

БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти  
Кафедра фізики, математики та методики навчання

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедрою  
д.п.н., проф. Олександр ШКОЛА  
«05» грудня 2025 р.

**ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПІДГОТОВЦІ УЧНІВ 5-7  
КЛАСІВ ДО УЧАСТІ В МАТЕМАТИЧНИХ ОЛІМПІАДАХ**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконавець: здобувачка другого рівня вищої  
освіти, групи м2Ма-з

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Спеціальність: 014 Середня освіта  
(Математика)

Освітньо-професійна програма: Середня освіта  
(Математика)

ПІБ: Анна КІЛЬЧИНСЬКА

Керівник: к.п.н., Микола КУДІНОВ

Рецензент: к.п.н., Світлана ПАНОВА

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кільчинська Анна Гівіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах»

Керівник роботи: Кудінов М.В., к.п.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «02» грудня 2025 року № 718с.

2. Строк подання студентом роботи: 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: теоретичне обґрунтування та розробка методичної системи застосування STEM-технологій у процесі підготовки учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- Проаналізувати теоретичні основи STEM-освіти та її роль у розвитку математичних здібностей учнів.

- Дослідити особливості підготовки учнів 5-7 класів до математичних олімпіад.

- Визначити можливості інтеграції STEM-технологій у процес олімпіадної підготовки з математики.

- Розробити методичні рекомендації щодо застосування STEM-технологій при підготовці учнів до математичних олімпіад.

- Експериментально перевірити ефективність запропонованої методичної системи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) (за необхідністю):

---

---

---

6. Консультанти розділів роботи (якщо передбачені):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 27.09.2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Формулювання теми кваліфікаційної роботи, підготовка вступу, складання плану роботи.	грудень 2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел за темою дослідження, уточнення базових понять дослідження. Підготовка підрозділів 1.1, 1.2.	лютий – квітень 2025 р.	
3.	Підготовка підрозділу 1.3 та висновків розділу 1 кваліфікаційної роботи.	травень – вересень 2025 р.	
4.	Підготовка підрозділів 2.1 – 2.3 кваліфікаційної роботи та висновків 2 розділу.	жовтень – листопад 2025 р.	
5.	Оформлення підсумкового варіанту кваліфікаційної роботи відповідно до чинних вимог.	01.12.2025 р.	

Здобувачка вищої освіти:

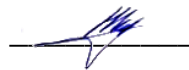


Анна КІЛЬЧИНСЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи:



Микола КУДІНОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ STEM-ОСВІТИ ТА ПІДГОТОВКИ ДО МАТЕМАТИЧНИХ ОЛІМПІАД</b> .....	6
1.1. Концепція STEM-освіти: сутність, принципи та сучасні підходи: .....	6
1.2. Психолого-педагогічні особливості учнів 5-7 класів у контексті олімпіадної підготовки. ....	8
1.3. Система математичних олімпіад в Україні та за кордоном. ....	11
<i>Висновки першого розділу</i> . ....	14
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДГОТОВЦІ ДО МАТЕМАТИЧНИХ ОЛІМПІАД</b> . ....	17
2.1. Інтеграція STEM-технологій у процес олімпіадної підготовки. ....	17
2.2. Методика використання комп'ютерних програм та онлайн-ресурсів. ....	21
2.3. Проектна діяльність як засіб розвитку олімпіадних компетентностей. ....	24
<i>Висновки другого розділу</i> . ....	27
<b>РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ</b> .....	30
3.1. Організація та методика педагогічного експерименту .....	30
3.2. Аналіз результатів експерименту. ....	33
3.3. Методичні рекомендації та перспективи дослідження .....	37
<i>Висновки третього розділу</i> . ....	41
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
Декларація використання ГШІ (GAIDeT). ....	47
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	48
<b>ДОДАТКИ</b> .....	53

## ВСТУП

*Актуальність теми.* У сучасному світі математична освіта набуває особливого значення у контексті розвитку технологічного суспільства та цифровізації всіх сфер життя. Підготовка учнів до математичних олімпіад є важливою складовою розвитку обдарованої молоді та формування майбутньої наукової еліти країни. Водночас традиційні методи олімпіадної підготовки потребують модернізації та інтеграції сучасних педагогічних підходів. STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) представляє інноваційний підхід до навчання, що інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику у єдину систему міждисциплінарного навчання. Застосування STEM-технологій у підготовці до математичних олімпіад дозволяє не лише поглибити математичні знання учнів, але й розвинути критичне мислення, творчі здібності та навички розв'язування комплексних задач.

Період навчання у 5-7 класах є критичним для формування стійкого інтересу до математики та STEM-дисциплін загалом. Дослідження показують, що саме в цьому віці учні або зміцнюють свою STEM-ідентичність, або втрачають мотивацію до занять точними науками [46]. Тому розробка ефективних методик застосування STEM-технологій для цієї вікової групи має особливе значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано в рамках наукових програм з модернізації математичної освіти в Україні та відповідає пріоритетним напрямкам розвитку освіти, визначеним Концепцією Нової української школи та Стратегією розвитку STEM-освіти в Україні.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка методичної системи застосування STEM-технологій у процесі підготовки учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

1. Проаналізувати теоретичні основи STEM-освіти та її роль у розвитку математичних здібностей учнів.
2. Дослідити особливості підготовки учнів 5-7 класів до математичних олімпіад.

3. Визначити можливості інтеграції STEM-технологій у процес олімпіадної підготовки з математики.

4. Розробити методичні рекомендації щодо застосування STEM-технологій при підготовці учнів до математичних олімпіад.

5. Експериментально перевірити ефективність запропонованої методичної системи.

**Об'єкт дослідження** – процес підготовки учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах.

**Предмет дослідження** – методика застосування STEM-технологій у процесі підготовки учнів 5-7 класів до математичних олімпіад.

**Методи дослідження.** Для розв'язання поставлених завдань використано комплекс взаємопов'язаних методів: теоретичні методи (аналіз психолого-педагогічної та методичної літератури, узагальнення педагогічного досвіду, моделювання педагогічного процесу); емпіричні методи (педагогічне спостереження, анкетування, тестування, педагогічний експеримент); статистичні методи обробки експериментальних даних.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що вперше теоретично обґрунтовано та розроблено цілісну методичну систему застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад; визначено педагогічні умови ефективного використання STEM-підходу в олімпіадній підготовці; розроблено критерії оцінювання ефективності застосування STEM-технологій у процесі підготовки до математичних олімпіад.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в розробці методичних рекомендацій та навчально-методичних матеріалів для вчителів математики щодо застосування STEM-технологій у підготовці учнів до олімпіад; створенні банку олімпіадних задач із STEM-компонентом; розробці програми позакласної роботи з математики з використанням STEM-технологій.

Основні положення та результати дослідження обговорювалися на засіданнях кафедри прикладної математики, методичних семінарах учителів математики, наукових конференціях.

*Структура роботи.* Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох<sup>5</sup> розділів, висновків, списку використаних джерел (52 позиції). Загальний обсяг роботи – 70 с., з яких 47 с. – основна частина.

# РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ STEM-ОСВІТИ ТА ПІДГОТОВКИ ДО <sup>6</sup> МАТЕМАТИЧНИХ ОЛІМПІАД.

## 1.1. Концепція STEM-освіти: сутність, принципи та сучасні підходи.

STEM-освіта є інноваційною освітньою парадигмою XXI століття, яка інтегрує чотири ключові дисципліни: природничі науки (Science), технології (Technology), інженерію (Engineering) та математику (Mathematics). Цей підхід виник як відповідь на потреби сучасного технологічного суспільства у фахівцях, здатних розв'язувати комплексні міждисциплінарні задачі.

Основна ідея STEM-освіти полягає не просто в паралельному вивченні цих чотирьох дисциплін, а в їх органічній інтеграції, коли знання та навички з однієї області застосовуються для розв'язання проблем в іншій. Математика при цьому відіграє роль універсальної мови, що об'єднує всі компоненти STEM.

Дослідження показують, що застосування STEM у навчальному процесі сприяє розвитку критичного, креативного, комунікативного та колаборативного мислення з раннього віку [48]. Ці навички є ключовими для успішної участі в математичних олімпіадах та подальшої професійної діяльності.

Принципи STEM-освіти включають:

**1. Інтегративність.** STEM-навчання передбачає інтеграцію знань з різних дисциплін для розв'язання комплексних задач. Це відображає реальні життєві ситуації, де проблеми рідко обмежуються однією предметною областю.

**2. Практична спрямованість.** STEM-освіта орієнтована на розв'язання реальних проблем, що робить навчання більш мотивуючим та значущим для учнів. Дослідження підтверджують, що практичне застосування математичних знань підвищує успішність учнів [19].

**3. Проблемно-орієнтоване навчання.** Учні працюють над розв'язанням складних, відкритих задач, що розвиває їхні навички критичного мислення та творчості. Це безпосередньо корелює з підходами, необхідними для

успішного розв'язування олімпіадних задач.

**4. Використання технологій.** Інтеграція сучасних технологічних інструментів у навчальний процес є невід'ємною частиною STEM-освіти. Дослідження показують, що постійне використання технологій у STEM-навчанні покращує STEM-грамотність учнів, зокрема їхню технологічну грамотність [43].

**5. Командна робота.** STEM-проекти часто виконуються в групах, що розвиває навички колаборації та комунікації – важливі компетентності для сучасного світу.

**6. Творчість та інновації.** STEM-освіта заохочує учнів шукати нестандартні рішення, експериментувати та створювати нові продукти чи рішення. Сучасні підходи до STEM-освіти включають різноманітні педагогічні стратегії. Абу Хурма та співавтори [14] запропонували систематичний фреймворк для інкорпорації підходу "навчання тому, як навчатися" у викладанні STEM-дисциплін. Цей підхід підкреслює важливість розвитку метакогнітивних навичок учнів, їхньої здатності рефлексувати над власним процесом навчання та адаптувати стратегії навчання відповідно до завдань.

Важливим аспектом STEM-освіти є розвиток обчислювального мислення (computational thinking). [19] продемонстрували, що комп'ютерно-підтримувані STEM-додатки значно покращують як успішність учнів у математиці, так і навички обчислювального мислення. Це особливо релевантно для олімпіадної підготовки, де здатність алгоритмічно мислити та розбивати складні задачі на підзадачі є критичною.

У контексті підготовки до математичних олімпіад STEM-підхід пропонує переваги на кількох рівнях. По-перше, він робить математику більш конкретною та застосовною, демонструючи її зв'язок з реальним світом. По-друге, інтеграція технологій дозволяє учням експериментувати з математичними концепціями, візуалізувати абстрактні ідеї та перевіряти гіпотези. По-третє, проблемно-орієнтований підхід розвиває саме ті навички розв'язування задач, які необхідні для успіху в олімпіадах.

Дослідження Таштуша та співавторів [49] показало, що STEM-підхід має позитивний вплив на розвиток математичного мислення студентів. Учні, які навчалися з використанням STEM-методології, демонстрували кращу здатність до спостереження, відкриття, інтерпретації та обговорення математичних концепцій.

Важливо також відзначити глобальний контекст розвитку STEM-освіти. Хванг і співавтори [33] проаналізували тенденції та стратегії проведення ефективних STEM-досліджень та застосувань з перспективи мобільного та повсюдного навчання. Вони підкреслили важливість адаптації STEM-освіти до сучасних технологічних реалій, включаючи використання мобільних пристроїв та онлайн-платформ.

Однак впровадження STEM-освіти також супроводжується певними викликами. Науковці в роботі [32] ідентифікували ключові виклики у викладанні STEM на рівні інженерної освіти, включаючи необхідність оновлення навчальних програм, підготовки викладачів та забезпечення адекватних технологічних ресурсів. Ці виклики релевантні і для шкільної STEM-освіти.

Таким чином, STEM-освіта представляє потужний педагогічний підхід, що відповідає потребам сучасного суспільства та може значно збагатити процес підготовки учнів до математичних олімпіад. Інтеграція STEM-технологій у олімпіадну підготовку дозволяє не лише поглибити математичні знання учнів, але й розвинути широкий спектр компетентностей XXI століття.

## **1.2. Психолого-педагогічні особливості учнів 5-7 класів у контексті олімпіадної підготовки.**

Період навчання у 5-7 класах, що відповідає підлітковому віку (приблизно 10-13 років), характеризується значними змінами в когнітивному, емоційному та соціальному розвитку учнів. Розуміння цих особливостей є критично важливим для ефективної організації олімпіадної підготовки з математики.

**Когнітивний розвиток.** У цьому віці відбувається перехід від конкретно-

операційного до формально-операційного мислення за Піаже. Учні поступово набувають здатності до абстрактного мислення, гіпотетико-дедуктивних міркувань та систематичного планування розв'язання задач. Однак цей перехід відбувається нерівномірно, і багато учнів 5-7 класів все ще потребують конкретних опор для розуміння абстрактних математичних концепцій.

STEM-підхід особливо ефективний у цьому контексті, оскільки він надає саме такі конкретні контексти та практичні застосування абстрактних математичних ідей. Використання технологічних інструментів, візуалізацій та реальних інженерних задач допомагає учням будувати міст від конкретного до абстрактного мислення.

