сервіси, завдяки яким можна пройти квест на сайті. Викладач може створити власну, унікальну квест кімнату, у якій введе завдання, після розв'язання яких, студент отримає код від виходу з кімнати.

Платформа Всеосвіта дає можливість створити власні вебквести та провести навчання з детальним контролем рівня знань. На платформі представлено 208 безкоштовних шаблонів різних кімнат. Для створення вебквесту перейдіть на сайт <https://vseosvita.ua/webquest>, натисніть «Створити вебквест», оберіть шаблон, дайте назву квесту. Щоб створити завдання оберіть об'єкт, впишіть своє запитання і вкажіть, де можна знайти наступну

підказку. Коли студент знайде цей предмет, він повинен ввести відповідь на минуле завдання, лише після цього отримає ключ до наступного. Відповідно метою студента є вихід з кімнати, а для цього необхідно виконати усі завдання, приховані за предметами у ній.

У розділі «Вебквести» на Всеосвіта є можливість створювати декілька рівнів складності, тобто декілька кімнат. Наприклад, перша кімната буде початкового рівня складності, з легкими завданнями, після проходження цього рівня, студент перейде у іншу кімнату, з більш складними завданнями. Викладач може переглянути статистику, хто і коли проходив квест, скільки часу було витрачено, скільки невдало введених ключів, скільки рівнів пройдено.

Ми розробили веб-квест, який можна запропонувати студентам під час вивчення теми «Логарифми та логарифмічні функції» (Додаток Ж), орієнтований квест на перевірку знань (з детальним контролем) та на формування STEM-компетентностей у здобувачів освіти, зокрема критичного мислення та креативності.

Нам імпонують створені веб-квести з математики А. Марковою, В. Ковальчук та Т. Масич (Додаток Ж), їх доцільно запропонувати студентам під час засвоєння або перевірки знань з тем «Перпендикулярність прямих і площин в просторі», «Корінь n -го степеня», «Координати і вектори у просторі». Такі веб-квести не лише розвивають STEM-компетентності студентів, а й мотивують до вивчення математики.

Після активного використання веб-квестів на платформі Всеосвіта, відзначимо недоліки: студенти можуть заплутатись у об'єктах, оскільки їх велика кількість; при створенні веб-квесту всі проходження зберігаються в одному місці, тож важко знаходити роботи студентів різних груп. Також, якщо зробити квест відкритим, то його проходять інші викладачі, оскільки це все зберігається в одному місці і немає можливості видалити зайве, рекомендуємо квест робити з обмеженим доступом.

Враховуючи зазначені недоліки, ми пропонуємо ще один варіант створення веб-квестів, на платформі Canva. У розділі дошки, можна самостійно зробити декілька сторінок-кімнат, де розмістити різні завдання і давати ключ за проходження, а на останній сторінці ввести ключ для виходу.

У першому розділі ми акцентували увагу на важливості навчати студентів мислити критично, викладач повинен не тільки правильно ставити запитання, спрямувати увагу в правильне русло, а й вчити самостійно робити висновки та знаходити альтернативне рішення – у чому можуть допомогти веб-квести. Згідно з психолого-педагогічною літературою розвиток критичного мислення передбачає формування в студентів певних здібностей та умінь: знання – здатність повторити щось суттєве в тій формі, в якій воно було викладене і почуте; розуміння – здатність викласти ідеї своїми словами або іншим способом; використання – вміння побачити можливість застосування певної ідеї до іншого випадку; аналіз – вміння знайти причини і наслідки та інші складові комплексної ідеї; синтез – вміння поєднати кілька ідей в одну нову або взяти ідею з одного середовища і переформувати її в іншу; вміння робити висновки щодо адекватності певної ідеї або джерела для пояснення якогось явища.

Впроваджуючи веб-квести у навчання, студенти будуть швидко розв'язувати нестандартні завдання, з якими у звичайному житті навряд чи стикалися. Можна використовувати технологію веб-квестів як для індивідуальної форми роботи, так і для проектної, оскільки студенти можуть самостійно створювати власні веб-квести, що відкриває новий горизонт для творчості. Завдяки використанню веб-квестів, викладачу можна цікаво пояснити новий матеріал, провести нестандартне заняття та перевірити знання студентів. Такий вид діяльності сприяє розвитку творчого та критичного мислення, а також формує навички аналізу інформації.

2.4. Експериментальна перевірка ефективності впровадженої структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики

Впровадження STEM-підходів до навчання математики розпочато нами ще під час виробничої практики у магістратурі у Криворізькій гімназії № 95. У подальшому продовжено впровадження елементів STEM-освіти працюючи вчителем інформатики у Криворізькій гімназії № 68. Зокрема впроваджували STEM-проекти та проводили STEM-тижні. З власного досвіду роботи встановили, що впровадження STEM-освіти в загальноосвітніх навчальних закладах дає принципово нову модель природничо-математичної освіти з новими можливостями і результатами, як для вчителів, так і для здобувачів освіти. Це стало поштовхом до дослідження педагогічних умов успішної реалізації STEM-навчання у закладах фахової передвищої освіти.

З метою наукового підтвердження ефективності впровадженої структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики було здійснено експериментальну перевірку. Загальний період дослідження тривав 4 роки (2019-2023 рр.) та реалізовувався в чотири етапи: підготовчий, констатувальний, формувальний та контрольний.

Підготовчий етап (2019-2020 рр.) дав змогу визначити актуальність, мету, об'єкт і предмет, завдання дослідження. На цьому етапі на теоретичному рівні було досліджено необхідність формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Констатувальний етап (2020-2021 рр.) проводився з метою визначення рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики на початку експерименту.

У результаті перевірки підтвердили актуальність дослідження, оскільки рівень сформованості STEM-компетентностей студентів був низьким.

В експериментальному дослідженні взяли участь студенти Відокремленого структурного підрозділу «Криворізький фаховий коледж Державного університету економіки і технології» двох груп спеціальності 072 Фінанси, банківська справа та страхування, ФК-21-1/9 і ФК-20-1/9 по 20 студентів в кожній групі. Респонденти даної спеціальності склали експериментальну групу дослідження. ФК-21-2/9 і ФК-20-2/9 також по 20 студентів кожна склали контрольну групу. Статистична перевірка показала, що рівні сформованості STEM-компетентностей у контрольній та в експериментальній групах суттєво не відрізняються. Загальний склад досліджуваної вибірки склав 80 здобувачів освіти (100 % від запланованої кількості).

Формувальний етап (2021-2022 рр.) проводився з метою впровадження структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики і визначення рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики наприкінці експерименту.

Контрольній групі було запропоновано традиційне навчання, а в навчанні з експериментальними групами впроваджено СФМ формування STEM-компетентностей студентів. Після чого було проведено повторне оцінювання студентів. Завдання анкетувань висвітлили у посібнику [127, с. 246-259] та у додатках 3, И. Також враховувалось оцінювання контрольних робіт.

Контрольний етап (2022-2023 рр.) передбачав систематизацію результатів експерименту, їх статистичне опрацювання, аналіз та формулювання висновків.

Для перевірки сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики, було проведено

порівняльний аналіз між показниками, які досліджуються, з використанням **критерію Фішера (кутове перетворення Фішера)**.

Обрано критерій Фішера, оскільки він призначений для співставлення двох вибірок за частотою наявності ознаки, яка цікавить дослідника. За допомогою критерію оцінюють вірогідність відмінностей між відсотковими складовими двох вибірок, в яких зареєстрований ефект, що цікавить дослідника.

Отримані експериментальні дані повністю задовольняють обмеження, що накладаються кутовим перетворенням Фішера: жодна з часток, що порівнюються, не дорівнює нулю; кількість спостережень у обох вибірках більше 5, що дозволяє будь-які співставлення; верхня межа для кількості спостережень у вибірці для критерію практично відсутня, тобто вибірки можуть бути як завгодно великими.

Перевірку будемо здійснювати за наступним алгоритмом:

1) сформулюємо нульову (H_0) та альтернативну гіпотези (H_1):

H_0 : частка осіб, у яких проявляється досліджуваний ефект, у першій вибірці не більша, ніж у другій вибірці;

H_1 : частка осіб, у яких проявляється досліджуваний ефект, у першій вибірці значно відрізняється від частки у другій вибірці;

2) обчислимо відсоткові частки для досліджуваних величин для двох вибірок;

3) обчислимо емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}$ за формулою

$$\varphi_{\text{емп}} = |\varphi_1 - \varphi_2| \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \quad (4)$$

де n_1 – кількість спостережень у першій вибірці, n_2 – кількість спостережень у другій вибірці; $\varphi_1 = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{p_1})$ – величина, що відповідає відсотковій частці p_1 першої вибірки, $\varphi_2 = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{p_2})$ – величина, що відповідає відсотковій частці p_2 другої вибірки.

4) будемо порівнювати обчислені емпіричні значення з критичними $\varphi_{\text{крит}} = \varphi_{0,05} = 1,64$ (за рівнем значущості 0,05);

5) якщо $\varphi_{\text{емп}} < \varphi_{\text{крит}}$, то немає підстав відкидати нульову гіпотезу; якщо $\varphi_{\text{емп}} > \varphi_{\text{крит}}$, то відкидаємо нульову гіпотезу і приймаємо альтернативну про наявність відмінностей.

Для проведення експерименту було сформовано контрольну (40 студентів, КГ) та експериментальну (40 студентів, ЕГ) групи. Ми здійснювали **порівняння рівнів сформованості окремих компонентів STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** (ціннісно-мотиваційний компонент; креативно-діяльнісний компонент; когнітивний компонент; рефлексивно-оцінний компонент) на констатувальному і формувальному етапах експерименту.

Відобразимо перевірку вірогідності результатів дослідження щодо порівняння рівнів сформованості **ціннісно-мотиваційного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** на констатувальному і формувальному етапах експерименту (опитування проводилось за анкетною Додаток И). Зведені результати щодо рівнів подано у таблиці 2.6. Результати перевірки подаються у кінцевому вигляді на рис. 2.12 та 2.13.

Таблиця 2.6

Ціннісно-мотиваційний компонент сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики

Група / Рівні	Початковий	Середній	Достатній	Високий	Сума
КГ на початку	4	20	12	4	40
ЕГ на початку	5	19	11	5	40
КГ наприкінці	3	20	12	5	40
ЕГ наприкінці	3	6	19	12	40

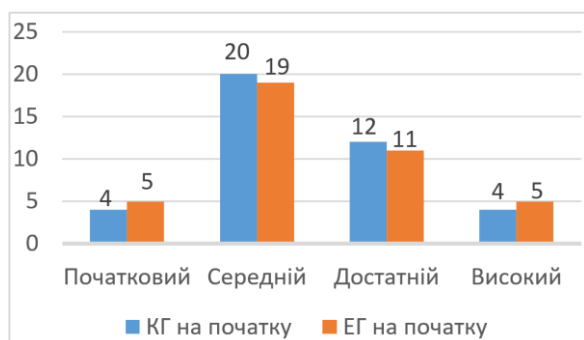


Рис. 2.12. Результати оцінювання рівнів сформованості ціннісно-мотиваційного компоненту на констатувальному етапі

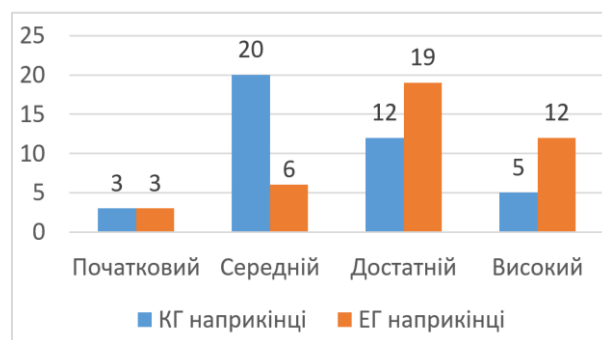


Рис. 2.13. Результати оцінювання рівнів сформованості ціннісно-мотиваційного компоненту формувальному етапі

На констатувальному етапі у КГ та ЕГ переважав середній рівень сформованості STEM-компетентностей, на формувальному етапі у КГ відбулись незначні зрушення, а у ЕГ став переважати достатній та високий рівні сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Щоб продемонструвати ефективність запропонованої нами СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у навчанні математики, доцільно показати, що у процесі експерименту суттєво зростає частка суми достатнього та високого рівнів в експериментальній групі. При цьому подібні зрушення у контрольній групі будуть несуттєвими. Це свідчитиме і про те, що частка середнього і початкового рівня у експериментальній групі зменшується впродовж експерименту. Окремо перевіримо результати щодо зростання високого і достатнього рівня значень для кожної із складових STEM-компетентностей студентів.

Відобразимо перевірку вірогідності результатів дослідження щодо зростання частки суми достатнього та високого рівнів сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів на початку та наприкінці експериментального дослідження на рис. 2.14.



Рис. 2.14. Визначення в долях одиниці частки суми достатнього та високого рівнів для КГ і ЕГ на початку та наприкінці експерименту для сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів

Результати порівняння рівнів сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту за кутовим перетворенням Фішера (для суми достатнього та високого рівнів) подано у таблиці 2.7.

Будемо порівнювати обчислені емпіричні значення з критичними для рівня значущості $\alpha = 0,05$.

На констатувальному етапі експерименту встановили, що показник суми достатнього і високого рівнів сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів КГ не відрізняється від аналогічного показника ЕГ. Аналогічно розраховуємо емпіричне значення критерію $\varphi_{емп}$ наприкінці експерименту за формулою (4), де $p_1=0,43$, $p_2=0,78$. Після розрахунку отримуємо $\varphi_{емп} = 3,286$, що перевищує критичне значення 1,64. Це означає, що нульову гіпотезу потрібно відкинути: показник суми достатнього і високого рівнів **сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики у КГ наприкінці експерименту суттєво нижчий від аналогічного показника ЕГ наприкінці експерименту.**

Таблиця 2.7.

**Результати дослідження з використанням кутового перетворення
Фішера для сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти**

Групи	Достатній, високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ конста- тувальний етап	16	40	0,4	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ конста- тувальний етап	16	40	0,4		
КГ формува- льний етап	17	40	0,43	$\varphi_{\text{емп}} = 3,286$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формувальному етапі експерименту.
ЕГ формува- льний етап	31	40	0,78		
КГ конста- тувальний етап	16	40	0,4	$\varphi_{\text{емп}} = 0,27$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формувальному етапі.
КГ формува- льний етап	17	40	0,43		
ЕГ конста- тувальний етап	16	40	0,4	$\varphi_{\text{емп}} = 3,55$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формува- льний етап	31	40	0,78		

Додатково провели порівняння високих рівнів сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту за кутовим перетворенням Фішера. З'ясовано, що у ході експерименту у експериментальній групі суттєво зросла з *0,13* до *0,3* частка високого рівня. Результати опрацювання за вибірками подано у таблиці І.1.

Таким чином, в експериментальній групі щодо сформованості

ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики у ході експерименту статистично підтверджено вірогідність зростання частки суми достатнього з високим рівнями сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики; зниження частки суми початкового та середнього рівнів; зростання частки високого рівня сформованості ціннісно-мотиваційної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

При цьому у контрольній групі частки значень за рівнями на констатувальному та формувальному етапах експерименту суттєво не відрізняються.

Аналогічні опрацювання результатів здійснено нами щодо порівняння рівнів сформованості **креативно-діяльнісного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** на констатувальному і формувальному етапах експерименту. Зведені результати щодо рівнів сформованості **креативно-діяльнісного компоненту STEM-компетентностей студентів** подано у таблиці 2.8. Результати оцінювання рівнів сформованості креативно-діяльнісного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики на констатувальному та формувальному етапах подаються у кінцевому вигляді на рис. 2.15 та 2.16.

Таблиця 2.8

**Креативно-діяльнісний компонент сформованості
STEM-компетентностей студентів у навчанні математики**

Група / Рівні	Початковий	Середній	Достатній	Високий	Сума
КГ на початку	9	20	10	1	40
ЕГ на початку	9	19	11	1	40
КГ наприкінці	8	19	12	1	40
ЕГ наприкінці	3	14	18	5	40

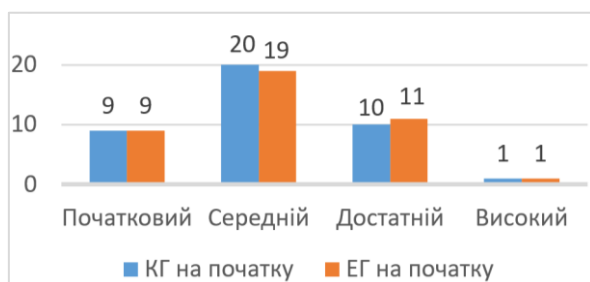


Рис. 2.15. Результати оцінювання рівнів сформованості креативно-діяльнісного компоненту на констатувальному етапі

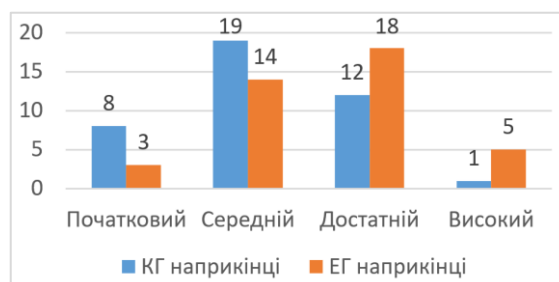


Рис. 2.16. Результати оцінювання рівнів сформованості креативно-діяльнісного компоненту на формувальному етапі

Оцінювання за рівнями креативно-діяльнісної компоненти здійснювалося згідно з описом компоненти, поданим у таблиці 1.11. Оцінювалися як уміння, навички, досвід діяльності (пізнавальної, репродуктивної, творчої), якості мислення, так і готовність до самостійного застосування сформованих математичних знань та спроможності до їх збільшення для вирішення професійних завдань.

Відобразимо перевірку вірогідності результатів дослідження щодо зростання частки суми достатнього та високого рівнів сформованості креативно-діяльнісної компоненти STEM-компетентностей студентів на початку та наприкінці експериментального дослідження на рис. 2.17.



Рис. 2.17. Визначення в долях одиниці частки суми достатнього та високого рівнів для КГ і ЕГ на початку та наприкінці експерименту для сформованості креативно-діяльнісної компоненти STEM-компетентностей студентів

Результати дослідження з використанням кутового перетворення Фішера для суми достатнього та високого рівнів для сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту подано у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9.

