

Міністерство освіти і науки України
Бердянський державний педагогічний університет
кафедра фізики, математики та методики навчання

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

**МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ НА
УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ
ОСВІТИ**

Кваліфікаційна робота магістра (бакалавра)

Виконавець: здобувач другого рівня вищої освіти,
групи м2ма_з
Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність: 014.04 Середня освіта
(Математика)
Освітньо-професійна програма: «Середня освіта
(Математика)»
ПІБ: **Ігор ЄЛІЗАРОВ**
Керівник: канд. пед. наук, ст. викладач **Світлана**
ПАНОВА

Рецензент: д. пед. наук, професор **Віталій АЧКАН**

Запоріжжя – 2025

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ЄЛІЗАРОВА Ігора Георгійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи “ Методика впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти ”

керівник роботи: ПАНОВА Світлана Олегівна ,

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

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

2. Строк подання студентом роботи: 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: дослідження методичних аспектів впровадження проєктного навчання на уроках математики, розробка, наукове обґрунтування та перевірка в освітньому процесі методичних рекомендацій щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти.

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

1. Вивчити теоретичні, психолого-педагогічні та нормативно-правові засади впровадження проєктного навчання на уроках математики.
2. Розробити методичні рекомендації щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики.
3. Розробити математичні навчальні проєкти для учнів основної та старшої профільної школи.

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

<i>№ з/п</i>	<i>Назва етапів кваліфікаційної роботи</i>	<i>Строк виконання етапів роботи</i>	<i>Примітка</i>
	Формулювання теми кваліфікаційної роботи, підготовка вступу, складання плану	Вересень 2024 р.	
	Аналіз літературних джерел за темою дослідження. Підготовка підрозділів 1.1, 1.2.	Січень 2025р.	
	Підготовка підрозділу 1.3. Написання висновків до першого розділу.	Березень 2025р.	
	Підготовка до проведення до експериментального дослідження.	Квітень 2025р.	
	Написання 2 розділу за темою дослідження та за результатами експерименту.	Вересень 2025р.	
	Оформлення підсумкового варіанту кваліфікаційної роботи відповідно до чинних вимог.	Грудень 2025р.	

Здобувач:



 (підпис)

Ігор ЄЛІЗАРОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи:



Світлана ПАНОВА

ЗМІСТ

3

ВСТУП

**РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИКИ
ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ НА УРОКАХ
МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

..... 6

1.1. Теоретичні засади впровадження проєктного навчання на уроках
математики в закладах загальної середньої
освіти..... 9

1.2. Психолого-педагогічні засади впровадження проєктного навчання
на уроках математики в закладах загальної середньої освіти 14

1.3. Нормативно-правові засади впровадження проєктного навчання
математики в закладах загальної середньої освіти 23

Висновки до першого розділу..... 31

**РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНОГО
НАВЧАННЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

..... 33

2.1. Методичні рекомендації щодо впровадження проєктного навчання
на уроках математики в закладах загальної середньої освіти
..... 33

2.2. Розробка математичних навчальних проєктів для основної та
старшої профільної школи..... 41

2.3. Експериментальне впровадження результатів дослідження..... 49

Висновки до другого розділу..... 60

ВИСНОВКИ 61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 63

Декларація використання ГШІ (GAIDeT)..... 64

ДОДАТКИ..... 70

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

- ЗЗСО – заклад загальної середньої освіти;
- PBL – Project-Based Learning (проектне навчання)

ВСТУП

У сучасних умовах трансформації системи освіти особливої актуальності набувають інноваційні підходи до організації навчального процесу, що забезпечують розвиток особистості учня, його пізнавальної активності, творчості та самостійності. Одним із таких підходів є проєктне навчання (project-based learning), яке виступає ефективним засобом реалізації діяльнісного, компетентнісного та особистісно орієнтованого підходів у шкільній освіті². Його теоретичні засади сформувалися ще на початку XX століття завдяки працям американських педагогів Дж. Дьюї, В. Кілпатріка, Е. Коллінза та інших, а згодом знайшли відображення у працях українських та європейських педагогів, а також у концепціях сучасних освітніх реформ.

Проєктне навчання розглядається як особливий спосіб організації навчально-пізнавальної діяльності, що передбачає самостійне або групове виконання учнями практично зорієнтованого завдання, яке має чітку структуру, визначені цілі та очікувані результати. Такі завдання є міждисциплінарними, проблемними за своєю суттю, орієнтованими на реальні життєві ситуації та спрямованими на набуття учнями нових знань, умінь і компетентностей. Як зазначають дослідники, проєктне навчання дозволяє учням застосовувати знання та навички для вирішення реалістичних проблем у реальному світі, підвищує їхню відповідальність за виконаний обсяг роботи, а вчитель виступає у ролі тренера та фасилітатора.

У XXI столітті одним з основних завдань освіти є формування в учнів ключових компетентностей, які забезпечують їхню готовність до успішної самореалізації. Проєктне навчання є дієвим інструментом реалізації компетентнісного підходу, передбаченого Державними стандартами базової та профільної середньої освіти⁸. Воно сприяє розвитку таких компетентностей, як вільне володіння державною мовою, здатність спілкуватися рідною та іноземними мовами, математична компетентність, компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій, інноваційність, екологічна компетентність, інформаційно-комунікаційна компетентність, навчання впродовж життя, громадянські та

соціальні компетентності, культурна компетентність, підприємливість та фінансова грамотність. Проектна діяльність дозволяє формувати всі ці компетентності одночасно, що є її значною перевагою.

Особливої уваги заслуговує те, що проектна діяльність є потужним засобом формування математичної компетентності, яка має універсальне значення в сучасному суспільстві. Завдяки роботі над математичними проектами учні вчаться застосовувати математичні знання для моделювання реальних ситуацій, аналізу та інтерпретації даних, прийняття рішень, оцінки результатів та прогнозування подій.

У старшій профільній школі, де учні вже мають певну предметну підготовку та здатні до абстрактного мислення, проектне навчання дає змогу не лише зміцнити предметні знання, а й створити умови для професійного самовизначення. Математичні проекти можуть мати прикладну спрямованість (економіка, інженерія, програмування, статистика), що розширює горизонт майбутнього вибору професії.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення якості математичної освіти та формування ключових компетентностей учнів основної та старшої профільної школи в умовах сучасних освітніх реформ, зокрема Нової української школи. Проектне навчання є ефективним інструментом для досягнення цих цілей, оскільки воно сприяє розвитку критичного мислення, самостійності, творчості, співпраці та здатності застосовувати знання на практиці, що є вкрай важливим для успішної самореалізації особистості.

Мета дослідження: розробити, науково обґрунтувати та перевірити в освітньому процесі методичні рекомендації щодо впровадження проектного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

1. Вивчити теоретичні, психолого-педагогічні та нормативно-правові засади впровадження проектного навчання на уроках математики.
2. Розробити методичні рекомендації щодо впровадження проектного навчання на уроках математики.

3. Розробити математичні навчальні проєкти для учнів основної та старшої профільної школи.

Об'єкт дослідження: процес навчання математики у в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження: методика впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти.

Методи дослідження: 1) *теоретичні*: аналіз, синтез, узагальнення та систематизація наукової та методичної літератури з проблем проєктного навчання, педагогіки, дидактики та методики викладання математики з метою визначення актуальності, формулювання мети, об'єкта, предмета і завдань дослідження, а також виявлення теоретичних, психолого-педагогічних та нормативно-правових засад впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти; 2) *емпіричні*: вивчення та аналіз існуючого педагогічного досвіду впровадження проєктного навчання на уроках математики.

Теоретичне і практичне значення дослідження полягає у теоретичному обґрунтованні, розробці та апробуванні методичних рекомендацій впровадження проєктного навчання на уроках математики в ЗЗСО та типових прикладів математичних навчальних проєктів, які можуть бути використані вчителями математики для ефективної організації проєктної діяльності у старшій профільній школі. Це сприятиме формуванню ключових компетентностей учнів, підвищенню їхнього інтересу до вивчення математики, розвитку критичного мислення та підготовці до успішної самореалізації у сучасному суспільстві.

Оприлюднення результатів досліджень . У ході підготовки кваліфікаційної роботи опубліковані тези доповіді: «Методика впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти». "Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях": матеріали X Всеукраїнської наук.-практ. Інтернет-конф. (26 вересня 2025 р.). Запоріжжя: БДПУ, 2025. С. 131–133.

Структура магістерської роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів основного матеріалу, загальних висновків, списку

використаних джерел (51 позиція). Загальний обсяг роботи – 86 с., з яких 54 с. – основна частина. Робота містить 5 рисунків, 3 таблиці.

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

1.1. Теоретичні засади впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти

У сучасних умовах трансформації системи освіти особливої актуальності набувають інноваційні підходи до організації навчального процесу, що забезпечують розвиток особистості учня, його пізнавальної активності, творчості та самостійності. Одним із таких підходів є проєктне навчання (англ. project-based learning), яке виступає ефективним засобом реалізації діяльнісного, компетентнісного та особистісно орієнтованого підходів у шкільній освіті [**Error! Reference source not found.**].

Проєктне навчання має глибокі теоретичні корені. Його засади сформувалися ще на початку ХХ століття завдяки працям американських педагогів Дж. Дьюї, В. Кілпатріка, Е. Коллінза та інших. Особливої популярності цей метод набув у 1920–1930-х роках як альтернатива традиційному навчальному процесу, що базувався переважно на заучуванні готових знань. Згодом ідеї проєктного підходу знайшли відображення у працях українських та європейських педагогів, таких як Сухомлинський В., Шатало В., Фребель Ф., Монтесорі М., Френє С., а також у концепціях сучасних освітніх реформ [**Error! Reference source not found.**, 17-30].

У контексті педагогічної теорії проєктне навчання розглядається як особливий спосіб організації навчально-пізнавальної діяльності, що передбачає самостійне або групове виконання учнями практично зорієнтованого завдання, яке має чітку структуру, визначені цілі та очікувані результати. Такі завдання, як правило, є міждисциплінарними, проблемними за своєю суттю, орієнтованими на реальні життєві ситуації та спрямованими на набуття учнями нових знань, умінь і компетентностей. Тобто «проєктне навчання – це метод, навчаючись за яким, учні, певний час досліджуючи і реагуючи на справжні, цікаві та складні питання,

отримують потрібні знання та навички» [Error! Reference source not found.].

Упровадження проєктного навчання (Project-Based Learning — PBL) у шкільну математичну освіту є ефективним засобом реалізації сучасних вимог до якості освіти, визначених Державними стандартами базової середньої та профільної освіти [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.] та концепцією «Нова українська школа» [Error! Reference source not found.]. Проєктна діяльність забезпечує формування ключових компетентностей, розвиток особистості учня, його здатності до самонавчання, саморозвитку й адаптації в динамічному суспільстві знань.

Науково-методичні джерела підтверджують, що методика проєктного навчання в математиці базується на таких теоретичних засадах:

1. Компетентнісний підхід. Згідно з матеріалами збірника інтернет-конференції (Черкаси, 2018), проєктні технології сприяють розвитку комунікативних, інформаційних, соціальних та полікультурних компетентностей учнів. Метод проєктів дає змогу інтегрувати предметні знання з різних галузей, формувати навички критичного мислення, співпраці та відповідальності за результат навчання [Error! Reference source not found.].

2. Розвиток творчих здібностей учнів. У статті Потікун С. та Жерновникової О. (2024) зазначається, що проєктне навчання дозволяє розвивати уяву, асоціативне мислення, інтуїцію, абстрагування, уміння узагальнювати та систематизувати знання. Проєктна діяльність створює умови для застосування альтернативних підходів до розв'язання математичних проблем, інтеграції з мистецтвом, інформатикою та іншими галузями [Error! Reference source not found.].

3. Педагогічна підтримка та індивідуалізація навчання. Проєктна методика передбачає суб'єкт-суб'єктну взаємодію між учителем та учнем. Згідно з дослідженням Дейниченка Т.І. та ін., педагог виступає як ментор, який супроводжує учнів у процесі реалізації проєктів, надає підтримку, сприяє розвитку самостійності й рефлексії. Це дозволяє реалізовувати індивідуальні освітні траєкторії та розвивати внутрішню мотивацію [Error! Reference source not found.].

found.].

4. Інтеграція знань і міжпредметна взаємодія. Метод проєктів дозволяє поєднати математику з іншими предметами. Наприклад, дослідження тем «Математика в повсякденному житті», «Математика і мистецтво», «Алгоритми в природі» дають змогу учням побачити практичну цінність математичних знань і сприяють міждисциплінарному мисленню [Error! Reference source not found.].

5. Практична спрямованість та застосування знань. Проєктна діяльність ґрунтується на розв'язанні прикладних задач. Учні залучаються до дослідження реальних проблем, використовуючи математичні методи для їх вирішення. Це підсилює мотивацію, сприяє осмисленню матеріалу й формує здатність застосовувати знання на практиці [Error! Reference source not found.].

6. Використання сучасних цифрових технологій. Серед ефективних засобів реалізації PBL в математиці — математичні моделі, віртуальні лабораторії, інтерактивні середовища, онлайн-платформи. Вони забезпечують візуалізацію процесів, активізацію пізнавальної діяльності, можливість співпраці в цифровому просторі [Error! Reference source not found.].

Також, на думку дослідників [Error! Reference source not found.] проєктне навчання передбачає, що учні можуть застосовувати знання та навички для вирішення реалістичних проблем у реальному світі; підвищується рівень відповідальності учня за виконаний обсяг роботи; вчителі виконують ролі тренерів та фасилітаторів дослідження, проводять рефлексії; часто учні працюють в парах або групах. У кінці проєкт передбачає створення власного продукту

До ключових характеристик проєктного навчання відносять [Error! Reference source not found.]:

- наявність значущої проблеми або теми, яка викликає пізнавальний інтерес;
- самостійне або групове планування діяльності учнів;
- застосування дослідницьких методів, пошук інформації з різних джерел;
- створення практичного, творчого або соціально значущого

продукту;

- презентація результату діяльності;
- рефлексія та самооцінювання.

Основними принципами проєктного навчання виділяють **[Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]**:

1. Цілеспрямованість – кожен проєкт має чітку мету, яка узгоджується з навчальними програмами, інтересами учнів та соціальними потребами. Цей принцип підкреслює, що проєкт не є самоціллю, а засобом для досягнення конкретних освітніх результатів. Мета проєкту має бути зрозумілою для учнів, мотивувати їх і відповідати реальним навчальним або життєвим завданням. PBLWorks (раніше Buck Institute for Education) **[Error! Reference source not found.]**: Вони наголошують на важливості "Driving Question" (рушійного запитання) або "Challenging Problem" (складної проблеми), яка формує чітку мету проєкту та спрямовує дослідження учнів. Ці запитання мають бути відкритими, але чітко сфокусованими на основних концепціях. У матеріалах НУШ часто згадується, що проєктне навчання має бути пов'язане з реалістичними проблемами та реальними цілями, що підвищує відповідальність учнів **[Error! Reference source not found.]**.

2. Проблемність – основою проєкту є проблема, що потребує дослідження, аналізу та вирішення. Проблемність є серцевиною проєктного навчання. Учні стикаються з реальним, комплексним викликом, який не має одного очевидного рішення. Це стимулює їх до критичного мислення, пошуку інформації та розробки власних стратегій **[Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]**.

3. Інтеграція знань – проєктна діяльність сприяє інтеграції знань з різних галузей, міжпредметних зв'язків. Справжні проблеми рідко обмежуються однією дисципліною. Проєктне навчання природно вимагає від учнів застосовувати знання та навички з різних предметів (математика, наука, мови, мистецтво тощо) для вирішення завдання. Підкреслюється, що воно "integrates knowing and doing" (інтегрує знання та діяльність) і часто є "interdisciplinary" (міждисциплінарним)

[Error! Reference source not found.].