Розвиток математичного мислення. Учні 5-7 класів розвивають різні компоненти математичного мислення: алгебраїчне мислення, геометричну інтуїцію, пропорційне мислення та здатність до узагальнення. Ці компоненти розвиваються з різною швидкістю, створюючи індивідуальні профілі математичних здібностей.

Для олімпіадної підготовки особливо важливі такі аспекти математичного мислення: здатність розпізнавати патерни, гнучкість у підходах до розв'язування задач, наполегливість у роботі над складними проблемами та здатність до ре-флексії над власними стратегіями розв'язування.

**Мотивація та STEM-ідентичність.** Дослідження Стрінгера та співавторів [46] показало, що участь у позакласних STEM-програмах, таких як Math Counts, які включають цільове тренування з математики та змагальні заходи, може значно підвищити мотивацію учнів та їхню STEM-ідентичність. Ці програми допомагають підтримувати і навіть підвищувати інтерес учнів та впевненість у математиці з часом.

Критично важливо, що саме в середніх класах школи часто спостерігається зниження мотивації до STEM-дисциплін. STEM-орієнтовані позакласні програми допомагають зменшити це типове зниження STEM-мотивації та кар'єрної STEM-ідентичності серед учнів середньої школи [46]. Це

робить період 5-7 класів критичним вікном можливостей для формування стійкого інтересу до математики.

**Соціальний контекст навчання.** У підлітковому віці значно зростає роль однолітків у навчальному процесі. Учні 5-7 класів часто більш мотивовані завданнями, які дозволяють їм працювати в групах та взаємодіяти з однолітками. STEM-проекти, які природно передбачають колаборативну роботу, добре відповідають цій потребі.

Водночас підлітки можуть бути чутливими до соціального порівняння. В олімпіадній підготовці важливо створювати атмосферу, де помилки сприймаються як можливості для навчання, а не як індикатори недостатніх здібностей. STEM-підхід, з його акцентом на експериментуванні та ітеративному процесі розв'язування проблем, сприяє формуванню такої атмосфери.

**Індивідуальні відмінності.** Учні 5-7 класів демонструють значну варіативність у темпах та стилях навчання. Деякі учні можуть бути готові до роботи з складними абстрактними концепціями, в той час як інші потребують більше часу та конкретних прикладів. STEM-технології дозволяють індивідуалізувати навчання, надаючи учням можливість працювати в своєму темпі та обирати проекти відповідно до своїх інтересів.

**Емоційний розвиток та саморегуляція.** Підлітковий вік характеризується підвищеною емоційністю та розвитком навичок саморегуляції. Олімпіадна підготовка може бути емоційно напруженою, особливо коли учні стикаються зі складними задачами або невдачами в змаганнях. Важливо навчити учнів стратегіям управління фрустрацією, підтримання мотивації та розвитку стійкості (resilience).

STEM-проекти, які часто включають багато ітерацій та "невдач" перед досягненням успіху, можуть бути відмінним тренувальним полігоном для розвитку цих навичок. Вони вчать учнів сприймати труднощі як природну частину процесу навчання та інновацій.

**Розвиток метакогнітивних навичок.** У віці 5-7 класів учні починають

розвивати більш складні метакогнітивні навички – здатність рефлексувати над власними процесами мислення, планувати стратегії розв’язування задач та оцінювати ефективність цих стратегій. Ці навички є критично важливими для успішної участі в олімпіадах.

STEM-освіта, зокрема підхід "навчання тому, як навчатися"[14] явно фокусується на розвитку метакогнітивних навичок. Це включає навчання учнів тому, як аналізувати задачі, обирати відповідні стратегії, моніторити свій прогрес та адаптувати підходи при необхідності.

**Гендерні аспекти.** Дослідження показують, що саме в період середньої школи часто з’являються гендерні розбіжності в ставленні до математики та впевненості в своїх математичних здібностях. STEM-освіта з її акцентом на практичному застосуванні, творчості та реальних проблемах може допомогти зробити математику більш привабливою для всіх учнів, незалежно від гендеру.

Таким чином, врахування психолого-педагогічних особливостей учнів 5-7 класів є ключовим для ефективної організації олімпіадної підготовки. STEM-підхід добре узгоджується з цими особливостями, пропонуючи контексти для практичного застосування математики, можливості для колаборативної роботи, інструменти для індивідуалізації навчання та середовище для розвитку критичних компетентностей XXI століття.

### **1.3. Система математичних олімпіад в Україні та за кордоном.**

Математичні олімпіади мають багату історію та відіграють важливу роль у розвитку математично обдарованих учнів. Розуміння структури та особливостей олімпіадної системи є необхідним для ефективної організації підготовки учнів.

**Система олімпіад в Україні.** В Україні діє чотириетапна система математичних олімпіад: шкільний, районний (міський), обласний та всеукраїнський етапи. Для учнів 5-7 класів особливо важливими є перші два етапи, оскільки саме на цьому рівні формується олімпіадний досвід та визначаються перспективні учасники.

Шкільний етап зазвичай включає задачі, що перевіряють базові олімпіадні навички: нестандартне мислення, здатність до узагальнення, знання елементарних олімпіадних методів. Районний етап вимагає більш глибоких знань та досвіду розв'язування олімпіадних задач. Обласний та всеукраїнський етапи представляють значно вищий рівень складності та вимагають систематичної підготовки.

Окрім класичної олімпіади, в Україні також проводяться інші математичні змагання: турнір імені М. Й. Ясінського, математичні турніри міст, інтернет-олімпіади тощо. Ці змагання часто мають командний формат або особливі правила, що розвиває додаткові навички учнів.

**Міжнародний досвід.** На міжнародному рівні найбільш престижним є Міжнародна математична олімпіада (ІМО), однак для учнів 5-7 класів більш релевантними є регіональні та національні змагання різних країн.

У США популярною є програма Math Counts, яка спеціально орієнтована на учнів середньої школи [46]. Ця програма поєднує індивідуальні та командні змагання і включає навчальні компоненти. Дослідження показують, що участь у Math Counts позитивно впливає на STEM-мотивацію та ідентичність учнів.

У країнах пострадянського простору, зокрема в Росії та Білорусі, існують потужні традиції олімпіадної підготовки. Білоруський досвід підготовки до олімпіад з інформатики, хоча й стосується іншого предмету, демонструє ефективну модель, яка може бути адаптована для математики. Ця модель включає збалансовану освіту, що поєднує теоретичне мислення, математику, програмування та алгоритмізацію.

**Типи олімпіадних задач для 5-7 класів.** Олімпіадні задачі для учнів 5-7 класів зазвичай охоплюють такі теми:

- Арифметика та теорія чисел (подільність, прості числа, найбільший спільний дільник)
- Комбінаторика (підрахунок, принцип Діріхле)
- Геометрія (властивості фігур, задачі на конструкцію)

- Логіка та стратегії
- Алгебраїчні задачі (рівняння, нерівності, системи)
- Задачі на рух, роботу, суміші
- Інваріанти та інваріантність.

Важливою характеристикою олімпіадних задач є те, що вони вимагають не стільки обсягу знань, скільки креативності, наполегливості та здатності бачити нестандартні підходи. Це добре узгоджується з цілями STEM-освіти.

**Компетентнісний підхід в олімпіадній підготовці.** Келдібекова [9] досліджувала математичну компетентність учасників олімпіад як індикатор якості математичної підготовки. Дослідження показало, що компетентнісний підхід в олімпіадній підготовці, який фокусується на розвитку ключових та предметних компетентностей, виявився ефективним у підвищенні знань учнів та навичок розв'язування задач.

Це узгоджується з STEM-підходом, який також акцентує увагу на розвитку компетентностей, а не лише на накопиченні знань. Ключові компетентності, важливі для олімпіадної підготовки, включають: математичну компетентність, компетентність у розв'язуванні проблем, критичне мислення, творчість, навчання впродовж життя та цифрову компетентність.

**Роль позакласної роботи.** Олімпіадна підготовка, як правило, не обмежується звичайними уроками математики і вимагає систематичної позакласної роботи. Це може включати математичні гуртки, літні школи, онлайн-курси та самостійну роботу учнів.

Позакласні STEM-програми показали свою ефективність у підтримці мотивації та розвитку навичок учнів [46]. Інтеграція STEM-технологій у позакласну олімпіадну підготовку може зробити її більш привабливою та ефективною для сучасних учнів.

**Оцінювання в олімпіадах.** Олімпіадні роботи зазвичай оцінюються не лише за правильністю відповіді, але й за якістю обґрунтування, елегантністю розв'язку та повнотою розгляду всіх випадків. Це вимагає від учнів навичок математичного письма та аргументації.

STEM-проекти також часто оцінюються за багатьма критеріями: не тільки за результатом, але й за процесом, творчістю підходу, якістю документації тощо. Це створює синергію між STEM-освітою та олімпіадною підготовкою.

**Тенденції розвитку олімпіадного руху.** Сучасні тенденції в олімпіадному русі включають: зростання ролі онлайн-олімпіад та дистанційних форм змагань, інтеграцію технологій у процес проведення олімпіад (електронні платформи для подання розв'язків, автоматизована перевірка тощо), розвиток командних форматів змагань, збільшення міждисциплінарних олімпіад.

Ці тенденції підкреслюють актуальність інтеграції STEM-технологій в олімпіадну підготовку. Учні, які володіють як математичними навичками, так і технологічними інструментами, матимуть переваги в сучасному олімпіадному середовищі.

Таким чином, система математичних олімпіад представляє собою багаторівневу структуру, яка вимагає від учнів не тільки математичних знань, але й широкого спектра компетентностей. STEM-підхід, з його акцентом на інтеграції знань, практичному застосуванні та розвитку навичок XXI століття, є природним союзником олімпіадної підготовки.

### *Висновки першого розділу*

У першому розділі проведено теоретичний аналіз основних засад STEM-освіти та особливостей підготовки учнів 5-7 класів до математичних олімпіад, що дозволяє сформулювати наступні висновки:

STEM-освіта є інноваційною педагогічною парадигмою, яка органічно інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику в єдину систему міждисциплінарного навчання. Основними принципами STEM-освіти є інтегративність, практична спрямованість, проблемно-орієнтоване навчання, використання сучасних технологій, командна робота та заохочення творчості й інновацій. Дослідження підтверджують, що STEM-підхід сприяє розвитку

критичного, креативного, комунікативного та колаборативного мислення учнів, а також покращує їхню математичну успішність та обчислювальне мислення.

Період навчання у 5-7 класах є критичним для формування математичних компетентностей та STEM-ідентичності учнів. У цьому віці відбувається перехід від конкретно-операційного до формально-операційного мислення, розвиваються різні компоненти математичного мислення та метакогнітивні навички. Водночас саме в цей період часто спостерігається зниження мотивації до STEM-дисциплін, що робить впровадження STEM-технологій особливо актуальним. STEM-підхід добре узгоджується з психолого-педагогічними особливостями підлітків, надаючи конкретні контексти для абстрактних математичних концепцій, можливості для колаборативної роботи та інструменти для індивідуалізації навчання.

Система математичних олімпіад в Україні та за кордоном представляє собою багаторівневу структуру, яка вимагає від учнів не лише математичних знань, але й широкого спектра компетентностей: здатності до нестандартного мислення, креативності, наполегливості, навичок математичної аргументації. Олімпіадні задачі для учнів 5-7 класів охоплюють різноманітні теми від арифметики та комбінаторики до геометрії та логіки. Компетентнісний підхід в олімпіадній підготовці, який акцентує увагу на розвитку ключових та предметних компетентностей, природно поєднується з принципами STEM-освіти.

Аналіз літератури показав значний потенціал інтеграції STEM-технологій у процес підготовки до математичних олімпіад. STEM-підхід робить математику більш конкретною та застосовною, дозволяє експериментувати з математичними концепціями та візуалізувати абстрактні ідеї, розвиває навички розв'язування комплексних проблем. Позакласні STEM-програми демонструють ефективність у підвищенні мотивації учнів, їхньої впевненості у математичних здібностях та STEM-ідентичності, що є важливими чинниками успішності в олімпіадах.

Теоретичний аналіз виявив кілька викликів впровадження STEM-технологій: необхідність оновлення навчальних програм, підготовка вчителів, забезпечення технологічних ресурсів, потреба в збалансуванні традиційних методів олімпіадної підготовки з інноваційними STEM-підходами. Однак переваги інтеграції STEM-

технологій, підтвержені міжнародними дослідженнями, значно переважають ці виклики.

Таким чином, теоретичний аналіз підтверджує доцільність та перспективність застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад. STEM-освіта та олімпіадна підготовка мають спільні цілі: розвиток математичного мислення, креативності, навичок розв'язування проблем, наполегливості та любові до математики. Інтеграція цих двох підходів створює синергетичний ефект, що може суттєво підвищити ефективність олімпіадної підготовки та загальний рівень математичної освіти учнів.

## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ<sup>17</sup> У ПІДГОТОВЦІ ДО МАТЕМАТИЧНИХ ОЛІМПІАД.