Результати порівняння рівнів сформованості креативно-діяльній компоненті за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Достатній, високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	11	40	0,28	$\varphi_{\text{емп}} = 0,197$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_0: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	12	40	0,3		
КГ формувальний етап	13	40	0,33	$\varphi_{\text{емп}} = 2,27$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_1: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формувальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	23	40	0,58		
КГ констатувальний етап	11	40	0,28	$\varphi_{\text{емп}} = 0,486$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_0: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формувальному етапі.
КГ формувальний етап	13	40	0,33		
ЕГ констатувальний етап	12	40	0,3	$\varphi_{\text{емп}} = 2,559$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_1: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	23	40	0,58		

Обчислюємо емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}$ на констатувальному етапі експерименту за формулою (4), враховуючи частки суми значень

достатнього та високого рівнів $p_1=0,28$ для першої вибірки (контрольна група) та $p_2=0,3$ для другої вибірки (експериментальна група). При цьому, $\varphi_{емп}=0,197$, що менше критичного значення $\varphi_{0,05}=1,64$. Тобто показник суми достатнього і високого рівнів сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів КГ на початку експерименту не відрізняється від аналогічного показника ЕГ на констатувальному етапі експерименту.

Далі розраховуємо емпіричне значення критерію $\varphi_{емп}$ наприкінці експерименту для КГ та ЕГ і отримуємо $\varphi_{емп} = 2,27 > \varphi_{крит} = 1,64$. Тобто показник суми достатнього і високого рівнів **сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** у КГ наприкінці експерименту суттєво нижчий від аналогічного показника ЕГ наприкінці експерименту. Додатково провели дослідження, що у ході експерименту у експериментальній групі суттєво зросла з 0,03 до 0,13 частка високого рівня (табл. І.2).

Таким чином, в експериментальній групі щодо **сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** у ході експерименту статистично підтверджено вірогідність зростання частки суми достатнього з високим рівнями; зниження частки суми початкового та середнього рівнів; зростання частки високого рівня **сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів у навчанні математики**. При цьому у контрольній групі частки значень за рівнями на констатувальному та формуальному етапах експерименту суттєво не відрізняються.

Проаналізуємо результати опрацювання даних щодо порівняння рівнів сформованості **когнітивного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики** на констатувальному і формуальному етапах

експерименту. Перевірка знань здійснювалась шляхом тестування (додаток З), також враховувались оцінки контрольних робіт.

Перевірка знань здійснювалась шляхом тестування (додаток З), також враховувались оцінки контрольних робіт, виконання індивідуальних домашніх завдань, результати захисту проєктів.

Добірка із 17 завдань для тестування створена нами на основі задачного матеріалу посібників з алгебри для закладів середньої освіти. Окремі завдання запозичені з тесту PISA (математика), Education Quality and Accountability Office (Канада) (додаток З). Показником фіксації сформованості **когнітивного компоненту STEM-компетентностей** в процесі вивчення математики буде слугувати загальний показник за 12 бальною шкалою, де за кожен правильну тестову відповідь учень отримував 0,5 бали; за розгорнуту відповідь на завдання №16 – 2 бал, №17 – 2,5 бали. У той час як кожна неправильна відповідь оцінювалася в 0 балів.

Зведені результати щодо рівнів сформованості **когнітивного компоненту STEM-компетентностей студентів** подано у таблиці 2.10. Результати оцінювання рівнів сформованості когнітивного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики на констатувальному та формуальному етапах подаються у кінцевому вигляді на рис. 2.18 та 2.19.

Таблиця 2.10

Когнітивний компонент сформованості

STEM-компетентностей студентів у навчанні математики

Група / Рівні	Початковий	Середній	Достатній	Високий	Сума
КГ на початку	3	19	17	1	40
ЕГ на початку	2	19	18	1	40
КГ наприкінці	3	19	17	1	40
ЕГ наприкінці	0	13	22	5	40

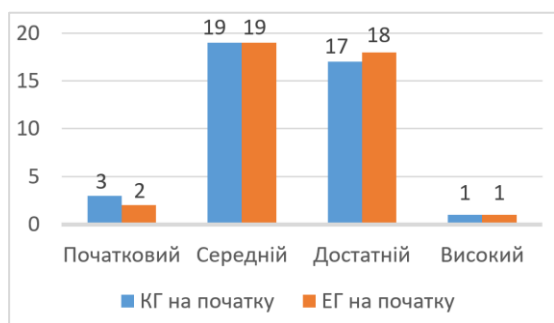


Рис. 2.18. Результати оцінювання рівнів сформованості когнітивного компоненту на констатувальному етапі

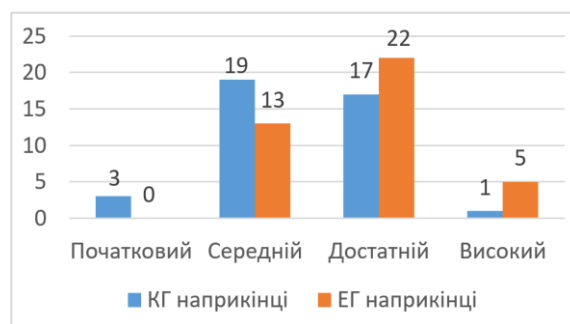


Рис. 2.19. Результати оцінювання рівнів сформованості когнітивного компоненту на формувальному етапі

Відобразимо перевірку вірогідності результатів дослідження щодо зростання частки суми достатнього та високого рівнів сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів на початку та наприкінці експериментального дослідження на рис. 2.20.

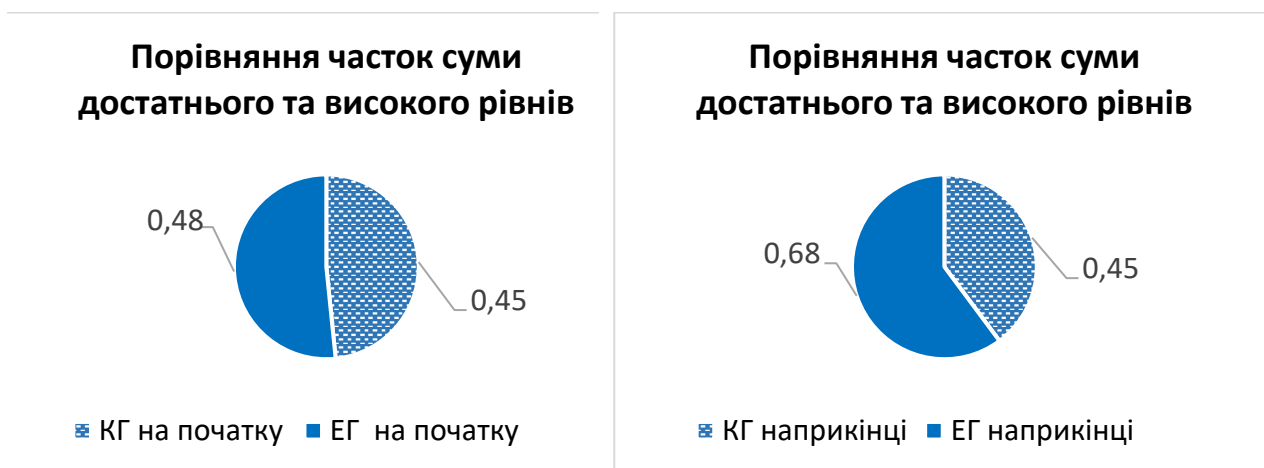


Рис. 2.20. Визначення в долях одиниці частки суми достатнього та високого рівнів для КГ і ЕГ на початку та наприкінці експерименту для сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів

Результати дослідження з використанням кутового перетворення Фішера для сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей

студентів (для суми достатнього та високого рівнів) КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту подано у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Результати порівняння рівнів сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Достатній, високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	18	40	0,45	$\varphi_{\text{емп}} = 0,27$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_0: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	19	40	0,48		
КГ формувальний етап	18	40	0,45	$\varphi_{\text{емп}} = 2,09$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_1: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формуальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	27	40	0,68		
КГ констатувальний етап	18	40	0,45	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_0: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формуальному етапі.
КГ формувальний етап	18	40	0,45		
ЕГ констатувальний етап	19	40	0,48	$\varphi_{\text{емп}} = 1,83$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_1: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	27	40	0,68		

Обчислюємо емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}$ на констатувальному етапі експерименту за формулою (4), враховуючи частки суми значень достатнього та високого рівнів $p_1=0,45$ для першої вибірки (контрольна група) та $p_2=0,48$ для другої вибірки (експериментальна група). Отримаємо,

$\varphi_{емп}=0,27$, що менше критичного значення $\varphi_{0,05}=1,64$. Це означає, що показник суми достатнього і високого рівнів сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів КГ на початку експерименту не відрізняється від аналогічного показника ЕГ на констатувальному етапі експерименту.

Емпіричне значення критерію наприкінці експерименту $\varphi_{емп} = 2,09$, що перевищує критичне значення 1,64. Нульову гіпотезу потрібно відкинути: показник суми достатнього і високого рівнів **сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики у ЕГ** наприкінці експерименту суттєво вищий від аналогічного показника КГ наприкінці експерименту.

Також додатково провели дослідження, що у ході експерименту у ЕГ суттєво зростає з *0,03* до *0,13* **частка високого рівня** (табл. І.3).

Таким чином, в експериментальній групі щодо **сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики у ході експерименту** статистично підтверджено вірогідність: зростання частки суми достатнього з високим рівнями; зниження частки суми початкового та середнього рівнів; зростання частки високого рівня сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Здійснено опрацювання результатів щодо порівняння рівнів сформованості **рефлексивно-оцінного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики на констатувальному і формуальному етапах експерименту**. Зведені результати щодо рівнів сформованості **рефлексивно-оцінного компоненту STEM-компетентностей студентів** подано у таблиці 2.12. Результати оцінювання рівнів сформованості рефлексивно-оцінного компоненту STEM-компетентностей студентів у навчанні математики на констатувальному та формуальному етапах подаються у кінцевому вигляді на рис. 2.21 та 2.22.

Таблиця 2.12

**Рефлексивно-оцінний компонент сформованості
STEM-компетентностей студентів у навчанні математики**

Група / Рівні	Початковий	Середній	Достатній	Високий	Сума
КГ на початку	10	12	12	6	40
ЕГ на початку	9	11	14	6	40
КГ наприкінці	10	11	13	6	40
ЕГ наприкінці	4	8	15	13	40

На констатувальному етапі у КГ і ЕГ рівень сформованості рефлексивно-оцінного компоненту STEM-компетентностей суттєво не відрізнявся, на формувальному етапі у КГ суттєвих зрушень не відбулось, а у ЕГ став переважати достатній та високий рівні.

Відобразимо перевірку вірогідності результатів дослідження щодо зростання частки суми достатнього та високого рівнів сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів на початку та наприкінці експериментального дослідження на рис. 2.23.

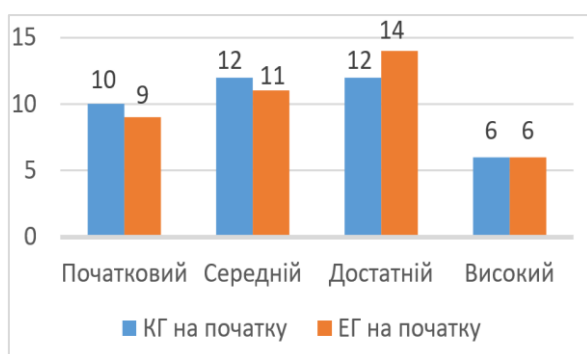


Рис. 2.21. Результати оцінювання рівнів сформованості рефлексивно-оцінного компоненту на констатувальному етапі

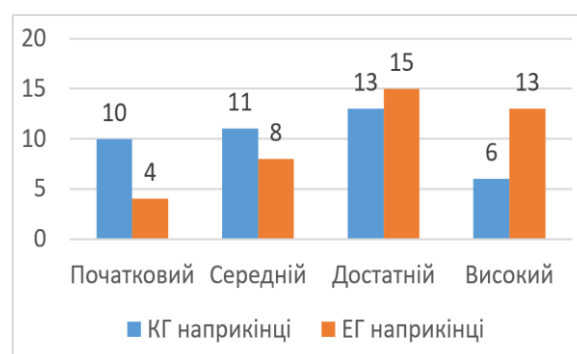


Рис. 2.22. Результати оцінювання рівнів сформованості рефлексивно-оцінного компоненту на формувальному етапі

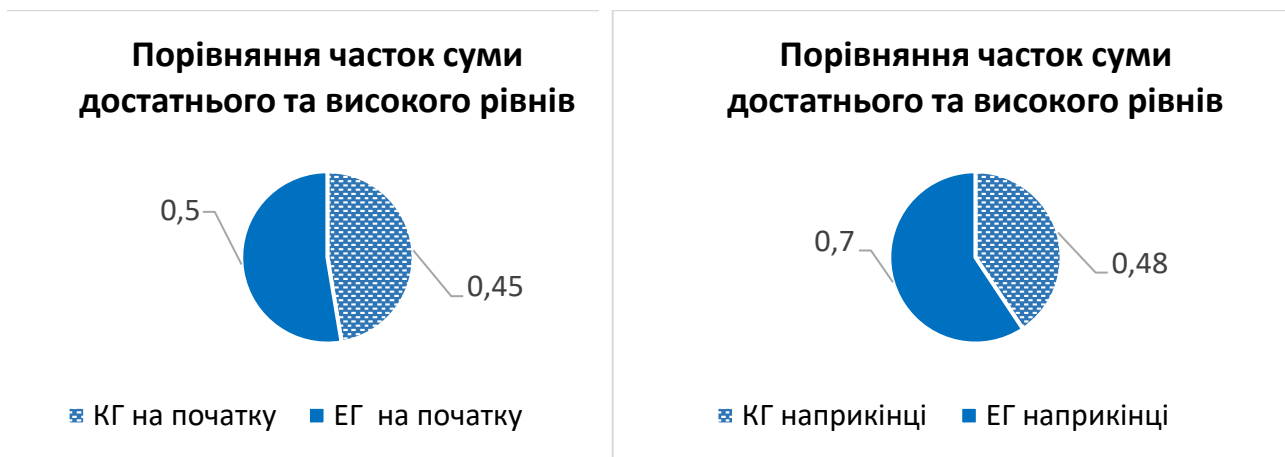


Рис. 2.23. Визначення в долях одиниці частки суми достатнього та високого рівнів для КГ і ЕГ на початку та наприкінці експерименту для сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів

Результати дослідження з використанням кутового перетворення Фішера для сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту (для суми достатнього та високого рівнів) подано у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Результати порівняння рівнів сформованості рефлексивно-оцінної компоненти за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Достатній, високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	18	40	0,45	$\Phi_{\text{емп}} = 0,45$ $\Phi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_0: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	20	40	0,5		
КГ формувальний етап	19	40	0,48	$\Phi_{\text{емп}} = 2,02$ $\Phi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза H_1: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формуальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	28	40	0,7		

Продовження таблиці 2.13

КГ констатувальний етап	18	40	0,45	$\varphi_{\text{емп}} = 0,27$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀: показник достатнього + високого рівнів КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формувальному етапі
КГ формувальний етап	19	40	0,48		
ЕГ констатувальний етап	20	40	0,5	$\varphi_{\text{емп}} = 1,84$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁: показник достатнього + високого рівнів ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	28	40	0,7		

Розрахуємо емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}$ на констатувальному етапі експерименту за формулою (4), враховуючи частки суми значень достатнього та високого рівнів $p_1=0,45$ для першої вибірки (контрольна група) та $p_2=0,5$ для другої вибірки (експериментальна група). Отримаємо, $\varphi_{\text{емп}}=0,45$, що менше критичного значення $\varphi_{0,05}=1,64$. Це означає, що нема підстав відкидати нульову гіпотезу: показник суми достатнього і високого рівнів сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів КГ на початку експерименту не відрізняється від аналогічного показника ЕГ на констатувальному етапі експерименту.

Потім розраховуємо емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}$ наприкінці експерименту і отримуємо $\varphi_{\text{емп}} = 2,02$, що перевищує критичне значення 1,64. Це означає, що нульову гіпотезу потрібно відкинути: показник суми достатнього і високого рівнів **сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики у ЕГ наприкінці експерименту суттєво вищий від аналогічного показника КГ наприкінці експерименту**. Додатково провели дослідження, що у ході експерименту у експериментальній групі суттєво зросла з 0,15 до 0,33 **частка високого рівня** (табл. І.4). $\varphi_{\text{емп}} = 0$ не перевищує $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$ при

порівнянні часток високого рівня для КГ і ЕГ на початку експерименту свідчить про те, що частки високого рівня на констатувальному етапі експерименту суттєво не відрізняються. $\varphi_{\text{емп}} = 1,92$ перевищує критичне значення при опрацюванні результатів формувального етапу експерименту. Тобто частка високого рівня в експериментальній групі наприкінці експерименту суттєво вища, ніж у контрольній.

Таким чином, в експериментальній групі щодо **сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей** студентів у навчанні математики у ході експерименту статистично підтверджено вірогідність: зростання частки суми достатнього з високим рівнями; зниження частки суми початкового та середнього рівнів; зростання частки високого рівня сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики. При цьому у контрольній групі частки значень за рівнями на констатувальному та формувальному етапах експерименту суттєво не відрізняються.

Як бачимо, у контрольній групі суттєвих змін не сталося. Натомість у експериментальній групі, де впроваджувалася структурно-функціональна модель формування STEM-компетентностей студентів закладів ФПО, спостерігається позитивна динаміка.

Отже, порівнюючи результати констатувального та формувального етапів експерименту, ми визначили, що розроблена СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики є достатньо ефективною, існує тенденція позитивних змін у змісті компонентів STEM-компетентностей студентів, що підтверджується експериментальними даними.

Мету дослідно-експериментальної роботи реалізовано повністю, оскільки розроблена модель дозволяє підвищити рівень формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Висновки до другого розділу

У розділі висвітлено зміст педагогічного експерименту з перевірки ефективності СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики та педагогічних умов, що підсилюють її ефективність, а також методикау діагностики результативності запропонованих засобів. Отримані дані вможливили такі висновки.

Спираючись на аналіз теоретичних напрацювань, причин і труднощів, а також концептуальних ідей моделі, її цільового, змістового, діяльнісного, діагностичного блоків, принципах науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, усвідомленості, а також компетентнісного, діяльнісного, особистісно-орієнтованого, когнітивного, синергетичного, диференційованого та системного підходів, було апробовано СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

Висвітлено досвід мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики. Детально описано використання навчальних проєктів як основи впровадження STEM-освіти у навчанні математики студентів фахових коледжів. Обґрунтовано, що застосування інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики сприяє формуванню STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

За результатами апробації до змісту навчання математичних дисциплін закладів фахової передвищої освіти було запроваджено: засоби урізноманітнення форм навчання, ІКТ, STEM-проєкти, STEM-квести, веб-конференції, блоги, сайти і тематичні групи у соціальних мережах; пакет

методичних матеріалів, система прикладних завдань, ігрових і професійно зорієнтованих ситуацій; засоби моніторингу формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Після завершення дослідно-експериментальної роботи було проведено статистичний аналіз, який показав наявність тенденції до позитивних змін відповідно до визначених критеріїв формування STEM-компетентностей студентів; вдалося досягти переваги достатнього та високого рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Реалізація запропонованої СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти, а також використання педагогічних умов, що підсилюють її ефективність, призвела до підвищення рівнів сформованості STEM-компетентностей (математичної компетентності, інформаційно-комунікаційної компетентності, базових компетентностей в галузях природознавства і техніки, проєктно-технологічної та м'яких навичок, зокрема критичного мислення).