4. Самостійність і відповідальність – учні виступають активними учасниками освітнього процесу, самостійно приймають рішення, організовують роботу, відповідають за результат. Проєктне навчання переносить фокус з учителя на учня, надаючи йому більшу автономію та відповідальність за власне навчання. Учні вчаться планувати, організовувати час, керувати ресурсами та брати на себе наслідки своїх рішень. Зазначається, що проєктне навчання прагне, щоб учні "have independence in completing the tasks they face" (мали незалежність у виконанні завдань, з якими стикаються) **[Error! Reference source not found.].** У статті "Promoting independence through project-based learning" прямо говорить про те, як PBL допомагає розвивати саморегуляцію та самостійність учнів **[Error! Reference source not found.].**

5. Співпраця – значна частина проєктів реалізується в групах, що сприяє розвитку комунікативних навичок, умінь працювати в команді. Проєктна діяльність часто передбачає командну роботу, оскільки складні проблеми рідко вирішуються самостійно. Це розвиває критично важливі навички 21 століття, такі як комунікація, переговори, спільне прийняття рішень та розподіл обов'язків. Зокрема на "Collaborative learning" як один з чотирьох ключових принципів PBL, де учні "are encouraged to learn from and discuss with others." (заохочуються вчитися та обговорювати з іншими) говориться в статті **[Error! Reference source not found.].** У статті "Developing student collaboration in project-based learning" детально розглядаються стратегії розвитку співпраці в PBL **[Error! Reference source not found.].**

6. Рефлексивність – важливим етапом є осмислення отриманого досвіду, оцінювання власної діяльності. Рефлексія є невід'ємною частиною проєктного навчання, дозволяючи учням осмислити процес навчання, проаналізувати успіхи та невдачі, ідентифікувати, що було вивчено, і визначити напрямки для подальшого зростання **[Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.].**

Отже, методика проєктного навчання на уроках математики забезпечує реалізацію ключових завдань сучасної освіти — розвиток творчого мислення,

формування компетентностей, підготовку до реального життя. Успішне впровадження проєктного навчання потребує методичної підготовки вчителя, педагогічної підтримки учня, інтеграції ІКТ, а також створення інноваційного освітнього середовища. Це робить проєктне навчання дієвим інструментом підвищення ефективності та якості математичної освіти в закладах загальної середньої освіти.

Також, сутність проєктного навчання як педагогічного явища полягає у переорієнтації освітнього процесу з передачі знань на їх самостійне здобуття, аналіз і практичне застосування. При цьому вчитель виступає не стільки джерелом знань, скільки фасилітатором, консультантом, наставником, що спрямовує та підтримує учнів на всіх етапах проєктної діяльності.

У сучасних освітніх умовах проєктне навчання тісно пов'язується з такими поняттями, як STEM-освіта, проблемно-орієнтоване навчання, гейміфікація, дослідницький підхід, що свідчить про його гнучкість і універсальність.

1.2. Психолого-педагогічні засади впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти

У сучасному освітньому просторі, що невпинно трансформується під впливом глобальних викликів, зростає потреба у формуванні компетентностей, які виходять за межі традиційного засвоєння знань. На зміну репродуктивним моделям навчання приходять інноваційні підходи, серед яких особливе місце посідає проєктне навчання. Ця педагогічна технологія дозволяє учням не лише опановувати навчальний матеріал, а й розвивати критичне мислення, креативність, навички співпраці та самостійного пошуку рішень. Особливої актуальності набуває впровадження проєктного навчання на уроках математики, оскільки воно спроможне подолати абстрактність предмету, наблизити його до реального життя та значно підвищити навчальну мотивацію учнів.

Проєктне навчання ґрунтується на низці ключових психолого-педагогічних принципів, що забезпечують його ефективність та доцільність.

1. Активність, самостійність та конструктивізм

Принцип активності: Фундаментальною засадою проєктного навчання є перетворення учня з пасивного отримувача інформації на активного суб'єкта освітнього процесу **[Error! Reference source not found.]**. Діти самостійно визначають цілі, планують діяльність, здійснюють пошук та аналіз інформації, а також створюють власний освітній продукт. Це повністю відповідає ідеям конструктивізму, де знання не транслуються, а активно конструюються самими учнями через їхню взаємодію з навколишнім світом та проблемними ситуаціями **[Error! Reference source not found.]**.

Принцип самостійності базується на тому, що проєктна діяльність стимулює розвиток здатності до самостійного прийняття рішень, планування та реалізації власних ідей. Роль педагога при цьому еволюціонує від основного джерела знань до фасилітатора, консультанта та наставника, який підтримує та спрямовує учнів **[Error! Reference source not found.]**.

2. Внутрішня мотивація та особистісне зростання

Мотиваційна складова: Однією з найважливіших переваг проєктного навчання є його здатність формувати стійку внутрішню мотивацію до пізнання. Завдяки роботі над проєктами, що часто пов'язані з розв'язанням реальних, життєвих проблем, учні бачать практичну цінність вивченого матеріалу та відчують особистий сенс у навчанні **[Error! Reference source not found., с. 11]**.

Задоволення від досягнення. Успішне завершення проєкту, створення відчутного, конкретного результату приносить учням глибоке задоволення від досягнутого. Це зміцнює їхню впевненість у власних силах, сприяє розвитку позитивної самооцінки та формуванню проактивної життєвої позиції **[Error! Reference source not found.]**.

3. Розвиток когнітивних та метакогнітивних навичок.

Проєктне навчання сприяє розвитку метакогнітивних навичок, таких як: критичне, системне та креативне мислення; вміння ставити цілі, планувати і контролювати власну діяльність; командна взаємодія; відповідальність за спільний результат; адаптивність до нових умов і викликів. Метакогнітивні навички — це

універсальні способи діяльності, які дозволяють учням не просто засвоювати знання, а й самостійно їх здобувати, аналізувати, застосовувати в різних контекстах і контролювати власне навчання.

Креативність виявляється в пошуку нестандартних рішень, генерування нових ідей та творчого підходу до розв'язання проблем, яке є невід'ємною частиною проєктної роботи, що стимулює розвиток креативності та оригінальності мислення **[Error! Reference source not found.]**. Розвиток системного мислення відбувається під час роботи над проєктом, що часто вимагає інтеграції знань з різних предметних галузей та бачення проблеми в цілому, що сприяє формуванню системного мислення та здатності встановлювати міжпредметні зв'язки.

Метакогнітивні навички розвиваються у процесі реалізації проєкту коли учні вчаться самостійно планувати свою діяльність, контролювати її хід, оцінювати проміжні та кінцеві результати, а також вносити корективи. Це сприяє розвитку метакогнітивних навичок – уміння вчитися та рефлексувати над власною навчальною діяльністю **[Error! Reference source not found.]**.

Проєктна діяльність вимагає від учнів постійного аналізу інформації, виокремлення ключових ідей, оцінки достовірності джерел, формулювання аргументів та обґрунтованих висновків. Це є основою для розвитку критичного мислення **[Error! Reference source not found.]**. Проєктне навчання за своєю суттю вимагає від учнів аналізувати інформацію, оцінювати її достовірність, висувати гіпотези, обґрунтовувати свої рішення та шукати оптимальні шляхи вирішення проблем. Це є основою критичного мислення **[Error! Reference source not found.]**. У статті "Критичне мислення та його формування в сучасній вищій освіті" Акімова О. зазначає, що "проєктна діяльність розвиває навички критичного мислення завдяки необхідності оцінки різних підходів, вирішення проблем та обґрунтування обраних рішень."

Також проєктне навчання за своєю природою вимагає від учнів самостійно визначати етапи роботи, розподіляти час, встановлювати проміжні цілі та відстежувати прогрес. Вчитель виступає як фасилітатор, а не як той, хто надає готові рішення **[Error! Reference source not found.]**. Більшість проєктів у

сучасному освітньому просторі реалізуються в групах. Це спонукає учнів до співпраці, розподілу ролей, ефективної комунікації, вирішення конфліктів та розуміння, що успіх проєкту залежить від спільних зусиль кожного члена команди [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]. Проєкти часто передбачають непередбачувані ситуації, потребують постійного пошуку нових рішень, гнучкості та вміння пристосовуватися до змін. Це вчить учнів бути стійкими та інноваційними. На Українському освітньому порталі AR Book, у статті "Проєктне навчання як стратегія мотивування учнів: Переваги та виклики" зазначається, що цей підхід "підготовляє їх до вирішення реальних проблем і викликів сучасного світу." [Error! Reference source not found.].

Проєктне навчання допомагає розвивати "здатність до адаптації. Вміння пристосовуватися до змін і залишатися гнучким у нових ситуаціях допомагає учням та студентам впоратися з викликами і новими обставинами." [Error! Reference source not found.]. У дослідженні "Acquisition of transversal competencies through a project-based learning model..." згадується розвиток "Інноваційні та універсальні рішення в мінливих середовищах, які створюють цінність і позитивний вплив", що прямо стосується адаптивності. [Error! Reference source not found.].

Ці джерела підтверджують, що проєктне навчання є потужним інструментом для розвитку не лише предметних знань, а й широкого спектру метапредметних умінь, які є фундаментальними для успішної життєдіяльності та подальшої освіти.

4. Соціалізація та формування комунікативних компетентностей

Командна робота. Більшість проєктів передбачає групову діяльність, що створює оптимальні умови для розвитку навичок співпраці, розподілу обов'язків, взаємодопомоги та конструктивного вирішення конфліктів. Учні вчаться працювати в команді, поважати думки інших та знаходити спільні рішення [Error! Reference source not found.].

Комунікативні навички: Ефективна взаємодія в групі, презентація результатів, обговорення та дискусії сприяють розвитку комунікативних навичок:

уміння чітко висловлювати свої думки, активно слухати, переконувати та знаходити компроміси.

Емпатія та толерантність: Робота в різнобічних групах сприяє розвитку емпатії – здатності розуміти почуття та потреби інших, а також формуванню толерантного ставлення до різних точок зору.

5. Формування ключових компетентностей Нової української школи

Проектне навчання, за своєю суттю, є інтегративним і спрямоване на формування ключових компетентностей, визначених у Концепції Нової української школи (НУШ) [Error! Reference source not found.]. Зокрема, воно сприяє розвитку наступних ключових компетентностей:

1. Вільне володіння державною мовою та здатність спілкуватися рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами

Проектне навчання створює численні ситуації для інтенсивного мовного спілкування. Учні активно комунікують під час обговорення ідей, планування роботи, розподілу обов'язків, презентації результатів та захисту своїх проєктів. Це вимагає від них чіткого і логічного висловлення думок як в усній, так і в письмовій формі, використання відповідної термінології та дотримання мовних норм. У процесі дослідження учні шукають, аналізують і синтезують інформацію з різних джерел, що розвиває навички читання, розуміння та критичної оцінки текстів, зокрема медіатекстів. Для іноземних мов проєктна діяльність може включати пошук іншомовних джерел, спілкування з носіями мови (наприклад, через онлайн-платформи), що поглиблює міжкультурну комунікацію.

2. Математична компетентність

Саме тут проектне навчання демонструє свою найбільшу перевагу. Особливої уваги заслуговує те, що проєктна діяльність є потужним засобом формування математичної компетентності, яка в сучасному суспільстві має універсальне значення. Завдяки роботі над математичними проєктами, учні вчаться застосовувати математичні знання для: моделювання реальних ситуацій; аналізу та інтерпретації даних; прийняття рішень; оцінки результатів; прогнозування подій. Замість абстрактних задач, учні працюють над реальними проблемами, які

вимагають застосування математичних знань та методів. Це може бути розрахунок бюджету проєкту, аналіз статистичних даних, моделювання процесів (наприклад, розповсюдження вірусу, динаміка популяції), створення графіків або діаграм для візуалізації інформації. Така діяльність робить математику зрозумілою та практично цінною, підвищуючи її усвідомлення в особистому та суспільному житті. Учні вчать не просто розв'язувати типові задачі, а самостійно обирати необхідний математичний апарат для конкретної ситуації.

3. Компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій

Проєкти часто мають міждисциплінарний характер і можуть інтегрувати знання з природничих наук (фізики, хімії, біології), а також елементів техніки та технологій. Учні проводять дослідження, експериментують, аналізують дані, формують гіпотези та роблять висновки. Це сприяє формуванню наукового світогляду, розумінню взаємозв'язків у природі та впливу людської діяльності. Наприклад, проєкт із розробки "зеленого" будинку вимагатиме знань з фізики (теплопровідність), біології (екосистеми) та технологій (енергозберігаючі матеріали).

4. Інноваційність

Проєктне навчання за своєю суттю є інноваційним. Воно вимагає від учнів відкритості до нових ідей, пошуку нестандартних рішень та готовності долати труднощі. Учні вчать ініціювати зміни, адже кожен проєкт – це, по суті, міні-інновація, яка створює новий продукт чи вирішує проблему. Робота над проєктом формує стійкість до невдач, адже процес проб і помилок є її невід'ємною частиною, що виховує впевненість у власних силах та здатність навчатися на помилках.

5. Екологічна компетентність

Багато проєктів можуть бути спрямовані на розв'язання екологічних проблем, дослідження впливу людської діяльності на довкілля, розробку способів ощадливого використання ресурсів або пропаганду екологічного способу життя. Через такі проєкти учні усвідомлюють екологічні основи природокористування, формують відповідальне ставлення до навколишнього середовища та розуміють важливість сталого розвитку суспільства.

6. Інформаційно-комунікаційна компетентність

Проектна діяльність немислима без використання цифрових технологій. Учні шукають інформацію в інтернеті, працюють з електронними базами даних, створюють презентації, відео, веб-сайти, використовують онлайн-інструменти для співпраці. Це сприяє впевненому, критичному та відповідальному використанню цифрових технологій, формуванню навичок академічної доброчесності та безпечної роботи в цифровому середовищі. Окрім того, учні розвивають навички візуалізації, роботи з математичними програмами (наприклад, GeoGebra, Excel), презентування ідей та рішень, що наближує їхню навчальну діяльність до реального життя, професійної сфери та сучасних технологічних стандартів.

7. Навчання впродовж життя

Проектне навчання є втіленням принципу "навчання через діяльність". Учні самостійно визначають свої потреби в знаннях та навичках для реалізації проєкту, шукають відповідні ресурси та освоюють нову інформацію. Це розвиває здатність до самонавчання, вміння організовувати власну навчальну діяльність, рефлексувати над нею та шукати підтримки за потреби. Кожен новий проєкт стає новим етапом у безперервному процесі розвитку компетентностей.

8. Громадянські та соціальні компетентності

Робота в команді над спільним проєктом є чудовим тренажером для розвитку соціальних навичок. Учні вчаться співпрацювати, розподіляти ролі, брати на себе відповідальність, вирішувати конфлікти, слухати і поважати думку інших. Проєкти часто спрямовані на вирішення суспільно значущих проблем (наприклад, покращення шкільного простору, допомога місцевій громаді), що формує активну громадянську позицію, ініціативність та відповідальність за добробут суспільства.

9. Культурна компетентність

Проєкти можуть бути присвячені вивченню культурних традицій, мистецьких здобутків України та світу. Учні можуть створювати творчі продукти, які відображають культурну спадщину (наприклад, віртуальний музей, презентація про народні промисли). Це розвиває інтерес до культурних цінностей, шанобливе ставлення до традицій та здатність розуміти різні форми культурного вираження.

10. Підприємливість і фінансова грамотність

Проектне навчання прямо стимулює розвиток підприємливості. Учні генерують ідеї, планують їх реалізацію, оцінюють ризики та можливості, керують ресурсами (часом, матеріалами). Якщо проєкт має на меті створення певного продукту або послуги, це розвиває вміння працювати в команді, розв'язувати проблеми та брати відповідальність за прийняті рішення. Елементи фінансової грамотності можуть бути включені через складання бюджету проєкту, пошук ресурсів, аналіз витрат та прибутків.

Проектна діяльність дає змогу формувати всі вказані компетентності одночасно, що є значною перевагою цього методу. На це вказують багато досліджень та наукових робіт у сфері педагогіки та психології, які підтверджують комплексну природу розвитку компетентностей через проєктне навчання. Вони часто розглядають, як конкретні проєктні завдання можуть одночасно активізувати різні групи навичок. Наприклад, під час реалізації математичного проєкту учні можуть: аналізувати статистичні дані (математична компетентність, критичне мислення.), оформлювати результати дослідження у вигляді презентацій або інфографіки (інформаційно-цифрова, креативність, комунікативна компетентність (візуалізація)), проводити опитування серед однолітків (соціальна компетентність, комунікативна компетентність), здійснювати пошук літературних джерел (уміння вчитися, інформаційно-цифрова компетентність (якщо пошук цифровий), готувати виступи (комунікативна), презентувати проєкт у публічному просторі (ініціативність і самовираження, комунікативна компетентність, соціальна компетентність) [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.].

PBLWorks є світовим лідером у розробці та просуванні проєктного навчання. Їхня "Gold Standard PBL" модель прямо підкреслює розвиток "21st Century Success Skills" (навичок успіху 21 століття), які охоплюють ті ж самі сфери, що і ключові компетентності. Вони стверджують, що ці навички, такі як критичне мислення, співпраця, комунікація, креативність, саморегуляція, розвиваються органічно і одночасно під час виконання реальних проєктів [Error! Reference source not found.].

found.]. На їхньому сайті також є численні статті та приклади, які демонструють, як різні проєкти (в тому числі математичні або наукові) інтегрують розвиток широкого спектру навичок.

Крім того, у старшій профільній школі, де учні вже мають певну предметну підготовку та здатні до абстрактного мислення, проєктне навчання дає змогу не лише зміцнити предметні знання, а й створити умови для професійного самовизначення учнів. Математичні проєкти можуть мати прикладну спрямованість (економіка, інженерія, програмування, статистика), що розширює горизонт майбутнього вибору професії.