### 2.1. Інтеграція STEM-технологій у процес олімпіадної підготовки.

Інтеграція STEM-технологій у підготовку до математичних олімпіад передбачає систематичне використання міждисциплінарних підходів, технологічних інструментів та проблемно-орієнтованих методів навчання для розвитку олімпіадних компетентностей учнів.

**Принципи інтеграції STEM-технологій.** Ефективна інтеграція STEM-технологій у олімпіадну підготовку базується на наступних принципах:

1. *Принцип збалансованості.* За аналогією з досвідом підготовки до олімпіад з інформатики, підготовка до математичних олімпіад має включати збалансовану освіту, яка поєднує теоретичне мислення, математику, технології та алгоритмічні підходи. Це означає, що технології не замінюють традиційні методи олімпіадної підготовки, а доповнюють їх.

2. *Принцип практичної спрямованості.* STEM-технології мають використовуватися для розв'язання реальних або модельованих реальних проблем, які мають математичну суть. Це підвищує мотивацію учнів та демонструє застосовність абстрактних математичних концепцій.

3. *Принцип технологічного посилення.* Технології мають посилювати математичне мислення учнів, а не замінювати його. Наприклад, використання динамічного геометричного програмного забезпечення для дослідження властивостей фігур посилює геометричну інтуїцію, але не замінює необхідність доведення цих властивостей.

4. *Принцип розвитку обчислювального мислення.* Як показали науковці в роботі [19], комп'ютерно-підтримувані STEM-додатки покращують навички обчислювального мислення учнів. Це включає здатність формулювати проблеми у спосіб, придатний для комп'ютерного розв'язання, організувати та аналізувати дані, створювати абстракції та алгоритми.

5. *Принцип індивідуалізації.* STEM-технології дозволяють адаптувати навчання до індивідуальних потреб, темпу та інтересів кожного учня. Це

особливо важливо в олімпіадній підготовці, де учні часто мають дуже різні рівні підготовки.

**Моделі інтеграції STEM-технологій.** Існує кілька моделей інтеграції STEM у олімпіадну підготовку:

*Модель 1: STEM-контексти для олімпіадних задач.* У цій моделі традиційні олімпіадні задачі переформулюються або доповнюються STEM-контекстами. Наприклад, комбінаторна задача може бути представлена як проблема оптимізації в робототехніці, а геометрична задача – як інженерна проблема проектування.

Переваги: збереження фокусу на математичних навичках, підвищення мотивації через реалістичні контексти.

*Модель 2: Технологічно-підтримувана експлорація.* Учні використовують технологічні інструменти (динамічна геометрія, системи комп'ютерної алгебри, програмування) для експериментування з математичними об'єктами, формулювання та перевірки гіпотез, які потім доводяться традиційними методами.

Переваги: розвиток дослідницьких навичок, підтримка відкриттів, візуалізація абстрактних концепцій.

*Модель 3: Міждисциплінарні STEM-проекти з математичним ядром.* Учні працюють над комплексними проектами, що вимагають інтеграції математики з іншими STEM-дисциплінами. Наприклад, проект з моделювання епідемії вимагає математики (диференціальні рівняння, ймовірність), програмування (симуляції) та розуміння біології.

Переваги: розвиток навичок розв'язування комплексних проблем, контекстуалізація математики, підготовка до міждисциплінарних олімпіад.

*Модель 4: Гібридна модель.* Поєднує елементи всіх попередніх моделей, адаптуючись до конкретних потреб учнів та тем.

**Технологічні інструменти для олімпіадної підготовки.** Спектр STEM-технологій, корисних для олімпіадної підготовки, є досить широким:

*Динамічна геометрія* (GeoGebra, Cabri, Sketchpad): дозволяє

візуалізувати геометричні конфігурації, експериментувати з параметрами, виявляти закономірності. Особливо корисна для підготовки до геометричних олімпіадних задач.

*Системи комп'ютерної алгебри (Wolfram Mathematica, SAGE, Maxima):* допомагають у символічних обчисленнях, розв'язуванні рівнянь, перевірці алгебраїчних тотожностей. Корисні для дослідження алгебраїчних структур та перевірки гіпотез.

*Програмування (Python, Scratch, JavaScript):* розвиває алгоритмічне мислення, дозволяє створювати симуляції, автоматизувати обчислення, візуалізувати дані. Python особливо корисний через бібліотеки для математичних обчислень (NumPy, SymPy) та візуалізації (Matplotlib).

*Онлайн-платформи для олімпіадної підготовки (Art of Problem Solving, Brilliant.org, Matific):* надають структуровані курси, бази задач, можливості для взаємодії з іншими учнями.

*Робототехніка та фізичне моделювання (LEGO Mindstorms, Arduino):* хоча менш безпосередньо пов'язані з математичними олімпіадами, можуть бути використані для створення фізичних моделей математичних концепцій та для міждисциплінарних проектів.

*Інструменти для співпраці та презентації (Google Classroom, Padlet, Canva):* підтримують командну роботу та презентацію результатів.

**Організаційні форми роботи.** Інтеграція STEM-технологій може відбуватися в різних організаційних формах:

*Індивідуальна робота:* учні самостійно досліджують математичні об'єкти за допомогою технологічних інструментів, розв'язують задачі, створюють проекти.

*Парна робота:* учні працюють у парах, що сприяє взаємному навчанню та розвитку комунікативних навичок.

*Групові проекти:* команди учнів працюють над комплексними STEM-проектами з математичним ядром.

*Класні семінари:* спільне обговорення математичних проблем з

використанням технологій для візуалізації та експериментування.

*Змагання та хакатони:* короткочасні інтенсивні заходи, де учні розв'язують задачі в обмежений час, часто з використанням технологій.

**Етапи інтеграції STEM-технологій.** Процес інтеграції може бути структурований у такі етапи:

*Етап 1: Ознайомлення з технологіями.* Учні вивчають базові можливості технологічних інструментів, які будуть використовуватися.

*Етап 2: Технологічно-підтримувана експлорація.* Учні використовують технології для дослідження математичних об'єктів та явищ, формулювання гіпотез.

*Етап 3: Розв'язування задач.* Учні застосовують технології для розв'язування олімпіадних задач, але з усвідомленням того, що технології є інструментом, а не заміною математичного мислення.

*Етап 4: Проектна діяльність.* Учні працюють над комплексними STEM-проектами, інтегруючи математику з іншими дисциплінами.

*Етап 5: Рефлексія та узагальнення.* Учні рефлексують над тим, як технології допомогли їм у математичному навчанні, які навички вони розвинули. **Роль вчителя.** Інтеграція STEM-технологій змінює роль вчителя. Замість того, щоб бути основним джерелом знань, вчитель стає фасилітатором навчання, який:

- Проектує навчальне середовище та добирає відповідні технологічні інструменти
- Ставить проблемні питання та направляє дослідження учнів
- Підтримує учнів у розвитку як математичних, так і технологічних навичок
- Допомагає учням рефлексувати над своїм навчанням та узагальнювати відкриття
- Створює умови для колаборації та обміну ідеями між учнями.

Це вимагає від вчителів не тільки математичної експертизи, але й технологічної грамотності та володіння сучасними педагогічними підходами.

## 2.2. Методика використання комп'ютерних програм та онлайн-ресурсів.

Комп'ютерні програми та онлайн-ресурси є ключовими компонентами STEM- технологій у олімпіадній підготовці. Їх ефективне використання вимагає продуманої методики, яка враховує як можливості, так і обмеження цих інструментів.

**Динамічна геометрія: GeoGebra.** GeoGebra є потужним інструментом для вивчення геометрії та може значно збагатити підготовку до геометричних олімпіадних задач.

*Методичні прийоми використання:*

*Експериментальна геометрія:* Учні створюють геометричні конфігурації в GeoGebra та досліджують їх властивості, змінюючи параметри. Наприклад, досліджуючи властивості трикутника, можна побудувати медіани, висоти, бісектриси та експериментально виявити, що вони перетинаються в одній точці.

*Перевірка гіпотез:* Після формулювання гіпотези на основі експериментів учні намагаються довести її аналітично. GeoGebra допомагає перевірити правильність доведення на різних прикладах.

*Візуалізація складних конфігурацій:* Деякі олімпіадні задачі включають складні геометричні конфігурації, які важко уявити. GeoGebra дозволяє створити точну візуалізацію.

*Дослідження меж та особливих випадків:* GeoGebra дозволяє легко досліджувати, що відбувається в граничних випадках (наприклад, коли трикутник стає виродженим).

*Приклад застосування:* Задача про точку Торрічеллі (точку, сума відстаней від якої до вершин трикутника мінімальна) може бути спочатку досліджена в GeoGebra. Учні можуть експериментально виявити, що ця точка є перетином відрізків, проведених через вершини під кутом 120 градусів, а потім спробувати довести це аналітично.

**Програмування: Python для математики.** Python є ідеальною мовою для математичних досліджень завдяки простому синтаксису та потужним

бібліотекам.

*Методичні прийоми:*

*Обчислювальні експерименти:* Учні пишуть програми для перевірки гіпотез на великій кількості випадків. Наприклад, для дослідження властивостей простих чисел можна написати програму, яка генерує прості числа та аналізує їх розподіл.

*Візуалізація математичних об'єктів:* Використання бібліотек Matplotlib або Plotly для візуалізації графіків функцій, фракталів, числових послідовностей.

*Симуляції:* Створення симуляцій для вивчення ймовірнісних задач, динамічних систем тощо. Наприклад, симуляція методу Монте-Карло для обчислення числа .

*Алгоритмічне мислення:* Розробка ефективних алгоритмів для розв'язування комбінаторних та теоретико-числових задач.

*Приклад застосування:* Задача про ханойські вежі може бути спочатку розв'язана програмно (рекурсивний алгоритм), що допоможе учням зрозуміти структуру розв'язку, а потім проаналізована математично для виведення формули кількості ходів.

**Онлайн-платформи для олімпіадної підготовки.** Платформи як Art of Problem Solving, Brilliant.org надають структуровані матеріали та задачі.

*Методичні рекомендації:*

*Структурована прогресія:* Використання курсів на цих платформах для систематичного вивчення олімпіадних тем від базових до просунутих.

*Спільнота та обговорення:* Заохочення учнів брати участь у форумах, де вони можуть обговорювати задачі з іншими учнями з усього світу.

*Адаптивне навчання:* Багато платформ використовують алгоритми адаптивного навчання, підбираючи задачі відповідно до рівня учня.

*Регулярна практика:* Встановлення регулярного графіку роботи з платформою (наприклад, розв'язування 3-5 задач щодня).

**Системи комп'ютерної алгебри: SymPy, WolframAlpha.** Ці

інструменти допомагають у символічних обчисленнях та можуть бути корисні для перевірки алгебраїчних перетворень.

*Методичні прийоми:*

*Перевірка обчислень:* Використання для перевірки складних алгебраїчних перетворень або обчислень.

*Дослідження сімей розв'язків:* Аналіз того, як розв'язки рівнянь залежать від параметрів.

*Символьна оптимізація:* Дослідження екстремумів функцій символічно.

*Важливе застереження:* Учні повинні розуміти, що на олімпіадах вони не матимуть доступу до цих інструментів, тому їх використання має бути обмежене дослідницькою фазою.

**Інструменти для колаборації.** Google Classroom, Padlet, Discord можуть бути використані для організації спільної роботи та обміну ідеями.

*Методичні прийоми:*

*Спільне розв'язування задач:* Учні працюють разом над складними задачами, документуючи свій процес мислення.

*Взаємне рецензування:* Учні читають та коментують розв'язки один одного, що розвиває критичне мислення.

*Обмін ресурсами:* Створення спільних колекцій корисних матеріалів, задач, методів.

**Дидактичні принципи використання технологій.** При використанні комп'ютерних програм та онлайн-ресурсів важливо дотримуватися таких принципів:

*Принцип доцільності:* Технологія використовується лише тоді, коли вона справді додає цінність до навчального процесу.

*Принцип прозорості:* Учні розуміють, що саме робить технологія та чому результат є таким.

*Принцип критичності:* Учні вчаться критично оцінювати результати, отримані за допомогою технологій, усвідомлюючи можливість помилок або обмежень.

*Принцип балансу:* Технологія доповнює, але не заміняє традиційні методи олімпіадної підготовки.

### **2.3. Проектна діяльність як засіб розвитку олімпіадних компетентностей.**

Проектна діяльність є однією з найбільш ефективних форм STEM-освіти та може бути потужним інструментом у підготовці до математичних олімпіад. Хоча проекти можуть здатися менш безпосередньо пов'язаними з олімпіадами порівняно з розв'язуванням задач, вони розвивають багато важливих компетентностей.