Основний зміст розділу відображено в публікаціях [17; 18; 23; 126; 127; 152; 154; 155; 156; 157; 158; 159].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі було проведено теоретичний аналіз проблеми та запропоновано інноваційний підхід до вирішення наукової задачі. Основною метою дослідження було теоретично обґрунтувати, розробити і експериментально перевірити ефективність структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

На основі здійсненого аналізу виявлено нові підходи до покращення процесу навчання математики. Проведена робота дозволила розробити та апробувати модель, яка враховує специфіку формування STEM-компетентностей студентів, покращує процес навчання математики та сприяти формуванню у студентів STEM-компетентностей. У ході дослідження були отримані результати, які підтверджують гіпотезу роботи і дозволяють зробити такі висновки:

1. Проведено аналіз стану впровадження STEM-освіти у науково-педагогічній літературі та освітній практиці в Україні та закордоном. Встановлено, що STEM охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), інженерію (Engineering) та математику (Mathematics). Залежно від галузі до напрямів STEM-навчання можуть додаватись мистецтво та інші навчальні дисципліни.

STEM-підхід – це підхід до організації процесу навчання, який поєднує науку, технологію, інженерію та математику. STEM-заняття – це заняття з використанням STEM-підходу, у центрі уваги якого знаходиться практичне завдання чи проблема, які потрібно вирішити.

Головною ідеєю STEM-навчання є практична підготовка здобувачів освіти до вирішення окремих проблем реального життя шляхом інтеграції STEM-дисциплін (науки, технології, інженерії та математики).

Зміст полягає у доступному візуалізуванні складних наукових явищ для заохочення здобувачів освіти до дискусій і вирішення важливих практичних

проблем з використанням технологій, розвитку практичних навичок і критичного мислення. Математика є однією із STEM-дисциплін, на основі якої можуть інтегруватися інші навчальні дисципліни. STEM-освіта сприяє розвитку STEM-компетентностей через наближення навчання в аудиторії до проблем реального світу за допомогою практичних досліджень.

Встановлено, що впровадження STEM-освіти може відбуватися шляхом залучення студентів до самостійної дослідницької діяльності, інтеграції тем з різних навчальних дисциплін, реалізації міжпредметних проєктів, наукових «пікніків», днів та тижнів науки, STEM-фестивалів, надання можливості здобувачам освіти вивчати світ комплексно, що сприяє формуванню STEM-компетентностей здобувачів освіти.

2. Визначено особливості навчання та важливість STEM-дисциплін, їх роль у підготовці фахових молодших бакалаврів. Важливість вивчення STEM-дисциплін зумовлена здатністю розвивати критичне мислення, вміння розв'язувати проблеми та розвивати технічні навички, які необхідні для досягнення успіху на сучасному ринку праці. Дисципліни STEM дають студентам міцну основу у відповідних галузях, основи технічних знань необхідні для розуміння принципів і концепцій, що лежать в основі різних галузей і професій.

Увага коледжів до STEM-освіти зумовлена необхідністю підготовки кваліфікованої робочої сили, сприяння дослідженням та інноваціям, а також не відставати від світових досягнень у галузі науки і технологій. Оскільки важливість галузей STEM продовжує зростати, то коледжам необхідно посилювати свої програми та ініціативи, пов'язані з STEM.

Стандарти фахової передвищої освіти в Україні спрямовані на підготовку компетентних та інноваційних випускників, які можуть ефективно сприяти науковим дослідженням, технологічному прогресу та економічному зростанню в Україні. Низку загальних та спеціальних компетентностей, яких можуть набувати студенти у процесі навчання,

доцільно класифікувати як STEM-компетентності. Акцент на практичну підготовку, дослідження та співпрацю з промисловістю гарантує, що випускники будуть добре підготовлені до вимог сучасного ринку праці.

3. Визначено структуру, зміст та засоби діагностики формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Конкретизовано сутність ключових понять дослідження.

Передусім конкретизовано поняття STEM-компетентностей студентів фахових коледжів у навчанні математики, як інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості його складових: математичної компетентності, інформаційно-комунікаційної компетентності, базових компетентностей в галузях природознавства і техніки, проєктно-технологічної та м'яких навичок, зокрема критичного мислення.

Критеріями сформованості STEM-компетентностей студентів визначено ціннісно-мотиваційний, креативно-діяльнісний, когнітивний, рефлексивно-оцінний. Зазначені критерії вможливають педагогічний моніторинг стану формування STEM-компетентностей студентів за початковим, середнім, достатнім та високим рівнями.

4. Розроблено сукупність педагогічних умов та структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Здійснене моделювання спирається на наукові уявлення щодо цілей, завдань, змісту, етапів форм та методів, а також на соціальні очікування стосовно результатів підвищення рівня сформованості STEM-компетентностей студентів; структурує формувальні впливи на цільовий, змістовий, діяльнісний, діагностичний блоки. Встановлено три групи зовнішніх чинників, які справляють вплив на актуалізацію STEM-освіти: соціальне замовлення на підготовку висококваліфікованих STEM-фахівців; розвиток інформаційно-комунікаційних та STEM-технологій, включаючи розробку спеціальних та

адаптованих засобів навчання, у тому числі для вивчення математики; методологічний блок, який включає принципи навчання та основні підходи організації навчання, модернізацію технологій та методик навчання.

Цільовий блок визначає мету – формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Змістовий блок описує змістове наповнення STEM-компетентностей студентів. Діяльнісний блок включає педагогічні умови (мотивування та стимулювання здобувачів освіти до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики через залучення до співпраці та використання індивідуального й групового коучингу; упровадження STEM-проектів у навчанні математики; застосування ІКТ для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики), а також технологію формування STEM-компетентностей (методи, засоби, форми). Діагностичний блок включає критерії та рівні сформованості STEM-компетентностей студентів.

5. Розроблено методику реалізації структурно-функціональної моделі у навчанні математики відповідно до педагогічних умов. Методологічними підходами до розроблення моделі формування STEM-компетентностей студентів визначено проєктний, дослідницький, компетентнісний та діяльнісний, особистісно-орієнтований, когнітивний та синергетичний, диференційований та системний. Розроблена модель ґрунтується на принципах науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, міжпредметної координації.

Висвітлено досвід мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності у навчанні математики. Детально описано використання навчальних проєктів як основи впровадження STEM-освіти у навчанні математики студентів фахових

коледжів. Обґрунтовано, що застосування інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості навчання математики сприяє формуванню STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

б. Спираючись на аналіз теоретичних напрацювань, причин і труднощів, а також концептуальних ідей моделі, її цільового, змістового, діяльнісного, діагностичного блоків, принципах науковості та доступності, розвитку, інтеграції, пізнавальної активності, індивідуальності, дослідницької та практичної спрямованості, взаємозв'язків теорії та практики, самостійності та активності, інтерактивності, усвідомленості, а також проєктного, дослідницького, компетентнісного, діяльнісного, особистісно-орієнтованого, когнітивного, синергетичного, диференційованого та системного підходів, було експериментально перевірено СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики.

За результатами апробації до змісту навчання математичних дисциплін закладів фахової передвищої освіти було запроваджено: засоби урізноманітнення форм навчання, ІКТ, STEM-проєкти, STEM-квести, веб-конференції, блоги, сайти і тематичні групи у соціальних мережах; пакет методичних матеріалів, система прикладних завдань, ігрових і професійно зорієнтованих ситуацій; засоби моніторингу формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Після завершення дослідно-експериментальної роботи було проведено статистичний аналіз, який показав наявність тенденції до позитивних змін відповідно до визначених критеріїв формування STEM-компетентностей студентів; вдалося досягти переваги достатнього та високого рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів у навчанні математики.

Реалізація запропонованої СФМ формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти, а також використання

педагогічних умов, що підсилюють її ефективність, призвела до підвищення рівнів сформованості STEM-компетентностей студентів.

Викладені факти свідчать, що в процесі дослідження досягнута мета, вирішені поставлені завдання, підтвердилася висунута гіпотеза. Результати дослідження можуть бути використані під час навчання студентів закладів фахової передвищої освіти.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів аналізованої проблеми. До перспективних напрямів подальших наукових розвідок відносимо розробку методичних засад використання імерсивних технологій на заняттях математики, впровадження робототехніки у заклади фахової передвищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Australian Curriculum. *The Australian Curriculum (Version 8.2.)*. URL: <http://www.australiancurriculum.edu.au/> (date of access: 01.10.2020).
2. Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. *ICT in Education, Research and Industrial Applications*. Proc. 14th Int. Conf. ICTERI, 2018. Vol. 2104, P. 318–331. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf (date of access: 25.10.2022).
3. Borrego M, Henderson C. Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: A comparison of eight change strategies. *Journal of Engineering Education*. 2014. Vol. 103, № 2. P. 220–252. DOI: 10.1002/jee.20040.
4. Council for Aid to Education. URL: <https://cae.org/> (date of access: 01.02.2020).
5. Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning (Text with EEA relevance) (2018/C 189/01). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2018.189.01.0001.01.EN.G&toc=OJ:C:2018:189:TOC (date of access: 28.11.2019).
6. Design methodology for immersive educational resources / S. O. Semerikov et al. *Educational Dimension*. 2022. Vol. 6. P. 176–199. DOI: 10.31812/educdim.4716
7. Dettmer P. A., Hanna G. S. Assessment for effective teaching: Using contextadaptive planning. Boston, MA: Pearson A&B, 2004. 444 p.
8. Erdogan N., Stuessy C. Modeling Successful STEM High Schools in the United States: An Ecology Framework. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*. 2015. Vol. 3, № 1. P. 77–91. DOI: 10.18404/ijemst.85245.

9. Gokbulut B. The effect of Mentimeter and Kahoot applications on university students'e-learning. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 2020. Vol. 12, № 2. P. 107–116.
10. Halpern D. *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking*. Psychology Press; 5th edition. 2013. 640 p.
11. Harrison M. Supporting the T and the E in STEM: 2004-2010. *Design and Technology Education: An International Journal*, 2011. Vol. 16, № 1. P. 17–25.
12. Hrynevych J. M., Morze H. B., Boiko M. A. Scientific education as the basis for innovative competence formation in the conditions of digital transformation of the society. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. Vol. 77, № 3. P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980>.
13. Implementation of adaptive learning at higher education institutions by means of Moodle LMS / Morze N., Varthenko-Trotsenko L., Terlecka T., Smyrnova-Trybulska E. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. Vol. 1840, № 1. 13 p. DOI: 10.1088/1742-6596/1840/1/012062.
14. Institute for Arts Integration and STEAM. URL: <https://artsintegration.com/> (date of access: 03.04.2022).
15. Jang H. Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*. 2015. Vol. 25, № 2. P. 284–301.
16. Kallet M. *Think Smarter: Critical thinking to improve problem-solving and decision-making skills*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2014. 215 p.
17. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Muzyka I. O. Application of GeoGebra in Stereometry teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2020. Vol. 2643, P. 705–718. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper42.pdf> (date of access: 12.02.2021).

18. Kramarenko T., Pylypenko O., Serdiuk O. Digital Technologies in Specialized Mathematics Education: Application of GeoGebra in Stereometry Teaching. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology : AET. 2022. Vol. 1. P. 576–589. DOI: 10.5220/0010926300003364.
19. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zasliskiy V. I. GeoGebra AR Demo 1: Prism, 2020. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/z3UUMesphnQ> (date of access: 03.02.2020).
20. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zasliskiy V. I. GeoGebra AR Demo 2: Sphere, 2020. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/35kwRlqBrOg> (date of access: 03.02.2020).
21. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zasliskiy V. I. GeoGebra AR Demo 3: Cylinder, 2020. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/fCBqCeGxymM> (date of access: 03.02.2020).
22. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zasliskiy V. I. GeoGebra AR Demo 4: Surface, 2020. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/4oHxuoGmfzw> (date of access: 03.02.2020).
23. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zasliskiy V. I. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2019. Vol. 2547. P. 130–144. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper10.pdf> (date of access: 03.02.2020).
24. Langdon D. STEM: Good jobs now and for the future. Washington, DC: U.S. Department of Commerce / D. Langdon, G. McKittrick, D. Beede, B. Khan, M. Doms. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED522129> (date of access: 03.02.2020).
25. Lavrentieva O. O. Methodology of using mobile apps with augmented reality in students' vocational preparation process for transport industry / Lavrentieva O. O., Arkhypov I. O., Krupskiy O. P., Velykodnyi D. O., Filatov S. V. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2731. P. 143–162.

26. Lavrentieva O. O. Use of simulators together with virtual and augmented reality in the system of welders' vocational training: past, present, and future / Lavrentieva O. O., Arkhypov I. O., Kuchma O. I., Uchitel A. D. *Augmented Reality in Education*. 2019. Vol. 2547. P. 201–216. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper15.pdf> (date of access: 17.07.2022).

27. Lynch S. J., Behrend T., Burton E. P., Means B. Inclusive STEM-focused high schools: STEM education policy and opportunity structures. Paper presented at the annual conference of National Association for Research in Science Teaching, 6-9 apr. 2013. Rio Grande, Puerto Rico. 14 p.

28. Mahon B.Z., Caramazza A. Constraining questions about the organization and representation of conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*. 2019. Vol. 20. № 3-6. P. 433–450.

29. Maloney A. P., Confrey J., Nguyen K. H. (ed.). *Learning over time: Learning trajectories in mathematics education*. IAP, 2014. 264 p.

30. Marienko M., Shyshkina M. The Design and Implementation of the Cloud-Based System of Open Science for Teachers' Training. In: *International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Cham: Springer International Publishing, 2022. Vol 633. p. 337–344. DOI: 10.1007/978-3-031-26876-2_31.

31. *Mathematics with a computer* / M. I. Zhaldak, Y. V. Goroshko, E. F. Vinnychenko, G.Y. Tsybko. Kyiv, National Dragomanov Pedagogical University, 2016. 305 p. URL : <https://ktoi.fi.npu.edu.ua/navchalni-posibnyky-ta-pidruchnyky?download=7:mathematics-with-a-computer> (date of access: 16.02.2023).

32. Means B. et al. STEM-focused high schools as a strategy for enhancing readiness for postsecondary STEM programs. *Journal of Research in Science Teaching*. 2016. Vol. 53. №. 5. P. 709–736.

33. Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra) / M. G. Drushlyak et al. *CTE Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 8. P. 458–472. DOI: 10.55056/cte.300.

34. Mintii I. S. Blended learning: definition, concept, and relevance. *Educational Dimension*. 2023. Vol. 8. P. 85–111. DOI: 10.31812/ed.539.
35. Morze N., Strutynska O. STEAM Competence for Teachers: Features of Model Development. *E-learning in the Time of COVID-19*. 2021. P. 187–198. DOI: 10.34916/el.2021.13.16.
36. NBE (2016). *The National Core Curriculum for Basic Education 2014*. Helsinki: Finnish National Board of Education.
37. Personal e-learning environment of a mathematics teacher / Vlasenko K., Chumak O., Achkan V., Lovianova I., Kondratyeva O. *Universal Journal of Educational Research*, 2020. Vol. 8, № 8. P. 3527–3535.
38. Peters-Burton E. E. Inclusive STEM high school design: 10 critical components / E. E. Peters-Burton, S. J. Lynch, T. S. Behrend, B. B. Means. *Theory Into Practice*, 2014. Vol. 53, № 1. P. 67–71.
39. PhET Interactive Simulations. *PhET*. URL: <https://phet.colorado.edu> (date of access: 03.02.2023).
40. Pylypenko O. S. Development of critical thinking as a means of forming STEM competencies. *Educational Dimension*. 2020. Vol. 55. P. 317–331. DOI: 10.31812/educdim.v55i0.3955.
41. Race P. *The lecturer's toolkit: practical guide to assessment, learning and teaching*. New York, 2007. 208 p.
42. Rashevskaya N. V., Soloviev V. N. Augmented Reality and the Prospects for Applying Its in the Training of Future Engineers. *Augmented Reality in Education : Proceedings of the 1st International Workshop (AREdu 2018)*. Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018. Vol. 2257. P. 192–197. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2257/paper18.pdf> (date of access: 03.02.2023).
43. Rozporzndzenie. (2008). Rozporzndzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. URL: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20090040017/O/D20090017.pdf> (date of access: 01.02.2020).

44. Sada M. Probabilidad: simulaciones y problemas : *GeoGebraBook*. URL: <https://www.geogebra.org/m/qjWuUAgs> (date of access: 31.07.2022).
45. Sanders M. E. STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*. 2009. Vol. 68, № 4. P. 20–26. URL: <http://hdl.handle.net/10919/51616> (date of access: 01.02.2020).
46. Sanders M. E. Integrative STEM education as “best practice”. Griffith Institute for Educational Research. Queensland: Australia, 2012. 15 p. URL: <http://hdl.handle.net/10919/51563> (date of access: 01.02.2020).
47. Sarier Y. An evaluation of equal opportunities in education in the light of high school entrance exams (OKS-SBS) and PISA results. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2010. Vol. 11, № 3. P. 107–129.
48. Semenikhina O. V., Drushlyak M. G., Shishenko I. V. STEM-project as a means of learning modeling for pre-service mathematics and computer science teachers, 2022. Vol. 90, № 4, P. 46–56. DOI: 10.33407/itlt.v90i4.4946.
49. Semenikhina O., Kudrina O., Koriakin O., Ponomarenko L., Korinna H., Krasilov A. The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer Visualization. *TEM Journal*, 2020. Vol. 9, № 4. P. 1704–1710. DOI: 10.18421/TEM94-51.
50. Shyshkina M., Kohut U., Popel M. The Systems of Computer Mathematics in the CloudBased Learning Environment of Educational Institutions. *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, 2018. Vol. 1844. 10 p. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000396.pdf> (date of access: 31.07.2022).
51. Soo B. N. Exploring STEM competences for the 21st century. *Current and Critical Issues in Curriculum, Learning and Assessment, In-Progress Reflection*, 2019. Vol. 30. 53 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485.locale=en> (date of access: 01.02.2020).

52. STEM education in the context of improving the science and mathematics literacy of pupils / L. M. Hrynevych et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288, № 1. P. 012031. DOI: 10.1088/1742-6596/2288/1/012031.

53. STEM-освіта: шляхи впровадження та перспективи / за заг. ред. О. І. Данилової, В. В. Сургаєвої. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2016. 120 с.