Таким чином, проєктне навчання є сучасним дидактичним інструментом, який поєднує розвиток інтелектуальних, емоційних, соціальних та практичних складових особистості учня. Його застосування на уроках математики у в основній та старшій школі дає змогу забезпечити не лише засвоєння навчального матеріалу, а й формування цілісної, компетентної, самостійної, критично мислячої особистості.

На уроках математики проєктне навчання може бути реалізовано через різноманітні форми, які демонструють прикладну цінність предмету.

По-перше, це розв'язання прикладних задач, яке полягає у створенні проєктів, що відображають застосування математики у повсякденному житті, науці, техніці, економіці (наприклад, розрахунок оптимального маршруту подорожі, моделювання фінансових інвестицій, аналіз демографічних даних).

Дослідницькі проєкти допомагають глибокому вивченню математичних закономірностей, історичних аспектів розвитку математики, біографій видатних математиків, дослідження математичних парадоксів.

Творчі проєкти полягають у розробці математичних ігор, головоломок, створення динамічних моделей геометричних фігур, розробка інтерактивних презентацій, що пояснюють складні математичні концепції тощо.

Ключовим аспектом успішного впровадження є чітке структурування проєктної діяльності, що включає етапи: вибір теми, планування, дослідження, збір та аналіз даних, розробка продукту, презентація результатів та рефлексія [**Error!**

Reference source not found.].

Впровадження проєктного навчання вимагає від педагогів глибокого розуміння його методології, готовності до зміни традиційних ролей, значних часових витрат на підготовку та супровід проєктів. Серед потенційних викликів – необхідність забезпечення належного матеріально-технічного та інформаційного супроводу, а також формування нової освітньої культури, яка б сприяла самостійності та ініціативності учнів.

Однак, незважаючи на ці виклики, перспективи проєктного навчання в математичній освіті є надзвичайно широкими. Воно не лише поглиблює розуміння математичних концепцій, а й формує комплекс ключових компетентностей, які є фундаментальними для успішного особистісного та професійного розвитку в ХХІ столітті.

Отже, проєктне навчання на уроках математики ґрунтується на міцних психолого-педагогічних засадах, що передбачають активну участь учня в освітньому процесі. Його впровадження дозволяє не тільки підвищити ефективність засвоєння математичних знань, але й розвинути широкий спектр особистісних якостей та ключових компетентностей, необхідних для повноцінної реалізації потенціалу кожної дитини та її успішної адаптації в сучасному, динамічному світі.

1.3. Нормативно-правові засади впровадження проєктного навчання математики в закладах загальної середньої освіти

Впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти ґрунтується на низці ключових нормативно-правових документів України. Ці документи не лише визначають загальні принципи функціонування освіти, але й прямо чи опосередковано створюють підґрунтя для застосування інноваційних педагогічних підходів, до яких належить і проєктне навчання. Аналіз цих документів дозволяє зрозуміти, як саме проєктна діяльність рекомендується та підтримується на державному рівні.

Закон України «Про освіту» [Error! Reference source not found.] є базовим документом, що визначає правові, організаційні та фінансові засади функціонування і розвитку освітньої системи України. Хоча він не згадує проєктне навчання безпосередньо, його положення створюють широкі можливості для впровадження цієї методології.

Закон наголошує на необхідності формування ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації, навчання впродовж життя, громадянської активності та працевлаштування. Як було зазначено у пункті 1.2 даного дослідження саме проєктне навчання є одним з найбільш ефективних засобів для розвитку таких компетентностей, як математична грамотність, інформаційно-цифрова компетентність, ініціативність та підприємливість, соціальні та громадянські компетентності (ст. 12).

Також Закон гарантує педагогічним працівникам академічну свободу, включаючи "свободу викладання, свободу від втручання в педагогічну діяльність" (ст. 54). Це дає вчителям право обирати та впроваджувати ефективні педагогічні технології, зокрема проєктне навчання, для досягнення освітніх цілей. А заклади освіти отримують більшу автономію у виборі форм, методів і засобів навчання (ст. 26). Це розширює можливості для впровадження проєктного навчання на рівні окремих шкіл, класів або освітніх програм.

Таким чином, Закон «Про освіту» створює необхідну нормативну базу для розвитку компетентнісного підходу та надає педагогам свободу у виборі методів, що сприяють формуванню цих компетентностей, включно з проєктним навчанням.

Концепція Нової української школи (НУШ) [Error! Reference source not found.] є основним ідеологічним документом, що визначає стратегічні напрями реформування середньої освіти в Україні. Вона прямо вказує на проєктне навчання як на один з ключових механізмів реалізації нового змісту освіти.

Концепція акцентує увагу на компетентнісному підході, де навчання орієнтується не лише на знання, а й на вміння їх застосовувати в реальних життєвих ситуаціях. Проєктна діяльність, за своєю суттю, є практико-орієнтованою і чудово сприяє цьому. У ХХІ столітті одним з основних завдань освіти є формування в

учнів ключових компетентностей, які забезпечують їхню готовність до успішної самореалізації в умовах швидкозмінного інформаційного суспільства. У цьому контексті проєктне навчання є надзвичайно дієвим інструментом реалізації компетентнісного підходу, передбаченого низкою нормативних документів, в тому числі Державними стандартами базової та профільної середньої освіти [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.].

Згідно з нормативними документами, ключовими компетентностями, які мають бути сформовані у випускника школи є [Error! Reference source not found.]:

1) вільне володіння державною мовою, рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами, що передбачає здатність ефективно спілкуватися усно й письмово, критично опрацьовувати інформацію з різних джерел, обстоювати власні погляди та використовувати мовні засоби для особистих і суспільних цілей, враховуючи міжкультурні особливості;

3) математична компетентність, що передбачає вміння застосовувати математичні знання та методи для розв'язання реальних життєвих проблем, моделювати ситуації та усвідомлювати значення математики;

4) компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій, що передбачають формування наукового світогляду, здатність пояснювати світ природи, досліджувати, робити доказові висновки та усвідомлювати відповідальність за вплив людської діяльності.;

5) інноваційність, що передбачає готовність до змін, здатність долати труднощі, ініціювати нововведення, ставити цілі та впевнено їх досягати.;

6) екологічна компетентність, що передбачає Усвідомлення основ природокористування, необхідності охорони природи, ощадливого використання ресурсів та важливості збереження довкілля для сталого розвитку;

7) інформаційно-комунікаційна компетентність, що передбачає впевнене, критичне та відповідальне використання цифрових технологій для розвитку, спілкування, навчання та дотримання академічної доброчесності;

8) навчання впродовж життя, що передбачає здатність визначати власні

потреби в навчанні, знаходити ресурси для саморозвитку, організовувати своє навчання та працювати як самостійно, так і в команді;

9) громадянські та соціальні компетентності, пов'язані з ідеями Усвідомлення української національної та громадянської ідентичності, готовність до захисту національних інтересів, відповідальна участь у суспільному житті, толерантність, вміння співпрацювати, долати стрес та дбати про здоров'я;

10) культурна компетентність, що передбачає стійкий інтерес до культурних і мистецьких здобутків України та світу, повага до традицій, здатність розуміти та цінувати творчі форми вираження;

11) підприємливість і фінансова грамотність, що передбачають Ініціативність, здатність реалізовувати ідеї, створювати цінність, керувати власним життям і кар'єрою, вирішувати проблеми та працювати в команді над проєктами.

НУШ пропагує педагогіку партнерства, що передбачає співпрацю учнів, вчителів та батьків. Проєктне навчання з його акцентом на командній роботі, взаємодії та співпраці учнів між собою, а також із зовнішніми експертами чи спільнотами, ідеально вписується в цю парадигму.

Концепція заохочує використання інноваційних методик, які розвивають критичне мислення, креативність, ініціативність. Проєктне навчання, яке передбачає самостійний пошук рішень, творчий підхід та персоналізацію освітнього процесу, є яскравим прикладом такої інноваційної методики. А це, в свою чергу, є реалізацією інноваційного та особистісно-орієнтованого підходів:

Концепція підкреслює важливість математичної компетентності, що "передбачає здатність застосовувати математичні знання та методи для розв'язання проблем у повсякденному житті" [Error! Reference source not found.]. Проєктне навчання забезпечує саме таку прикладність, дозволяючи учням бачити реальне значення математики поза підручником.

Отже, Концепція НУШ є прямим дороговказом для впровадження проєктного навчання як однієї з фундаментальних педагогічних технологій.

Закон України «Про повну загальну середню освіту» [Error! Reference source not found.] деталізує принципи та механізми реалізації повної загальної

середньої освіти, що закладаються Законом «Про освіту» та Концепцією НУШ. Закон визначає різноманітні форми здобуття освіти, включаючи індивідуальну форму (екстернатна, сімейна (домашня), педагогічний патронаж), які можуть передбачати високу ступінь самостійності учнів та використання проєктних завдань. Заклади освіти розробляють власні освітні програми, що ґрунтуються на Державних стандартах (ст. 11). Це дозволяє інтегрувати проєктну діяльність як обов'язковий елемент навчального плану на різних рівнях освіти. Закладам освіти надається право самостійно організовувати освітній процес (ст. 38), що включає вибір методів та форм роботи. Це зміцнює можливість широкого застосування проєктного навчання, зокрема на уроках математики, з урахуванням специфіки закладу та потреб учнів. Цей Закон створює організаційні передумови для гнучкого впровадження проєктного навчання, надаючи закладам освіти важелі для інтеграції цієї методології в освітній процес.

Державний стандарт базової середньої освіти [**Error! Reference source not found.**] є ключовим документом, що визначає обов'язкові результати навчання учнів на рівні базової середньої освіти та загальні вимоги до їх опанування. Він безпосередньо вказує на використання діяльнісних методів, до яких належить і проєктне навчання.

Стандарт формулює очікувані результати навчання через групи компетентностей, які мають бути сформовані. Зокрема, у математичній освітній галузі [**Error! Reference source not found.**] він вимагає від учнів "досліджувати математичні закономірності", "застосовувати математичні методи для розв'язування проблемних ситуацій" та "моделювати процеси" (розділ IV, Математична освітня галузь). Це є прямим запрошенням до використання проєктної діяльності, оскільки вона дозволяє реалізувати ці вимоги через практичну роботу. У Стандарті наголошується на застосуванні діяльнісного підходу, який передбачає активне залучення учнів до навчального процесу через дослідження, розв'язання проблем, створення продуктів. Проєктне навчання є ідеальною формою реалізації такого підходу. Документ заохочує організацію навчання через спільну діяльність учнів, що є основою проєктної роботи (розділ II,

п. 3).

Таким чином, Державний стандарт базової середньої освіти прямо орієнтує педагогів на використання таких методів, як проєктне навчання, для досягнення визначених результатів, особливо у контексті формування математичної компетентності.

Державний стандарт профільної середньої освіти [**Error! Reference source not found.**], який набуде чинності пізніше, продовжує та поглиблює ідеї компетентнісного та діяльнісного підходів, закладених у попередніх документах, зокрема це буде стосуватися старшої школи.

На профільному рівні, де учні обирають напрями навчання (наприклад, математичний профіль), проєктне навчання може бути використано для поглибленого дослідження математичних проблем, проведення складних розрахунків, створення науково-дослідних робіт.

Також Стандарт профільної освіти спрямований на підготовку учнів до подальшого навчання у ЗВО та майбутньої професійної діяльності. Проєктне навчання моделює реальні робочі ситуації, де потрібне самостійне розв'язання комплексних задач, командна робота та презентація результатів, що є надзвичайно цінним для майбутніх фахівців. У старшій профільній школі особливо важливо розвивати підприємницькі здібності та інноваційне мислення, які є невід'ємними компонентами проєктної діяльності.

Отже, Державний стандарт профільної середньої освіти створює можливості для подальшого розвитку та застосування проєктного навчання як потужного інструменту підготовки учнів до викликів дорослого життя та професійної самореалізації.

З вище викладеного видно, що Концепція НУШ в Україні активно пропагує проєктне навчання саме як інструмент формування ключових компетентностей. У Законі України "Про освіту" [**Error! Reference source not found.**] та державних стандартах [**Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.**] закладені вимоги до формування компетентностей, і проєктна діяльність визнається одним з найефективніших шляхів їхнього комплексного розвитку.

Публікації на освітніх порталах НУШ та Міністерства освіти і науки України часто підкреслюють цю синергію [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]. НУШ акцентує на тому, що учень, працюючи над проєктом, не просто "вивчає математику", а й комунікує, шукає інформацію, презентує, співпрацює, що охоплює різні компетентності. Таким чином проєктне навчання є потужним інструментом для формування ключових компетентностей випускника школи, оскільки воно: інтегрує знання з різних освітніх галузей; створює реальні ситуації для застосування знань і розвитку вмінь; забезпечує високу мотивацію учнів завдяки особистісній значущості діяльності; стимулює самостійність, ініціативність та відповідальність; розвиває навички співпраці та комунікації; формує критичне та творче мислення.

Окрім базових законів та концептуальних документів, важливим підґрунтям для впровадження проєктного навчання математики є чинні навчальні програми. Вони конкретизують зміст, очікувані результати навчання та методичні підходи, які мають застосовуватися. Аналіз програм з математики для 10-11 класів (рівень стандарту, профільний та поглиблений рівні) показує, що проєктне навчання є не просто бажаним, а інтегрованим компонентом освітнього процесу.

Чинні навчальні програми з математики для закладів загальної середньої освіти, починаючи з базового циклу Нової української школи (5-6 класи та 7-9 класи) і до старшої школи (10-11 класи різних рівнів) [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.], системно інтегрують принципи та елементи проєктного навчання. Узагальнений аналіз цих програм дозволяє виокремити ключові аспекти, що свідчать про активну рекомендацію та підтримку застосування проєктної методології в освітньому процесі.

1. Компетентнісний підхід як основа проєктного навчання

Всі без винятку програми орієнтовані на компетентнісний підхід. Це означає, що головною метою навчання є не лише засвоєння знань, а й формування вмінь застосовувати ці знання в реальних життєвих ситуаціях. Проєктне навчання є

ідеальним інструментом для досягнення цієї мети, оскільки воно за своєю суттю є діяльнісним і практико-орієнтованим. Програми прямо вказують на необхідність розвитку усіх ключових компетентностей.

2. Діяльнісний підхід та його реалізація через проєкти. Усі програми наголошують на важливості діяльнісного підходу. Це означає, що навчання має бути побудоване не на пасивному сприйнятті інформації, а на активній участі учнів у пізнавальній діяльності. Проєктне навчання, яке передбачає пошуково-дослідницьку, творчу діяльність, виконання практичних робіт та моделювання, є одним із найефективніших шляхів реалізації діяльнісного підходу.

Прямі згадки про проєктну діяльність є в модельних програмах для НУШ (5-6 та 7-9 класи) безпосередньо вказується на виконання навчальних проєктів як рекомендований вид навчальної діяльності [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]. У програмі для 7-9 класів (інтегрований курс) "Дослідницька, проєктна та пошукова діяльність" є окремою категорією видів навчальної діяльності для різних тем [Error! Reference source not found.]. Це свідчить про системну інтеграцію проєктів у навчальний процес з математики. Програми заохочують формування дослідницьких умінь [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.], що є ключовим компонентом проєктної роботи. Учні мають вчитися аналізувати інформацію, висувати гіпотези, проводити дослідження та формулювати висновки.

Робиться акцент на здатності моделювати процеси та ситуації із застосуванням математичного апарату [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.], що спонукає до використання проєктів, які передбачають побудову та аналіз реальних або імітованих математичних моделей.

Програми підкреслюють важливість міжпредметних зв'язків та інтеграції математичних знань з іншими освітніми галузями [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]. Проєктне навчання є ідеальним інструментом для такої інтеграції, дозволяючи

створювати комплексні проєкти, що поєднують математику з природничими науками, технологіями, мистецтвом, історією, економікою тощо. Це сприяє цілісному сприйняттю світу та розумінню прикладного значення математики.

Всі програми визнають важливість використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Проєктна діяльність природно інтегрує ІКТ через пошук інформації в інтернеті, роботу з програмним забезпеченням для розрахунків та візуалізації даних, створення мультимедійних презентацій та використання онлайн-інструментів для співпраці.

Програми послідовно ставлять завдання розвитку логічного, алгоритмічного, критичного та творчого мислення. Проєктна діяльність, яка вимагає від учнів планування, аналізу, синтезу, оцінювання та генерації нових ідей, є потужним засобом для формування цих складних мисленнєвих операцій.

Аналіз нормативно-правових документів та чинних навчальних програм з математики для закладів загальної середньої освіти України переконливо свідчить про глибоке та системне інтегрування проєктного навчання в сучасну освітню систему.