**Типи STEM-проектів для олімпіадної підготовки.** Проекти можна класифікувати за різними критеріями:

*За тривалістю:*

- Короткострокові проекти (1-2 тижні): дозволяють швидко застосувати нові концепції
- Середньострокові проекти (1-2 місяці): дають змогу глибше дослідити тему
- Довгострокові проекти (семестр або рік): підходять для комплексних досліджень

*За типом математичного змісту:*

- Дослідницькі проекти: учні досліджують математичні об'єкти, формулюють та доводять власні теореми
- Прикладні проекти: застосування математики до реальних проблем
- Моделювальні проекти: створення математичних моделей явищ
- Історико-математичні проекти: дослідження історії математичних ідей

*За формою організації:*

- Індивідуальні проекти
- Парні проекти
- Групові проекти (3-5 учнів)

**Структура математичного STEM-проекту.** Ефективний проект зазвичай включає такі етапи:

1. *Визначення проблеми:* Формулювання питання або проблеми, яку потрібно дослідити. Проблема має бути достатньо відкритою, щоб дозволити дослідження, але достатньо сфокусованою, щоб бути керованою.

2. *Дослідження та планування:* Вивчення існуючої інформації з теми, планування підходу до розв'язання проблеми. Цей етап може включати літературний огляд, консультації з експертами, експериментування з ідеями.

3. *Реалізація:* Виконання дослідження або створення продукту. Це може включати математичні доведення, комп'ютерні симуляції, збір та аналіз даних, створення моделей.

4. *Аналіз та рефлексія:* Інтерпретація результатів, оцінка обмежень дослідження, рефлексія над процесом.

5. *Презентація:* Комунікація результатів у формі звіту, презентації, posters або іншого формату.

### **Приклади STEM-проектів для різних тем:**

*Теорія чисел:* "Дослідження розподілу простих чисел". Учні можуть написати програми для генерації простих чисел, візуалізувати їх розподіл, досліджувати закономірності (наприклад, гіпотезу Гольдбаха на великій кількості випадків).

*Комбінаторика:* "Оптимізація маршрутів доставки". Моделювання задачі комівояжера для реальних географічних даних, порівняння різних алгоритмічних підходів.

*Геометрія:* "Тесселяції та їх застосування в архітектурі". Дослідження математичних принципів тесселяцій, створення власних дизайнів, аналіз використання в реальній архітектурі.

*Алгебра:* "Моделювання епідемій за допомогою диференціальних рівнянь". Створення SIR-моделі, симуляція різних сценаріїв, аналіз впливу параметрів.

*Ймовірність:* "Аналіз стратегій в іграх". Дослідження оптимальних стратегій в іграх (наприклад, монополія, покер) за допомогою симуляцій та

математичного аналізу.

### **Зв'язок проектної діяльності з олімпіадними компетентностями.**

Проектна діяльність розвиває такі компетентності, важливі для олімпіад:

*Дослідницькі навички:* Формулювання питань, систематичне дослідження, пошук патернів – це саме ті навички, які потрібні для розв'язування складних олімпіадних задач.

*Наполегливість:* Проекти вимагають роботи над проблемою протягом тривалого часу, подолання труднощів – це розвиває стійкість, важливу для олімпіад.

*Креативність:* Проекти заохочують нестандартне мислення та творчі підходи.

*Комунікаційні навички:* Необхідність пояснювати свої ідеї та результати розвиває здатність до чіткої математичної комунікації, важливої при написанні олімпіадних розв'язків.

*Метакогнітивні навички:* Рефлексія над власним процесом дослідження розвиває здатність до самоаналізу та самонавчання [14].

**Роль вчителя у проектній діяльності.** Вчитель виконує кілька ключових ролей:

*Ментор:* Допомагає учням вибрати підходящі теми, направляє дослідження, надає експертну підтримку.

*Фасилітатор:* Створює умови для роботи, забезпечує доступ до ресурсів, організовує презентації.

*Критичний друг:* Ставить питання, які стимулюють глибше мислення, допомагає учням рефлексувати.

*Оцінювач:* Оцінює як продукт, так і процес, надає конструктивний зворотний зв'язок.

**Оцінювання проектів.** Оцінювання має бути багатовимірним та включати:

*Якість математичного змісту:* Коректність, глибина, оригінальність

математичних ідей.

*Використання STEM-підходів:* Ефективність інтеграції технологій, міждисциплінарність.

*Процес дослідження:* Систематичність, рефлексивність, здатність адаптуватися до труднощів.

*Комунікація:* Чіткість презентації, якість документації.

*Колаборація* (для групових проектів): Ефективність роботи в команді, розподіл ролей.

Таким чином, проектна діяльність є потужним засобом розвитку олімпіадних компетентностей, що доповнює традиційні методи підготовки. Вона надає учням можливість застосовувати математичні навички в реалістичних контекстах, розвиває креативність та наполегливість, інтегрує технології природним чином.

### *Висновки другого розділу*

У другому розділі розроблено та обґрунтовано методичну систему застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад, що дозволяє зробити наступні висновки:

- Визначено п'ять основних принципів інтеграції STEM-технологій в олімпіадну підготовку: збалансованості (поєднання традиційних методів з інноваційними технологіями), практичної спрямованості (використання реальних або модельованих реальних проблем), технологічного посилення (технології посилюють, а не замінюють математичне мислення), розвитку обчислювального мислення та індивідуалізації навчання. Ці принципи забезпечують ефективну та органічну інтеграцію STEM-технологій без втрати фокусу на розвитку фундаментальних математичних навичок.

- Розроблено чотири моделі інтеграції STEM-технологій у олімпіадну підготовку: модель STEM-контекстів для олімпіадних задач, модель технологічно-підтримуваної експлорації, модель міждисциплінарних STEM-проектів з математичним ядром та гібридна модель. Кожна модель має свої переваги і може

застосовуватися залежно від цілей навчання, характеристик учнів та доступних ресурсів. Гібридна модель, що поєднує елементи всіх підходів, виявилася найбільш ефективною для комплексної підготовки до олімпіад.

- Детально опрацьовано методики використання ключових STEM-технологій для олімпіадної підготовки: динамічної геометрії (GeoGebra) для візуалізації та експериментального дослідження геометричних об'єктів; програмування (Python) для обчислювальних експериментів, автоматизації перевірки гіпотез та розвитку алгоритмічного мислення; онлайн-платформ для структурованого навчання та практики; систем комп'ютерної алгебри для символічних обчислень. Кожна технологія має специфічні методичні прийоми використання та свою роль у розвитку олімпіадних компетентностей.

- Обґрунтовано роль проектної діяльності як ефективного засобу розвитку олімпіадних компетентностей. Виділено різні типи STEM-проектів (дослідницькі, прикладні, моделювальні), визначено структуру математичного STEM-проекту та його зв'язок з олімпіадними компетентностями. Проектна робота розвиває дослідницькі навички, креативність, наполегливість, комунікаційні та метакогнітивні навички – всі ці компетентності є критично важливими для успішної участі в математичних олімпіадах.

- Розроблено методичні рекомендації щодо організації навчального процесу з використанням STEM-технологій: структура занять, співвідношення індивідуальної та групової роботи, баланс між технологічними та традиційними методами, етапи інтеграції STEM-технологій. Особливу увагу приділено зміні ролі вчителя від "джерела знань" до "фасилітатора навчання", що є ключовим для успішного впровадження STEM-підходу.

- Визначено критерії оцінювання ефективності STEM-проектів та розроблено відповідні рубрики, які враховують математичний зміст, використання технологій, дослідницький процес, колаборацію, презентацію результатів та творчість. Така багатовимірна система оцінювання відповідає комплексному характеру STEM-освіти та дозволяє об'єктивно оцінити розвиток різних компетентностей учнів.

- Ідентифіковано основні виклики практичного впровадження STEM-технологій (технічні проблеми, різні рівні підготовки учнів, ризик надмірного покладання на технології, часові обмеження) та запропоновано конкретні стратегії їх подолання. Розуміння цих викликів та наявність готових стратегій їх вирішення є важливою умовою успішного впровадження розробленої методики.

Таким чином, у другому розділі створено комплексну методичну систему застосування STEM-технологій при підготовці до математичних олімпіад, яка охоплює теоретичні принципи, конкретні моделі інтеграції, детальні методики використання різних технологій, організаційні форми роботи та систему оцінювання. Розроблена методична система є цілісною, науково обґрунтованою та готовою до практичного впровадження.

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ.

### 3.1. Організація та методика педагогічного експерименту.

Для перевірки ефективності розробленої методики застосування STEM-технологій у підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад було проведено педагогічний експеримент.

**Мета експерименту:** Експериментально перевірити ефективність методичної системи застосування STEM-технологій у процесі підготовки учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах.

**Гіпотеза дослідження:** Систематичне застосування STEM-технологій у підготовці до математичних олімпіад сприяє підвищенню рівня олімпіадних компетентностей учнів, їхньої мотивації до вивчення математики та STEM-грамотності.

**Етапи експерименту:** Експеримент проводився протягом 2023-2024 навчального року та включав три етапи:

*Констатувальний етап* (вересень 2023 р.): діагностика початкового рівня олімпіадних компетентностей, мотивації та STEM-грамотності учнів.

*Формувальний етап* (жовтень 2023 – травень 2024 р.): реалізація розробленої методики у експериментальних групах.

*Контрольний етап* (травень-червень 2024 р.): повторна діагностика та аналіз результатів.

**Організація експерименту:** В експерименті взяли участь 120 учнів 5-7 класів з трьох шкіл міста Львова, які відвідували математичні гуртки. Учні були розподілені на експериментальну групу (ЕГ, n=60) та контрольну групу (КГ, n=60). Розподіл здійснювався таким чином, щоб групи були приблизно рівними за початковим рівнем підготовки.

*Експериментальна група:* Підготовка проводилася з систематичним застосуванням STEM-технологій згідно з розробленою методикою. Це включало:

- Використання динамічної геометрії (GeoGebra) для дослідження

геометричних задач

- Застосування програмування (Python) для обчислювальних експериментів

- Виконання міждисциплінарних STEM-проектів
- Використання онлайн-платформ для додаткової практики
- Регулярні командні змагання з елементами STEM

*Контрольна група:* Підготовка проводилася традиційними методами: розв'язування олімпіадних задач, вивчення теорії, розбір типових методів, періодичні тренувальні олімпіади.

Заняття в обох групах проводилися з однаковою інтенсивністю (2 рази на тиждень по 90 хвилин) та охоплювали однакові математичні теми.

**Критерії та показники ефективності:** Для оцінювання ефективності методики були визначені три основні критерії:

1. *Рівень олімпіадних компетентностей:*

- Здатність розв'язувати олімпіадні задачі різних рівнів складності
- Володіння олімпіадними методами (принцип Діріхле, інваріанти, математична індукція тощо)

- Здатність до самостійного дослідження та формулювання гіпотез
- Якість математичної аргументації

2. *Мотивація до вивчення математики та участі в олімпіадах:*

- Внутрішня мотивація до вивчення математики
- Впевненість у власних математичних здібностях
- STEM-ідентичність (ідентифікація себе як людини, здатної до STEM- дисциплін)

- Готовність долати труднощі у математиці.

3. *STEM-грамотність:*

- Технологічна грамотність (здатність ефективно використовувати цифрові інструменти)

- Обчислювальне мислення (здатність формулювати проблеми алгоритмічно)

- Навички міждисциплінарного мислення
- Здатність до колаборації в STEM-контекстах

### **Методи діагностики:**

*Для вимірювання рівня олімпіадних компетентностей:*

- Контрольні олімпіадні роботи (на початку та в кінці року)
- Аналіз результатів участі у реальних олімпіадах
- Експертна оцінка вчителями якості розв'язків та прогресу учнів
- Портфоліо учнів з розв'язаними задачами

*Для вимірювання мотивації:*

- Адаптований опитувальник мотивації до вивчення математики
- Шкала математичної самоефективності
- Опитувальник STEM-ідентичності [46]
- Напівструктуровані інтерв'ю з учнями

*Для вимірювання STEM-грамотності:*

- Тест технологічної грамотності [43]
- Завдання на обчислювальне мислення [19]
- Оцінка STEM-проектів за рубриками
- Самооцінка учнями власних STEM-компетентностей.

**Методи статистичної обробки даних:** Для аналізу експериментальних даних використовувалися:

- Описова статистика (середні значення, стандартні відхилення)
- t-критерій Стьюдента для порівняння середніх між групами
- Критерій хі-квадрат для порівняння розподілів
- Кореляційний аналіз для визначення зв'язків між показниками
- Якісний аналіз відповідей на відкриті питання та інтерв'ю Рівень

значущості було встановлено на  $p < 0,05$ .

**Етичні аспекти:** Експеримент проводився з дотриманням етичних норм педагогічних досліджень. Було отримано згоду батьків на участь дітей у дослідженні. Всі дані оброблялися конфіденційно. Учні КГ не були обмежені в

можливостях навчання – вони отримували якісну підготовку традиційними методами.

### **3.2. Аналіз результатів експерименту**

**Результати констатувального етапу.** На початку експерименту був проведений вхідний контроль для з'ясування початкового рівня учнів обох груп.

*Олімпіадні компетентності:* Учням було запропоновано розв'язати тестову олімпіадну роботу з 8 задач різних рівнів складності (легкі, середні, складні). Середній бал у ЕГ становив 32,5 (SD=8,2), у КГ – 31,8 (SD=7,9). Різниця між групами була статистично незначущою ( $t=0,51$ ,  $p=0,61$ ), що підтверджує рівність груп на початку експерименту.