54. Strutynska O., Umryk M. Learning startups as a project based approach in STEM education. *E-learning and STEM Education Scientific* Ed. Eugenia Smyrnova-Trybulska “E-learning”, Katowice-Cieszyn, 2019. Vol. 11. P. 529–555.

55. Symonenko S. V., Osadchyi V. V., Sysoieva S. O., Osadcha K. P., Azaryan A. A. Cloud technologies for enhancing communication of IT-professionals. *CTE Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2643, № 7. P. 225–236. DOI: 10.55056/cte.355.

56. Tarnoff J. STEM to STEAM. Recognizing the Value of Creative Skills in the Competitive. URL: http://www.huffingtonpost.com/john-tarnoff/stem-to-steamrecognizing_b_756519.html (date of access: 01.02.2020).

57. Technologies of distance learning for programming basics on the principles of integrated development of key competences / Shokaliuk S. V., Bohunenko Y. Yu., Lovianova I. V., Shyshkina M. P. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2643. P. 548–562.

58. The National Curriculum. Canada Ontario. URL: <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/index.html> (date of access: 01.02.2020).

59. The use of digital visualization tools to form mathematical competence of students / M. Astafieva, D. Bodnenko, O. Lytvyn, V. Proshkin. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2740. P. 416–422.

60. Training of Mathematical Disciplines Teachers for Higher Educational Institutions as a Contemporary Problem / Vlasenko K., Kondratieva O., Lovianova I., Sitak I., Chumak O. *Universal Journal of Educational Research*, Horizon Research, 2019. Vol. 7, № 9. P. 1892–1900. DOI: 10.13189/ujer.2019.070907

61. Vakaliuk T. A. Features of distance learning of cloud technologies for the organization educational process in quarantine / T. A. Vakaliuk, O. M. Spirin, N. M. Lobanchykova, L. A. Martseva, I. V. Novitska, V. V. Kontsedailo. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. Vol. 1840. DOI: 10.1088/1742-6596/1840/1/012051.

62. Vallely K. S. A., Gibson P. Effectively Engaging Students on their Devices with the use of Mentimeter. *Compass: Journal of Learning and Teaching*. 2018. Vol. 11, № 2. 7 p.

63. Vlasenko K., Lovianova I., Armash T., Sitak I., Kovalenko D. A competency-based approach to the systematization of mathematical problems in a specialized school. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. Vol. 1946, № 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1946/1/012003.

64. Zavalevskyi Y., Gorbenko S., Lozova O. Psychological and pedagogical conditions for the development of STEM education. *Problems of Education*. 2022. Vol. 2, № 97. P. 61–77. DOI: 10.52256/2710-3986.2-97.2022.04.

65. Zetriuslita Z., Nofriyandi N., Istikomah E. The Increasing Self-Efficacy and Self-Regulated through GeoGebra Based Teaching reviewed from Initial Mathematical Ability (IMA) Level. *International Journal of Instruction*. 2021. Vol. 14, № 1. P. 587–598. DOI: 10.29333/iji.2021.14135a.

66. Алгебра і початки аналізу : початок вивчення на поглиб. рівні з 8 кл., проф.рівень : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / А. Г. Мерзляк, Д. А. Номіровський, В. Б. Полонський, М. С. Якір. Харків : Гімназія, 2018. 512 с.

67. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта* : зб. наук. праць. Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2017. Вип. 2, № 12. С. 26–30.

68. Банада О. С. Використання системи динамічної математики GeoGebra в розробці STEM-проектів / О. С. Банада, Т. Г. Крамаренко. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів І Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 трав. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 80–83.

69. Банада О. С. Робототехніка як напрямок STEM-освіти та її зв'язок з математикою / О. С. Банада, Т. Г. Крамаренко. *Вісник міжнародного дослідного центру «Людина: мова, культура, пізнання»* : наук. журнал / за заг. ред. В. В. Корольського. Кривий Ріг, 2018. Т. 42. С. 90–99.

70. Банада О. С. Урізноманітнення форм навчання математики в контексті STEM-освіти. STEM-освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах : зб. матер. Всеукр. студентської наук.-практ. конф. Херсон, 2018. С. 86–87.

71. Барна О. В. STEM-освіта: реальні кроки до успіху. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oAigBUCILzo> (дата звернення: 20.11.2018).

72. Барна О. В., Балик Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. URL: <http://elar.ipho.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4559/1/Barna.pdf> (дата звернення: 20.11.2018).

73. Бевз А. В. Особливості формування професійної компетентності фахових молодших бакалаврів. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2020. Вип. 191, № 1. С. 212–216. DOI: 10.36550/2415-7988-2020-1-191-212-216.

74. Биков В., Спірін О., Пінчук О. Сучасні завдання цифрової трансформації освіти. *Вісн. Кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна*

освіта XXI століття» / голов. ред. Г. І. Сотська. Київ : Талком, 2020. № 1. С. 27–36. DOI: 10.35387/ucj.1(1).2020.27-36.

75. Білецька Г. А. Критерії, показники й рівні сформованості природничо-наукової компетентності майбутніх екологів. *Освіта та педагогічна наука*, 2014. Вип. 163, № 2. С. 19–24.

76. Ботузова Ю. В. Динамічні моделі GeoGebra на уроках математики як основа STEM-підходу. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 17, № 3. С. 31–35.

77. Бурда М. І., Васильєва Д. В. Особливості навчання математики в умовах воєнного стану (методичні рекомендації). *Математика в рідній школі*. 2022. № 4. С. 6–15.

78. Буркова Л. В. Проектний підхід в освіті: концептуальні основи. *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2015. Вип. 2. С. 6–14.

79. Валько Н. В. Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності : автореф. дис. д-ра пед. Наук : 13.00.04. Запоріжжя, 2020. 40 с.

80. Василяшко І. П. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 н.р. / І. П. Василяшко, С. Л. Горбенко, О. В. Лозова, О. О. Патрикєєва. *Методист*. Київ : Видавництво «Шкільний світ», 2017. Вип. 68, № 8. С. 37–43.

81. Василяшко І. П. Упровадження STEM-навчання – відповідь на виклик часу / І. П. Василяшко, Т. В. Білик. *Управління освітою*. Київ, 2017. Вип. 386, № 2. С. 28–31.

82. Василевич Л. Ф., Семеняка С. О. Фінансова математика : навч. посіб. Київ, ун-т ім. Б. Грінченка, 2020. 228 с.

83. Васильєва Д. В. Методика навчання математики учнів 5–6 класів з використанням мультимедійної дошки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2013. 20 с
84. Великий тлумачний словник сучасної української мови : 250000 слів / гол. ред. В. Т. Бусел. Київ; Ірпінь : Перун, 2005. Т. VIII, 1728 с.
85. Волянська С. Є. STEM-освіта. Довідник сучасного педагога. Харків : Основа, 2016. С. 124–125.
86. Гиндрюк В. В., Юрченко Н. В. Компетентнісний підхід до викладання математики та вищої математики для студентів спеціальності 181 Харчові технології на прикладі застосування правила Крамера. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»* / гол. ред. О. Бартош, І. Козубовська. Ужгород : Говерла, 2022. Вип. 2, № 51. С. 37–41. DOI: 10.24144/2524-0609.2022.51.37-41.
87. Голіченко І. І., Клесов О.І., Тимошенко О. А. Фінансова математика та елементи актуарної математики : навч. посіб. для студ. спеціальності 111 «Математика», спеціалізації «Страхова та фінансова математика». Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2019. 104 с.
88. Гончаренко С. У. Український педагогічний енциклопедичний словник. 2-е вид. доп. і перероб. Рівне : Волинські обереги, 2011. 552 с.
89. Гриб'юк О. О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. *FOSS Lviv-2017* : матеріали 7 міжнар. наук.-практ. конф., 27–30 квіт. 2017 р. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2017. С. 38–43.
90. Гриб'юк О. О., Юнчик В. Л. Розв'язування евристичних задач в контексті STEM-освіти з використанням системи динамічної математики GeoGebra. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. праць. Київ-Вінниця : Планер, 2015. Вип. 27. С. 138–155.

91. Гузій І. С. Інтегративний підхід до професійної підготовки майбутніх фахівців інформаційної, бібліотечної та архівної справи : дис. на здобуття ступеня д-ра філософії / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2020. 267 с.

92. Гуревич Р. С., Гуржій А. М., Кадемія М. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології в професійній освіті : монографія. Вінниця : ТОВ Нілан, 2016. 112 с.

93. Гуржій А. М., Радкевич В. О., Зайчук В. О., Пригодій М. А. Підготовка фахівців на основі SMART комплексів. *Наука та освіта* : зб. пр. XVI Міжнар. наук. конф., 4–11 січ. 2022 р., Хайдусобосло, Угорщина. Хмельницький : ХНУ, 2022. С. 93–96.

94. Державний стандарт базової середньої освіти. Постанова КМУ № 898 від 30.09.2020 року. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola/derzhavnij-standart-bazovoyi-serednoyi-osviti> (дата звернення: 08.11.2021).

95. Доценко С. О., Лебедева В. В. STEM-освіта як засіб активізації творчого потенціалу особистості. URL: <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/konf/2017/mkonf2017/dopovidy/it/Доценко-Лебедева.pdf> (дата звернення: 17.11.2018).

96. Дудка У. Підготовка майбутніх економістів до професійної діяльності засобами інформаційно-комунікативних технологій : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Хмельницький, 2019. 20 с.

97. Економіка та держава. *Науково-практичний журнал*. 2021. № 2. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/2_2021.pdf (дата звернення: 03.02.2023).

98. Жалдак М. І., Біляй І. М. Стохастика : посіб. для вчителів. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. 304 с. URL: <http://www.ktoi.npu.edu.ua/uk/navchalni-posibnyku-ta-pidruchnyku> (дата звернення: 30.06.2022).

99. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики : посіб. для вчителів / М. І. Жалдак, В. В. Лапінський, М. І. Шут. Київ : Дініт, 2004. 110 с.

100. Жалдак М. І., Михалін Г. О., Біляй І. М. Початки стохастики : факультативний курс для учнів старшої школи. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2014. 163 с. URL: <http://www.ktoi.npu.edu.ua/uk/navchalni-posibnyku-ta-pidruchnyku> (дата звернення: 30.06.2022).

101. Зайцев О. В., Колтакова М. Ю. Педагогічні умови формування професійної компетентності студентів спеціальності «Фінанси, банківська справа та страхування». *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2017. Вип. 26. Ч. 2. С. 79–83.

102. Закарлюка І. С. STEM-освіта: трансдисциплінарний підхід до вивчення природничо-математичних дисциплін. *Проблеми математичної освіти* : матеріали Міжнар. наук.-метод. конф. 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2023. С. 200–201.

103. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

104. Закон України «Про інноваційну діяльність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

105. Закон України «Про культуру». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2778-17#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

106. Закон України «Про наукову та науково-технічну діяльність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

107. Закон України «Про освіту». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 17.11.2018).

108. Закон України «Про повну загальну середню освіту». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 31. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text> (дата звернення: 26.05.2022).

109. Закон України «Про позашкільну освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1841-14#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

110. Закон України «Про професійну (професійно-технічну) освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 30.05.2023).

111. Закон України Про фахову передвищу освіту. URL: https://urst.com.ua/act/pro_fahovu_peredvyshu_osvitu (дата звернення: 26.11.2022).

112. Зіненко І. М. Визначення рівнів сформованості математичної компетентності учнів загальноосвітньої школи. *Розвиток освіти в умовах поліетнічного регіону* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Ялта : РВВ КГУ, 2014. Вип. 5. Ч. 1. С. 173–176.

113. Зубик Л. В. Формування професійних компетентностей майбутніх бакалаврів з інформаційних технологій у процесі вивчення фахових дисциплін : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Рівне, 2016. 358 с.

114. Іванова Г. І. Формування культури розумової праці студентів у процесі навчання математичних дисциплін : дис. ... д-ра. філос. 011 / Криворізький держ. пед. ун-т. Кривий Ріг, 2020. 314 с.

115. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навч. посіб. / В. В. Корольський, Т. Г. Крамаренко, С. О. Семеріков, С. В. Шокалюк ; наук. ред. М. І. Жалдак. Вид. 2, перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун-т, 2019. 444 с.

116. Інститут модернізації змісту освіти. STEM-освіта. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення: 17.02.2018).

117. Кислова М. А., Словак К. І. Методика використання мобільного навчального середовища у навчанні вищої математики майбутніх інженерів-електромеханіків. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 51. Вип. 1. С. 77–94.

118. Коваленко О., Сапрунова О. STEM-освіта: досвід упровадження в країнах ЄС та США. *Рідна школа*. 2016. № 4. С. 46–49.
119. Козаченко Н. П. Критичне мислення: граничні підходи та оптимальні шляхи. *Актуальні проблеми духовності* : зб. наук. праць. Кривий Ріг, 2017. Вип. 18. С. 165–178.
120. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : постанова Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 19.11.2022).
121. Корнієнко О. Р. Про актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. URL: <http://elenakornienko.blogspot.com/2016/02/stem.html> (дата звернення: 20.11.2018).
122. Крамаренко Т. Г. Вибрані питання елементарної математики з GeoGebra : *GeoGebraBook*. URL: <https://www.geogebra.org/m/gqpk8yfu> (дата звернення: 29.07.2019).
123. Крамаренко Т. Г. Використання методу Монте-Карло у навчанні стохастики в контексті підготовки учителів математики до впровадження STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2023. Вип. 38, № 4. С. 42–48.
124. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. STEM-навчання і навчання математики: від теорії до практики впровадження. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжн. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 62–65.
125. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Використання STEM-підходів у навчанні математики студентів закладів фахової передвищої освіти. *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. 2023. Вип. 22.
126. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Застосування STEM-підходів у навчанні математики. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 207.

127. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Математика в STEMі : навч.-метод. посіб. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун т, 2023. 274 с.
128. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 4, № 18. С. 90–95. URL: http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v4-18/2018_4-18-Kramarenko_Pylypenko_FMO.pdf (дата звернення: 20.11.2019).
129. Крамаренко Т. Г. Формування особистісних якостей школяра у процесі комп'ютерно-орієнтованого навчання математики : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2008. 20 с.
130. Кремень В. Г., Луговий В. І., Саух П. Ю. Освіта і наука – основа інноваційного людського розвитку. *Вісн. НАПН України*. 2020. Вип. 2, № 2. С. 1–5. DOI: 10.37472/2707-305x-2020-2-2-14-3.
131. Кузьменко О. С. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2016. Випуск 9, № 3. С. 188–190.
132. Курносенко О. В. STEM-освіта: проблеми та напрямки впровадження. URL: http://tsiurupynsk-school2.edukit.kherson.ua/distancijne_navchannya/mo_vchiteliv_fiziko-matematichnih_nauk/stem-osvita_problemi_ta_napryamki_vprovadzhennya/ (дата звернення: 20.11.2018).
133. Куцик П., Шевчук В., Дерун І. STEM і становлення новітньої парадигми бухгалтерського обліку. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2022. Вип. 4, № 45. С. 22–35. DOI: 10.55643/fcaptr.4.45.2022.3804.
134. Левченко Ф. Г. Дидактична складова STEM освіти. *Modern research in world science* : зб. матеріалів VIII Міжнар. наук.-практ. конф., 29–31 жовт. 2022. Львів. 2022 С. 625–628. URL: <https://sci-conf.com.ua/viii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-29-31-10-2022-lviv-ukrayina-arhiv/> (дата звернення: 19.02.2023).

135. Левченко Ф. Г. Педагогічні умови інтеграції змісту дисциплін природничо-математичного циклу на основі STEM орієнтованого підходу. *Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку* : зб. матеріалів XXX Міжнар. наук.-практ. конф. Гамбург, 2023. С. 216–220. URL : <http://perspectives.pp.ua/public/site/conferency/conf-30.pdf#page=217> (дата звернення: 19.02.2023).

136. Литвин Л. М. Використання хмарних сервісів у процесі проведення онлайн занять. 2021. URL: http://dSPACE.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/18817/1/31_Lytvyn.pdf (дата звернення: 09.11.2021).

137. Литвинова С. Г. Моделювання й інтеграція сервісів хмаро орієнтованого навчального середовища : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 163 с.

138. Малихін О. В. Педагогічна модель організації самостійної навчальної діяльності студентів вищих педагогічних навчальних закладів. *Pedagogiczne nauki. Przemysł : Nauka i studia. Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2009* : Materiały V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 7–15 Stycz. 2009. Vol. 6. S. 6–8.

139. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 н.р. / І. П. Василяшко, С. Л. Горбенко, О. В. Лозова, О. О. Патрикеева. *Методист*. Київ : Шкільний світ, 2017. Вип. 68, № 8. С. 37–43. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1470777-17#Text> (дата звернення: 11.08.2020).

140. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти України у 2018/2019 навчальному році. № 22.1/10-2573 від 19.07.2018 р. URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/61444/ (дата звернення: 30.09.2021).

141. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2020/2021 навчальному році:

Лист Інституту модернізації змісту освіти № 22.1/10-1646 від 19.08.2020 р.
URL: <https://drive.google.com/file/d/1qxDeN7-byuXJSBKTQRqvBnO9Xuc5TFSgs/view> (дата звернення: 30.09.2021).

142. Михайліченко М. В., Рудик Я. М. Освітні технології : навчальний посібник. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 583 с.

143. Міністерство освіти і науки України : Затверджені стандарти
URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/fahova-peredvisha-osvita/sektor-fahovoyi-peredvishoyi-osviti/zatverdzheni-standarti> (дата звернення: 29.03.2023).

144. Наказ міністерства освіти і науки України від 20.09.2021 № 999 «Про реалізацію інноваційного освітнього проекту «Я – дослідник 2.0 (дидактична система природничо-наукової початкової освіти» на вересень 2021-листопад 2024 роки». URL: <https://drive.google.com/file/d/1Qcs-ex4vf0Ljas83Plj0tNd2FT-RqYtH/view> (дата звернення: 05.02.2023).

145. Накази МОН України. Інститут модернізації змісту освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/normativno-pravovezabezpechennya/nakazi-mon-ukrayini/> (дата звернення: 06.02.2023).

146. Національний еколого-натуралістичний центр учнівської молоді. STEM-освіта – шлях у майбутнє. URL: <https://nenc.gov.ua/?p=2030> (дата звернення: 20.11.2019).

147. Нежинська О. О., Тименко В. М. Основи коучингу : навч. посіб. Київ; Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2017. 220 с.

148. Нова українська школа : poradnik dla vchytelja / заг. ред. Н. М. Бібік. Київ : ТОВ «Видавничий дім «Плеяди», 2017. 206 с.

149. Овчар І. М. Впровадження STEM-технологій в навчання математики студентів технічних спеціальностей коледжів та технікумів. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми.* 2018. Вип. 50. С. 184–187. URL: https://lib.iitta.gov.ua/715454/1/z_50.pdf#page=184__ (дата звернення: 19.02.2023).