Нормативно-правові засади, такі як Закони України «Про освіту» та «Про повну загальну середню освіту», а також Державні стандарти базової та профільної середньої освіти, створюють законодавче та методологічне підґрунтя для широкого впровадження проєктної методології. Вони орієнтують освіту на компетентнісний підхід, діяльнісну парадигму та необхідність формування в учнів цілого комплексу ключових компетентностей (наприклад, математичної, інноваційної, інформаційно-комунікаційної, соціальної, підприємницької), що є невід'ємною частиною проєктної діяльності.

У свою чергу, навчальні програми з математики (для 5-6, 7-9 та 10-11 класів різних рівнів) не лише дозволяють, а й активно рекомендують застосування проєктного навчання. Це проявляється у послідовному акценті на розвитку дослідницьких умінь, здатності до моделювання, розв'язання прикладних задач, інтеграції математичних знань з іншими освітніми галузями, а також у прямому включенні проєктної та пошукової діяльності до переліку очікуваних видів роботи

учнів.

Отже, проєктне навчання визнається як одна з ключових та системно підтримуваних педагогічних технологій у системі загальної середньої освіти України. Воно є ефективним засобом для реалізації вимог державних стандартів та навчальних програм, дозволяючи зробити вивчення математики більш осмисленим, практично значущим, мотивуючим та максимально адаптованим до викликів сучасності, ефективно готуючи учнів до успішної самореалізації та подальшого навчання.

Висновки до першого розділу

У першому розділі зроблено теоретико-методологічний аналіз методики впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти та всебічно обґрунтовано важливість та ефективність проєктного навчання (Project-Based Learning – PBL) у сучасній шкільній математичній освіті.

Він розкриває теоретичні засади проєктного навчання математики, починаючи з його історичних коренів та еволюції, підкреслюючи роль як діяльнісного, компетентнісного та особистісно орієнтованого підходу. Визначено ключові характеристики (наявність значущої проблеми, самостійне планування, дослідницькі методи, створення продукту, презентація, рефлексія) та принципи проєктного навчання: цілеспрямованість, проблемність, інтеграція знань, самостійність і відповідальність, співпраця та рефлексивність. Особливий акцент зроблено на тому, що PBL відповідає вимогам Державних стандартів освіти та Концепції «Нова українська школа», сприяючи формуванню ключових компетентностей та адаптації учнів до сучасного суспільства.

Також у розділі детально проаналізовано психолого-педагогічні засади впровадження проєктного навчання. Висвітлено принципи активності, самостійності та конструктивізму, що перетворюють учня на активного суб'єкта освітнього процесу, який конструює власні знання. Підкреслено роль проєктів у формуванні внутрішньої мотивації та особистісного зростання учнів через

розв'язання реальних проблем та досягнення відчутних результатів. Доведено, що проєктне навчання є потужним інструментом для розвитку когнітивних та метакогнітивних навичок (критичного, системного, креативного мислення, вміння планувати, контролювати та рефлексувати над власною діяльністю). Значна увага приділяється соціалізації та формуванню комунікативних компетентностей через командну роботу, що сприяє розвитку співпраці, емпатії та толерантності.

Висновки розділу підтверджують, що проєктне навчання є інтегративним підходом, що системно сприяє формуванню всіх ключових компетентностей Нової української школи (мовної, математичної, природничої, інноваційної, екологічної, інформаційно-комунікаційної, навчання впродовж життя, громадянської, соціальної, культурної, підприємницької та фінансової грамотності). При цьому роль вчителя трансформується з джерела знань на фасилітатора, консультанта та наставника.

Таким чином, у розділі науково обґрунтовано, що проєктне навчання на уроках математики є не просто інноваційним методом, а комплексною педагогічною технологією, яка ефективно забезпечує розвиток творчого мислення, формування всебічних компетентностей та підготовку учнів до успішної життєдіяльності в сучасному світі

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНОГО НАВЧАННЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

1.1. Методичні рекомендації щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти

У школі особливої актуальності набуває реалізація проєктного навчання як методу, що сприяє формуванню ключових компетентностей, розвитку критичного мислення, навичок співпраці та самостійної пізнавальної діяльності учнів. Застосування методу проєктів у викладанні математики відповідає сучасним вимогам Нової української школи, орієнтованої на компетентнісний підхід **[Error! Reference source not found.]**.

На основі теоретико-методичного засад проєктного навчання в освіті та досвіду роботи вчителів практиків було виділено основні вимоги до організації проєктної діяльності **[Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]**:

1. Наявність значущої проблеми (проблемність): проєкт має ґрунтуватися на реальній, цікавій, значущій для учнів проблемі, яка потребує дослідження, аналізу та вирішення. Проблема має бути достатньо складною, щоб вимагати застосування інтегрованих знань і дослідницького пошуку, але водночас доступною для учнів певного віку.

2. Практична, теоретична, пізнавальна значущість результатів: результати проєкту мають бути корисними, мати певну цінність — для учнів, для школи, для громади або для розуміння певної наукової чи соціальної проблеми. Це підвищує мотивацію учнів і надає сенсу їхній роботі.

3. Самостійна діяльність учнів (самостійність і відповідальність): основний обсяг роботи над проєктом має виконуватися самими учнями (індивідуально, в

парах або групах) без прямого керівництва вчителя. Вчитель виступає як фасилітатор, консультант, але не виконавець. Це розвиває відповідальність, ініціативність та вміння приймати рішення.

4. Визначення кінцевих цілей та структури (цілеспрямованість та структурованість): з самого початку проєкту мають бути чітко визначені його цілі та очікувані результати. Проєкт повинен мати продуману структуру, що передбачає поетапні результати, розподіл завдань і термінів.

5. Використання дослідницьких методів: для вирішення проблеми проєкту учні мають застосовувати методи наукового пізнання: пошук інформації, аналіз, синтез, висунення гіпотез, проведення експериментів, збір даних, їх інтерпретація та формулювання висновків.

6. Матеріальне втілення результатів (продукт): проєкт має завершуватися створенням конкретного продукту (матеріального або віртуального), який може бути презентований. Це може бути презентація, модель, звіт, інфографіка, відео, вебсайт, вистава, дослідження тощо.

7. Публічний захист (презентація): обов'язковим етапом є публічна презентація результатів проєкту. Це дає учням можливість продемонструвати свої досягнення, отримати зворотний зв'язок, розвинути комунікативні та презентаційні навички. Аудиторія може бути різною – від однокласників до ширшої спільноти (батьки, запрошені експерти).

8. Рефлексія та оцінювання: після завершення проєкту важливо провести рефлексію — осмислення процесу роботи, досягнутих результатів, набутого досвіду та виявлених труднощів. Оцінювання має бути комплексним, враховувати як кінцевий продукт, так і процес діяльності, а також розвиток компетентностей.

9. Наявність відповідних ресурсів. Для успішної реалізації проєкту необхідно забезпечити доступ учнів до необхідних інформаційних (бібліотека, інтернет), матеріальних (інструменти, матеріали) та людських (консультації вчителя, експертів) ресурсів. Ця вимога є імпліцитною у багатьох методичних рекомендаціях щодо PBL. Ефективне планування проєкту завжди включає оцінку та забезпечення ресурсів.

Дотримання цих вимог є запорукою того, що проєктна діяльність буде не лише цікавою та захопливою для учнів, але й по-справжньому ефективною для їхнього всебічного розвитку.

Також є важливим створення передумов для впровадження проєктного навчання. Сюди можна включити: 1) забезпечити наявність психологічно безпечного та стимулюючого середовища, в якому учень відчуває себе автором власного навчання; 2) розвинути партнерські відносини вчителя з учнями, які ґрунтуються на співпраці, діалозі, фасилітації; 3) провести інструктаж щодо формату проєктної роботи, оцінювання, організації групової співпраці та використання цифрових ресурсів.

Організація проєктної діяльності потребує врахування таких методичних аспектів:

1. Визначення цілей і завдань проєкту, що відповідають навчальним програмам з математики для 5–11 класів.
2. Вибір виду проєкту (інформаційний, дослідницький, прикладний, творчий).
3. Формат проведення: індивідуальні, парні або малі групи (до 4-х учнів).
4. Визначення етапів роботи над проєктом: постановка проблеми, формулювання цілей, планування, пошук і аналіз інформації, оформлення результатів, презентація, рефлексія.

Як зазначає О. І. Пометун, метод проєктів передбачає активну позицію учня, де вчитель виступає координатором і консультантом [**Error! Reference source not found.**].

Дуже важлива у цьому процесі є роль учителя. Учитель: виконує роль наставника, координатора, фасилітатора; мотивує; координує; контролює терміни виконання; забезпечує ресурсами (в тому числі ІКТ); допомагає формулювати висновки та презентувати їх. Це забезпечує якісний педагогічний супровід, який має включати: допомогу в постановці мети; координацію дослідження; мотиваційну підтримку; консультації щодо методів математичного аналізу тощо.

У процесі проєктної роботи необхідно забезпечити розвиток формування

ключових компетентностей: математичної компетентності — застосування знань у реальних ситуаціях; комунікативної — вміння презентувати, дискутувати; інформаційно-цифрової — робота з цифровими джерелами, ІКТ; соціальної та громадянської — співпраця, відповідальність, емпатія; ініціативності та підприємливості — планування проєкту, керування ресурсами.

Використання онлайн-сервісів (Google Docs, Padlet, Trello) сприяє ефективній співпраці та фіксації проміжних результатів. Інтеграція цифрових технологій значно розширюють можливості проєктної діяльності.

Рекомендуємо застосовувати наступні сервіси

- GeoGebra, Desmos — для створення динамічних моделей, побудови графіків;
- Google Sheets, Excel — для обчислень і статистики, аналізу даних;
- Canva, PowerPoint, Prezi — для оформлення презентацій;
- Padlet, Google Docs, Padlet, Trello — для онлайн-співпраці;
- Mentimeter, Jamboard, Miro — для залучення до ідей.

На основі вище зазначеного нами було виділено етапи впровадження проєктного навчання на уроках математики.

1. Підготовчий етап: створення умов.

1.1. Педагогічні передумови впровадження проєктного навчання на уроках математики.

Рекомендації: формуйте розвивальне середовище, яке сприяє ініціативності, співпраці, рефлексії; застосовуйте принцип "учитель — фасилітатор": не навчає, а супроводжує учня; перед початком навчального року сплануйте теми, де можлива реалізація проєктної діяльності.

1.2. Організаційні ресурси

Рекомендації: забезпечте доступ до джерел інформації: підручники, бібліотека, інтернет; підготуйте цифрові інструменти: GeoGebra, Desmos, Canva, Padlet, Excel тощо; уточніть можливості міжпредметної взаємодії з учителями інформатики, географії, біології, історії.

2. Вибір тематики та проєктів

2.1. Критерії вибору теми: актуальність, значущість, міжпредметний характер; зв'язок з життєвими ситуаціями (наприклад, «Оптимальний бюджет подорожі» або «Математика в архітектурі»); відповідність віку учнів та навчальній програмі (зокрема для 10–11 класів — рівень стандарту або профільний).

3. Структура реалізації проєкту

Алгоритм планування та реалізації проєкту зображено на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Алгоритм упровадження проєкту у ЗЗСО

Проектну діяльність пропонуємо реалізовувати у 7 логічних етапів:

Етап 1. Формулювання проблеми, мети та очікуваних результатів: має бути "рушійне запитання" (driving question), яке стимулює дослідження. Проблема має бути складною, міждисциплінарною, але досяжною для учнів.

Етап 2. Планування етапів діяльності (використання таймлайну): створюється таймлайн із дедлайнами, визначаються етапи; учні (або вчитель з ними) розподіляють ролі в команді (лід, дизайнер, аналітик, доповідач).

Етап 3. Пошук та аналіз інформації: застосовуються дослідницькі методи (аналіз, синтез, гіпотези, обґрунтування); інформація може бути з відкритих джерел, експериментів, опитувань.

Етап 4. Математичне обґрунтування: використовується апарат шкільної математики: графіки, моделі, формули, статистика; формується логічна аргументація результатів.

Етап 5. Створення продукту: продукт має бути матеріальним або цифровим

(презентація, макет, звіт, сайт, відео); обов'язковий зв'язок з реальним або освітнім середовищем.

Етап 6. Презентація: публічний захист перед класом, учителями, запрошеними; презентація може мати візуальну або усну форму (Canva, Google Slides, відео).

Етап 7. Рефлексія та оцінювання: запровадьте індивідуальну рефлексію (що вдалося, які труднощі виникли, чого навчилися); формувальне оцінювання — протягом проєкту; підсумкове оцінювання — за рубрикатором: самостійність, науковість, оригінальність, аргументація, співпраця, оформлення.

4. Формати організації роботи

Форми роботи над проєктом можуть бути індивідуальні, парні, малі групи (3–5 учнів). Одним із форматів організації проєктної діяльності є групова робота. Проєкти доцільно виконувати у малих командах (3–5 учнів), із розподілом ролей: лідер, аналітик, дизайнер, доповідач тощо. Потрібно навчити учнів комунікувати, домовлятися, ділитися завданнями, надавати конструктивний зворотний зв'язок.

Тривалість проєкту може варіюватися від 1 уроку (мікропроєкт) до 2–3 тижнів (груповий міжпредметний проєкт).

Форми презентації: урок-захист, постерна сесія, онлайн-виставка, відео на YouTube, інтерактивна дошка (Padlet, Miro).

5. Цифрові інструменти для проєктів

Таблиця 2.2

Рекомендовані цифрові інструменти

Функція	Інструменти
Побудова графіків	GeoGebra, Desmos
Візуалізація результатів	Canva, Infogram, PowerPoint
Розрахунки	Excel, Google Sheets
Спільна робота	Google Docs, Miro, Padlet
Презентація	Prezi, Google Slides, Canva

6. Оцінювання

Рекомендуємо поєднувати: формувальне оцінювання: коментарі, підтримка, запитання; підсумкове оцінювання (логіка викладу; математична грамотність; інноваційність і творчий підхід; командна робота; оформлення продукту); самооцінювання та взаємооцінювання: листи рефлексії, чек-листи, короткі анкети.

Оцінювання проєктної діяльності має бути комплексним, формувальним, прозорим. Під час оцінювання рекомендується поєднувати: формувальне оцінювання — зворотний зв'язок під час виконання; підсумкове оцінювання — за критеріями: науковість, глибина, дизайн, самостійність. Варто передбачити самооцінювання та взаємооцінювання — це розвиває відповідальність і вміння рефлексувати. Рекомендується оцінювати: хід дослідження; якість математичних обґрунтувань; співпрацю в групі; креативність і практичну значущість продукту; рефлексію учнів. Важливо надати учням матрицю оцінювання, де враховуються: точність, логіка викладу, креативність, аргументація, співпраця. Зручно використовувати рубрикатори (rubrics) з чіткими критеріями (Таблиця 2.3).

Таблиця 2.3

Шаблон рубрикатора для оцінювання навчального математичного проєкту

Критерій	Високий рівень (3 бали)	Середній рівень (2 бали)	Початковий рівень (1 бал)
Математична грамотність	Розрахунки точні, аргументовані	Переважно точні, з незначними помилками	Є суттєві помилки
Логіка та структура	Дуже чітка, послідовна	Загалом логічна	Частково нелогічна
Презентація продукту	Креативна, оформлена охайно	Стандартна, охайна	Неповна або неохайна
Командна співпраця	Усі активно працювали	Переважно брали участь	Частина учнів не була залучена
Самостійність	Робота виконана самостійно	З мінімальною допомогою	Переважно за допомогою вчителя

Максимум: 15 балів

7. Типові теми математичних проєктів

Отже, найважливішим є підбір тематики та типу проєктів, що має відповідати програмі, бути актуальними, життєво значущими, викликати інтерес і мати міжпредметний потенціал. Типи проєктів варто варіювати. В закладах загальної середньої освіти доцільно реалізовувати такі види математичних проєктів:

1. Прикладні (розрахунок бюджету подорожі, енергоспоживання, обчислення витрат, побудова графіків залежностей, аналіз статистичних даних тощо);
2. Дослідницькі (аналіз статистичних даних, властивостей функцій, побудова моделей, вивчення історії математичних відкриттів, дослідження історії чисел, розвиток алгебри, біографії математиків тощо тощо);
3. Творчі (створення математичних вікторин, моделей, мистецьких орнаментів тощо).
4. Інтердисциплінарні проєкти (математика + інформатика, біологія, економіка тощо).

Приклади тем проєктів для різних класів представлені у додатку А. Наприклад, у 10 класі можна реалізувати проєкт «Математика в архітектурі», де учні досліджують застосування пропорцій, симетрії та геометричних фігур у проєктуванні будівель. А у 5 класі дослідити математику в повсякденному житті «Як математика допомагає в магазині», «Математика в кулінарії: як поділити піцу», «Обираємо найкращий шкільний рюкзак: порівняльний аналіз» тощо. Ці проєкти відповідають державним навчальним програмам; активізують мислення, дослідження та творчість; поєднують математику з реальним життям, мистецтвом, природничими науками, економікою, ІТ, з реальними проблемами суспільства та технологіями.