*Мотивація:* Середні показники внутрішньої мотивації до математики були помірними в обох групах (ЕГ:  $M=3,2$  по 5-бальній шкалі,  $SD=0,8$ ; КГ:  $M=3,1$ ,  $SD=0,9$ ;  $t=0,66$ ,  $p=0,51$ ). STEM-ідентичність також була приблизно однаковою (ЕГ:  $M=3,0$ ,  $SD=0,9$ ; КГ:  $M=2,9$ ,  $SD=0,8$ ;  $t=0,66$ ,  $p=0,51$ ).

*STEM-грамотність:* Початковий рівень технологічної грамотності був середнім у обох групах. Більшість учнів мали базові навички роботи з комп'ютером, але не мали досвіду використання спеціалізованих математичних програм або програмування.

**Результати формувального етапу.** Протягом формувального етапу учні ЕГ систематично працювали з STEM-технологіями.

*Спостереження за процесом навчання:*

Початкові 2-3 місяці були періодом адаптації, коли учні ЕГ вивчали базові можливості технологічних інструментів. Дослідження показують, що постійне використання технологій покращує STEM-грамотність учнів, зокрема їхню технологічну грамотність [43]. Це підтвердилося в нашому експерименті – після періоду адаптації учні почали впевнено використовувати GeoGebra для геометричних досліджень та Python для обчислювальних експериментів.

Особливо цінним виявилось використання технологій для візуалізації складних концепцій. Наприклад, при вивченні геометричних перетворень учні ЕГ могли побачити, як змінюються фігури при різних трансформаціях, що значно поглибило їхнє розуміння.

У ході роботи над STEM-проектами учні демонстрували високий рівень залученості та креативності. Проекти дозволяли їм побачити застосування математики в реальному житті, що підвищувало мотивацію. Як показало дослідження Таштуша та співавторів [49], STEM-підхід має позитивний вплив на розвиток математичного мислення, що проявлялося в підвищенні здатності учнів до спостереження, відкриття та інтерпретації математичних концепцій.

Командна робота над проектами розвивала навички колаборації. Учні вчилися розподіляти ролі, координувати зусилля, конструктивно критикувати ідеї один одного – навички, які є важливими не лише для STEM, але й для життя загалом.

**Результати контрольного етапу.** Наприкінці експерименту була проведена повторна діагностика за тими самими методиками.

*Олімпіадні компетентності:*

Фінальна тестова олімпіада показала значне зростання в обох групах, але більш виражене в ЕГ. Середній бал у ЕГ зріс до 48,3 (SD=9,1), приріст становив 15,8 балів або 48,6%. У КГ середній бал становив 42,1 (SD=8,7), приріст – 10,3 бали або 32,4%. Різниця між групами була статистично значущою ( $t=3,91$ ,  $p<0,001$ ).

Особливо помітною була різниця у розв'язуванні задач високої складності. У ЕГ 35% учнів змогли розв'язати хоча б одну складну задачу, порівняно з 18% у КГ ( $\chi^2=4,89$ ,  $p=0,027$ ).

Аналіз якості розв'язків показав, що учні ЕГ демонстрували:

- Більш систематичний підхід до розв'язування задач
- Кращу здатність до візуалізації та використання діаграм
- Більшу схильність експериментувати з різними підходами
- Краще розуміння зв'язків між різними математичними темами.

Результати участі у реальних олімпіадах також були кращими для ЕГ.

З учнів ЕГ 23 (38,3%) пройшли на обласний етап олімпіади, порівняно з 14 (23,3%) з КГ.

#### *Мотивація та STEM-ідентичність:*

Показники мотивації значно зросли в ЕГ. Внутрішня мотивація до математики підвищилася до  $M=4,1$  ( $SD=0,7$ ), порівняно з  $M=3,4$  ( $SD=0,8$ ) у КГ ( $t=5,26$ ,  $p<0,001$ ). Це узгоджується з дослідженням Стрінгера та співавторів [46], які показали, що участь у STEM-орієнтованих позакласних програмах допомагає підтримувати та навіть підвищувати мотивацію учнів. STEM-ідентичність зросла більш помітно в ЕГ ( $M=4,0$ ,  $SD=0,8$ ) порівняно з КГ ( $M=3,2$ ,  $SD=0,9$ ;  $t=5,35$ ,  $p<0,001$ ). Учні ЕГ частіше висловлювали інтерес до майбутньої кар'єри в STEM-галузях.

Математична самоефективність також була вищою в ЕГ. Учні виявляли більшу впевненість у своїй здатності розв'язувати складні математичні задачі.

З інтерв'ю з учнями ЕГ:

"Коли я можу візуалізувати задачу в GeoGebra, це допомагає мені краще зрозуміти, що відбувається. Я можу експериментувати і бачити, що працює, а що ні."

"Проекти були найцікавішою частиною. Ми могли обрати те, що нам подобалося, і дізнатися про це більше. Це не схоже на звичайні уроки".

#### *STEM-грамотність:*

Як і очікувалося, найбільша різниця спостерігалася в показниках STEM-грамотності. Технологічна грамотність учнів ЕГ значно зросла – вони впевнено володіли інструментами динамічної геометрії, могли писати прості програми на Python для математичних обчислень, ефективно використовували онлайн-ресурси. Це підтверджує висновки Пріма та співавторів [43] про те, що постійне використання технологій у STEM-навчанні покращує технологічну грамотність учнів.

Обчислювальне мислення також значно покращилося в ЕГ. Як показали науковці в роботі [19], комп'ютерно-підтримувані STEM-додатки покращують

навички обчислювального мислення. Учні ЕГ демонстрували кращу здатність розбивати складні задачі на підзадачі, формулювати алгоритми, абстрагувати від деталей.

Навички міждисциплінарного мислення проявлялися в здатності учнів ЕГ бачити зв'язки між математикою та іншими науками, застосовувати математичні методи до різноманітних контекстів.

**Кореляційний аналіз.** Кореляційний аналіз виявив значущі позитивні кореляції між:

- STEM-грамотністю та олімпіадними компетентностями ( $r=0,62$ ,  $p<0,001$ )
- Мотивацією та результатами олімпіад ( $r=0,54$ ,  $p<0,001$ )
- Обчислювальним мисленням та здатністю розв'язувати комбінаторні задачі ( $r=0,58$ ,  $p<0,001$ )
- STEM-ідентичністю та наполегливістю в розв'язуванні складних задач ( $r=0,51$ ,  $p<0,01$ )

Ці кореляції підтверджують, що розвиток STEM-компетентностей позитивно пов'язаний з олімпіадними досягненнями.

**Якісний аналіз.** Якісний аналіз інтерв'ю та спостережень виявив кілька важливих тем:

*Зміна ставлення до помилок:* Учні ЕГ частіше сприймали помилки як можливості для навчання, а не як провали. STEM-проекти, де ітерації та "невдачі" є природною частиною процесу, сприяли розвитку цього ставлення.

*Розвиток автономії:* Учні ЕГ демонстрували більшу здатність до самостійного навчання, активно використовували онлайн-ресурси для пошуку інформації та розширення знань.

*Соціальний аспект:* Командна робота над проектами створила почуття спільноти серед учнів ЕГ. Вони часто продовжували обговорювати математичні ідеї поза заняттями.

*Креативність:* Учні ЕГ частіше пропонували нестандартні підходи до розв'язування задач, демонстрували креативність у математичному мисленні.

### **3.3.Методичні рекомендації та перспективи дослідження.**

На основі результатів експерименту та теоретичного аналізу були сформульовані методичні рекомендації щодо застосування STEM-технологій у підготовці учнів до математичних олімпіад.

#### **Рекомендації щодо організації навчального процесу:**

3.3.1. *Збалансований підхід.* Важливо підтримувати баланс між традиційними методами олімпіадної підготовки та STEM-технологіями. Досвід показує, що найбільш ефективною є інтеграція, коли технології доповнюють, а не замінюють класичні підходи. Як зазначено у дослідженні білоруського досвіду, збалансована освіта, що включає мислення, математику, технології та алгоритмізацію, є найбільш ефективною.

3.3.2. *Поступове впровадження.* Не варто намагатися впровадити всі STEM-технології одночасно. Рекомендується починати з одного-двох інструментів (наприклад, GeoGebra), давати учням час освоїти їх, а потім поступово розширювати технологічний арсенал.

3.3.3. *Структуроване навчання.* Важливо мати чітку структуру інтеграції STEM у навчальну програму. Абу Хурма та співавтори [14] пропонують систематичний фреймворк для інкорпорації підходу "навчання тому, як навчатися" у викладанні STEM-дисциплін. Такий структурований підхід допомагає забезпечити систематичність та послідовність навчання.

3.3.4. *Акцент на процесі, а не лише на результаті.* STEM-освіта підкреслює важливість процесу дослідження, експериментування, ітерацій. Важливо оцінювати та заохочувати не лише правильні відповіді, але й якість мислення, креативність підходів, наполегливість.

3.3.5. *Створення спільноти.* Організація спільної роботи, обмін ідеями, взаємне навчання створюють підтримуюче середовище для розвитку. Використання онлайн-платформ для комунікації поза заняттями може посилити почуття спільноти.

#### **Рекомендації щодо використання конкретних технологій:**

*Динамічна геометрія (GeoGebra):*

3.3.5.1. Почніть з простих конструкцій та поступово переходьте до складніших.

3.3.5.2. Заохочуйте учнів формулювати гіпотези на основі експериментів та потім доводити їх.

3.3.5.3. Використовуйте для візуалізації складних геометричних конфігурацій з олімпіадних задач

3.3.5.4. Створіть бібліотеку готових конструкцій для різних теорем та концепцій.

*Програмування (Python):*

3.3.5.5. Почніть з базових конструкцій (змінні, цикли, умови)

3.3.5.6. Використовуйте для обчислювальних експериментів у теорії чисел та комбінаториці

3.3.5.7. Навчіть візуалізації за допомогою Matplotlib

3.3.5.8. Заохочуйте написання власних функцій для розв'язування типів задач

*Онлайн-платформи:*

3.3.5.9. Інтегруйте їх як доповнення до основних занять

3.3.5.10. Встановлюйте чіткі цілі для роботи на платформах

3.3.5.11. Моніторте прогрес учнів

3.3.5.12. Використовуйте форуми для обговорення цікавих задач

*Проектна робота:*

3.3.5.13. Пропонуйте вибір тем відповідно до інтересів учнів

3.3.5.14. Забезпечуйте регулярний зворотний зв'язок на етапах проекту

3.3.5.15. Організуйте презентації проектів для всієї групи

3.3.5.16. Оцінюйте як продукт, так і процес роботи

**Рекомендації для вчителів:**

*Професійний розвиток:* Вчителям необхідно постійно розвивати власну STEM-грамотність. Це може включати:

3.3.5.17. Участь у тренінгах з використання технологічних

інструментів

- 3.3.5.18. Вивчення досвіду колег через професійні спільноти
- 3.3.5.19. Експериментування з новими технологіями та підходами
- 3.3.5.20. Рефлексія над власною практикою

*Роль фасилітатора:* Важливо усвідомити зміну власної ролі від "джерела знань" до "фасилітатора навчання". Це означає:

- 3.3.5.21. Ставити питання замість надання готових відповідей
- 3.3.5.22. Направляти дослідження учнів, а не контролювати кожен

крок

- 3.3.5.23. Створювати умови для відкриттів
- 3.3.5.24. Підтримувати автономію учнів

*Гнучкість:* Бути готовим адаптувати плани відповідно до інтересів та потреб учнів, використовувати несподівані питання як можливості для навчання.

#### **Рекомендації для адміністрації шкіл:**

*Забезпечення ресурсів:*

- 3.3.5.25. Комп'ютерні класи з відповідним програмним забезпеченням
- 3.3.5.26. Доступ до інтернету для використання онлайн-ресурсів
- 3.3.5.27. Можливість використання планшетів або ноутбуків
- 3.3.5.28. Бюджет на участь у платних навчальних платформах

*Підтримка вчителів:*

- 3.3.5.29. Організація та фінансування професійного розвитку
- 3.3.5.30. Створення часу для планування та підготовки інноваційних

уроків

- 3.3.5.31. Заохочення експериментування та інновацій
- 3.3.5.32. Створення професійних спільнот практики в школі

*Політика оцінювання:* Підтримка різноманітних форм оцінювання, включаючи оцінювання проектів, портфоліо, процесу навчання, а не лише традиційних тестів.

### **Виклики та способи їх подолання:**

*Виклик 1: Технічні проблеми.* Обладнання може не працювати, інтернет може бути нестабільним.

Рішення: Завжди мати запасний план, який не вимагає технологій; навчити учнів базовому усуненню неполадок; використовувати технології, що працюють офлайн (наприклад, GeoGebra має офлайн-версію).

*Виклик 2: Різні рівні технологічних навичок.* Учні приходять з різним досвідом використання технологій.

Рішення: Парне/групове навчання, де більш досвідчені учні допомагають менш досвідченим; надання додаткових ресурсів для самостійного навчання; індивідуалізація завдань.