150. Освітня реформа: результати та перспективи : інформаційно-аналітичний збірник. Міністерство освіти і науки України, Інститут освітньої аналітики. Київ, 2019. 228 с.

151. Патрикеева О. STEM-освіта: умови впровадження у навчальних закладах України / О. Патрикеева, О. Лозова, С. Горбенко. Управління освітою. 2017. № 1. С. 28–31.

152. Пилипенко О. С. GeoGebra як засіб розвитку STEM-компетентностей учнів у навчанні математики. Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ). Кривий Ріг : КДПУ, 2020. С. 91–94.

153. Пилипенко О.С. STEM-компетентності: сутність та структура. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки* : зб. наук. пр. Бердянськ : БДПУ, 2021. Вип. 3. С. 142–149. DOI: 10.31812/123456789/4535.

154. Пилипенко О. С. Використання мобільного додатку 3D calculator GeoGebra з доповненою реальністю у навчанні математики. *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку* : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. 23 груд. 2020 р., Дніпро : КЗВО «ДАНУ» ДОР», 2021. С. 183–186.

155. Пилипенко О. С. Діагностика рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 185–187.

156. Пилипенко О. С. Можливості навчального сервісу WordWall. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 трав. 2021 р. Кропивницький, 2021. С. 155–158.

157. Пилипенко О. С. Перспективи використання цифрових квест-кімнат в освітньому процесі. Організація дистанційного навчання в умовах воєнного стану : зб. доповідей наук.-практ. конф. ОМО викладачів інформатики та обчислювальної техніки Дніпропетровської області / упоряд. Н. Г. Григор'єва, В. В. Венгренюк. Дніпровський фаховий коледж будівельно-монтажних технологій та архітектури. Дніпро, 2022. С. 36–39.

158. Пилипенко О. С., Пиріжок О. Г. Інтегроване навчання як основна складова STEM-освіти. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси: ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 212–213.

159. Пилипенко О. С. Огляд онлайн-сервісу Mentimeter для створення та проведення миттєвих опитувань. *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку* : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., 17–18 лист. 2021. Дніпро : КЗВО «ДАНУ» ДОР», 2022. С. 55–58.

160. Підгородецька В. М. Використання інтерактивної дошки на уроках математики: методичний посібник. 2015. URL: https://issuu.com/kpschool15/docs/_8590a5ccf0dc77 (дата звернення: 22.03.2019).

161. Пікалова В. В. Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти у процесі підготовки майбутніх учителів математики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10 / Криворізький держ. педагог. ун-т. Кривий Ріг, 2021. 266 с.

162. Пікалова В. В. Реалізація STEM-освіти в проєктній діяльності майбутнього вчителя математики. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2020. Вип. 9. С. 95–103. DOI: 10.28925/2414-0325.2020.9.8.

163. Пінчук О. П., Литвинова С. Г., Буров О. Ю. Синтетичне навчальне середовище – крок до нової освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 60, № 4. С. 28–45.

164. Поскрипко Ю.А., Данченко О.Б. Компетенція і компетентність: консенсус. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2019. Вип. 55, № 3. С. 117–127.

165. Практикум з опанування пакету динамічної математики GeoGebra як інструменту реалізації STEM-освіти : навч. посіб. / Гризун Л. Е., Пікалова В. В., Русіна І.Д., Цибулька В. А. Харків : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2018. 80 с.

166. Призма. *GeoGebra*. URL: <https://www.geogebra.org/3d/gevtdunq> (дата звернення: 03.02.2023).

167. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.12.2016 № 988-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/249613934> (дата звернення: 03.02.2023).

168. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 05.08.2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#Text> (дата звернення: 05.11.2021).

169. Проект концепції STEM-освіти в Україні URL: http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf (дата звернення: 26.03.2019).

170. Проект «Мистецтво пірамід». URL: <https://sites.google.com/view/mystetstvo-piramid/> (дата звернення: 26.03.2019).

171. Проскура С. Л., Литвинова С. Г. Формування професійної компетентності майбутніх бакалаврів комп'ютерних наук. *Фізико-математична освіта*. 2019. Вип. 2, № 20. С. 137–146.

172. Радкевич В. О., Єршова Л. М., Ничкало Н. Г. Сучасна фахова передвища і вища освіта – ключова умова конкурентоспроможності України. Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні :

монографія. Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2021. С. 82–86. DOI: 10.37472/NAES-2021-ua.

173. Радкевич В. О., Лузан П. Г., Пащенко Т. М. Фахова передвища освіта: аналітичний огляд ефективності. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2022. Вип. 4, № 2. С. 1–12. DOI: 10.37472/v.naes.2022.4209.

174. Радкевич В. О. Сучасні тенденції розвитку професійної освіти. *Актуальні проблеми технологічної і професійної освіти* : зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф., 14 трав. 2020 р. Глухів : Глухівський НПУ імені О. Довженка, 2020. С. 61–66

175. Раков С. А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ : монографія. Харків : Факт, 2015. 360 с.

176. Риковський М. Й. Комбінації геометричних тіл : *GeoGebraBook* URL: <https://www.geogebra.org/u/mirinf> (дата звернення: 06.07.2019).

177. Рождественська Л. В. STEAM-проекти в шкільній освіті. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=SnBjtBe5Ofg> (дата звернення: 20.02.2019).

178. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року». Офіційний портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r?fbclid=IwAR0wAdPwkgIGHfqBvwQphNLBys7zn8hvAfHLgXh6g-kZlYnYXJuwTluUc1w> (дата звернення: 04.02.2023).

179. Романова Г. М., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В. та ін. Вебквест у професійному навчанні : метод. рекомендації для педагогічних працівників професійно-технічних навчальних закладів. Житомир : Полісся, 2019. 132 с.

180. Садовий М. І. Особливості методики професійно спрямованого навчання загальноосвітніх дисциплін у закладах фахової передвищої

освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2021. Вип. 198. С. 55–59. DOI: 10.36550/2415-7988-2021-1-198-55-59.

181. Сажієнко О. П. Характеристика моделі формування фахової компетентності у майбутніх фахівців сфери комп'ютерних технологій. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Pedagogica/article/viewFile/12044/10424> (дата звернення: 03.02.2023).

182. Семеніхіна О. В., Друшляк М. Г. Інструментарій програми GeoGebra 5.0 і його використання для розв'язування задач стереометрії. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Вип. 44, № 6. С.124–133.

183. Семеніхіна О. В. Друшляк М. Г. Розв'язування задач шкільного курсу статистики у середовищах Gran1 і GeoGebra : порівняльний аналіз. *Фізико-математична освіта*. 2015. Вип. 4, № 1. С. 21–30. URL : <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/1-1-0-26> (дата звернення: 30.06.2022).

184. Семеніхіна О. В., Друшляк М. Г. Візуалізація експериментальних випробувань на основі випадкових подій у середовищі GeoGebra 5.0. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 3. Фізика і математика у вищій і середній школі*. 2014. № 14. С. 94–103. URL: <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/2679> (дата звернення: 30.06.2022).

185. Сидорук В. А. Побудова перерізів многогранників : навч.-метод. посібник GeoGebraBook. URL: <https://www.geogebra.org/m/Jd4va4rs> (дата звернення: 30.06.2019).

186. Системи оцінювання якості професійної освіти і навчання в країнах Європейського Союзу : монографія / В. О. Радкевич, Л. П. Пуховська, О. В. Бородієнко, О. П. Радкевич, Н. В. Базелюк, Н. М. Корчинська, С. О. Леу; за заг. ред. В. О. Радкевич, О. В. Бородієнко. Житомир : Полісся, 2018. 216 с.

187. Скрипник Л. М. Педагогічні умови організації інформаційно-консультативного середовища закладу професійної освіти : дисер. на

здобуття наук. ступеня док-ра філос. : Криворізький державний педагогічний університет. Кривий Ріг, 2023. 275 с.

188. Сліпушко О. Практико-орієнтований підхід у викладанні економічних дисциплін майбутнім фахівцям банківської справи. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 1, № 15. Ч. 2. С. 42–47.

189. Сороко Н. В. Модель STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя закладу загальної освіти. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*. 2020. Вип. 2, № 47. С. 176–185.

190. Спірін О. М., Вакалюк Т. А., Олексюк В. П., Іванова С. М., Мінтій І. С., Кільченко А. В. Модель використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень. *Електронне наукове фахове видання “Відкрите освітнє середовище сучасного університету”*. 2023. Вип. 14. С. 50–62. DOI: 10.28925/2414-0325.2023.145.

191. Стрижак О. Є. та ін. STEM-освіта: основні дефініції. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Вип. 62, № 6. С. 16–33.

192. Тарасенкова Н. А., Коломієць О. М. Про конкурс «Геометрія навколо нас» та його окремі результати. *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2020»* : зб. матеріалів III Міжнар. дистанційної наук.-метод. конф. : / упорядн. Чашечникова О.С. Суми : ФОП Цьома С. П., 2020. С. 188–189.

193. Терно С. О. Теорія розвитку критичного мислення (на прикладі навчання історії) : посібник для вчителя. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2011. 105 с.

194. Трансформаційні процеси у суспільній та соціокультурній сферах України: монографія / відпов. за вип. Т. М. Яворська. Вінниця : ДонНУ імені Василя Стуса, 2021. 176 с.

195. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики : монографія. Черкаси : Брама-Україна, 2005. 400 с.
196. Трофіменко Л. А. Порівняння гармонійного розвитку професій «майбутнього» в Україні та країнах ЄС. *Інтеграція вищої освіти України у світовий освітній простір: здобутки, проблеми, перспективи* : зб. тез Міжнар. студент. наук.-практ. конф., 26–27 берез. 2020 р. Львів. С. 42–43.
197. Тягло А. В., Воропай Г. С. Критичне мислення: проблеми світової освіти 21 століття. Харків : АССА. 2015. 284 с.
198. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів : методичні рекомендації / Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпухіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
199. Хараджян Н. А. Розуміння STEM-освіти та STEM-професій суспільством : зб. наук. праць Кам'янець-Подільськ. нац. у-ту імені Івана Огієнка. Серія педагогічна, 2021. Вип. 27. С. 87–91. DOI: 10.32626/2307-4507.2021-27.87-91.
200. Хараджян Н. А., Ткаченко О. А. Використання принципів STEM-освіти у процесі розвитку інтелектуальних умінь підлітків. *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2018»* : матеріали III Міжнар. наук.-метод. конф., 8–9 лист. 2018 р. Суми, 2018. Т. 1. С. 238–240.
201. Шаврова О. Б., Дьяченко Н. К. Курс математики і суміжні дисципліни у професійній підготовці студентів. *Молодий вчений*. 2017. Вип. 41, №1. С. 4–7.
202. Шмигер Г. П., Василенко Я. П. Деякі аспекти впровадження STEM-освіти в навчальний процес. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в*

навчально-виховний процес : зб. матеріалів І регіональної наук.-практ. веб-конф., 24 трав. 2017 р. Тернопіль : ТОКІППО, 2017. С. 29–33.

203. Юнчик В. Модель змішаного навчання математики з використанням системи GeoGebra. *Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору»*. Гуманітарний відділ ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди», 2015. Додаток 1 до Вип. 36, Том 4, № 64. С. 559–568.

ДОДАТКИ

Додаток А

Анкета визначення рівня мотивації студентів коледжу до вивчення математики засобами STEM-освіти

Мета: визначити рівні мотивації до навчання математики засобами STEM-освіти та подальшого професійного спрямування. Пропонується прочитати твердження та за допомогою шкали оцінок висловити міру своєї згоди з ними. Для цього слід поставити напроти кожного затвердження одну з п'яти цифр, яка означає відповідь, що відповідає його точці зору: 4 - цілком згоден; 3 - згоден; 2 - важко сказати; 1 - не згоден; 0 - абсолютно не згоден.

1. Мені цікаво вивчати математику з використанням STEM-освіти.
2. Використання STEM-освіти може поліпшити моє розуміння математики.
3. Я відчуваю, що мої навички у математиці покращуються, коли я використовую засоби STEM-освіти.
4. Засоби STEM-освіти можуть зробити вивчення математики цікавішим для мене.
5. Я хочу вивчати математику з використанням STEM-освіти.
6. Засоби STEM-освіти можуть допомогти мені зрозуміти математичні концепції, які мені важко зрозуміти іншими методами.
7. Використання засобів STEM-освіти допомагає мені легше згадувати математичні формули та принципи розв'язування задач.
8. Я відчуваю, що використання STEM-освіти збільшує мою впевненість у власних знаннях математики.
9. Використання STEM-освіти може допомогти мені розвивати логічне мислення, пам'ять, увагу, креативність та інші здібності.
10. На мою думку, використання засобів STEM-освіти може допомогти мені зрозуміти, як математика використовується в реальному житті.

11. Я вважаю, що засоби STEM-освіти можуть зробити вивчення математики менш виснажливим для мене.

12. Я вважаю, що використання STEM-освіти допомагає мені зберігати інтерес до вивчення математики.

13. Я вважаю, що засоби STEM-освіти можуть допомогти мені зрозуміти математику краще, ніж традиційні, якими я користувався.

14. Я впевнений, що використання засобів STEM-освіти може допомогти мені підготуватися до продовження навчання у ЗВО.

15. Я впевнений, що використання засобів STEM-освіти може допомогти мені підготуватися до майбутньої професійної реалізації в галузі, яку я обрав для себе.

16. Я відчуваю, що використання STEM-освіти допомагає мені розвивати свої навички у користуванні комп'ютерними приладами.

17. Я відчуваю, що використання STEM-освіти допомагає мені розвивати свої навички у використанні мережевих навчальних ресурсів та платформ для навчання.

18. Використання STEM-освіти може допомогти мені у вивченні математики в процесі дистанційного та змішаного навчання.

19. Я вважаю, що використання засобів STEM-освіти може допомогти мені зрозуміти математичні концепції, які пов'язані з технологіями майбутнього.

20. Я вважаю, що використання засобів STEM-освіти може допомогти мені збільшити мої можливості в майбутньому у своїй професійній галузі.

21. Я активно використовую інформаційно-комунікаційні технології у навчанні математики (електронні підручники, інтерактивні комп'ютерні вправи, прикладні програми, дослідницькі онлайн середовища та ін.).

22. На уроках математики я користуюся мобільними електронними засобами (планшетом, смартфоном тощо).

23. Обладнання класів (аудиторій) сучасними технічними та технологічними засобами (мультимедійні засоби, комп'ютери, прикладні програми тощо) дозволяє ефективно використовувати методи STEM-освіти у навчанні математики.

24. Я відчуваю потребу в особистісному зростанні та намагаюся її реалізувати за допомогою використання нових технологій та застосування STEM-освіти у вивченні математики.

25. Я вважаю методи STEM-освіти ефективними у навчанні математики та інших предметів природничого циклу.

26. На мій погляд, створена у коледжі система навчання та виховання студентів за допомогою сучасних технологій освіти сприяє моєму загальному розвитку та професійній орієнтації на майбутнє.

Обробка одержаних результатів.

Показником загальної мотивації студентів до вивчення математики засобами STEM-освіти та практичної реалізації здобутих знань та вмінь є середнє арифметичне від поділу загальної суми набраних балів всіх відповідей на загальну кількість відповідей:

- якщо визначений середній показник дорівнює 3-4 бали, то можна констатувати високий рівень мотивації в процесі реалізації завдання вивчення математики засобами STEM-освіти та на цій основі подальшого професійного спрямування;
- якщо показник визначений у межах 2-2,9 бала, це свідчить про достатній рівень мотивації вивчення математики засобами STEM-освіти;
- якщо показник у межах 1 до 1,9 бала, це свідчить про середній рівень мотивації студента до вивчення математики та застосування методів STEM-освіти, подальшого використання здобутих знань та навичок із застосуванням компонентів STEM;
- якщо значення середнього показника в межах 0-0,9 бала, можна припустити, що існує низький рівень мотивації до вивчення математики та застосування методів STEM-освіти, застосування математичних знань та компонентів STEM повною мірою не реалізуються або відсутні.

Додаток Б

Метод проєктів в публікаціях викладачів математики

Автор розробки	Теми проєктів з математики	Примітка щодо особливості джерела	URL сторінки
Хміль О.Б.	Геометрія тривимірного простору	Проєкт можна задати студентам 1 курсу	http://matematyc.hnyj-poradnyk.blogspot.com/p/10.html
Ліпунова І. К.	Математичні софізми	Проєкт можна запропонувати студентам 1 курсу	https://obuchonok.com.ua/node/838
Дудар Г. М.	Шахи і математика. Геометрія українського орнаменту. Фрактали.	Приклади захистів навчальних проєктів	http://halinadudar-teacher.blogspot.com/2013/12/10.html
Коваленко О. В	Чарівний світ многогранників	Можна запропонувати студентам 2 курсу	http://wiki.iteach.com.ua/Портфоліо_Коваленко_Олена_Володимирівна_з_теми_Чарівний_світ_многогранників
Коваленко О. І.	Історична мозаїка в математиці	Проєкт буде цікавий студентам 1-2 курсів	http://wiki.iteach.com.ua/Навчальний_проєкт_Історична_мозаїка_в_математиці

Завдання для студентів у програмі TinkerCAD

Завдання: Створити побутове просторове тіло та знайти об'єм просторової фігури. Розрахувати площу повної поверхні та об'єм утвореної фігури.

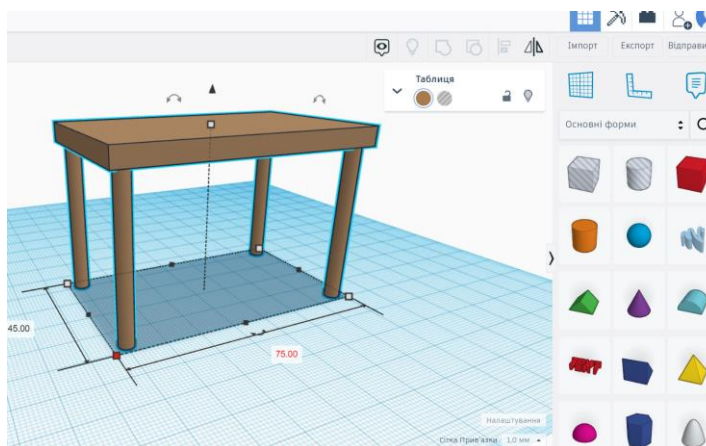


Рис. Проект виконано студентом в програмі TinkerCAD «Комбінації геометричних тіл»

Довжина столу $a = 75$ см, ширина $b = 45$ см, товщина кришки столу $c = 5$ см. Ніжки столу у формі циліндру, діаметр основи $d = 4$ см, висота $h = 45$ см. Спочатку студенти знаходили площу повної поверхні кришки столу (паралелепіпеда):

$$S_{\text{ппк}} = 2(ab + ac + bc) = 2(75 \cdot 45 + 75 \cdot 5 + 45 \cdot 5) = 2 \cdot 3975 = 7950 \text{ см}^2$$

Обчислимо площу поверхні однієї ніжки:

$$S_{\text{пнн}} = 2\pi rh + 2\pi r^2 = 565,2 + 25,12 = 590,32 \text{ см}^2$$

Площа повної поверхні столу:

$$S_{\text{пп}} = S_{\text{ппк}} + 4S_{\text{пнн}} = 7950 + 4 \cdot 590,32 = 10311,28 \text{ см}^2$$

Далі знаходили об'єм ніжки столу:

$$V_{\text{пнн}} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 4 \cdot 45 = 565,2 \text{ см}^3$$

Далі знаходили об'єм столу:

$$V = a \cdot b \cdot c + 4 \cdot V_{\text{пнн}} = 75 \cdot 45 \cdot 5 + 4 \cdot 565,2 = 19135 \text{ см}^3$$

Відповідь: $S_{\text{пп}} = 10311,28 \text{ см}^2$, $V = 19135 \text{ см}^3$.