Вище було наведено етапи впровадження проєктного навчання в курс математики в ЗЗСО, яке дає змогу розвивати ключові компетентності НУШ; актуалізувати практичну значущість математики; формувати вміння працювати в команді та критично мислити; підвищити мотивацію та включеність учнів у процес навчання. У додатках наведено шаблон для оцінювання проєктів; розроблено

приклади презентації до проєкту; та шаблон методичних рекомендацій.

Таким чином, методика впровадження проєктного навчання на уроках математики має бути гнучкою, компетентнісно орієнтованою та інноваційною. Її реалізація передбачає глибоке розуміння педагогом сутності PBL, цілеспрямовану підготовку учнів до самостійної пізнавальної діяльності, залучення сучасних інструментів і створення умов для навчання через дослідження. Такий підхід дозволяє не лише підвищити інтерес до математики, а й сформувати життєво важливі навички та компетентності.

2.2. Розробка математичних навчальних проєктів для старшої профільної школи

Згідно з наданими методичними рекомендаціями нами були розроблені проєкти для 10 та 11 класів з математики на теми «Модель зростання населення», «Функціональні залежності в економіці» та «Оптимальні маршрути», «Розфарбування графів у транспорті». Наведемо плани-конспекти цих проєктів.

10 клас

Проект 1: «Модель зростання населення»

Тематика: Алгебра, початки аналізу

Вид проєкту: Дослідницький, прикладний (практико-орієнтований), інтердисциплінарний.

Цілі та завдання проєкту:

- Дослідити різні математичні моделі зростання населення (лінійна, експоненційна, логістична).
- Зібрати реальні статистичні дані про зростання населення (населеного пункту, країни, світу).
- Побудувати графіки функціональних залежностей для різних моделей.
- Проаналізувати точність моделей та їх обмеження.
- Прогнозувати зростання населення на певний період,

використовуючи обрану модель.

- Розвивати навички аналізу даних, моделювання, роботи з графіками та використання ІКТ.
- Формувати математичну, інформаційно-комунікаційну, громадянську та соціальну компетентності.

Очікувані результати та продукт:

- Презентація (PowerPoint, Canva) з описом моделей, аналізом даних, графіками та висновками.
- Звіт у текстовому редакторі з детальним описом дослідження.
- Електронна таблиця (Excel, Google Sheets) з зібраними даними та розрахунками.
- Можливе створення інтерактивної моделі за допомогою GeoGebra або Desmos.

Етапи роботи над проєктом:

1. Постановка проблеми та формулювання цілей (1-2 уроки):

- Обговорення з учнями проблеми зростання населення в сучасному світі.
- Формулювання ключового запитання: «Як математика може допомогти спрогнозувати зростання населення та які фактори впливають на цей процес?».
- Визначення цілей проєкту.
- Розподіл на групи (3-4 учні в групі).

2. Планування (1 урок):

- Кожна група розробляє план дослідження, визначає джерела інформації (Державна служба статистики України, міжнародні організації).
- Планування етапів збору даних, вибору моделей, розподілу завдань у групі.

3. Пошук і аналіз інформації (3-4 уроки, самостійна робота):

- Збір статистичних даних щодо зростання населення обраного

об'єкта.

- Ознайомлення з теоретичними основами лінійного, експоненційного та логістичного зростання (поняття функції, її графік, властивості).
- Використання наукових методів: пошук інформації, аналіз, синтез.
 - Консультації з учителем щодо математичного апарату.

4. **Оформлення результатів (2-3 уроки, самостійна робота):**

- Проведення розрахунків та побудова графіків функцій за допомогою Excel, Google Sheets, GeoGebra або Desmos⁴.
- Аналіз отриманих результатів, порівняння моделей, виявлення закономірностей.
- Формулювання висновків щодо ефективності моделей⁵.
- Підготовка матеріалів для презентації (слайди, інфографіка, відео)⁶.

5. **Презентація та захист проєкту (1 урок):**

- Публічна презентація результатів роботи кожної групи⁷.
- Обговорення, запитання-відповіді.

6. **Рефлексія та оцінювання (0.5-1 урок):**

- Самооцінювання та взаємооцінювання роботи в групах⁸.
- Обговорення труднощів, успіхів та набутого досвіду⁹.
- Формувальне оцінювання під час виконання проєкту, підсумкове оцінювання за критеріями¹⁰.

Ресурси:

- Доступ до мережі Інтернет для пошуку статистичних даних.
- Комп'ютери/ноутбуки з встановленим програмним забезпеченням (Microsoft Office, або онлайн-сервіси Google Workspace).
- Онлайн-інструменти для візуалізації даних та графіків (GeoGebra, Desmos).
- Платформи для співпраці (Google Drive, Padlet, Miro).

Проект 2: «Функціональні залежності в економіці»

Тематика: Алгебра, початки аналізу

Вид проекту: Прикладний (практико-орієнтований), дослідницький.

Цілі та завдання проекту:

- Дослідити застосування функціональних залежностей у економіці (функції попиту, пропозиції, витрат, прибутку).
- Побудувати математичні моделі простих економічних ситуацій.
- Проаналізувати взаємозв'язок між економічними показниками.
- Розв'язати задачі економічного змісту з використанням функцій.
- Розвивати навички математичного моделювання, аналізу та інтерпретації економічних даних.
- Формувати математичну компетентність, підприємливість та фінансову грамотність.

Очікувані результати та продукт:

- Аналітичний звіт з описом економічних моделей та їх математичного представлення.
- Графіки функцій попиту, пропозиції, витрат, прибутку.
- Розв'язані практичні задачі економічного змісту.
- Презентація, що демонструє застосування функцій у економіці.

Етапи роботи над проектом:

1. **Постановка проблеми та формулювання цілей (1 урок):**
 - Обговорення з учнями ролі математики в економічних процесах.
 - Формулювання ключового запитання: «Як математичні функції допомагають прогнозувати та оптимізувати економічні процеси?»
 - Визначення цілей проекту.
 - Формування груп.
2. **Планування (1 урок):**
 - Визначення конкретних економічних явищ для дослідження (наприклад, ціна та обсяг попиту/пропозиції для певного товару).
 - Планування збору інформації та методів аналізу.

3. Пошук і аналіз інформації (3-4 уроки, самостійна робота):

- Вивчення теоретичного матеріалу щодо економічних функцій.
- Пошук реальних або умовних даних для побудови моделей.
- Побудова функціональних залежностей.
- Аналіз отриманих моделей, виявлення точок рівноваги, максимального прибутку тощо.

4. Оформлення результатів (2-3 уроки, самостійна робота):

- Оформлення розрахунків та графіків.
- Написання висновків та рекомендацій.
- Підготовка презентації.

5. Презентація та захист проєкту (1 урок):

- Демонстрація проєктів та обговорення.

6. Рефлексія та оцінювання (0.5-1 урок):

- Аналіз власної роботи та роботи групи.
- Оцінювання проєкту з боку вчителя та однолітків.

Ресурси:

- Доступ до інформаційних ресурсів з економіки.
- Програмне забезпечення для побудови графіків та обчислень (Excel, GeoGebra, Desmos).

11 клас

Проект 1: «Оптимальні маршрути»

Тематика: Геометрія, комбінаторика

Вид проєкту: Прикладний (практико-орієнтований), дослідницький.

Цілі та завдання проєкту:

- Дослідити математичні методи оптимізації маршрутів (наприклад, задача комівояжера, найкоротший шлях у графі).
- Застосувати вивчені методи для розв'язання реальних задач (наприклад, оптимальний маршрут шкільного автобуса, кур'єрської доставки, туристичного маршруту).
- Використовувати графіки та матриці для представлення задач.

- Розвивати логічне мислення, навички алгоритмізації та пошуку оптимальних рішень.
- Формувати математичну, інформаційно-комунікаційну, інноваційність та підприємливість.

Очікувані результати та продукт:

- Карта з нанесеним оптимальним маршрутом.
- Звіт з описом методу оптимізації та розрахунками.
- Презентація з візуалізацією проблеми та її рішення.
- Можливе створення простої програми або алгоритму для визначення маршруту.

Етапи роботи над проєктом:

1. Постановка проблеми та формулювання цілей (1 урок):

- Обговорення з учнями проблем, пов'язаних з оптимізацією переміщень у повсякденному житті.
- Формулювання ключового запитання: «Як математика допомагає знайти найефективніший маршрут у реальному світі?»
- Визначення цілей проєкту.
- Формування груп.

2. Планування (1 урок):

- Вибір конкретної задачі для оптимізації маршруту (наприклад, розвозка піци, маршрут кур'єра в місті).
- Визначення критеріїв оптимізації (найкоротший шлях, найменший час, мінімальні витрати).
- Визначення джерел інформації (карти, дані про відстані).

3. Пошук і аналіз інформації (3-4 уроки, самостійна робота):

- Вивчення основ теорії графів (вершини, ребра, шляхи, цикли).
- Ознайомлення з алгоритмами пошуку найкоротшого шляху (наприклад, алгоритм Дейкстри) або задачами комівояжера.
- Збір даних про об'єкти та відстані між ними.
- Побудова графа, що моделює ситуацію.

4. **Оформлення результатів (2-3 уроки, самостійна робота):**

- Застосування математичних методів для знаходження оптимального маршруту.
- Візуалізація маршруту на карті.
- Підготовка текстового звіту та презентації.

5. **Презентація та захист проєкту (1 урок):**

- Публічний захист, демонстрація знайдених рішень.

6. **Рефлексія та оцінювання (0.5-1 урок):**

- Аналіз ефективності застосованих методів, обговорення переваг та недоліків.

Ресурси:

- Карти населених пунктів або регіонів.
- Доступ до картографічних сервісів (Google Maps, OpenStreetMap).
- Програмне забезпечення для роботи з графами (якщо вивчається більш глибоко), або просто Excel для роботи з матрицями суміжності/відстаней.

Проект 2: «Розфарбування графів у транспорті»

Тематика: Геометрія, комбінаторика

Вид проєкту: Дослідницький, прикладний (практико-орієнтований).

Цілі та завдання проєкту:

- Дослідити поняття розфарбовування графів та його застосування у транспортній логістиці.
- З'ясувати, як розфарбування графів може допомогти вирішувати проблеми конфліктів у транспортних мережах (наприклад, оптимізація руху, уникнення зіткнень, розподіл ресурсів).
- Побудувати граф, що моделює транспортну ситуацію, та розфарбувати його.
- Розвивати абстрактне мислення, навички моделювання та оптимізації.
- Формувати математичну компетентність, інноваційність та критичне мислення.

Очікувані результати та продукт:

- Звіт з описом теорії розфарбовування графів та її застосуванням у транспорті.
- Візуалізація розфарбованого графа, що демонструє вирішення транспортної проблеми.
- Презентація з прикладами реальних ситуацій.

Етапи роботи над проєктом:

1. Постановка проблеми та формулювання цілей (1 урок):

- Обговорення з учнями проблеми конфліктів та оптимізації руху у транспортних системах.
- Формулювання ключового запитання: «Як математична теорія розфарбовування графів може допомогти уникнути конфліктів та оптимізувати рух транспорту?»
- Визначення цілей проєкту.
- Формування груп.

2. Планування (1 урок):

- Вибір конкретної транспортної ситуації для моделювання (наприклад, розклад руху поїздів на станції, світлофори на перехресті, розподіл літаків на смугах аеропорту).
- Визначення правил "розфарбовування" (які елементи не можуть мати однаковий "колір").

3. Пошук і аналіз інформації (3-4 уроки, самостійна робота):

- Вивчення основних понять теорії розфарбовування графів (хроматичне число, алгоритми розфарбовування).
- Побудова графа, що моделює обрану транспортну проблему, де вершини – об'єкти (поїзди, літаки, автомобілі), а ребра – конфлікти між ними.
- Застосування методів розфарбовування графів для вирішення проблеми.

4. Оформлення результатів (2-3 уроки, самостійна робота):

- Візуалізація розфарбованого графа.
 - Написання пояснювальної записки та висновків щодо застосування методу.
 - Підготовка презентації.
5. **Презентація та захист проєкту (1 урок):**
- Демонстрація розфарбованих графів та пояснення отриманих рішень.
6. **Рефлексія та оцінювання (0.5-1 урок):**
- Обговорення можливостей та обмежень застосування розфарбовування графів у реальному світі.

Ресурси:

- Інформаційні ресурси з теорії графів.
- Програмне забезпечення для побудови графів (наприклад, онлайн-конструктори графів), або навіть ручне малювання для простих випадків.

Загальними методичними аспектами для всіх вище наведених проєктів (відповідно до наданих рекомендацій) :

Роль вчителя: вчитель виступає як фасилітатор, консультант, мотивує учнів, координує роботу, контролює терміни та забезпечує ресурсами (в тому числі ІКТ).

Оцінювання: поєднувати формувальне оцінювання (зворотний зв'язок під час виконання) та підсумкове оцінювання (за критеріями: науковість, глибина, дизайн, самостійність). Передбачити самооцінювання та взаємооцінювання.

Цифрові інструменти: активно використовувати GeoGebra, Desmos для побудови графіків, Google Sheets/Excel для обчислень і статистики, Canva/PowerPoint для презентацій, Padlet/Miro для онлайн-співпраці.

Дотримання вимог до проєктної діяльності: кожен проєкт має базуватися на значущій проблемі, мати практичну / теоретичну цінність, передбачати самостійну діяльність учнів, чіткі цілі та структуру , використання дослідницьких методів, матеріальне втілення результатів (продукт), публічний захист та рефлексію з оцінюванням. Також необхідно забезпечити доступ до відповідних ресурсів.

2.3. Експериментальне впровадження результатів дослідження

Експериментальне впровадження результатів дослідження, спрямоване на апробацію розроблених методичних рекомендацій щодо інтеграції проєктного навчання на уроках математики, проводилося на базі Криворізького ліцею №77 Криворізької міської ради. Метою експериментального впровадження було апробація розроблених методичних рекомендацій, спрямованих на впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти. Апробація охоплювала учнів 5-11 класів, що дозволило оцінити універсальність та адаптивність рекомендацій для різних вікових груп та рівнів освітньої підготовки, відповідно до завдань дослідження, що передбачає виконання запропонованих або розробку нових математичних навчальних проєктів для основної та старшої профільної школи.

Експериментальне впровадження відбувалося у декілька етапів. На підготовчому етапі відбувалося узгодження та планування: На даному етапі було встановлено співпрацю з адміністрацією Криворізького ліцею №77. Проведено зустрічі з дирекцією та вчителями математики для узгодження умов проведення експерименту, визначення термінів, обсягу роботи та критеріїв оцінювання. Спільно розроблено детальний план-графік експериментального впровадження, що враховував навчальний план ліцею та особливості освітнього процесу.

Для забезпечення об'єктивності дослідження було сформовано експериментальні та контрольні групи учнів 5-11 класів. Формування груп здійснювалося таким чином, щоб вони були максимально репрезентативними та співставними за рівнем навчальних досягнень з математики, віковими особливостями та іншими релевантними параметрами. Учні експериментальних груп виконували математичні навчальні проєкти, що були розроблені із застосуванням авторських методичних рекомендацій з впровадження проєктного навчання на уроках математики, тоді як контрольні групи продовжували навчання за традиційною методикою.

Для вчителів математики Криворізького ліцею №77, які брали участь в

експерименті, було організовано та проведено спеціалізований семінар-тренінг. Метою тренінгу було поглиблене ознайомлення педагогів з теоретичними засадами проєктного навчання, структурою та змістом методичних рекомендацій, наявних тем проєктів, а також формування практичних навичок з організації, супроводу та оцінювання проєктної діяльності учнів. Особлива увага приділялася особливостям впровадження проєктів для учнів різних вікових категорій (5-11 класи), враховуючи специфіку тем, які можуть бути запропоновані, наприклад: «Математичні розрахунки в повсякденному житті» (5 клас), «Математика у світі тварин: симетрія, пропорції» (6 клас), «Ціни і знижки: як не бути обманутим» (7 клас), «Плануємо шкільну вечірку: математичний кошторис» (8 клас), «Соціальне опитування в класі: від ідеї до графіка» (9 клас), «Модель зростання населення» (10 клас), «Математика у створенні комп'ютерних ігор» (11 клас).

Також було проаналізовано та забезпечено наявність необхідних матеріально-технічних ресурсів: доступ до комп'ютерних класів, мережі Інтернет, бібліотечних ресурсів, програмного забезпечення (зокрема для візуалізації даних, таких як Excel, або створення інтерактивних вікторин, як Google Forms), а також дидактичних матеріалів, що є невід'ємною частиною організації проєктної діяльності.

Під час другого основного етапу (безпосередня апробація) відбулася реалізація проєктного навчання; вибір та формування тем проєктів; організація та супровід роботи над проєктами; презентація та захист проєктів; моніторинг та збір даних; спостереження; анкетування та опитування; інтерв'ю; коригування та зворотний зв'язок.