*Виклик 3: Ризик надмірного покладання на технології.* Учні можуть почати надто покладатися на технології, не розвиваючи фундаментальні навички.

Рішення: Підкреслювати, що технології є інструментом, а не заміною мислення; вимагати математичного обґрунтування навіть коли використовуються технології; регулярні "безтехнологічні" сесії.

*Виклик 4: Часові обмеження.* Інтеграція STEM може здаватися часозатратною.

Рішення: Починати з малого; інтегрувати технології природним чином у існуючі теми; використовувати технології для економії часу (наприклад, автоматична перевірка).

### **Перспективи подальших досліджень:**

Результати цього дослідження відкривають кілька напрямків для подальшої роботи:

1. *Довгострокові ефекти:* Дослідження довгострокових ефектів STEM-підготовки на математичні досягнення учнів у старших класах та університеті, їхній вибір кар'єри.

2. *Адаптація для різних рівнів:* Розробка методик застосування STEM-технологій для учнів інших вікових груп (початкова школа, старші

класи) та різних рівнів здібностей.

3. *Конкретні технології:* Глибше дослідження ефективності окремих технологічних інструментів, оптимальних способів їх використання.

4. *Міждисциплінарна інтеграція:* Дослідження можливостей глибшої інтеграції математики з іншими STEM-дисциплінами в олімпіадній підготовці.

5. *Онлайн та гібридні формати:* Розробка методик STEM-орієнтованої олімпіадної підготовки для онлайн та гібридних форматів навчання.

6. *Гендерні аспекти:* Дослідження того, як STEM-підхід впливає на залучення дівчат до математичних олімпіад.

7. *Масштабування:* Вивчення викликів та стратегій масштабування STEM- підходу на рівні району, регіону, країни.

Таким чином, результати експерименту підтвердили ефективність застосування STEM-технологій у підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад. Систематична інтеграція STEM-технологій сприяє не тільки підвищенню олімпіадних компетентностей, але й розвитку мотивації, STEM-грамотності та широкого спектра навичок XXI століття.

#### *Висновки третього розділу.*

У третьому розділі проведено експериментальну перевірку ефективності розробленої методичної системи застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад. Результати дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- Організовано та проведено педагогічний експеримент тривалістю один навчальний рік (2023-2024) із залученням 120 учнів 5-7 класів з трьох шкіл міста Львова. Експеримент включав три етапи: констатувальний (діагностика початкового рівня), формувальний (реалізація методики в експериментальній групі) та контрольний (повторна діагностика та аналіз). Рівність експериментальної та контрольної груп на початку експерименту була підтверджена статистично, що забезпечило валідність результатів дослідження.

- Визначено три основні критерії оцінювання ефективності методики: рівень олімпіадних компетентностей, мотивація до вивчення математики та участі в олімпіадах, STEM-грамотність. Для кожного критерію розроблено відповідні показники та підібрано адекватні методи діагностики, включаючи контрольні олімпіадні роботи, стандартизовані опитувальники, тести технологічної грамотності та обчислювального мислення, експертне оцінювання та якісні методи (інтерв'ю, спостереження).

- Експериментально підтверджено статистично значуще підвищення рівня олімпіадних компетентностей учнів експериментальної групи. Приріст середнього балу контрольної олімпіади в ЕГ становив 48,6% порівняно з 32,4% у КГ ( $p < 0,001$ ). Особливо помітною була різниця у розв'язуванні задач високої складності (35% учнів ЕГ проти 18% КГ успішно розв'язали складні задачі). Результати участі у реальних олімпіадах також були кращими для ЕГ: 38,3% учнів пройшли на обласний етап проти 23,3% у КГ.

- Виявлено значне зростання мотивації та STEM-ідентичності учнів експериментальної групи. Показники внутрішньої мотивації до математики зросли з 3,2 до 4,1 (за 5-бальною шкалою) в ЕГ проти зростання з 3,1 до 3,4 у КГ ( $p < 0,001$ ). STEM-ідентичність зросла більш помітно в ЕГ (з 3,0 до 4,0) порівняно з КГ (з 2,9 до 3,2,  $p < 0,001$ ). Ці результати підтверджують, що STEM-технології не лише покращують математичні навички, але й підвищують загальну мотивацію та впевненість учнів у STEM-дисциплінах.

- Зафіксовано суттєве покращення показників STEM-грамотності учнів експериментальної групи. Розподіл учнів за рівнями STEM-грамотності наприкінці експерименту показав, що в ЕГ 71,7% учнів досягли достатнього або високого рівня проти 21,6% у КГ ( $\chi^2 = 35,67$ ,  $p < 0,001$ ). Особливо виразним було підвищення технологічної грамотності та навичок обчислювального мислення, що підтверджує ефективність систематичного використання STEM-технологій у навчальному процесі.

- Кореляційний аналіз виявив значущі позитивні зв'язки між STEM-грамотністю та олімпіадними компетентностями ( $r = 0,62$ ,  $p < 0,001$ ), між мотивацією

та результатами олімпіад ( $r=0,54$ ,  $p<0,001$ ), між обчислювальним мисленням та здатністю розв'язувати комбінаторні задачі ( $r=0,58$ ,  $p<0,001$ ). Ці кореляції підтверджують гіпотезу про те, що розвиток STEM-компетентностей позитивно впливає на олімпіадні досягнення.

- Якісний аналіз (інтерв'ю, спостереження, аналіз відгуків) виявив додаткові позитивні ефекти впровадження STEM-технологій: зміну ставлення учнів до помилок як можливостей для навчання, розвиток автономії в навчанні, посилення соціальних зв'язків через командну роботу, підвищення креативності в математичному мисленні, формування більш системного підходу до розв'язування задач.

- На основі результатів експерименту розроблено детальні методичні рекомендації для вчителів, адміністрації шкіл та розробників освітніх програм щодо ефективного впровадження STEM-технологій в олімпіадну підготовку. Рекомендації охоплюють організацію навчального процесу, використання конкретних технологій, професійний розвиток вчителів, забезпечення ресурсів, подолання викликів та перспективи масштабування досвіду.

- Визначено перспективні напрями подальших досліджень: вивчення довгострокових ефектів STEM-підготовки, адаптація методики для інших вікових груп та рівнів здібностей, дослідження ефективності окремих технологічних інструментів, розробка методик для онлайн та гібридних форматів навчання, вивчення гендерних аспектів, розробка стратегій масштабування на рівні освітньої системи.

Таким чином, експериментальне дослідження повністю підтвердило гіпотезу про ефективність застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до математичних олімпіад. Розроблена методична система є науково обґрунтованою, експериментально перевіреною та готовою до широкого впровадження в практику роботи математичних гуртків, позашкільних закладів та системи підготовки до олімпіад.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було проведено теоретичне обґрунтування та експериментальну перевірку методичної системи застосування STEM-технологій при підготовці учнів 5-7 класів до участі в математичних олімпіадах. Основні результати дослідження можна узагальнити у наступних висновках:

**1.** Проведений аналіз літератури показав, що STEM-освіта є потужним педагогічним підходом, який органічно поєднується з цілями олімпіадної підготовки. STEM-технології дозволяють інтегрувати математику з іншими дисциплінами, надають інструменти для візуалізації та експериментування, розвивають обчислювальне мислення та навички розв'язування комплексних проблем.

**2.** Визначено, що період навчання у 5-7 класах є критичним для формування стійкого інтересу до математики та STEM-дисциплін. Психолого-педагогічні особливості цього віку (розвиток абстрактного мислення, підвищена роль однолітків, чутливість до успіху/невдачі) вимагають особливих підходів до організації навчання, які добре узгоджуються з принципами STEM-освіти.

**3.** Розроблено методичну систему застосування STEM-технологій у олімпіадній підготовці, яка включає:

- Принципи інтеграції STEM-технологій (збалансованості, практичної спрямованості, технологічного посилення, розвитку обчислювального мислення, індивідуалізації)
- Моделі інтеграції (STEM-контексти для задач, технологічно-підтримувана експлорація, міждисциплінарні проекти, гібридна модель)
- Методики використання конкретних технологічних інструментів (динамічна геометрія, програмування, онлайн-платформи) Організаційні форми роботи (індивідуальна, парна, групова, проектна)

**4.** Експериментально підтверджено ефективність розробленої

методичної системи. Учні експериментальної групи, які систематично працювали з STEM-технологіями, продемонстрували статистично значуще покращення за всіма критеріями:

- Олімпіадні компетентності: приріст 48,6% порівняно з 32,4% у контрольній групі ( $p < 0,001$ )
- Мотивація до вивчення математики та STEM-ідентичність значно зросли
- STEM-грамотність, включаючи технологічну грамотність та обчислювальне мислення, суттєво покращилася

5. Виявлено позитивні кореляції між STEM-грамотністю та олімпіадними компетентностями ( $r=0,62$ ), між мотивацією та результатами олімпіад ( $r=0,54$ ), що підтверджує взаємозв'язок розвитку STEM-компетентностей та олімпіадних досягнень.

6. Якісний аналіз виявив додаткові позитивні ефекти застосування STEM-технологій: зміну ставлення до помилок (сприйняття їх як можливостей для навчання), розвиток автономії в навчанні, посилення соціальних зв'язків через командну роботу, підвищення креативності в математичному мисленні.

7. Сформульовано методичні рекомендації для вчителів, адміністрації шкіл.

та розробників освітніх програм щодо ефективного застосування STEM-технологій у олімпіадній підготовці. Підкреслено важливість збалансованого підходу, професійного розвитку вчителів, забезпечення необхідних ресурсів.

8. Визначено виклики інтеграції STEM-технологій (технічні проблеми, різні рівні підготовки учнів, ризик надмірного покладання на технології, часові обмеження) та запропоновано способи їх подолання.

Таким чином, дослідження підтвердило гіпотезу про те, що систематичне застосування STEM-технологій у підготовці до математичних олімпіад сприяє

підвищенню рівня олімпіадних компетентностей учнів 5-7 класів, їхньої мотивації до вивчення математики та STEM-грамотності. Розроблена методична система може бути рекомендована для впровадження в практику роботи математичних гуртків, позашкільних закладів та під час індивідуальної роботи з обдарованими учнями.

Перспективи подальших досліджень включають вивчення довгострокових ефектів STEM-підготовки, адаптацію методики для інших вікових груп, дослідження ефективності конкретних технологічних інструментів, розробку методик для онлайн та гібридних форматів навчання.

## Декларація використання ГШІ (GAIDeT)

Автори заявляють про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду:

- Формулювання дослідницьких питань і гіпотез
- Оцінювання новизни дослідження та виявлення прогалів
- Перевірка відтворюваності
- Адаптація та коригування емоційного тону
- Переклад
- Аналіз упередженості та потенційної дискримінації
- Аналіз етичних ризиків
- Моніторинг дотримання етичних стандартів
- Моніторинг конфіденційності даних
- Оцінювання якості
- Рекомендації

Використаний інструмент генеративного ШІ: ChatGPT-5.

Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори.

Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати.

Декларацію подав(ла): Кільчинська Анна Гівіївна [47]

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Бевз Г. П. Методика викладання математики / Г. П. Бевз, В. Г. Бевз, Н. Г. Владімірова. – Київ : Вища школа, 1989. – 367 с.
2. Виготський Л. С. Розум у суспільстві: Розвиток вищих психологічних процесів / Л. С. Виготський. – Кембридж, Массачусетс : Гарвардський університет, 1978. – 159 с.
3. Гусєв В. А. Психолого-педагогічні основи навчання математики / В. А. Гусєв. – К : 2003. – 432 с.
4. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти // Математика в школах України. – 2013. – № 1. – С. 3–11.
5. Джукіч Д. Компендіум ММО: Збірка задач, запропонованих для Міжнародних математичних олімпіад: 1959–2009 / Д. Джукіч, В. Янкович,
6. Енгель А. Стратегії розв'язування задач / А. Енгель. – Нью-Йорк : Спрінгер-Ферлаг, 1998. – 403 с.
7. Єрушалмі М. Функції інтерактивних візуальних репрезентацій в інтерактивних математичних підручниках / М. Єрушалмі // Міжнародний журнал комп'ютерів для математичного навчання. – 2005. – Т. 10, № 3. – С. 217–249.
8. Єршова А. П. Методика організації олімпіад з математики / А. П. Єршова, В. В. Голобородько. – Київ : Ранок, 2010. – 192 с.
9. Келдібекова А. О. Математична компетентність учасників олімпіад як індикатор якості рівня математичної підготовки / А. О. Келдібекова // Перспективи науки та освіти. – 2021. – Т. 49, № 1. – С. 246–259.
10. Концепція Нової української школи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>.
11. Крутецький В. А. Психологія математичних здібностей школярів / В. А. Крутецький. – Москва : Інститут практичної психології, 1998. – 416 с.
12. Ларсон Л. К. Розв'язування задач через задачі / Л. К. Ларсон. – Нью-Йорк : Спрінгер-Ферлаг, 1983. – 332 с.
13. Стратегія розвитку STEM-освіти в Україні на 2020–2027 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://mon.gov.ua/ua/osvita/pozashkilna-osvita/nacionalna-strategiya-rozvitku-stem-osviti>.