Слабшим студентам було запропоновано, створити будь-яке просторове тіло, знайти площу повної поверхні та об'єм.

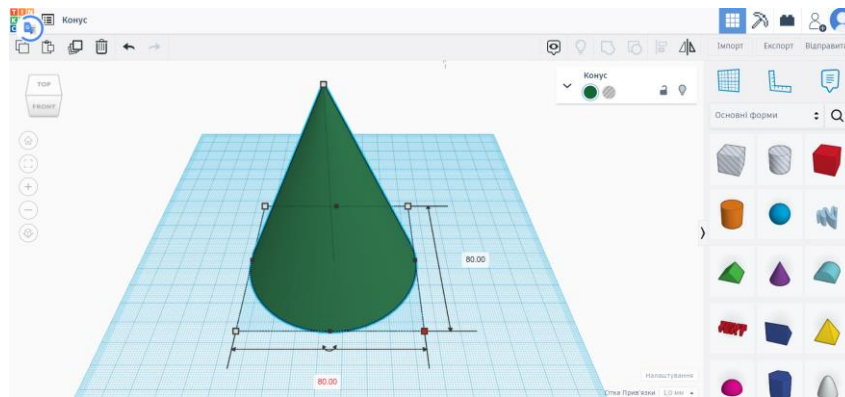


Рис. Проект виконано студенткою в програмі
TinkercAD «Об'ємні геометричні тіла»

Розміри побудованого конуса – діаметр основи 80 см, висота 90 см.

Спочатку студентка знайшла твірну конуса:

$$l = \sqrt{H^2 + R^2} = \sqrt{90^2 + 40^2} = \sqrt{9700} = 98,48 \text{ см}$$

Площа бічної поверхні конуса:

$$S_{\text{бнк}} = \pi R l = \pi \cdot 40 \cdot 90 = 11304 \text{ см}^2$$

Далі знаходила площу повної поверхні конуса:

$$S_{\text{тнк}} = S_{\text{осн}} + S_{\text{бнк}} = \pi R^2 + \pi R l = 5024 + 11304 = 16328 \text{ см}^2$$

Об'єм конуса:

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 H = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1600 \cdot 90 = 1500720 \text{ см}^3$$

Відповідь: $S_{\text{тнк}} = 16328 \text{ см}^2$, $V = 1500720 \text{ см}^3$.

Завдання: знайти площу повної поверхні будинку.

Побудований будинок складається з прямокутного паралелепіпеда та прямої чотирикутної піраміди. Розміри побудованого будинку: довжина $a = 40$ м, ширина $b = 60$ м, висота стін до даху $h_1 = 25$ м, розміри даху: довжина $c = 42$ м, ширина $d = 62$ м, висота $h_2 = 5$ м.

Спочатку розрахуємо площу стін будинку:

$$S_{\text{стін}} = 2(a \cdot h_1 + b \cdot h_1) = 2(1000 \cdot 1500) = 5000 \text{ м}^2$$

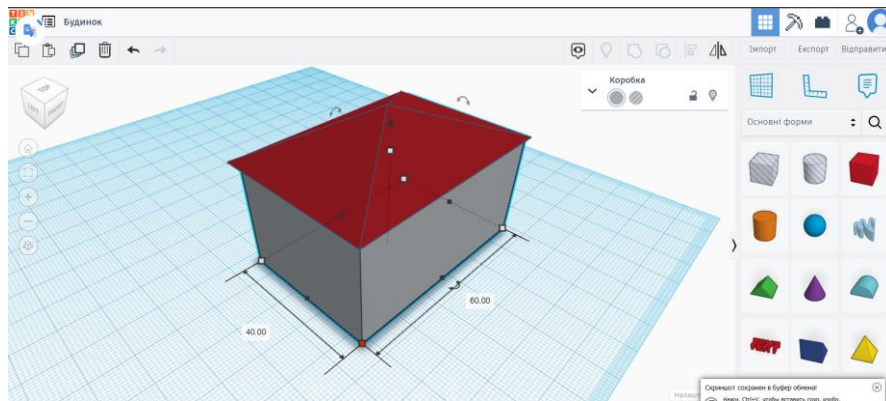
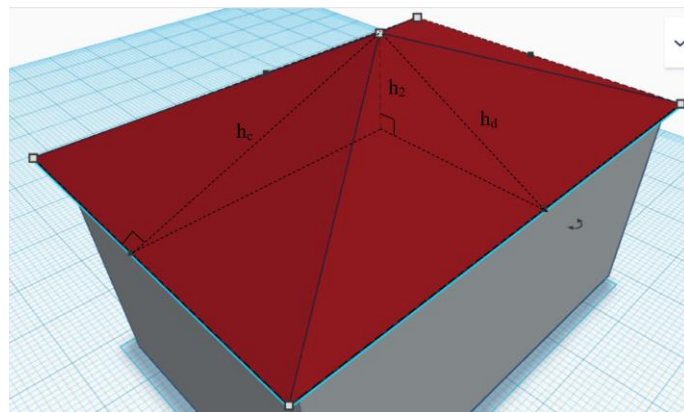


Рис. Проекти виконано студентом в програмі TinkercAD «Об'ємні геометричні тіла, що зустрічаються в побуті»

Площу бічної поверхні прямої піраміди розрахуємо як суму площ бічних граней.



Оскільки бічні грані – це рівнобедрені трикутники, то:

$$S_{\text{бп}} = 2 \cdot \frac{1}{2} ch_c + 2 \cdot \frac{1}{2} dh_d = ch_c + dh_d = c \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h_2^2} + d \cdot \sqrt{\left(\frac{c}{2}\right)^2 + h_2^2} =$$

$$= 42 \cdot \sqrt{961 + 25} + 62 \cdot \sqrt{441 + 25} = 42 \cdot 31,4 + 62 \cdot 21,6 = 2658 \text{ м}^2$$

Тоді площа повної поверхні будинку буде:

$$S_{\text{пп}} = S_{\text{стіл}} + S_{\text{бп}} = 5000 + 2658 = 7658 \text{ м}^2$$

Відповідь: $S_{\text{пп}} = 7658 \text{ м}^2$.

Проекти для студентів у програмі TinkerCAD

Студентам було запропоновано розробити в програмі TinkerCAD «Зони відпочинку» та «Спортивний майданчик», і у відповідності з розробленими макетами далі кожен студент-архітектор отримав індивідуальні завдання для розрахунків кошторису.



Проект в програмі TinkerCAD «Зона відпочинку»

Завдання: Розрахувати кількість коштів, що піде на облаштування такого майданчика у м. Кривий Ріг.

Для облагородження зони біля фонтану необхідна бруківка, ціна матеріалу 300 грн/м.кв., ціна укладки 150 грн/м.кв, оскільки територія квадратна, з довжиною 5 м, то необхідно $5*5*(300+150)=11250$ грн.

Для озеленення території треба насіння газонної трави, 1 кг коштує 290 грн, витрати близько 4 кг на сотку, оскільки земельна ділянка зони

відпочинку складає 5 соток, то потрібно 20 кг насіння, отже ціна 5800 грн, робота коштує 2000 грн, в сумі газон вийде 7800 грн.

Таблиця кошторису

№	Назва	Кількість	Ціна, грн	Вартість
1	Велика набивна садова скульптура для саду Лев	1	20100	20100
2	Садовий фонтан "Перлина у малому басейні"	1	27 800	27800
3	Лавка садово-паркова	1	3220	3220
4	Пуф куб для саду	4	500	2000
5	Стіл для саду	1	1200	1200
6	Кінотеатр під відкритим небом	1	110 000	110000
7	Ліхтар вуличний	2	1800	3600
8	Смітник тротуарний бетонний	1	450	450
9	Саджанці дерев для саду	2	300	600
10	Саджанці пальм	3	400	1200
12	Кущові квіти для клумби	2	170	340
13	Газон			7800
14	Бруківка			11250
Всього				189560

Приклади елементів для зони відпочинку



Велика набивна садова
скульптура для саду Лев
Джерело: <https://cutt.ly/D3HLp8i>
Ціна: 20100 грн



Садовий фонтан "Перлина у
малому басейні"
Джерело:
<https://cutt.ly/x3HLWMD>
Ціна: 27 800 грн



Лавка садово-паркова
Джерело: <https://cutt.ly/w3HZeah>
Ціна: 3220 грн



Пуф куб для саду
Джерело: <https://cutt.ly/73HZYuf>
Ціна: 500грн

Також варто додати ціни на монтаж фонтану – 47000 грн, монтаж лінії вуличного освітлення – 40000 грн, встановлення лавки – 500 грн, встановлення кінотеатру (з проведенням електрики) 6500 грн. Транспортні затрати не враховували, оскільки ціна залежить від місця розташування території.

Отже, для облаштування запропонованої Зони відпочинку у місті Кривий Ріг необхідно витратити 283 560 грн.

Завдання: Розрахувати кількість коштів, що піде на закупку матеріалів для такого спортивного майданчика.



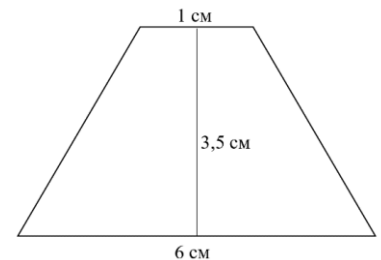
Проект виконано в програмі TinkerCAD «Спортивний майданчик»

Секція огорожі довжиною 2,5 м, оцинкована із зварної сітки, висотою 2,4 метри коштує 320 грн, потрібно чотири секції, отже 1280 грн. Баскетбольне кільце 1200 грн, футбольні ворота 1600. Спортивний комплекс (драбини і сітка для лазанья) 13200 грн. Гумове спортивне покриття 1250 грн/м.кв., потрібно 40 м.кв, отже 50000 грн. Ліхтар вуличний 1900 грн та лавка вулична 2500 грн.

Отже, ціна закупки матеріалів для такого спортивного майданчика $1280 + 1200 + 1600 + 13200 + 50000 + 1900 + 2500 = 71680$ грн.

Створення 3Д Голограма

На занятті з математики під час вивчення теми «Зрізана піраміда», здобувачам освіти пропонується зробити її макет з пластикової пластини. Матеріалом для створення слугували прозорі кришки з під коробок для дисків. Спочатку студенти зробили трафарет з розміткою.



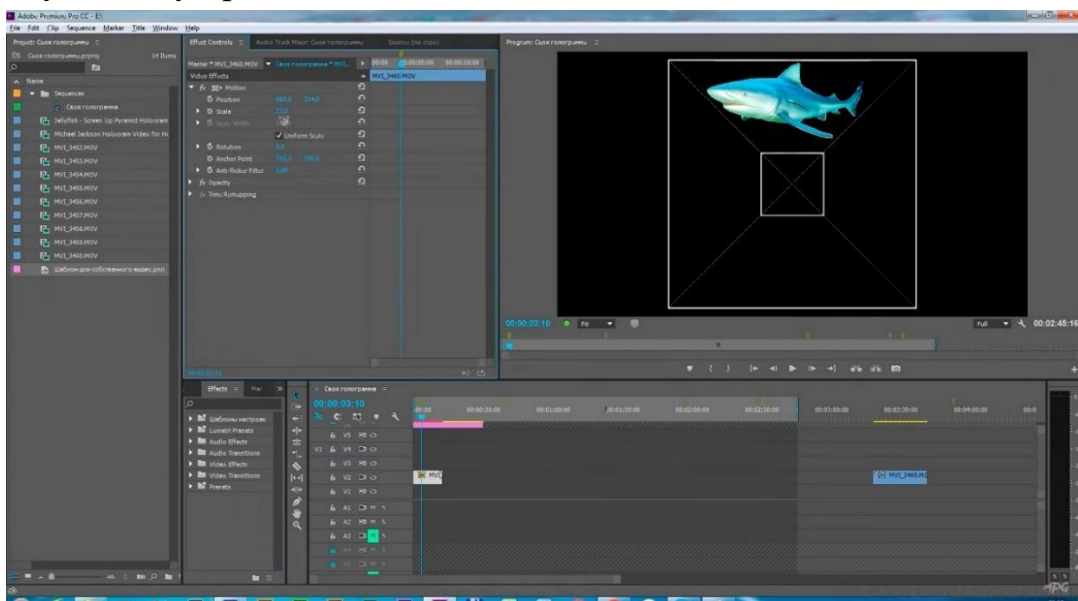
Далі за цим трафаретом вирізали чотири трапеції і склеїли у формі зрізаної піраміди. Для перевірки створеної моделі скористались готовим відео з інтернету.




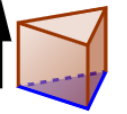
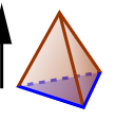

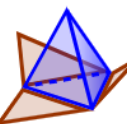
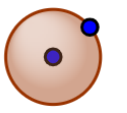


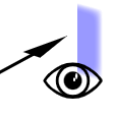
Відкрили відео з ютюб 3Д Голограма на своєму телефоні і поставили зверху перевернуту піраміду: https://youtu.be/2vZ1K17_Zqw

На занятті з інформатики, під час вивчення теми «Комп'ютерна графіка», створювали відео для голограм у відеоредакторі на різні теми.

Етап створення власного відео у відеоредакторі. Акула-бик, яка може адаптуватися у прісних водоймах.



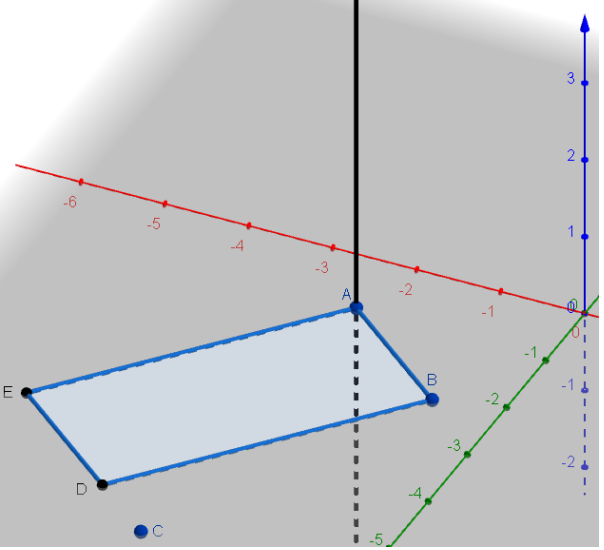
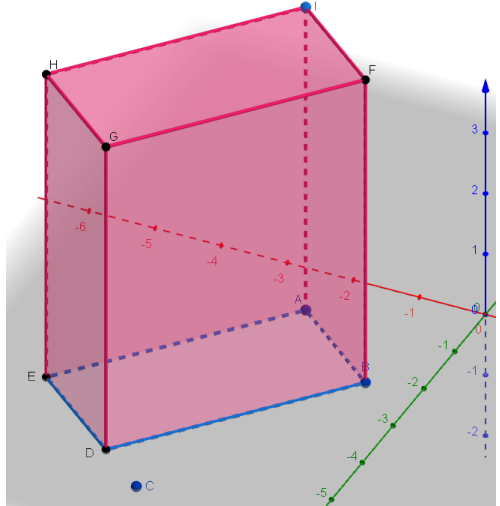
Приклади інструментів для здійснення побудов

№	Зображення інструмента	Інструмент	Застосування
1		<i>Куб</i>	двічі клацнути у вікні 3D-виду для створення точок, які задають ребро куба
2		<i>Витиснути призму</i>	дозволяє витиснути призму з багатокутника чи циліндр з кола
3		<i>Витиснути піраміду</i>	дозволяє побудувати піраміду з багатокутника або конус з кола
4		<i>Обертання 3D графіки</i>	дозволяє обертання в тривимірному просторі
5		<i>Розгортка</i>	дозволяє побудувати розгортку до зазначеного многогранника
6		<i>Сфера: центр та точка</i>	дозволяє побудувати сферу, вибравши центральну точку і будь-яку точку поверхні
7		<i>Площина через 3 точки</i>	побудова площини, послідовно обравши три точки
8		<i>Симетрія відносно площини</i>	виберіть об'єкт, який хочете відобразити, а потім вкажіть площину відображення
9		<i>Вигляд з</i>	дозволяє перевести вид в положення нормалі до обраного об'єкта

Алгоритм створення прямокутного паралелепіпеда в 3D-графіці

№	Етапи побудови	Методичні вказівки	Рисунок
<i>Побудова динамічного прямокутника</i>			
1	Побудувати відрізок	Для того, щоб побудувати відрізок в площині Oxy , потрібно обрати інструмент «Вигляд з» (знаходиться в групі «Редагування») і вказати дану площину. Потім обрати інструмент «Відрізок» і вказати дві точки, через які автоматично побудує відрізок AB .	
2	Побудувати пряму паралельну відрізку	За допомогою інструменту «Точка» поставимо точку в довільному місці (т. C). Обираємо інструмент «Паралельна пряма», вказуємо на побудований відрізок і точку, автоматично побудує пряму g .	
3	Побудувати перпендикуляри до прямої, що проходять через кінці відрізка	Обираємо інструмент «Перпендикулярна пряма», вказуємо на пряму g та на точку A – отримали пряму перпендикулярну до прямої g , що проходить через т. A (позн. i). Аналогічно будуємо пряму через точку B (позначимо j).	
4	Побудувати прямокутник	Обираємо «Многокутник» і вказуємо на точки перетину прямих і відрізків. У вкладці «Алгебра» прибираємо видимість зайвих прямих, за бажанням, змінюємо колір об'єктів. Змінювати розмір прямокутника можемо за допомогою переміщення точок A , B , C .	