Протягом основного етапу вчителі математики в експериментальних групах здійснювали цілеспрямоване впровадження проєктного навчання відповідно до розроблених методичних рекомендацій. Зокрема, учні, за допомогою вчителя, обирали теми проєктів, які були інтегровані в навчальну програму з математики та відповідали їхнім інтересам та віковим особливостям. Наприклад, для учнів старших класів могли бути запропоновані проєкти з розділів «Алгебра, початки аналізу», «Математика в архітектурі», «Функції в економіці», «Створення

математичної вікторини в Google Forms», «Аналіз і візуалізація даних у Excel» тощо.

Учні працювали над проєктами індивідуально або в малих групах, застосовуючи дослідницькі, аналітичні та творчі підходи. Вчитель виступав у ролі фасилітатора, надаючи консультації, направляючи діяльність учнів та допомагаючи у подоланні труднощів.

По завершенні роботи над проєктами учні організовували їх презентації та захист, демонструючи отримані результати, обґрунтовуючи свої висновки та відповідаючи на запитання. Це сприяло розвитку комунікативних навичок, впевненості у публічних виступах та вмінню аргументувати власну думку.

Протягом усього періоду апробації здійснювався систематичний моніторинг її ходу. Збір даних проводився за допомогою комплексу методів.

Проводилося цілеспрямоване спостереження за навчальним процесом на уроках математики в експериментальних та контрольних групах, фіксувалася активність учнів, рівень їхньої залученості до проєктної діяльності, а також дотримання вчителями методичних рекомендацій. У експериментальних групах спостерігалось значне зростання пізнавальної активності та ініціативності учнів. Вони виявляли більший інтерес до обговорень, активно ставили запитання, пропонували власні ідеї для розв'язання проблем. Зокрема, у 5-7 класах учні з ентузіазмом долучалися до створення проєктів на теми "Математика в спорті" або "Ціни і знижки: як не бути обманутим", демонструючи практичне застосування математичних знань. У старших класах (9-11) помічалось більш глибоке занурення у дослідницьку діяльність під час роботи над проєктами типу "Модель зростання населення" або "Математика у створенні комп'ютерних ігор", що свідчило про високий рівень їхньої залученості. Учні демонстрували здатність до самостійного пошуку інформації, планування етапів роботи над проєктом, розподілу ролей у групі та відповідальності за кінцевий результат. Це особливо помітно під час роботи над завданнями, що вимагали використання ІКТ, наприклад, "Створення математичної вікторини в Google Forms" або "Аналіз і візуалізація даних у Excel", де учні самостійно освоювали необхідні інструменти. Групова проєктна діяльність

сприяла ефективній взаємодії між учнями. Спостерігалось покращення навичок аргументації власної думки, вміння слухати та приймати рішення в команді, що є критично важливим для успішного виконання спільних завдань. Вчителі експериментальних груп системно впроваджували елементи проєктного навчання, використовуючи запропоновані рекомендації щодо організації проєктної діяльності, фасилітації процесу, надання консультацій та оцінювання результатів. Їхня роль трансформувалася від суто інформативної до консультативно-координуючої, що позитивно впливало на самостійність учнів.

У контрольних групах (5-11 класи), де застосовувалися традиційні методи навчання спостерігалось переважно репродуктивний характер діяльності. Активність учнів була здебільшого обмежена виконанням типових завдань за зразком та відтворенням засвоєного матеріалу. Ініціатива та самостійність виявлялися значно рідше. Помічено менша мотивація до вивчення математики. Спостерігалася нижча зацікавленість предметом, що часто призводило до формального засвоєння матеріалу без глибокого розуміння його практичного значення. У традиційному підході існують обмежені можливості для розвитку Soft Skills: Традиційні уроки не завжди створювали достатні умови для розвитку навичок співпраці, критичного мислення, креативності та комунікації. Вчителі здебільшого виступали у ролі трансляторів знань, що відповідало традиційній методиці викладання.

Таким чином, цілеспрямоване спостереження підтвердило, що впровадження розроблених методичних рекомендацій з проєктного навчання значно активізує навчальний процес, підвищує залученість учнів, сприяє розвитку їхньої самостійності, співпраці та формуванню ключових компетентностей у вивченні математики в 5-11 класах.

Розроблені анкети для учнів та вчителів (Додаток Г, Д) дозволили зібрати суб'єктивні оцінки ефективності методики, виявити позитивні аспекти, потенційні труднощі та пропозиції щодо вдосконалення.

Так за результатами анкетування учнів відсоткові показники демонструють високу ефективність методичних рекомендацій, оскільки вони показують, що

більшість учнів позитивно ставляться до проєктного навчання, відчують покращення в розумінні матеріалу, розвитку навичок та задоволені організацією проєктної діяльності (Додаток Е). У підтвердження ефективності методичних рекомендацій з впровадження проєктного навчання на уроках математики, результати анкетування демонструють високий рівень позитивного ставлення учнів до проєктного навчання та його впливу на їхні знання та навички.

Наведемо числові значення відсотків, які свідчать про ефективність впровадження. В анкетуванні взяли учні 7-11 класів експериментальних груп. Зокрема, більшість учнів (85%) позитивно ставляться до виконання проєктів на уроках математики, що свідчить про високий рівень зацікавленості.



Рис. 2.2. Діаграма результатів опитування

Переважає більшість учнів (приблизно 90%) вважає проєктне навчання корисним для вивчення математики, що підтверджує його цінність як освітнього інструменту.



Рис. 2.3. Діаграма результатів опитування

А 88% учнів погоджуються, що проектне навчання покращує їхнє розуміння математичних понять, демонструючи його позитивний вплив на засвоєння матеріалу; 85% учнів вважають, що проекти сприяють застосуванню математики в реальному житті, що є ключовим показником практичної користі.



Рис. 2.4. Діаграма результатів опитування

Майже 90% учнів відзначають розвиток навичок командної роботи, що вказує на ефективність проектів у формуванні соціальних компетентностей та погоджуються, що проектне навчання розвиває критичне мислення, що є важливим для формування аналітичних здібностей. Також 85% учнів відчують розвиток

креативності завдяки проєктам, що свідчить про їхній внесок у розвиток інноваційного мислення, а 89% учнів зазначають підвищення самостійності в навчанні, що є важливим показником формування автономності. Більшість (90%) учнів отримують достатню допомогу від вчителя, що вказує на ефективну підтримку з боку педагога, вважають критерії оцінювання зрозумілими, що забезпечує прозорість та об'єктивність оцінювання, а 85% учнів вважають, що часу на виконання проєкту виділяється достатньо, що свідчить про адекватне планування.



Рис. 2.5. Діаграма результатів опитування

Відповіді учнів на відкрите питання підтверджують широкий спектр позитивних аспектів проєктного навчання, які відповідають цілям методичних рекомендацій.

Для підтвердження ефективності методичних рекомендацій з впровадження проєктного навчання на уроках математики, було проведено опитування вчителів, які демонструють високий рівень схвалення рекомендацій, їхню легкість у використанні, позитивний вплив на учнів та відносну задоволеність організаційними аспектами. У додатку Е наведено числові значення у відсотках для кожного питання анкети.

У процесі експериментального дослідження проводилися індивідуальні та групові інтерв'ю з учнями та вчителями, що дозволило отримати глибинну якісну

інформацію щодо їхнього досвіду, вражень та пропозицій. Протягом експериментального періоду здійснювався поточний аналіз зібраних даних. На основі отриманої інформації, за потреби, оперативно вносилися корективи до методичних рекомендацій. Регулярний зворотний зв'язок з учителями-учасниками експерименту забезпечував безперервне вдосконалення процесу впровадження.

Третій аналітико-узагальнюючий етап апробації методичних рекомендацій впровадження проєктного навчання на уроках математики в ЗЗСО включав: обробку та аналіз даних; порівняльний аналіз; формулювання висновків; розробка рекомендацій щодо подальших перспектив дослідження; підготовка та оформлення цього дослідження як детального звіту про експериментальне впровадження методичних рекомендацій щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики у закладах загальної середньої освіти.

На завершальному етапі всі зібрані кількісні та якісні дані були систематизовані, оброблені та піддані всебічному аналізу. Проведено детальний аналіз опитування учнів та вчителів. Оцінювалося доступність для вчителів розроблених методичних рекомендацій щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики, а також рівень зацікавленості проєктною діяльністю учнів експериментальних груп.

На основі комплексного аналізу отриманих результатів були сформульовані обґрунтовані висновки дослідження щодо ефективності та доцільності розроблених методичних рекомендацій, їхніх сильних сторін та аспектів, що потребують подальшого вдосконалення. Загалом, розроблені методичні рекомендації з впровадження проєктного навчання на уроках математики є ефективними та доцільними, про що свідчать переважно позитивні відгуки як учнів, так і вчителів.

Сильні сторони методичних рекомендацій: висока зацікавленість учнів: 85% учнів позитивно ставляться до проєктного навчання, а 90% вважають його корисним для вивчення математики. Це підтверджується і думкою вчителів: 90% з них вважають, що проєктне навчання підвищує інтерес учнів до математики; покращення розуміння математичних концепцій та застосування знань: 88% учнів

краще розуміють математичні поняття завдяки проєктам, а 85% вважають, що проєкти допомагають застосовувати математику в реальному житті. Вчителі також підтверджують це: 90% погоджуються, що учні краще розуміють концепції, і 90% бачать розвиток практичних навичок; розвиток ключових компетентностей: Проєктне навчання сприяє розвитку критичного мислення (90% учнів, 90% вчителів), креативності (85% учнів, 88% вчителів), навичок командної роботи (90% учнів, 93% вчителів) та підвищенню самостійності й відповідальності (89% учнів, 90% вчителів); легкість використання рекомендацій: 80% вчителів відзначили легкість у використанні методичних рекомендацій на практиці; зрозумілість критеріїв оцінювання: 90% учнів вважають критерії оцінювання проєктів зрозумілими, що забезпечує прозорість процесу; адекватний час на проєкти (для учнів): 85% учнів вважають, що часу на виконання проєкту виділяється достатньо.

До аспектів, що потребують подальшого вдосконалення відносимо:

Час на організацію та виконання проєктів для вчителів: 45% вчителів відчувають брак часу на організацію та виконання проєктів у межах навчального плану (35% "малувато", 10% "замало"). Це вказує на потребу в оптимізації рекомендацій щодо планування або надання додаткових ресурсів.

Потреба у додатковому навчанні/тренінгах для вчителів: Близько половини вчителів (50%) висловлюють потребу в додатковому навчанні або тренінгах з організації проєктного навчання (20% "дуже потребую", 30% "скоріше так"). Це підкреслює важливість постійного професійного розвитку

За результатами проведеної апробації були розроблені практичні рекомендації для широкого впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти, з урахуванням специфіки роботи з учнями 5-11 класів, які включають:

1. Активне поширення успішного досвіду: Організувати семінари, вебінари та відкриті уроки, де вчителі, які успішно впроваджують проєктне навчання, ділитимуться своїми напрацюваннями та методиками.

2. Розробка варіативних проєктів для різних рівнів: Створити банк проєктних

завдань, диференційованих за складністю та обсягом, щоб вони були цікавими та посильними для учнів 5-11 класів, враховуючи їхній вік та рівень підготовки.

3. Інтеграція проєктного навчання в навчальні програми: Розглянути можливість більш глибокої інтеграції проєктної діяльності у шкільні програми з математики, виділяючи конкретні теми та час для її реалізації, враховуючи навантаження на вчителів.

4. Створення міжпредметних проєктів: Заохочувати розробку проєктів, які поєднують математику з іншими предметами (фізика, інформатика, економіка тощо), для демонстрації учням практичного застосування знань та розвитку міжпредметних зв'язків.

5. Надання методичних матеріалів та шаблонів: Забезпечити вчителів готовими шаблонами для планування проєктів, прикладами оформлення, критеріями оцінювання, а також ресурсами для пошуку ідей та матеріалів.

Також були сформульовані пропозиції щодо подальшого науково-методичного супроводу вчителів, що включають:

1. Розробку комплексних програм підвищення кваліфікації: Створити та впровадити спеціалізовані курси та тренінги з проєктного навчання, які охоплюватимуть не лише теоретичні аспекти, а й практичні майстер-класи, обмін досвідом та розробку власних проєктів під керівництвом методистів.

2. Формування мережі підтримки та обміну досвідом: Створити онлайн-платформу або професійні спільноти для вчителів, де вони могли б спілкуватися, обмінюватися методичними розробками, ставити питання та отримувати консультації від експертів.

3. Видання збірок проєктних завдань та методичних посібників: Регулярно публікувати нові збірки проєктів з математики, оновлені методичні рекомендації з урахуванням новітніх педагогічних тенденцій та досвіду впровадження, а також посібники з оцінювання проєктної діяльності.

4. Проведення моніторингових досліджень: Систематично проводити опитування та фокус-групи серед учнів та вчителів для моніторингу ефективності проєктного навчання, виявлення нових викликів та потреб, що дозволить

оперативно коригувати методичні рекомендації та програми підтримки.

На основі всіх отриманих даних та висновків було підготовлено та оформлено дане дослідження як детальний звіт про експериментальне впровадження, який містить опис методології, етапів, результатів, аналізу та рекомендацій.

Висновки до другого розділу

У другому розділі детально висвітлено методичні засади та рекомендації щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики в закладах загальної середньої освіти. У розділі підкреслюється актуальність проєктного навчання як засобу формування ключових компетентностей, розвитку критичного мислення, навичок співпраці та самостійної пізнавальної діяльності учнів, що відповідає вимогам Нової української школи. Акцентується увага на ролі вчителя як організатора та консультанта, що є ключовим для успішного впровадження. Він закладає основу для розуміння того, як вчителі можуть ефективно супроводжувати учнів у проєктній роботі.

Пропонується чітку структуру організації проєктної діяльності, виділяючи ключові вимоги (наявність значущої проблеми, практична/теоретична значущість, самостійність учнів, структурованість, наявність "продукту") та принципи (добровільність, підтримка вчителя-консультанта, міжпредметні зв'язки, орієнтація на інтереси учнів, гнучкість). Детально описано етапи проєктної роботи – підготовчий (організаційно-підготовчий), планування, реалізація (дослідницький), презентація (звітування) та оцінювання (рефлексія). Це надає вчителям структурований підхід до організації проєктної діяльності. Надано типи та теми навчальних проєктів для 5-11 класів. Розроблено плани- конспекти проєктів для 10-11 класів. Детально описано експериментальне впровадження розроблених методичних рекомендацій та проаналізовано їх ефективність та доцільність.

ВИСНОВКИ

У межах магістерського дослідження було розглянуто та реалізовано комплекс завдань, спрямованих на теоретичне обґрунтування, методичне забезпечення та практичне впровадження проєктного навчання на уроках математики в основній та старшій профільній школі. Основні результати роботи можна узагальнити в таких висновках:

1. У результаті вивчення теоретичних, психолого-педагогічних та нормативно-правових засад проєктного навчання визначено, що проєктне навчання визначено як одну з ключових форм організації діяльнісного та компетентнісного підходів, що відповідає сучасним освітнім орієнтирам Нової української школи та вимогам Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти.

Аналіз психолого-педагогічної літератури засвідчив, що проєктна діяльність сприяє розвитку математичного мислення, навичок самостійної роботи, дослідницької та комунікативної компетентностей учнів.

Обґрунтовано доцільність застосування проєктної технології саме на уроках математики, оскільки вона дає змогу реалізувати міжпредметні зв'язки, актуалізувати практичну цінність математичних знань, а також мотивувати учнів до навчання.

2. Розроблено методичні рекомендації щодо впровадження проєктного навчання на уроках математики. Визначено типологію математичних проєктів (дослідницькі, прикладні, інформаційні, творчі) та специфіку їх реалізації в різних класах. Описано етапи організації навчального проєкту: підготовчий, організаційно-дослідницький, аналітико-рефлексивний та презентаційний. Надано поради щодо оцінювання результатів проєктної діяльності з урахуванням як предметних, так і наскрізних компетентностей (зокрема, сформовано приклад рубрикатора оцінювання). Окреслено роль учителя як фасилітатора, наставника та координатора проєктної діяльності, а також визначено умови ефективного впровадження методу проєктів у навчальний процес (психологічний клімат, часова організація, навчально-методичне забезпечення тощо).

3. Створено добірку навчальних математичних проєктів. Розроблено приклади навчальних проєктів з математики для учнів старшої профільної школи (10–11 класи), з урахуванням вікових особливостей та рівня навчальних досягнень учнів. Тематика проєктів охоплює актуальні міждисциплінарні проблеми, пов'язані з реальним життям (наприклад, «Математика в архітектурі», «Економіка сімейного бюджету», «Геометрія у вишиванці», «Математичні розрахунки для подорожей»). Для кожного проєкту подано навчальні цілі, алгоритм реалізації, приклади завдань, інструкції для учнів, методи оцінювання та рекомендації щодо презентації результатів.