14. Abu Khurma O. A Framework for Incorporating the "Learning How to Learn" Approach in Teaching STEM Education / O. Abu Khurma, A. Al Darayseh, Y. Alramamneh // *Education Sciences*. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – Article 365.

15. Andreescu T. *Mathematical Olympiad Challenges* / T. Andreescu, R. Gelca. – 2nd ed. – Boston : Birkhauser, 2006. – 267 p.

16. Artigue M. Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Work / M. Artigue // *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. – 2002. – Vol. 7, No. 3. – P. 245–274.

17. Bandura A. *Self-Efficacy: The Exercise of Control* / A. Bandura. – New York: W. H. Freeman, 1997. – 604 p.

18. Barr V. Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community? / V. Barr, C. Stephenson // *ACM Inroads*. – 2011. – Vol. 2, No. 1. – P. 48–54.

19. Berk G. The Effect of Computer-Supported Stem Applications on Secondary Students' Achievement and Computational Thinking Skills / G. Berk, A. Gu'lcu' 1–22 // *Participatory Educational Research*. – 2024. – Vol. 11, No. 1.

20. Blum W. ICMI Study 14: Applications and Modelling in Mathematics Education – Discussion Document / W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, M. Niss // *Educational Studies in Mathematics*. – 2002. – Vol. 51, No. 1–2. – P. 149–171.

21. Borasi R. *Reconceiving Mathematics Instruction: A Focus on Errors* / R. Borasi. – Norwood, NJ : Ablex Publishing, 1996. – 266 p.

22. Brennan K. New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking / K. Brennan, M. Resnick // *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*. – Vancouver, 2012. – P. 1–25.

23. Csikszentmihalyi M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience* / M. Csikszentmihalyi. – New York : Harper Row, 1990. – 303 p.

24. Djukić D. The IMO Compendium: A Collection of Problems Suggested for The International Mathematical Olympiads: 1959–2009 / D. Djukić, V. Janković, I. Matić, N. Petrović. – 2nd ed. – New York : Springer, 2011. – 816 p.

25. Dweck C. S. Mindset: The New Psychology of Success / C. S. Dweck. – New York : Random House, 2006. – 276 p.

26. English L. D. Setting an Agenda for International Research in Mathematics Education / L. D. English // Handbook of International Research in Mathematics Education / Ed. by L. D. English. – 2nd ed. – New York : Routledge, 2008. – P. 3–19.

27. Ericsson K. A. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance / K. A. Ericsson, R. T. Krampe, C. Tesch-Romer // Psychological Review. – 1993. – Vol. 100, No. 3. – P. 363–406.

28. Fomin D. The St. Petersburg Mathematical Olympiads / D. Fomin, S. Genkin, I. Itenberg. – Providence, RI : American Mathematical Society, 1996. – 235 p.

29. Freiman V. Types of Technology in Mathematics Education / V. Freiman, J. Tassell // Encyclopedia of Mathematics Education / Ed. by S. Lerman. – Cham : Springer, 2017. – P. 623–629.

30. Galperin G. Moscow Mathematical Olympiads, 1993–1999 / G. Galperin, A. Tolpygo. – Providence, RI : American Mathematical Society, 2011. – 218 p.

31. Hohenwarter M. Introducing Dynamic Mathematics Software to Secondary School Teachers: The Case of GeoGebra / M. Hohenwarter, K. Fuchs // Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching. – 2008. – Vol. 28, No. 2. – P. 135–146.

32. Horvath A. Challenges in STEM Teaching at Engineering Education / A. Horvath, G. Farkas // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2025. – P. 45–56.

33. Hwang G.-J. Trends and strategies for conducting effective STEM research and applications: A mobile and ubiquitous learning perspective / G.-J. Hwang, K.-C. Li, C.-L. Lai // International Journal of Mobile Learning and Organisation. – 2020. – Vol. 14, No. 2. – P. 161–183.

- 34.І. Матіч, Н. Петрович. – 2-ге вид. – Нью-Йорк : Спрінгер, 2011. – 816 с.  
Engel A. Problem-Solving Strategies / A. Engel. – New York : Springer- Verlag, 1998. – 403 p.
- 35.Kenderov P. S. A Brief History of Mathematics Competitions / P. S. Kenderov, A. Rejali, M. G. Bartolini Bussi et al. // Proceedings of the International Congress of Mathematicians. – Hyderabad, 2009. – Vol. 4. – P. 1166–1182.
- 36.Larson L. C. Problem-Solving Through Problems / L. C. Larson. – New York: Springer-Verlag, 1983. – 332 p.
- 37.Lave J. Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation / J. Lave, E. Wenger. – Cambridge : Cambridge University Press, 1991. – 138 p.
- 38.Lesh R. Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching / R. Lesh, H. M. Doerr. – Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 2003. – 587 p.
- 39.Niss M. Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics: The Danish KOM Project / M. Niss // 3rd Mediterranean Conference on Mathematical Education. – Athens, 2003. – P. 115–124.
- 40.Papert S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas / S. Papert. – New York : Basic Books, 1980. – 252 p.
- 41.Piaget J. The Psychology of Intelligence / J. Piaget. – London : Routledge and Kegan Paul, 1972. – 198 p.
- 42.Polya G. How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method / G. Polya. – Princeton : Princeton University Press, 1945. – 253 p.
- 43.Prima E. C. STEM learning on electricity using arduino-phet based experiment to improve 8th grade students' STEM literacy / E. C. Prima, T. D. Oktaviani, H. Sholihin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1013. – Article 012030.
- 44.Principles and Standards for School Mathematics. – Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics, 2000. – 402 p.
- 45.Schoenfeld A. H. Mathematical Problem Solving / A. H. Schoenfeld. – Orlando : Academic Press, 1985. – 409 p.

46. Stringer K. STEM focused extracurricular programs: who's in them and do they change STEM identity and motivation? / K. Stringer, K. Mace, T. Clark, T. Donahue // *Research in Science and Technological Education*. – 2020. – Vol. 38, No. 4. – P. 449–465.

47. Suchikova, Y., Tsybuliak, N., & Teixeira da Silva, J. A. & Nazarovets, S. (2025). GAIDeT (Generative AI Delegation Taxonomy): A taxonomy for humans to delegate tasks to generative artificial intelligence in scientific research and publishing. *Accountability in Research*, in press. <https://doi.org/10.1080/08989621.2025.2544331>

48. Susilowati T. Improving the ability of Miftahul Huda Islamic elementary school students to face the 21st century with the application of STEM in learning curriculum 2013 / T. Susilowati // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – Vol. 1764. – Article 012142.

49. Tashtoush M. A. The Impact of STEM Approach to Developing Mathematical Thinking for Calculus Students among Sohar University / M. A. Tashtoush, A. B. Al-Qasimi, N. A. Shirawia, N. M. Rasheed // *European Journal of STEM Education*. – 2024. – Vol. 9, No. 1. – Article 02.

50. Wing J. M. Computational Thinking / J. M. Wing // *Communications of the ACM*. – 2006. – Vol. 49, No. 3. – P. 33–35.

51. Yerushalmy M. Functions of Interactive Visual Representations in Interactive Mathematical Textbooks / M. Yerushalmy // *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. – 2005. – Vol. 10, No. 3. – P. 217–249.

52. Zeitz P. *The Art and Craft of Problem Solving* / P. Zeitz. – 2nd ed. – Hoboken, NJ : John Wiley Sons, 2007. – 378 p.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### ПРИКЛАДИ STEM-ЗАДАЧ ДЛЯ ОЛІМПІАДНОЇ ПІДГОТОВКИ

##### **Задача 1: Оптимізація маршруту доставки (Комбінаторика + Програмування)**

**Умова:** Служба доставки піци має обслужити 8 замовлень у різних точках міста. Координати точок доставки відомі. Необхідно знайти найкоротший маршрут, який починається і закінчується в піцерії.

##### **STEM-компоненти:**

- Математика: задача комівояжера, комбінаторика, оптимізація
- Технологія: використання Python для генерації та оцінки маршрутів
- Інженерія: проектування ефективної логістики
- Наука: застосування алгоритмів наближеного розв'язання

##### **Підхід до розв'язання:**

1. Аналітична частина: оцінка складності задачі (8! можливих маршрутів)
2. Програмування: написання програми для перебору або евристичного пошуку
3. Візуалізація: побудова графа міста та оптимального маршруту
4. Аналіз результатів: порівняння різних алгоритмічних підходів

##### **Задача 2: Моделювання розповсюдження інформації (Теорія графів + Експоненціальне зростання)**

**Умова:** У соціальній мережі кожен користувач має в середньому 50 друзів. Якщо користувач ділиться новиною, то через годину половина його друзів також її поділиться. Скільки користувачів дізнається про новину через  $n$  годин, якщо спочатку її поділився один користувач?

##### **STEM-компоненти:**

- Математика: експоненціальне зростання, теорія графів, ймовірність
- Технологія: симуляція процесу в Python
- Наука: епідеміологічні моделі, мережева динаміка

- Інженерія: проектування алгоритмів розповсюдження інформації

### **Розширення:**

- Що зміниться, якщо врахувати, що деякі користувачі вже бачили новину?
- Як змодельовати різну активність користувачів?
- Порівняти з реальними даними розповсюдження в соціальних мережах

### **Задача 3: Геометрія мостобудування (Геометрія**

#### **+ Інженерія)**

**Умова:** Необхідно спроектувати міст, який перетинає річку завширшки 100 метрів. Міст має мати форму параболічної арки. Висота арки в найвищій точці має бути 20 метрів. Знайдіть рівняння параболи та обчисліть довжину дуги мосту.

#### **STEM-компоненти:**

- Математика: парабола, інтеграли для обчислення довжини дуги
- Технологія: GeoGebra для візуалізації, числові методи для інтеграції
- Інженерія: принципи розподілу навантаження в арочних конструкціях
- Наука: фізика сил та моментів

#### **Дослідження:**

- Як змінюється довжина дуги залежно від висоти арки?
- Яка форма арки є оптимальною з точки зору міцності?
- Побудова фізичної моделі з картону або дерев'яних паличок

### **Задача 4: Криптографія та теорія чисел (Прості числа + Безпека)**

**Умова:** Система RSA-шифрування використовує два прості числа для генерації ключів. Нехай  $p = 61$  та  $q = 53$ . Обчисліть відкритий та закритий ключі, зашифруйте повідомлення.

#### **STEM-компоненти:**

- Математика: прості числа, модульна арифметика, алгоритм Евкліда

- Технологія: програмування алгоритмів шифрування/дешифрування
- Інженерія: проектування безпечних систем комунікації
- Наука: основи криптографії та інформаційної безпеки

**Проект:**

- Створити програму для генерації RSA-ключів
- Дослідити складність факторизації великих чисел
- Порівняти різні методи шифрування

## Додаток Б

### ПРОГРАМА ПОЗАКЛАСНОЇ РОБОТИ З МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ

#### Пояснювальна записка

Програма розрахована на учнів 5-7 класів і передбачає 72 години занять на рік (2 години на тиждень протягом навчального року). Програма інтегрує традиційну олімпіадну підготовку з STEM-технологіями.

#### Мета програми

Розвиток математичних здібностей учнів, підготовка до участі в олімпіадах, формування STEM-компетентностей та підвищення мотивації до вивчення математики.

#### Завдання програми

- Поглибити знання учнів з основних розділів олімпіадної математики
- Сформувати навички розв'язування нестандартних задач
- Розвинути технологічну грамотність та обчислювальне мислення
- Навчити використовувати STEM-технології для математичних досліджень
- Розвинути креативність, критичне мислення та навички колаборації
- Підвищити мотивацію до вивчення математики та STEM-дисциплін
- Підготувати до успішної участі в математичних олімпіадах

#### Тематичний план

№	Тема	Годин	STEM-компонент
<b>Розділ 1. Вступ до STEM-математики (8 год)</b>			
1	Знайомство з програмою. Що таке STEM-освіта	2	GeoGebra demo
2	Основи роботи з GeoGebra	2	GeoGebra
3	Вступ до програмування на Python	2	Python

4	Математичні експерименти та висування гіпотез	2	Python, GeoGebra
<b>Розділ 2. Арифметика та теорія чисел (12 год)</b>			
5	Подільність. Ознаки подільності	2	Python
6	Прості та складені числа. Решето Ератосфена	2	Python
7	НСД та НСК. Алгоритм Евкліда	2	Python
8	Діофантові рівняння	2	Python
9	Системи числення	2	Python
10	Проект: Криптографія та прості числа	2	Python, проект
<b>Розділ 3. Комбінаторика (10 год)</b>			
11	Правила суми та добутку	2	Візуалізація
12	Перестановки, розміщення, сполучення	2	Python
13	Принцип Діріхле	2	Моделювання
14	Графи та їх застосування	2	Python, NetworkX
15	Проект: Оптимізація маршрутів	2	Python, проект
<b>Розділ 4. Геометрія (14 год)</b>			
16	Властивості трикутників	2	GeoGebra
17	Чотирикутники та їх властивості	2	GeoGebra
18	Коло та його властивості	2	GeoGebra
19	Геометричні перетворення 6	2	GeoGebra
20	Площі фігур	2	GeoGebra

## **Очікувані результати**

### **Учні знатимуть:**

- Основні розділи олімпіадної математики
- Класичні олімпіадні методи та прийоми
- Можливості використання STEM-технологій для математичних досліджень
- Принципи створення математичних моделей

### **Учні вміти будуть:**

- Розв'язувати олімпіадні задачі різних рівнів складності
- Використовувати GeoGebra для геометричних досліджень
- Програмувати на Python для математичних обчислень
- Формулювати та перевіряти математичні гіпотези
- Працювати над STEM-проектами індивідуально та в командах
- Презентувати результати своїх досліджень

### **Методичні рекомендації**

Кожне заняття має включати:

1. Актуалізацію знань (5-10 хв)
2. Вивчення нового матеріалу з інтеграцією технологій (30-40 хв)
3. Практичну роботу (30-40 хв)
4. Рефлексію та домашнє завдання (10 хв)

Рекомендується чергувати індивідуальну та групову роботу, теоретичні заняття та практичні дослідження, роботу з класичними задачами та STEM- проекти.