Побудова прямокутної призми

5	<p>Побудувати пряму перпендикулярну до прямокутника</p>	<p>Обираємо інструмент «Перпендикулярна пряма», вказуємо на прямокутник і на його вершину. Отримали пряму h, яка є перпендикулярною до прямокутника $ABDE$ і проходить через його вершину.</p> 
6	<p>Побудувати призму</p>	<p>Обираємо інструмент «Призма», вказуємо на прямокутник і на пряму h. Призму побудовано, змінити її розміри можна за допомогою точок A, B, C, I. У вкладці «Алгебра» прибираємо видимість прямої h.</p> 

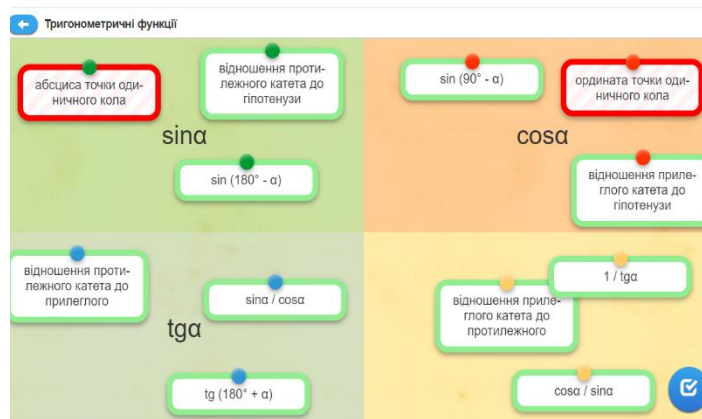
Приклади вправ у LearningApps

Після вивчення розділу «Тригонометричні функції» студентам першого курсу було запропоновано виконати вправи у LearningApps. Створена колекція вправ, допоможе студентам повторити матеріал перед виконанням контрольної.

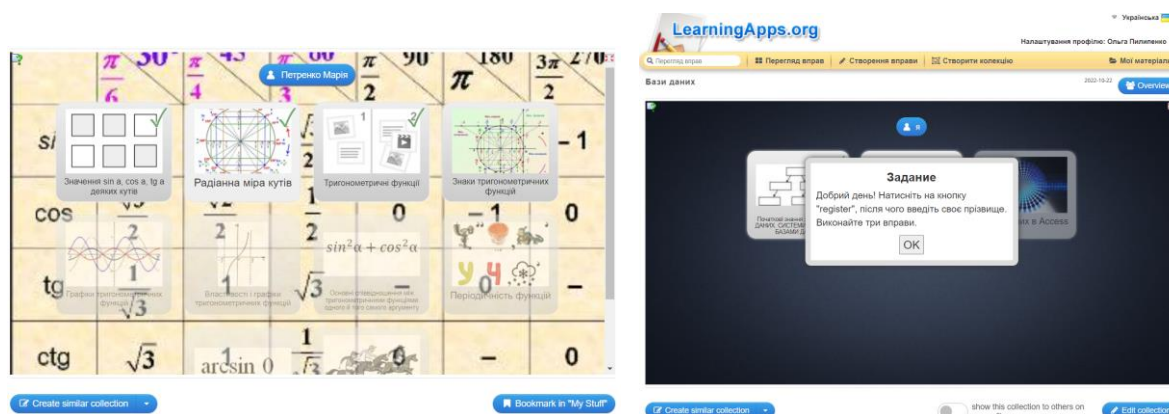
Посилання на колекцію вправ з розділу «Тригонометричні функції»:
<https://learningapps.org/display?v=pc9gcg8rj23>

У параметрах налаштовано так, що проходження наступної вправи відкриється лише якщо пройдено попередню.

Після проходження вправи можна себе перевірити, натиснувши на галочку у правому нижньому куті. Якщо все виконано правильно, то вправа зараховується, якщо ні, то червоним виділяться неправильні елементи, студент матиме можливість ще подумати і виправити помилки.



В студента пройдені вправи позначаються зеленою галочкою. Педагог у себе на сторінці також може переглянути скільки вправ пройдено студентами.



Під час вивчення розділу «Бази даних» студентам було запропоновано пройти вправи у LearningApps, щоб краще засвоїти вивчений матеріал.

Посилання на колекцію вправ з розділу «Бази даних»:
<https://learningapps.org/display?v=pdq5v931522>

Ми помітили, що під час вивчення складних тем, наприклад, баз даних, студенти втрачають інтерес та мотивацію, тому важливо зацікавлювати їх. Ефективним методом є проходження вправ в LearningApps для відпрацювання вивченого.

Навіть якщо у студентів виникають труднощі з проходження вправ із за погано засвоєного матеріалу, то можливість виправити помилки та не допуск до наступної вправи спонукають виконувати вправу доти, доки не буде правильно. Після такого інтенсивного проходження вправ, студенти якісно запам'ятовують матеріал, а інтерактивний момент зацікавлює їх.

На малюнку наведено приклад вправи з колекції зазначеної вище.

Name	✓	✓	✓	Σ / 3
Варава Марина	✓	✓	✓	3
Вощина Єлизавета	✓	✓	✓	3
Змєєва Тая	✓			1
Кривцова Олександр	✓	✓	✓	3
Матвієнко Ангеліна	✓	✓	✓	3
Мацанська Дар'я	✓	✓	✓	3

Після проходження вправи ставиться позначка про виконання і стає доступною наступна вправа. Викладач може перевірити проходження вправ студентами, що є зручним для виставлення оцінок.

Приклади веб-квестів з математики та інформатики

№	ПІБ автора	Тема	Курс	Посилання	QR-код
Приклади квест-кімнат з інформатики					
1.	Шліхар Вікторія Віталіївна	Загальна, «Захоплюючий світ ПК»	1,2	https://cutt.ly/6M80d8z	
2.	Кравченко Вікторія Володимирівна	Інтернет- банкінг, інтернет- маркетинг	1	https://cutt.ly/MM80k11	
3.	Гапон Віта Миколаївна	Бази даних	1	https://cutt.ly/UM80cwS	
4.	Мегеря Марина Володимирівна	Word, Excel	1	https://cutt.ly/2M80mYb	
Приклади квест-кімнат з математики					
5.	Пилипенко Ольга Сергіївна	Логарифми та логарифмічні функції	2	https://cutt.ly/PVj6jgg	
6.	Маркова Аліна Миколаївна	Перпендикулярність прямих і площин в просторі	1	https://cutt.ly/mVj6Xy5	
7.	Ковальчук Віра Сергіївна	Корінь n-го степеня	1	https://cutt.ly/mVkqwGg	
8.	Масич Тетяна Анатоліївна	Координати і вектори у просторі	1	https://cutt.ly/1VkqaLD	

Тестування студентів коледжу для визначення рівня сформованості

STEM-компетентностей у процесі навчання математики

<https://forms.gle/uQLGucgur9W1T8k76>

Мета: визначити рівень сформованості STEM-компетентностей студентів закладів ФПО у процесі навчання математики.

Рекомендуємо взяти ручку і папір для виконання роботи на чернетці. Розв'яжіть завдання та оберіть правильну відповідь, зверніть увагу, останні два запитання потребують розгорнутої відповіді.

Завдання 1 – перероблена задача № 473, ст. 166 [Тарасенкова, Н. А., Богатирьова, І. М., Коломієць, О. М., & Сердюк, З. О. (2017). Алгебра підруч. для 9 класу загальноосвіт. навч. закл.] Завдання 2-6 запозичені у PISA (математика) <http://gym7-cv.ho.ua/PISA/PISAmat.pdf>. Завдання 7-15 запозичені у Education Quality and Accountability Office (Канада) <https://dwod99k06nyqh.cloudfront.net/#/en/test-auth/g9-sample/340/adaptive>

1. Державний прапор України – стяг із двох рівновеликих горизонтальних смуг синього й жовтого кольорів. Співвідношення ширини прапора до його довжини 2:3. У вас є два рулони синьої та жовтої тканини, ширина яких по 60 см, яку довжину треба відрізати, щоб отримати найбільший розмір прапора?

Варіанти відповіді: 20; 360; 180; 120.

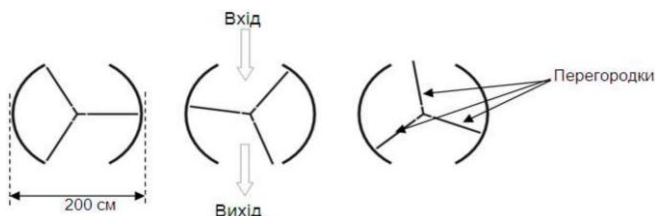
2. Ви готуєте власну заправку для салату. Ось рецепт на 100 мілілітрів (мл) заправки. Салатне масло: 60 мл. Гірчиця: 30 мл. Соєвий соус: 10 мл. Скільки мілілітрів (мл) салатного масла знадобиться, щоб зробити 150 мл цієї заправки? Завдання розв'язується за допомогою відповідної пропорції.

Варіанти відповіді: 110 мл; 100 мл; 150 мл; 90 мл.

3. Двері мають три скляні перегородки, що разом з цими дверима обертаються усередині кругового простору. Внутрішній діаметр цього простору 2 метри (200 сантиметрів). Три дверні перегородки ділять простір

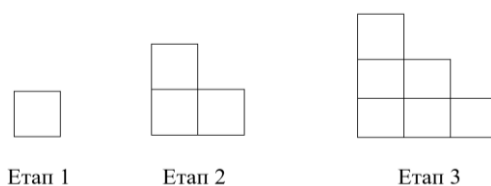
на три рівні сектори. Нижче на плані показані дверні перегородки в трьох різних позиціях, якщо дивитися на них зверху.

Чому дорівнює в градусах кут між двома дверними перегородками?



Варіанти відповіді: 180° ; 120° ; 360° ; $66,6^\circ$.

4. Робот малює послідовність «драбинок», складених з квадратів. Нижче показані етапи побудови. Видно, що на етапі 1 він використав один квадрат, на етапі 2 – три квадрати і на етапі 3 – шість квадратів. Скільки квадратів він використовує на четвертому етапі?



Варіанти відповіді: 9; 10; 12; 18.

5. Учитель географії пропонує учням тести, виконання кожного із яких оцінює в 100 балів. Середня оцінка Ігоря за чотири перших тести дорівнює 60 балам. За п'ятий тест він отримав 80 балів.

Чому дорівнює середня оцінка Ігоря за п'ять тестів по географії?

Варіанти відповіді: 60; 70; 64; 80.

6. У документальному фільмі йшлося про землетруси та про частоту, із якою вони відбуваються. Була показана дискусія про можливість передбачення землетрусів. Так, геолог стверджував: «Шанси на те, що в подальші 20 років в місті N станеться землетрус, складають два з трьох». Яке з наступних міркувань правильно передає суть твердження геолога?

Варіанти відповіді: $\frac{2}{3} \cdot 20 = 13,3$, тому між 13 і 14 роками потому в місті N станеться землетрус.

$\frac{2}{3}$ більше, ніж $\frac{1}{2}$, тому можна бути впевненим, що впродовж 20 наступних років в місті N станеться землетрус.

Імовірність того, що впродовж 20 років в місті N станеться землетрус, більша, ніж імовірність того, що він не станеться.

Неможливо передбачити, що може статися.

7. У парку є n лавочок. На кожній лавці можуть сидіти максимум 2 людини. У цей час на кожній лавці сидить максимальна кількість людей, а в парку гуляє 8 осіб. Який вираз відображає загальну кількість людей у парку в цей час?

Варіанти відповіді: $2n$; $2n+8$; $2n-8$; $8n+2$.

8. Довжина сторони куба А дорівнює 4 см. Довжина сторони куба В втричі перевищує довжину сторони куба А. У скільки разів об'єм куба В більший за об'єм куба А?

Варіанти відповіді: 1664 рази; 192 рази; 27 разів; 9 разів.

9. Проводиться дослідження для порівняння кількості опадів за місяць для двох міст. Який із запропонованих типів графіків **найкраще** відобразить ці дані, щоб можна було порівняти кількість опадів за кілька місяців?

Варіанти відповіді: Стовпчаста діаграма, Гістограма, Кругова діаграма, Подвійна стовпчаста діаграма.

10. Озеленювач використовує довжину черевика для оцінки відстані. Довжина черевика близько 32 см. Якщо ландшафтний дизайнер створює сад шириною 3,5 м, то на скільки приблизно довжин чобіт буде ширина саду?

Варіанти відповіді: 1 довжина черевика; 9 довжини черевика;

11 довжини черевика; 36 довжини черевика.

11. Студентка планує кроки перед кодуванням у програмі:

- Призначте значення x .
- Якщо x – ціле число, відобразіть x .
- Або визначте ціле число n таке, що $x - 1 < n < x$.

- Показати n .

Вона призначає n до значення x . Що має відобразитися як вихід на основі її кроків?

Варіанти відповіді: $n=3$; $n=4$; $n=\pi$; $n=2,14$.

12. Температура повітря в горах падає на 4°C на кожні 1000 м висоти. Якщо температура повітря біля підніжжя гори становить 25°C , на якій висоті температура повітря буде 17°C ?

Варіанти відповіді: 1000 м; 2000 м; 4000 м; 8000 м.

13. Карл інвестує 100 доларів на ощадний рахунок, на який щорічно отримує відсотки. Виберіть **дві** зміни, які дозволять Карлу заробити **більше** грошей з цього ощадного рахунку.

Варіанти відповіді: Банк знижує процентну ставку.

Карл збільшує свої початкові інвестиції.

Банк додає комісію за підтримку активного рахунку.

Щороку Карл вкладає на рахунок більше грошей.

14. Рівняння $C = 60t + 30$ представляє співвідношення між загальною вартістю ремонту холодильника C , в гривнях, і часом ремонту t , в годинах.

Яке твердження правильне?

Варіанти відповіді: Погодинна ставка становить 90 грн.

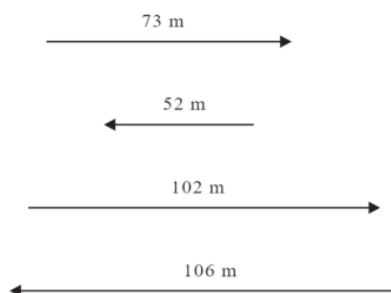
Фіксована плата становить 90 грн.

Погодинна ставка становить 60 грн, а фіксована плата становить 30 грн.

Погодинна ставка становить 30 грн, а фіксована плата становить 60 грн.

15. Робот рухається по прямій.

Ці стрілки зображують рухи робота вліво та вправо. Куди переміститься робот по відношенню до свого початкового положення?



Варіанти відповіді: переміститься на 333 м

ліворуч від свого початкового положення;

переміститься на 333 м праворуч від свого початкового положення;

- переміститься на 17 м праворуч від свого початкового положення;
- переміститься на 17 м ліворуч від свого початкового положення.

Завдання 16-17 з розгорнутою відповіддю

16. Чи можна знайти висоту будівлі, не піднімаючись на її дах? Поясніть, як це можна зробити? Або чому цього зробити не можна?

17. Вам запропонували виконати проєкт на тему «Кристали – природні многогранники». З чого ви почнете роботу? Які напрямки пошуку ви могли б запропонувати? Як ви вважаєте, яку кількість груп доцільно створити та які завдання вони могли б виконувати? Які навчальні предмети можна об'єднати при виконанні проєкту? Яке обладнання стане в нагоді? Який прогнозований результат? Щоб ви могли представити як кінцевий результат?

Інтерпретація результатів тестування. Показником фіксації сформованості STEM-компетентностей в процесі вивчення математики буде слугувати загальний показник за 12 бальною шкалою, де:

- за кожен правильну тестову відповідь учень отримує 0,5 бали;
- за розгорнуту відповідь на завдання №16 – 2 бал, №17 – 2,5 бали.
- за кожен неправильну відповідь – 0 балів.

Максимальна кількість отриманих балів дорівнює 12 балам (завдання №16 та №17 потребують розгорнутої відповіді).

Відповіді до тесту:

1. Державний прапор України : 180.
2. Власна заправка для салату : 90 мл.
3. Дверні перегородки : 120° .
4. Робот малює : 10.
5. Середня оцінка тесту : 64.
6. Імовірність того, що впродовж 20 років в місті N станеться землетрус, більша, ніж імовірність того, що він не станеться.
7. Лавок у парку $2n+8$.
8. Об'єм куба B більший за об'єм куба A у 27 разів.
9. Порівняти найкраще за подвійною стовпчастою діаграмою.
10. Ширина саду буде на 36 довжин черевика.
11. Студентка отримає $n=3$.
12. Шукана температура буде на висоті 2000 м.
13. Карл збільшує свої початкові інвестиції. Щороку Карл вкладає на рахунок більше грошей.
14. Погодинна ставка ремонту холодильника становить 60 грн, а фіксована плата – 30 грн.
15. Робот переміститься на 17 м праворуч від свого початкового положення.

**Опитувальник для оцінки мотивації досягнень у навчанні та
подальшого професійного спрямування
для перевірки сформованості ціннісно-мотиваційного критерію
(на основі стандартизованого опитувальника
«Методика для діагностики навчальної мотивації студентів» А. О. Реана,
В. О. Якуніна: https://www.eztests.xyz/tests/personality_badmaeva/)**

Мотивація досягнення виявляється у потребі долати перешкоди та домагатися високих показників у праці, самовдосконалюватися, змагатися з іншими та випереджати їх, реалізовувати свої таланти і тим самим підвищувати самоповагу. Мотивація досягнення – один з різновидів мотивації діяльності, пов'язана з потребою індивіда досягати успіху і уникати невдачі. Успішна навчальна діяльність є досягненням за своєю природою, оскільки вона задовольняє ознакам діяльності досягнення, які розробник відносив до характеристик, властивим діяльності досягнення.

Мета застосування: Методика застосовується для дослідницької мети при діагностиці мотивації досягнення успіху у навчанні у старших школярів та студентів.

Хід опитування: «Прочитайте уважно наведені твердження та дайте оцінку від 1 до 5 кожному з них щодо ваших власних поглядів у відповіді на запитання:

«Для чого я навчаюся?»

1. Тому що мені подобається обрана мною професія.
2. Щоб забезпечити успішність професійної діяльності.
3. Хочу стати хорошим фахівцем.
4. Щоб дати відповіді на актуальні питання, що стосуються сфери майбутньої професійної діяльності.
5. Хочу повною мірою використовувати наявні у мене здібності для продовження навчання за обраною професією.
6. Щоб не відставати від друзів та однокласників.
7. Щоб працювати з людьми, треба мати глибокі та всебічні знання.
8. Тому що хочу бути серед кращих студентів.