4. Результати дослідження підтверджують ефективність проєктного навчання як сучасного педагогічного підходу до викладання математики. Його впровадження сприяє формуванню ключових компетентностей учнів, розвитку математичних умінь та підвищенню мотивації до навчання. Представлені методичні рекомендації та практичні розробки можуть бути використані вчителями математики, методистами та педагогами-наставниками для оновлення освітнього процесу відповідно до вимог нової української школи.

Декларація використання ГШІ (GAIDeT)

Розкриття факту делегування завдань генеративному ШІ

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:

- Пошук і систематизація літератури
- Візуалізація
- Вичитування та редагування
- Переклад

Використаний інструмент генеративного ШІ: Gemini 1.5; Gamma.

Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акімова Ольга. Критичне мислення та його формування в сучасній вищій освіті : Круглий стіл «Професійний розвиток викладача закладу вищої освіти: від теорії – до практики», 5 грудня 2024 р., м. Київ, Україна. URI: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743395> (дата звернення: 12.06.2025).
2. Гуцул Р., Жерновникова О. Методика реалізації ключових компетентностей на уроках математики в профільній школі. Освіта збереже Україну! : матеріали III Всеукраїнських Прокопенківських читань, (м. Харків, 10 черв. 2024 р.) / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: Ю. Д. Бойчук (голов. ред.) та ін. Харків, 2024. С. 141–143. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/17815> (дата звернення: 12.07.2025)
3. Дейниченко Г. В. Проектна діяльність як основа підвищення професійної компетентності вчителя математики / Г. В. Дейниченко, Т. І. Дейниченко // Освіта дорослих : світові тенденції, українські реалії та перспективи : монографія / Н. Г. Ничкало, Р. І. Черновол-Ткаченко, І. Ф. Прокопенко [та ін.] ; за заг. ред. Н. Г. Ничкало, І. Ф. Прокопенка ; Ін-т педагогічної освіти і освіти дорослих ім. І. Зязюна НАПН України, Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. – Харків : Бровін О. В., 2020. – С. 389–394. URL: <http://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/5056>
4. Дейниченко Г. В., Земліна Є. Р. Застосування проектного методу навчання в практиці роботи сучасної школи (на прикладі математики). Науково-дослідна робота студентів як чинник удосконалення професійної підготовки майбутнього вчителя: зб. наук. пр./редкол.: Л.І.Білоусова та ін. – Х., 2019. – Вип.18. – С. 42–45.
5. Дейниченко Т. І., Пашенко К. А., Шитикова Л. О. Характеристики проектного методу навчання та його застосування в ЗОШ // Науково-дослідна робота студентів як чинник удосконалення професійної підготовки майбутнього вчителя: зб. наук. пр. / редкол.: Л.І. Білоусова та ін. – Харків : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2016. – Вип. 14. – С. 98–103]

6. Державний стандарт базової середньої освіти : Постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.06.2025).

7. Закон України «Про освіту». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 38-39, ст.380. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 12.06.2025).

8. Закон України «Про повну загальну середню освіту». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 31, ст.226. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text> (дата звернення: 12.06.2025).

9. Ідеї на новий навчальний рік: досліджуємо PROJECT-BASED LEARNING (частина 1). Нова українська школа. Веб-ресурс НУШ. URL: <https://nus.org.ua/2024/09/10/ideyi-na-novyy-navchalnyj-rik-doslidzhuyemo-project-based-learning-chastyna-1/> (дата звернення: 12.06.2025).

10. Концепція Нової української школи. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>(<https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>) (дата звернення: 12.07.2025).

11. Линник Валентина Федорівна - Метод проектів у початковій школі. Google Drive: Sign-in. URL: <https://sites.google.com/site/lynnykvf/metoduchna-skrunka/metod> (дата звернення: 12.06.2025).

12. Метод проектів як один із іноваційних методичних прийомів для розвитку життєвої компетентності учнів. Освітній проект «Всеосвіта» для вчителів. URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/000xsq-869d.doc.html> (дата звернення: 12.06.2025).

13. Методика використання проектних технологій. "Проекти в школі". Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/metodika-vikoristannya-proektnih-tehnologiy-proekti-v-shkoli-288319.html> (дата звернення: 12.06.2025).

14. Методичні рекомендації "Критерії оцінювання проектної діяльності учнів". Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/metodichni-rekomendaci-kriteri-ocinyuvannya-proektno-diyalnosti-uchniv-126832.html> (дата звернення: 12.06.2025).

15. Методичні рекомендації з організації проектної діяльності в середній школі. Освітній проект «Всеосвіта» для вчителів. URL: <https://vseosvita.ua/library/metodichni-rekomendacii-z-organizacii-proektnoi-diyalnosti-v-serednij-skoli-370796.html> (дата звернення: 12.06.2025).

16. Методичні рекомендації щодо організації проектної діяльності в початкових класах. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/metodichni-rekomendaci-schodo-organizaci-proektno-diyalnosti-v-pochatkovih-klasah-21446.html> (дата звернення: 12.06.2025).

17. Модельна навчальна програма «Математика. 5-6 класи» для закладів загальної середньої освіти (автори: Істер О.С., Єргіна О.В., Комаренко О.В.). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetar.z.2022/Matem.osv.galuz-5-6-kl/Matem.5-6-kl.Ister.14.07.pdf> (дата звернення: 12.07.2025).

18. Модельна навчальна програма «Математика. 5-6 класи» для закладів загальної середньої освіти (авторський колектив: А. Г. Мерзляк, В. Б. Полонський, М. С. Якір, О. М. Афанасьєва, Н. С. Гончарова, Т. А. Капіносов, І. А. Рубльов, Я. С. Титаренко). URL: <https://imzo.gov.ua/model-ni-navchal-ni-prohramy/matematychna-osvitnia-haluz/matematyka/> (дата звернення: 12.07.2025).

19. Модельна навчальна програма «Математика. 7-9 класи (інтегрований курс)» для закладів загальної середньої освіти (автор Істер О. С.). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Matem.osv.galuz-2023/Matematyka.7-9.kl.intehrovanyy.kurs-Ister-12.09.2023.pdf> (дата звернення: 12.07.2025).

20. Навчальна програма з математики для закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/matematika.-riven-standartu.docx> (дата звернення: 12.06.2025).

21. Навчальна програма з математики для закладів загальної середньої освіти (профільний рівень). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/matematika-profilnij-rivenfinal.docx> (дата звернення: 12.06.2025).

22. Навчальна програма з математики для закладів загальної середньої освіти (поглиблений рівень). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/matematika-poglibl-rivenfinal.docx> (дата звернення: 12.06.2025).

23. Освітні технології: навчально-методичний посібник / за ред. О.М. Пехоти. Київ : А.С.К., 2003. 256 с.

24. Пальчикова В. Проектна діяльність у сучасній школі. Рідна школа. 2012. № 10. С. 6–9.

25. Потікун С., Жерновникова О. Особливості розвитку творчих здібностей учнів на уроках математики. Освіта збереже Україну! : матеріали III Всеукраїнських Прокопенківських читань, (м. Харків, 10 черв. 2024 р.) / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: Ю. Д. Бойчук (голов. ред.) та ін. Харків, 2024. С. 402–405. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/17989> (дата звернення: 12.07.2025).

26. Про затвердження Державного стандарту профільної середньої освіти : постановою Кабінету Міністрів України від 25 липня 2024 р. № 851. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.06.2025).

27. Проектне навчання: коротко про головне. Нова українська школа | Веб-ресурс НУШ. URL: <https://nus.org.ua/2018/02/21/proektne-navchannya-korotko-pro-golovne/> (дата звернення: 12.06.2025).

28. Проектна діяльність як механізм інноваційного розвитку закладу освіти. 36. наук. пр. [ред. кол. І. Б. Вашеньяк (гол.) та ін.]. Хмельницький: Видавництво ХОІППО імені Анатолія Назаренка, 2024. 103 с.

29. Проектне навчання як стратегія мотивування учнів: Переваги та виклики - AR Book URL: <https://arbook.info/proyektne-navchannya-yak-strategiya-motivuvannya-uchniv-perevagi-ta-vikliki/> (дата звернення: 12.06.2025).

30. Розвиток м'яких навичок у учнів. Важливість, підходи та інструменти – Promethean URL: <https://prometheanworld.com.ua/rozvytok-m-yakyh-navychok-u-uchniv-vazhlyvist-pidhody-ta-instrumenty/> (дата звернення: 12.06.2025).

31. Теорія і практика проектного навчання у професійно-технічних навчальних закладах. монографія / В. М. Аніщенко, та ін.; за заг. ред. Н. В. Кулалаєвої. Житомир: «Полісся», 2019. 208 с.

32. Упровадження сучасних освітніх технологій як шлях підвищення ефективності навчання математики/ укладач: Козлова О.М., методист лабораторії природничо-математичних дисциплін КНЗ «ЧОППОП ЧОР». – Черкаси, 2018. – 254 с.

33. Формування ключових компетентностей учнів під час виконання навчальних проєктів з хімії. Освітній проєкт «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/formuvannya-klyuchovih-kompetentnostey-uchniv-pid-chas-vikonannya-navchalnih-proektiv-z-himi-158317.html> (дата звернення: 12.06.2025).

34. Bandura A. Self-efficacy: The exercise of control. New York : W.H. Freeman and Company, 1997. 604 p.

35. Barron B. When smart groups fail. Academia.edu - Find Research Papers, Topics, Researchers. URL: https://www.academia.edu/2010823/When_smart_groups_fail (date of access: 12.06.2025).

36. Bruner J. S. Toward a theory of instruction. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1966. 194 p.

37. Contributors to Wikimedia projects. Project-based learning - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Project-based_learning (date of access: 12.06.2025).
38. Csikszentmihalyi M. Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention. New York : HarperPerennial, 1996. 480 p.
39. Developing student collaboration in project-based learning – 8 practical strategies. Sanako. URL: <https://sanako.com/developing-student-collaboration-in-project-based-learning-8-practical-strategies> (date of access: 12.06.2025).
40. Dewey J. Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education. New York : The Macmillan Company, 1916. 434 p.
41. Effect of STEAM Project-Based Learning on Engineering Students' 21st Century Skills - EU-JER URL <https://gemini.google.com/app/17c62e342d5b6118?hl=ru#:~:text=Effect%20of%20STEAM%20Project%2DBased%20Learning%20on%20Engineering%20Students%27%2021st%20Century%20Skills%20%2D%20EU%2DJER> (date of access: 12.06.2025).
42. Fallas Gabuardi V. M. Project-Based Learning: boosting 21st century skills. Estudios. 2021. No. 43. P. 340–419. URL: <https://doi.org/10.15517/re.v0i43.49335> (date of access: 12.06.2025).
43. Flavell J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. American Psychologist. 1979. Vol. 34, № 10. P. 906–911.
44. Four learning principles of PBL - Four learning principles of PBL - Maastricht University. The European university of the Netherlands | Maastricht University. URL: <https://www.maastrichtuniversity.nl/four-learning-principles-pbl> (date of access: 12.06.2025).
45. Frontiers | Acquisition of transversal competencies through a project-based learning model for computer systems engineering students / J. Noguez et al. Frontiers. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2025.1541117/full> (date of access: 12.06.2025).

46. Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements. PBLWorks. URL: <https://www.pblworks.org/what-is-pbl/gold-standard-project-design> (date of access: 12.06.2025).
47. Johnson D. W., Johnson R. T. Cooperation and competition: Theory and research. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1989. 308 p.
48. Killen R. Effective Teaching Strategies: Lessons from Research and Practice. 4th ed. South Melbourne, Vic. : Cengage Learning Australia, 2009. 368 p.
49. Project Based Learning – Definition, Principles, Guidance. Universitas Teknokrat Indonesia. URL: <https://gemini.google.com/app/17c62e342d5b6118?hl=ru> (date of access: 12.06.2025).
50. Promoting independence through project-based learning. My College. URL: <https://my.chartered.college/research-hub/promoting-independence-through-project-based-learning/> (date of access: 12.06.2025).
51. Reflecting With Purpose in PBL. PBLWorks. URL: <https://www.pblworks.org/blog/reflecting-purpose-pbl> (date of access: 12.06.2025).

Додаток А. Приклади тем математичних проєктів для різних класів

Клас	Тематика	Приклади тем
5 клас	Математика в повсякденному житті	«Як математика допомагає в магазині» «Математика в кулінарії: як поділити піцу» «Обираємо найкращий шкільний рюкзак: порівняльний аналіз»
	Геометрія навколо нас	«Симетрія в природі та архітектурі» «Вимірюємо світ: обчислення периметра класу»
6 клас	Математичні обчислення	«Розрахунок витрат на класну поїздку» «Яка кількість води витрачається за день?»
	Математика і природа	«Форма листя — це математика!» «Математика у світі тварин: симетрія, пропорції»
7 клас	Пропорції та відсотки	«Ціни і знижки: як не бути обманутим» «Раціон харчування за пропорціями» «Як розподілити шкільний бюджет»
	Математика в дизайні	«Орнаменти народів світу: геометрія в узорах» «Створюємо власний геометричний орнамент»
8 клас	Лінійні рівняння, функції	«Плануємо шкільну вечірку: математичний кошторис» «Як змінюється температура протягом доби: будуємо графіки»
	Математика в спорті	«Аналіз результатів спортивних змагань» «Рейтинг учасників класного турніру: статистика і графіки»
9 клас	Статистика, ймовірність	«Соціальне опитування в класі: від ідеї до графіка» «Яка ймовірність виграти в лотерею?» «Графіки погоди: від даних до прогнозу»
	Математика + ІКТ	«Створення математичного вікторини в Google Forms» «Аналіз і візуалізація даних у Excel»
10 клас	Алгебра, початки аналізу	«Модель зростання населення», «Функціональні залежності в економіці» «Математика в архітектурі», «Функції в економіці»
11 клас	Геометрія, комбінаторика	«Оптимальні маршрути», «Розфарбування графів у транспорті» «Криптографія: коди й шифри»

Додаток Б. Шаблон для розробки та впровадження будь-якого навчального проєкту з математики в ЗЗСО.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо створення та впровадження навчального математичного проєкту для учнів 5–11 класів

1. Мета проєктного навчання з математики

Проєктне навчання спрямоване на формування в учнів ключових компетентностей, розвиток критичного мислення, дослідницьких навичок і практичного застосування математичних знань у реальному житті.

2. Етапи реалізації навчального математичного проєкту

① Формулювання проблеми та теми проєкту

- Визначте актуальну, реальну, життєво значущу проблему.
- Сформулюйте “рушійне запитання” (Driving Question), яке викликатиме інтерес до дослідження.

② Визначення цілей і результатів

- Мета має бути зрозумілою учням, відповідати навчальній програмі.
- Результати: продукт (модель, презентація, графік, дослідження тощо) і нові знання/навички.

③ Планування та організація діяльності

- Визначення видів діяльності, етапів роботи, термінів.
- Розподіл учнів за парами, групами (3–5 учнів), з урахуванням інтересів.
- Розподіл ролей: лідер, аналітик, дизайнер, доповідач тощо.

④ Збір і обробка інформації

- Самостійний пошук інформації, проведення опитувань, аналіз даних, моделювання ситуацій.
- Використання дослідницьких методів (аналіз, синтез, порівняння, гіпотези).

⑤ Математичне обґрунтування та розрахунки

- Застосування математичних понять і методів: рівняння, функції, графіки, відсотки, обчислення тощо.
- Побудова логічних аргументів.

⑥ Створення кінцевого продукту

- Форма: презентація, буклет, макет, відео, Google-сайт, постер, інфографіка, модель, розрахунки, таблиці, програма, гра.

⑦ Публічний захист

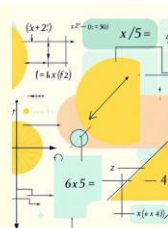
- Презентація результатів перед класом, батьками або експертами.
- Можлива виставка проєктів, відеозапис, онлайн-презентація (Padlet, Miro).

**Математика в Архітектурі:
симетрія, пропорції,
геометрія**

Дослідження взаємозв'язку між використанням емоційних триггерів та наявністю емоційного кошика.



Як математичні знання застосовуються в архітектурному проектуванні та що робить будівлі не лише функціональними, але й естетично довершеними?



Дослідити приклади симетрії, геометричних фігур і пропорцій у будівлях

Зануримося у світ готичної, барокової та модернової архітектури, щоб виявити математичні закономірності

Побудувати просту 2D-модель фасаду
Використаємо математичні принципи для створення власного архітектурного елемента.

Зібраний матеріал: візуальні приклади



Ми зібрали фотографії будівель різних стилів, що демонструють застосування симетрії та геометричних форм в архітектурі.