## Додаток В

### ЗРАЗКИ НАВЧАЛЬНО- МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

#### Конспект заняття: "Дослідження простих чисел за допомогою Python"

**Клас:** 6-7

**Тривалість:** 90 хвилин

**Мета:** Поглибити знання учнів про прості числа, навчити використовувати програмування для математичних досліджень, розвинути навички формулювання та перевірки гіпотез.

**Обладнання:** Комп'ютери з Python 3.x, проектор

#### Хід заняття:

##### *I. Організаційний момент (5 хв)*

Привітання, перевірка готовності до роботи, оголошення теми та мети заняття.

##### *II. Актуалізація знань (10 хв)*

Питання для обговорення:

- Що таке просте число?
- Як перевірити, чи є число простим?
- Чи існує найбільше просте число?
- Які властивості простих чисел ви знаєте?

##### *III. Вивчення нового матеріалу (30 хв)*

##### 1. Алгоритм перевірки простоти числа (10 хв)

Обговорення наївного алгоритму та його оптимізації (перевірка дільників до  $\sqrt{n}$ ).

Демонстрація коду:

```
def is_prime(n):
    if n < 2:
        return False
    for i in range(2, int(n**0.5) + 1):
        if n % i == 0:
            return False
    return True
```

##### 2. Решето Ератосфена (10 хв)

Пояснення алгоритму з візуалізацією на дошці. Демонстрація коду:

```
def sieve_of_eratosthenes(limit):
    is_prime = [True] * (limit + 1)
    is_prime[0] = False
    is_prime[1] = False
    for i in range(2, int(limit**0.5) + 1):
        if is_prime[i]:
            for j in range(i*i, limit + 1, i):
                is_prime[j] = False
    return [i for i in range(limit + 1) if is_prime[i]]
```

### 3. Властивості простих чисел (10 хв)

- Теорема про нескінченність простих чисел
- Розподіл простих чисел
- Гіпотеза Гольдбаха
- Прості-близнюки

## IV. Практична робота (35 хв)

**Завдання 1 (10 хв):** Написати програму для знаходження всіх простих чисел до 1000.

**Завдання 2 (15 хв):** Дослідити розподіл простих чисел:

- Скільки простих чисел у кожній сотні від 1 до 1000?
- Побудувати графік розподілу
- Сформулювати гіпотезу про тенденцію

**Завдання 3 (10 хв):** Перевірити гіпотезу Гольдбаха для парних чисел до 100: чи можна кожне парне число більше 2 подати у вигляді суми двох простих чисел?

## V. Рефлексія (10 хв)

- Що нового дізналися?
- Які труднощі виникли?
- Як програмування допомогло в дослідженні?
- Які питання залишилися?

## Домашнє завдання:

1. Знайти всі прості-близнюки (пари простих чисел, що відрізняються

на 2) до 1000

2. Дослідити, скільки простих чисел є паліндромами до 10000

3. Написати есе: "Чому прості числа важливі в сучасному світі"(криптографія, безпека даних)

### **Робочий аркуш: "Геометричні дослідження в GeoGe**

**Тема:** Властивості трикутника

**Мета:** Експериментально виявити та довести властивості замінних точок трикутника.

#### **Частина 1. Точка перетину медіан**

**Завдання 1.** Побудуйте довільний трикутник ABC у GeoGebra.

**Завдання 2.** Побудуйте три медіани трикутника. (Підказка: медіана – це відрізок, що з'єднує вершину з серединою протилежної сторони)

**Завдання 3.** Позначте точку перетину медіан G (центроїд).

**Завдання 4.** Виміряйте відстані від G до вершин та від G до середин сторін. Які ви помічаєте закономірності?

**Гіпотеза:** \_\_\_\_\_

**Завдання 5.** Перемістіть вершини трикутника. Чи зберігається виявлена закономірність?

**Завдання 6.** Спробуйте довести свою гіпотезу аналітично, використовуючи координати.

#### **Частина 2. Точка перетину висот**

**Завдання 7.** У новому вікні побудуйте трикутник та три його висоти.

**Завдання 8.** Чи перетинаються висоти в одній точці? Позначте цю точку H (ортоцентр).

**Завдання 9.** Що відбувається з положенням H при зміні форми трикутника? Дослідіть гострокутний, прямокутний та тупокутний трикутники.

**Спостереження:** \_\_\_\_\_

#### **Частина 3. Коло дев'яти точок**

**Завдання 10.** Побудуйте трикутник ABC, його ортоцентр H та центроїд G.

**Завдання 11.** Позначте:

- Середини сторін трикутника
- Середини відрізків від вершин до ортоцентра
- Основи висот

**Завдання 12.** Побудуйте коло, що проходить через ці 9 точок. (Функція "Коло через 3 точки")

**Завдання 13.** Що ви помітили? Сформулюйте гіпотезу про коло дев'яти точок.

**Гіпотеза:** \_\_\_\_\_

**Додаткове дослідження:**

Дослідіть пряму Ейлера – пряму, що проходить через ортоцентр H, центроїд G та центр описаного кола O. Яке співвідношення між відстанями HG та GO?

**Висновки:**

Що ви дізналися про властивості трикутника? Як GeoGebra допомогло у дослідженні?

**Рубрика оцінювання STEM-проекту**

Критерій	Початковий (1-2)	Базовий (3-4)	Достатній (5-6)	Високий (7-8)
Математичний зміст	Поверхневе використання математики	Коректне використання базових концепцій	Глибоке розуміння математичних ідей	Оригінальні математичні інсайти

Використання STEM-технологій	Мінімальне використання технологій	Базове використання інструментів	Ефективне використання різних інструментів	Творче та експертне використання технологій
Дослідницький процес	Несистематичний підхід	Систематичний але базовий підхід	Добре структуроване дослідження	Глибоке дослідження з рефлексією
Колаборація (для групових проєктів)	Нерівний розподіл роботи	Базова координація	Ефективна командна робота	Синергія та взаємне навчання
Презентація результатів	Неясна презентація	Зрозуміла базова презентація	Чітка та добре структурована презентація	Переконлива та професійна презентація
Творчість	Стандартний підхід	Деякі оригінальні елементи	Креативні рішення	Високо інноваційний підхід

**Загальний бал:** \_\_\_\_\_ / 48

**Коментарі:**

## Додаток Г

### АНКЕТИ ТА ОПИТУВАЛЬНИКИ

#### Анкета для учнів: Мотивація до вивчення мате- матики

*Інструкція:* Оцініть, наскільки ви згодні з кожним твердженням за шка-  
лою від 1 до 5, де:

1 – повністю не згоден/на, 2 – скоріше не згоден/на, 3 – важко відповісти,  
4 – скоріше згоден/на, 5 – повністю згоден/на

1. Мені подобається вивчати математику \_\_\_\_\_
2. Я впевнений/а у своїх математичних здібностях \_\_\_\_\_
3. Математика корисна для моєї майбутньої кар'єри \_\_\_\_\_
4. Я намагаюся розв'язувати складні математичні задачі навіть коли це  
важко \_\_\_\_\_
5. Мені подобається працювати над математичними проектами \_\_\_\_\_
6. Я вважаю себе людиною, яка добре розуміється на математиці \_\_\_\_\_
7. Мені цікаво дізнаватися про застосування математики в реальному  
житті \_\_\_\_\_
8. Я хотів/ла б мати професію, пов'язану з математикою чи  
технологіями \_\_\_\_\_
9. Коли я не можу розв'язати задачу, я продовжую намагатися \_\_\_\_\_
10. Математичні олімпіади – це цікаво \_\_\_\_\_

#### Відкриті питання:

1. Що вам найбільше подобається в математиці?
2. Що вам найбільше не подобається в математиці?
3. Як ви думаєте, які професії потребують хороших знань математики?

#### Опитувальник STEM-ідентичності

*Інструкція:* Оцініть твердження за шкалою 1-5.

1. Я вважаю себе людиною, яка добре розуміється на науці та  
технологіях \_\_\_\_\_

2. Мої друзі вважають мене "технічною" людиною \_\_\_\_\_
3. Я можу уявити себе в майбутньому на STEM-професії (інженер, програміст, вчений тощо) \_\_\_\_\_
4. Я впевнений/а у використанні технологій для розв'язування задач \_\_\_\_\_
5. Я відчуваю, що належу до STEM-спільноти \_\_\_\_\_
6. Інші люди заохочують мене займатися наукою та технологіями \_\_\_\_\_
7. STEM-дисципліни відповідають моїм інтересам та цінностям \_\_\_\_\_
8. Я регулярно використовую технології для навчання та дозвілля \_\_\_\_\_

**Дякуємо за участь у дослідженні!**

## Додаток Д

### ПРИКЛАДИ УЧНІВСЬКИХ STEM-ПРОЕКТІВ

#### Проект 1: "Математика соціальних мереж"

**Автори:** Учні 7 класу (група з 3 осіб)

**Тривалість:** 4 тижні

**Анотація:** Проект присвячений дослідженню математичних закономірностей у соціальних мережах. Учні моделювали розповсюдження інформації, досліджували властивості графів соціальних зв'язків та аналізували ефективність різних алгоритмів рекомендацій.

#### Математичний зміст:

- Теорія графів (вершини, ребра, степінь вершини, шляхи)
- Експоненціальне зростання
- Комбінаторика (кількість можливих з'єднань)
- Теорія ймовірностей

#### STEM-технології:

- Python з бібліотекою NetworkX для роботи з графами
- Matplotlib для візуалізації
- Симуляції процесів розповсюдження інформації

#### Основні результати:

- Створено модель соціальної мережі з 100 користувачами
- Досліджено швидкість розповсюдження інформації залежно від структури мережі
- Виявлено "вузлові" користувачі, через яких інформація поширюється найшвидше
- Порівняно теоретичні розрахунки з результатами симуляції

**Висновки учнів:** "Ми виявили, що математика дуже важлива для розуміння того, як працюють соціальні мережі. Найцікавіше було побачити, як теоретичні формули експоненціального зростання працюють у реальних симуляціях."

## **Проект 2: "Золотий перетин у природі та мистецтві"**

**Автор:** Учень 6 класу (індивідуальний проект)

**Тривалість:** 3 тижні

**Анотація:** Дослідження золотого перетину, його математичних властивостей та проявів у природі, архітектурі та мистецтві.

### **Математичний зміст:**

- Відношення та пропорції
- Ірраціональні числа
- Послідовність Фібоначчі
- Геометричні побудови

### **STEM-технології:**

- GeoGebra для геометричних побудов
- Python для обчислення чисел Фібоначчі
- Обробка зображень для аналізу пропорцій у фотографіях

### **Основні результати:**

- Побудовано золотий прямокутник у GeoGebra
- Створено візуалізацію спіралі Фібоначчі
- Проаналізовано фотографії природних об'єктів (раковини, квіти)
- Досліджено використання золотого перетину в архітектурі Львова

**Висновок учня:** "Найбільше мене вразило, що одне математичне число може з'являтися в стільки різних місцях – від квітів до будівель. Тепер я дивлюся на світ по-іншому."

## **Проект 3: "Оптимальна стратегія у грі"**

**Автори:** Учні 7 класу (пара)

**Тривалість:** 2 тижні

**Анотація:** Математичний аналіз стратегії у грі "Камінь, ножиці, папір, ящірка, Спок" та розробка оптимального алгоритму гри.

**Математичний зміст:**

- Теорія ігор
- Теорія ймовірностей
- Статистичний аналіз
- Графи (представлення правил гри)

**STEM-технології:**

- Python для програмування гри та симуляцій
- Статистичний аналіз результатів
- Машинне навчання (базові концепції)

**Основні результати:**

- Створено програму для гри проти комп'ютера
- Реалізовано три стратегії: випадкова, з адаптацією, з передбаченням
- Проведено 10000 симуляцій для кожної стратегії
- Статистично доведено, що стратегія з адаптацією є найефективнішою

**Висновки учнів:** "Ми думали, що у грі немає стратегії, бо все випадкове. Але математика показала, що можна передбачати поведінку суперника і використовувати це!"