9. Тому що хочу, щоб наша навчальна група стала найкращою у коледжі.
10. Щоб заводити знайомства та спілкуватися з цікавими людьми.
11. Тому що отримані знання дозволять мені досягти всього необхідного.
12. Необхідно закінчити коледж та вступити до ЗВО, щоб у знайомих не змінилася думка про мене, як про здібну, перспективну людину.
13. Щоб уникнути засудження та покарання за погане навчання.
14. Хочу бути шановною людиною навчального колективу.
15. Не хочу відставати від однокурсників, не хочу опинитися серед слабких.
16. Тому що від успіхів у навчанні залежить рівень моєї матеріальної забезпеченості у майбутньому.
17. Успішно вчитися, складати іспити на «добре» та «відмінно».
18. Просто подобається вчитися.
19. Потрапивши до коледжу, змушений вчитися, щоб закінчити його.
20. Бути постійно готовим до чергових занять.
21. Успішно продовжити навчання на наступних курсах, щоб дати відповіді на конкретні навчальні питання.
22. Щоб отримати глибокі та міцні знання.
23. Тому що в майбутньому думаю зайнятися науковою діяльністю за обраною професією.
24. Будь-які знання знадобляться у майбутній професії.
25. Тому що хочу принести більше користі суспільству.
26. Стати висококваліфікованим фахівцем.
27. Щоб дізнаватися про нове, займатися творчою діяльністю.
28. Щоб дати відповіді на проблеми розвитку суспільства, життєдіяльності людей.
29. Мати позитивну репутацію у викладачів.
30. Домогтися схвалення батьків та оточення.
31. Навчаюся заради виконання обов'язку перед батьками, коледжем.
32. Тому що знання надають мені впевненості у собі.

33. Тому що від успіхів у навчанні залежить моє майбутнє службове становище.

34. Хочу отримати диплом з хорошими оцінками, щоб мати перевагу перед іншими.

Інтерпретація результатів.

На основі підрахунку сумарного бала визначають, яка мотиваційна тенденція домінує у випробуваного.

Якщо ця сума опинилася в інтервалі від 130 до 170, то робимо висновок про те, що у мотивації досягнення успіхів у цього випробуваного домінує прагнення до успіху у навчанні та професійне спрямування.

Якщо сума балів виявилася в межах від 71 до 130, робимо висновок про середні рівні прагнення досягнути успіху у навчанні та подальшого професійного спрямування.

Якщо сума балів виявилася в межах від 30 до 70, то жодного певного висновку про мотивацію досягнення успіхів у навчанні та подальше успішне професійне спрямування не можна зробити.

**Окремі таблиці з результатами опрацювання статистичних даних
проведеного експерименту**

Таблиця І.1.

**Результати порівняння високих рівнів сформованості ціннісно-
мотиваційної компоненти за кутовим перетворенням Фішера**

Групи	Високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	4	40	0,1	$\varphi_{\text{емп}} = 0,42$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	5	40	0,13		
КГ формувальний етап	5	40	0,13	$\varphi_{\text{емп}} = 1,89$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формуальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	12	40	0,3		
КГ констатувальний етап	4	40	0,1	$\varphi_{\text{емп}} = 0,42$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формуальному етапі.
КГ формувальний етап	5	40	0,13		
ЕГ констатувальний етап	5	40	0,13	$\varphi_{\text{емп}} = 1,89$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	12	40	0,3		

При порівнянні часток високого рівня для КГ і ЕГ на початку експерименту свідчить про те, що частки високого рівня на констатувальному етапі експерименту суттєво не відрізняються ($\varphi_{\text{емп}} = 0,42 < \varphi_{\text{крит}} = 1,64$).

При опрацюванні результатів формувального етапу експерименту $\varphi_{\text{емп}} = 1,885$ перевищує критичне значення $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$. Тобто частка високого рівня в експериментальній групі наприкінці експерименту суттєво вища, ніж у контрольній.

При порівнянні часток високого рівня для КГ і ЕГ на початку експерименту свідчить про те, що частки високого рівня на констатувальному етапі експерименту суттєво не відрізняються $\varphi_{\text{емп}} = 0 < \varphi_{\text{крит}} = 1,64$.

$\varphi_{\text{емп}} = 1,89$, що перевищує критичне значення при опрацюванні результатів формувального етапу експерименту. Тобто частка високого рівня в експериментальній групі наприкінці експерименту суттєво вища, ніж у контрольній. Результати порівняння високих рівнів сформованості креативно-діяльній компоненті STEM-компетентностей студентів у навчанні математики КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту за кутовим перетворенням Фішера подано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Результати порівняння високих рівнів сформованості креативно-діяльній компоненті за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н ₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	1	40	0,03		
КГ формувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 1,89$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н ₁ : показник високого рівня ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	5	40	0,13		

Продовження таблиці І.2

КГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формувальному етапі.
КГ формувальний етап	1	40	0,03		
ЕГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 1,89$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	5	40	0,13		

Оскільки при порівнянні часток високого рівня для КГ і ЕГ на початку експерименту отримали $\varphi_{\text{емп}} = 0 < \varphi_{\text{крит}} = 1,64$, то це свідчить про те, що частки високого рівня на констатувальному етапі експерименту суттєво не відрізняються.

Обчисливши емпіричне значення критерію на формувальному етапі експерименту, отримали $\varphi_{\text{емп}} = 1,74$, що перевищує критичне значення $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$. Тобто частка високого рівня в експериментальній групі наприкінці експерименту суттєво вища, ніж у контрольній. Результати порівняння високих рівнів сформованості когнітивної компоненти STEM-компетентностей студентів у навчанні математики на початку та наприкінці експерименту за кутовим перетворенням Фішера подано у таблиці І.3.

Таблиця І.3.

Результати порівняння високих рівнів сформованості когнітивної компоненти за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	1	40	0,03		

Продовження таблиці І.3

КГ формувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 1,74$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формувальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	5	40	0,13		
КГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формувальному етапі.
КГ формувальний етап	1	40	0,03		
ЕГ констатувальний етап	1	40	0,03	$\varphi_{\text{емп}} = 1,74$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формувальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	5	40	0,13		

Результати порівняння високих рівнів сформованості рефлексивно-оцінної компоненти STEM-компетентностей студенті у навчанні математики КГ та ЕГ на початку та наприкінці експерименту за кутовим перетворенням Фішера подано у таблиці І.4.

Таблиця 1.4.

Результати порівняння високих рівнів сформованості рефлексивно-оцінної компоненти за кутовим перетворенням Фішера

Групи	Високий	Всього	Частка	Емпіричне, критичне	Висновок і коментар
КГ констатувальний етап	6	40	0,15	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не суттєво відрізняється від аналогічного показника ЕГ.
ЕГ констатувальний етап	6	40	0,15		
КГ формувальний етап	6	40	0,15	$\varphi_{\text{емп}} = 1,92$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника КГ на формуальному етапі експерименту.
ЕГ формувальний етап	13	40	0,33		
КГ констатувальний етап	6	40	0,15	$\varphi_{\text{емп}} = 0$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₀ : показник високого рівня КГ на констатувальному етапі експерименту не відрізняється від показника КГ на формуальному етапі.
КГ формувальний етап	6	40	0,15		
ЕГ констатувальний етап	6	40	0,15	$\varphi_{\text{емп}} = 1,92$ $\varphi_{\text{крит}} = 1,64$	Гіпотеза Н₁ : показник високого рівня ЕГ на формуальному етапі експерименту суттєво вищий від показника ЕГ на констатувальному етапі.
ЕГ формувальний етап	13	40	0,33		

Довідки про впровадження результатів дослідження



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«КРИВОРІЗЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ»

Проспект Поштовий, 64, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50000

Телефон +38(098) 360-36-12, E-mail: kfk.duet.edu.ua@gmail.com, ЄДРПОУ 43821657

Адреса для листування: вул. Федора Карамань, 37а, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50096

Від 11.09.2023 № 479

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів наукового дослідження
**«Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової
 передвищої освіти у навчанні математики»**

Пилипенко Ольги Сергіївни

зі спеціальності 015 Професійна освіта (цифрові технології)

Упродовж 2019-2021 років у Відокремленому структурному підрозділі «Криворізький фаховий коледж економіки та управління Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» та упродовж 2022-2023 років у Відокремленому структурному підрозділі «Криворізький фаховий коледж Державного університету економіки і технологій» здійснювалася апробація та впроваджувалися результати дисертаційної праці Пилипенко Ольги Сергіївни.

В освітній процес спеціальностей 029 Інформаційна, бібліотечна та архівна справа, 076 Підприємництво та торгівля, 072 Фінанси, банківська справа та страхування, 071 Облік і оподаткування, 181 Харчові технології було впроваджено структурно-функціональну модель формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики. Апробовано навчально-методичний посібник «Математика в STEMі». Впроваджено комплекс завдань з використанням цифрових технологій (інтерактивні вправи, квест кімнати, онлайн дошки, миттєві опитування та інше) у межах навчальних дисциплін «Математика», «Статистика», «Вища математика». Результати впровадження вказаних вище методичних матеріалів свідчать про ефективність їх використання, що дало змогу модернізувати та урізноманітнити зміст, форми навчальної діяльності, підвищити рівень сформованості STEM-компетентностей студентів.

Здійснена апробація основних засад наукового дослідження О. Пилипенко, підтвердила актуальність дисертаційної роботи та доцільності застосування отриманих результатів у процесі підготовки фахових молодших бакалаврів.

В. о. директора



Алла МАКСИМОВА

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Пилипенко Ольги Сергіївни

**«Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової
передвищої освіти у навчанні математики»**

зі спеціальності 015 Професійна освіта (цифрові технології)

Упродовж 2020-2022 років у Відокремленому структурному підрозділі «Фаховий коледж «Політехніка» Державного університету економіки і технологій» здійснювалася апробація та впроваджувалися результати дисертаційної праці Пилипенко Ольги Сергіївни.

У межах навчальних дисциплін «Математика», «Статистика» спеціальності 051 Економіка було впроваджено методику формування STEM-компетентностей студентів у навчанні алгебри та початків аналізу і стохастики.

Зокрема апробацію проходили розроблені О.Пилипенко STEM-проекти, веб-квести, засоби візуалізації навчального матеріалу, завдання з дослідженням реальних об'єктів навколишнього світу засобами комп'ютерного моделювання у середовищі динамічної математики GeoGebra, завдання з використанням доповненої реальності.

Здійснена апробація підтвердила актуальність дисертаційного дослідження О.Пилипенко, результати впровадження підтверджують їх теоретичну і практичну значущість, сприяють формуванню STEM-компетентностей студентів у навчанні математики. Основні теоретичні положення та практичні результати дисертаційного дослідження заслуговують на подальше впровадження в освітню практику.

В. о. директора



Наталя ВОЛОШАНЮК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

50005, м. Кривий Ріг, вул. Криворіжсталі, 8. Телефони: (056) 494-75-43,
електронна адреса: kct@ukr.net
Код ЄДРПОУ 01242840

№ 70 від 18.08.2023 р

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів наукового дослідження
«Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової
передвищої освіти у навчанні математики»

Пилипенко Ольги Сергіївни

в освітній процес Криворізького будівельного фахового коледжу

Довідка видана на підтвердження того, що у Криворізькому будівельному фаховому коледжі впродовж 2020-2023 років здійснювалася апробація та впроваджувалися результати дисертаційного дослідження Пилипенко Ольги Сергіївни.

Наукові та методичні напрацювання представлені у навчально-методичному посібнику «Математика в STEMі» були апробовані в учбовому процесі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія в дисциплінах: вища математика, економіка будівництва, ціноутворення в будівництві. За безпосередньої участі О. Пилипенко було організовано і проведено STEM-тиждень.

У результаті проведеної апробації до змісту навчання математичних дисциплін були введені елементи педагогічної системи формування STEM-компетентностей студентів у навчанні математики, розроблені О. Пилипенко. Зокрема, засоби комп'ютерної і безкомп'ютерної візуалізації навчального матеріалу для тем курсу «Вища математика»; система прикладних завдань, ігрових і професійно зорієнтованих ситуацій; засоби моніторингу формування STEM-компетентностей здобувачів освіти у процесі навчання математики.

Проведена педагогічна діагностика підтвердила доцільність використання запропонованих дисертанткою засобів та показала позитивну динаміку в рівнях інтересу студентів до вивчення математики, показниках сформованості STEM-компетентностей студентів.

Директор коледжу



Віта КІВІТОВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ ТА НАУКИ
 ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ
**ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ЕКОНОМІКИ, ПРАВА ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
 ТЕХНОЛОГІЙ**

КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО ПОДАТКОВОГО ІНСТИТУТУ
 м. Кам'янець-Подільський, вул. Князів Коріатовичів, 21, тел. +380979001194

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів наукового дослідження
 «Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової
 передвищої освіти у навчанні математики»

Пилипенко Ольги Сергіївни

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

зі спеціальності 015 Професійна освіта (цифрові технології)

Упродовж 2021-2023 рр. результати наукового дослідження О. Пилипенко «Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики» були впроваджені в освітній процес Відокремленого структурного підрозділу «Фахового коледжу економіки, права та інформаційних технологій» ПЗВО «Кам'янець-Подільський податковий інститут».

У межах навчальних дисциплін «Статистика», «Вища математика» спеціальності 072 Фінанси, банківська справа та страхування було впроваджено дослідницькі матеріали розділу «Методика формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики». Апробовано навчально-методичний посібник «Математика в STEMі».

Відзначимо, що дисертаційне дослідження має практичне значення: спрямоване на формування STEM-компетентностей студентів на основі впровадження STEM-проектів, проблемного навчання, сучасних цифрових технологій; наповнення змісту математичних дисциплін матеріалом, що носить перспективний та інноваційний характер.

Використання упроваджених матеріалів сприяло формуванню STEM-компетентностей студентів. Таким чином, результати наукового дослідження Пилипенко Ольги Сергіївни пройшли належну апробацію та впроваджені в освітній процес коледжу.

Директорка
 коледжу



Вікторія САВЧУК

**Список публікацій О. Пилипенко за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**

Й.1. Список публікацій О. Пилипенко за темою дисертації

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати

1. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики. *Фізико-математична освіта*. Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Фізико-математичний факультет ; редкол.: М. П. Вовк, М. Гр. Воскоглу, Т. Г. Дерка та ін. ; гол. ред. О. В. Семеніхіна. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2018. Вип. 4, № 18. С. 90–95. URL: http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v4-18/2018_4-18-Kramarenko_Pylypenko_FMO.pdf.
2. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zaslenskiy V. I. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2019. Vol. 2547. P. 130–144. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper10.pdf>.
3. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Muzyka I. O. Application of GeoGebra in Stereometry teaching. *CEUR Workshop Proc.* 2020. Vol. 2643, P. 705–718. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper42.pdf>.
4. Pylypenko, O. (2020). Development of critical thinking as a means of forming STEM competencies. *Educational Dimension*. 2020. Vol. 55. P. 317–331. DOI: 10.31812/educdim.v55i0.3955.
5. Пилипенко О. С. STEM-компетентності: сутність та структура *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету*.

Серія : Педагогічні науки : зб. наук. пр. Бердянськ : БДПУ, 2021. Вип. 3. С. 142–149. DOI: 10.31812/123456789/4535.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Банада О. С. Урізноманітнення форм навчання математики в контексті STEM-освіти. STEM–освіта як напрям модернізації методик навчання природничо-математичних дисциплін у середніх і вищих навчальних закладах : зб. матер. Всеукр. студентської наук.-практ. конф. Херсон, 2018. С. 86–87.

7. Банада О. С. Крамаренко Т. Г. Використання системи динамічної математики GeoGebra в розробці STEM-проектів. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів I Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 трав. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 80–83.

8. Пилипенко О. С. GeoGebra як засіб розвитку STEM-компетентностей учнів у навчанні математики. Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ). Кривий Ріг : КДПУ, 2020. С. 91–94.

9. Пилипенко О. С. Використання мобільного додатку 3D calculator GeoGebra з доповненою реальністю у навчанні математики *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку* : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. 23 груд. 2020 р., Дніпро : КЗВО «ДАНУ» ДОР», 2021. С. 183–186.

10. Пилипенко О. С. Можливості навчального сервісу WordWall. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін* : зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 трав. 2021 р. Кропивницький, 2021. С. 155–158.

11. Пилипенко О. С. Огляд онлайн-сервісу Mentimeter для створення та проведення миттєвих опитувань. *Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку* : зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., 17–18 лист. 2021. Дніпро : КЗВО «ДАНО» ДОР», 2022. С. 55–58.

12. Kramarenko T., Pylypenko O., Serdiuk O. Digital Technologies in Specialized Mathematics Education: Application of GeoGebra in Stereometry Teaching. In Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology : AET. 2022. Vol. 1. P. 576–589. DOI: 10.5220/0010926300003364.

13. Пилипенко О. С. Перспективи використання цифрових квест-кімнат в освітньому процесі. Організація дистанційного навчання в умовах воєнного стану : зб. доповідей наук.-практ. конф. ОМО викладачів інформатики та обчислювальної техніки Дніпропетровської області / упоряд. Н. Г. Григор'єва, В. В. Венгренюк. Дніпровський фаховий коледж будівельно-монтажних технологій та архітектури. Дніпро, 2022. С. 36–39.

14. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Застосування STEM-підходів у навчанні математики. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 207.

15. Пилипенко О. С., Пиріжок О. Г. Інтегроване навчання як основна складова STEM-освіти. *Проблеми математичної освіти* : зб. матеріалів міжнар. наук.-метод. конф., 6–7 квіт. 2023 р. Черкаси: ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2023. С. 212–213.

16. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. STEM-навчання і навчання математики: від теорії до практики впровадження. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжн. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 62–65.

17. Пилипенко О. С. Діагностика рівня сформованості STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні

математики. *Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук. конф., 6–7 жовт. 2023 р. Київ : УДУ ім. М. Драгоманова, 2023. С. 185–187.

Опубліковані праці, що додатково відображають наукові результати дисертації

18. Банада О. С., Крамаренко Т. Г. Робототехніка як напрямок STEM-освіти та її зв'язок з математикою. *Вісник міжнародного дослідного центру «Людина: мова, культура, пізнання»* : наук. журнал / за заг. ред. В. В. Корольського. Кривий Ріг, 2018. Т. 42. С. 90–99.

19. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Математика в STEMі: навч.-метод. посіб. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун т, 2023. 274 с.

Й.2. Відомості про апробацію результатів дисертації О. Пилипенко

Назва	Місце та дата проведення	Форма участі
Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін	Кропивницький, 16-17 травня 2018	очна
Cloud Technologies in Education (CTE) (The 7th)	Кривий Ріг, 20 грудня 2019	очна
ICHTML 2020: International Conference on History, Theory and Methodology of Learning	Кривий Ріг, 13-15 травня 2020	очна
Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-математичних дисциплін	Кропивницький, 12-13 травня 2021	очна
Проблеми математичної освіти	Черкаси, 6-7 квітня 2023	очна
Актуальні проблеми теорії та методики навчання математики	Київ, 6-7 жовтня 2023	очна
Математична підготовка у багатоступеневій системі вищої освіти: погляд студентів і молодих вчених	Харків, 13-14 квітня 2017	очна
Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку	Дніпро, 23 грудня 2020, 17-18 листопада 2021	очна
Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях	Бердянськ, 16-17 вересня 2021	очна