Пропорції «Золотого Перерізу»

Дослідимо, як ця ірраціональна константа створила візуально привабливі та гармонійні композиції у відомих спорудах, таких як Парфенон та Собор Паризької Богоматері.



Симетрія (осьова, центральна)

Прованалізуємо, як різні види симетрії впливають на баланс та велич архітектурних споруд, від старовинних храмів до сучасних будівель.

Обчислення площ фасадів

Застосуємо геометричні формули для розрахунку площ складних архітектурних елементів, що є ключовим етапом у проектуванні.

Практичні результати проєкту

Побудована модель фасаду (GeoGebra)

Ми створили інтерактивну 2D-модель фасаду, використовуючи програмні системи та системи

Графік співвідношення Сторін

Побудували графік, що візуалізує математичні співвідношення, які забезпечують гармонійний вигляд архітектурних елементів.

Математика в архітектурі

Проект учня 10 класу

Мета проекту

дослідити застосування математичних
понять у проектуванні будівель

Завдання

1. знайти приклади споруд із застосуванням математики
2. проаналізувати математичні ідеї в архітектурі
3. створити макет споруди на основі математичних принципів



Висновки: Математика як Фундамент Архітектури

Математика є не просто інструментом, а фундаментом, що забезпечує як естетичну привабливість, так і функціональну доцільність архітектурних споруд. Вона дозволяє архітекторам втілювати свої найсміливіші ідеї, створюючи шедеври, що витримують випробування часом.

Від пропорцій до структурних розрахунків, математика є невід'ємною частиною кожного етапу архітектурного проектування.

Рефлексія та майбутнє

Що дізналися нового?

- Глибше розуміння "золотого перерізу".
- Роль симетрії в естетиці.
- Застосування GeoGebra для моделювання.
- Взаємозв'язок мистецтва та науки.

Як використаємо ці знання у повсякденному житті?

- Критично оцінювати дизайн об'єктів.
- Бачити математику в навколишньому світі.
- Застосовувати принципи дизайну у власних проєктах.
- Надихатися красою та гармонією архітектури.

Цей проєкт не тільки розширив наше розуміння математики, але й показав її безмежні можливості у творчості та проєктуванні.

Додаток Г. Анкети для оцінки ефективності впровадження проєктного навчання на уроках математики

Ці анкети розроблені для збору суб'єктивних оцінок учнів щодо ефективності методичних рекомендацій з впровадження проєктного навчання на уроках математики. Вони допоможуть виявити позитивні аспекти, потенційні труднощі та отримати пропозиції для подальшого вдосконалення методики.

Анкета для учнів (5-11 класи)

Мета: З'ясувати ставлення учнів до проєктного навчання, його вплив на їхню мотивацію, знання та розвиток навичок.

Інструкція: Будь ласка, уважно прочитайте кожне твердження та оберіть варіант відповіді, який найбільше відповідає Вашій думці. Ваші відповіді є анонімними та будуть використані лише для покращення навчального процесу.

Загальна інформація:

- Ваш клас: _____ (наприклад, 5-А, 9-Б, 11-В)

Розділ 1. Загальне ставлення до проєктного навчання

1. Чи подобається Вам виконувати проєкти на уроках математики?
 - Дуже подобається
 - Скоріше подобається
 - Важко сказати
 - Скоріше не подобається
 - Зовсім не подобається
2. Чи вважаєте Ви проєктне навчання корисним для вивчення математики?
 - Так, дуже корисне
 - Скоріше так
 - Важко сказати
 - Скоріше ні
 - Ні, зовсім не корисне

Розділ 2. Вплив проєктного навчання на знання та навички

3. Завдяки проєктному навчанню я краще розумію математичні поняття:

- Повністю згоден/згодна
 - Скоріше згоден/згодна
 - Важко сказати
 - Скоріше не згоден/згодна
 - Зовсім не згоден/згодна
4. Проєктне навчання допомагає мені застосовувати математику в реальному житті:
- Повністю згоден/згодна
 - Скоріше згоден/згодна
 - Важко сказати
 - Скоріше не згоден/згодна
 - Зовсім не згоден/згодна
5. Завдяки проєктам я навчився/навчилася працювати в команді:
- Повністю згоден/згодна
 - Скоріше згоден/згодна
 - Важко сказати
 - Скоріше не згоден/згодна
 - Зовсім не згоден/згодна
6. Проєктне навчання розвиває моє критичне мислення (уміння аналізувати, оцінювати інформацію):
- Повністю згоден/згодна
 - Скоріше згоден/згодна
 - Важко сказати
 - Скоріше не згоден/згодна
 - Зовсім не згоден/згодна
7. Проєктне навчання розвиває мою креативність (уміння знаходити нестандартні рішення):
- Повністю згоден/згодна
 - Скоріше згоден/згодна
 - Важко сказати

- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

8. Я став/стала більш самостійним/самостійною у навчанні завдяки проєктам:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

Розділ 3. Організація проєктної діяльності

9. Чи отримуєте Ви достатньо допомоги від вчителя під час роботи над проєктом?

- Завжди
- Часто
- Іноді
- Рідко
- Ніколи

10. Чи зрозумілі Вам критерії оцінювання проєктів?

- Завжди зрозумілі
- Здебільшого зрозумілі
- Частково зрозумілі
- Не дуже зрозумілі
- Зовсім не зрозумілі

11. Скільки часу, на Вашу думку, потрібно для виконання одного проєкту?

- Занадто багато
- Достатньо
- Замало

Розділ 4. Відкриті питання

12. Які позитивні моменти проєктного навчання Ви можете відзначити?

(Наприклад, цікаві теми, робота в команді, можливість проявити себе тощо)

Додаток Д. Анкети для оцінки ефективності впровадження проєктного навчання на уроках математики

Опитувальник для вчителів

Мета: Отримати відгуки вчителів щодо практичного застосування методичних рекомендацій, їх ефективності, виявлення проблемних аспектів та шляхів їх подолання.

Інструкція: Будь ласка, уважно прочитайте кожне твердження та оберіть варіант відповіді, який найбільше відповідає Вашій думці. Ваші відповіді є анонімними та будуть використані лише для покращення навчального процесу та подальшого вдосконалення методики.

Загальна інформація:

- Ваш педагогічний стаж (років): _____
- Класи, в яких Ви викладали математику із застосуванням проєктного навчання (наприклад, 5-А, 9-Б, 11-В): _____

Розділ 1. Загальне ставлення до методичних рекомендацій та проєктного навчання

1. Чи вважаєте Ви розроблені методичні рекомендації корисними для впровадження проєктного навчання?
 - Так, дуже корисні
 - Скоріше так
 - Важко сказати
 - Скоріше ні
 - Ні, зовсім не корисні
2. Наскільки легко Вам було використовувати ці рекомендації на практиці?
 - Дуже легко
 - Скоріше легко
 - Середньо
 - Скоріше важко
 - Дуже важко

3. Наскільки, на Вашу думку, проєктне навчання підвищує інтерес учнів до математики?

- Значно підвищує
- Дещо підвищує
- Не впливає
- Дещо знижує
- Значно знижує

Розділ 2. Ефективність методичних рекомендацій у розвитку компетентностей учнів

4. Завдяки проєктному навчанню учні краще розуміють математичні концепції:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

5. Проєктне навчання сприяє розвитку практичних навичок застосування математики в реальному житті:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

6. Проєктне навчання ефективно розвиває навички командної роботи та співпраці:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

7. Проєктна діяльність посилює критичне мислення учнів:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

8. Проєктне навчання стимулює креативність та нестандартне мислення учнів:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

9. Учні стають більш самостійними та відповідальними завдяки участі у проєктах:

- Повністю згоден/згодна
- Скоріше згоден/згодна
- Важко сказати
- Скоріше не згоден/згодна
- Зовсім не згоден/згодна

Розділ 3. Організаційні аспекти та труднощі

10. Чи достатньо часу виділяється на організацію та виконання проєктів у межах навчального плану?

- Цілком достатньо
- Достатньо
- Малувато
- Замало

11. Чи відчуваєте Ви потребу в додатковому навчанні/тренінгах з організації проєктного навчання?

- Так, дуже потребую
- Скоріше так
- Важко сказати

- Скоріше ні
- Ні, не потребую

Додаток Д. Результати анкетування учнів

Розділ 1. Загальне ставлення до проєктного навчання

- **Чи подобається Вам виконувати проєкти на уроках математики?**
 - Дуже подобається: 45%
 - Скоріше подобається: 40%
 - Важко сказати: 10%
 - Скоріше не подобається: 3%
 - Зовсім не подобається: 2%
 - *Інтерпретація:* Більшість учнів (85%) позитивно ставляться до виконання проєктів на уроках математики, що свідчить про високий рівень зацікавленості.
- **Чи вважаєте Ви проєктне навчання корисним для вивчення математики?**
 - Так, дуже корисне: 55%
 - Скоріше так: 35%
 - Важко сказати: 7%
 - Скоріше ні: 2%
 - Ні, зовсім не корисне: 1%
 - *Інтерпретація:* Переважна більшість учнів (90%) вважає проєктне навчання корисним для вивчення математики, що підтверджує його цінність як освітнього інструменту.

Розділ 2. Вплив проєктного навчання на знання та навички

- **Завдяки проєктному навчанню я краще розумію математичні поняття:**
 - Повністю згоден/згодна: 50%
 - Скоріше згоден/згодна: 38%
 - Важко сказати: 8%
 - Скоріше не згоден/згодна: 3%
 - Зовсім не згоден/згодна: 1%
 - *Інтерпретація:* 88% учнів погоджуються, що проєктне навчання покращує їхнє розуміння математичних понять, демонструючи його позитивний вплив на засвоєння матеріалу.
- **Проєктне навчання допомагає мені застосовувати математику в реальному житті:**
 - Повністю згоден/згодна: 48%
 - Скоріше згоден/згодна: 37%
 - Важко сказати: 10%
 - Скоріше не згоден/згодна: 4%
 - Зовсім не згоден/згодна: 1%
 - *Інтерпретація:* 85% учнів вважають, що проєкти сприяють застосуванню математики в реальному житті, що є ключовим показником практичної користі.
- **Завдяки проєктам я навчився/навчилася працювати в команді:**
 - Повністю згоден/згодна: 60%
 - Скоріше згоден/згодна: 30%
 - Важко сказати: 7%
 - Скоріше не згоден/згодна: 2%
 - Зовсім не згоден/згодна: 1%
 - *Інтерпретація:* 90% учнів відзначають розвиток навичок командної роботи, що вказує на ефективність проєктів у формуванні соціальних компетентностей.
- **Проєктне навчання розвиває моє критичне мислення (уміння аналізувати, оцінювати інформацію):**
 - Повністю згоден/згодна: 55%

- Скоріше згоден/згодна: 35%
- Важко сказати: 8%
- Скоріше не згоден/згодна: 1%
- Зовсім не згоден/згодна: 1%
- *Інтерпретація*: 90% учнів погоджуються, що проєктне навчання розвиває критичне мислення, що є важливим для формування аналітичних здібностей.
- **Проєктне навчання розвиває мою креативність (уміння знаходити нестандартні рішення):**
 - Повністю згоден/згодна: 50%
 - Скоріше згоден/згодна: 35%
 - Важко сказати: 10%
 - Скоріше не згоден/згодна: 3%
 - Зовсім не згоден/згодна: 2%
 - *Інтерпретація*: 85% учнів відчують розвиток креативності завдяки проєктам, що свідчить про їхній внесок у розвиток інноваційного мислення.
- **Я став/стала більш самостійним/самостійною у навчанні завдяки проєктам:**
 - Повністю згоден/згодна: 52%
 - Скоріше згоден/згодна: 37%
 - Важко сказати: 8%
 - Скоріше не згоден/згодна: 2%
 - Зовсім не згоден/згодна: 1%
 - *Інтерпретація*: 89% учнів зазначають підвищення самостійності в навчанні, що є важливим показником формування автономності.

Розділ 3. Організація проєктної діяльності

- **Чи отримуєте Ви достатньо допомоги від вчителя під час роботи над проєктом?**
 - Завжди: 50%
 - Часто: 40%
 - Іноді: 8%
 - Рідко: 1%
 - Ніколи: 1%
 - *Інтерпретація*: 90% учнів отримують достатню допомогу від вчителя, що вказує на ефективну підтримку з боку педагога.
- **Чи зрозумілі Вам критерії оцінювання проєктів?**
 - Завжди зрозумілі: 45%
 - Здебільшого зрозумілі: 45%
 - Частково зрозумілі: 8%
 - Не дуже зрозумілі: 1%
 - Зовсім не зрозумілі: 1%
 - *Інтерпретація*: 90% учнів вважають критерії оцінювання зрозумілими, що забезпечує прозорість та об'єктивність оцінювання.
- **Скільки часу, на Вашу думку, потрібно для виконання одного проєкту?**
 - Занадто багато: 10%
 - Достатньо: 85%
 - Замало: 5%
 - *Інтерпретація*: 85% учнів вважають, що часу на виконання проєкту виділяється достатньо, що свідчить про адекватне планування.

Розділ 4. Відкриті питання

- **Які позитивні моменти проєктного навчання Ви можете відзначити?**
 - *Приклад якісного аналізу:*

- Робота в команді: 70% учнів
 - Цікаві та нестандартні завдання: 65% учнів
 - Можливість проявити себе/креативність: 50% учнів
 - Краще розуміння предмета: 40% учнів
 - Застосування знань на практиці: 35% учнів
- *Інтерпретація:* Відповіді учнів підтверджують широкий спектр позитивних аспектів проєктного навчання, які відповідають цілям методичних рекомендацій.

Додаток Е. Результати анкетування вчителів

Розділ 1. Загальне ставлення до методичних рекомендацій та проєктного навчання ¹

- **Чи вважаєте Ви розроблені методичні рекомендації корисними для впровадження проєктного навчання?** ²
 - Так, дуже корисні: 55% ³
 - Скоріше так: 35% ⁴
 - Важко сказати: 7% ⁵
 - Скоріше ні: 2% ⁶
 - Ні, зовсім не корисні: 1% ⁷
 - *Інтерпретація:* Переважна більшість вчителів (90%) вважають методичні рекомендації корисними, що свідчить про їхню актуальність та цінність для педагогічної практики.
- **Наскільки легко Вам було використовувати ці рекомендації на практиці?** ⁸
 - Дуже легко: 30% ⁹
 - Скоріше легко: 50% ¹⁰
 - Середньо: 15% ¹¹
 - Скоріше важко: 4% ¹²
 - Дуже важко: 1% ¹³
 - *Інтерпретація:* 80% вчителів відзначили легкість використання рекомендацій, що вказує на їхню практичність та доступність.
- **Наскільки, на Вашу думку, проєктне навчання підвищує інтерес учнів до математики?** ¹⁴
 - Значно підвищує: 40% ¹⁵
 - Дещо підвищує: 50% ¹⁶
 - Не впливає: 8% ¹⁷
 - Дещо знижує: 1% ¹⁸
 - Значно знижує: 1% ¹⁹
 - *Інтерпретація:* 90% вчителів вважають, що проєктне навчання підвищує інтерес учнів до математики, що є важливим показником його мотиваційного потенціалу.

Розділ 2. Ефективність методичних рекомендацій у розвитку компетентностей учнів ²⁰

- **Завдяки проєктному навчанню учні краще розуміють математичні концепції:** ²¹
 - Повністю згоден/згодна: 45% ²²
 - Скоріше згоден/згодна: 45% ²³
 - Важко сказати: 7% ²⁴
 - Скоріше не згоден/згодна: 2% ²⁵
 - Зовсім не згоден/згодна: 1% ²⁶
 - *Інтерпретація:* 90% вчителів погоджуються з тим, що проєктне навчання покращує розуміння математичних концепцій учнями.
- **Проєктне навчання сприяє розвитку практичних навичок застосування математики в реальному житті:** ²⁷
 - Повністю згоден/згодна: 50% ²⁸
 - Скоріше згоден/згодна: 40% ²⁹
 - Важко сказати: 7% ³⁰
 - Скоріше не згоден/згодна: 2% ³¹
 - Зовсім не згоден/згодна: 1% ³²
 - *Інтерпретація:* 90% вчителів вважають, що проєктне навчання ефективно розвиває навички застосування математики на практиці.
- **Проєктне навчання ефективно розвиває навички командної роботи та співпраці:** ³³
 - Повністю згоден/згодна: 55% ³⁴
 - Скоріше згоден/згодна: 38% ³⁵
 - Важко сказати: 5% ³⁶
 - Скоріше не згоден/згодна: 1% ³⁷

- Зовсім не згоден/згодна: 1% ³⁸
- *Інтерпретація*: 93% вчителів відзначають розвиток навичок командної роботи завдяки проєктному навчанню.
- **Проєктна діяльність посилює критичне мислення учнів:** ³⁹
 - Повністю згоден/згодна: 50% ⁴⁰
 - Скоріше згоден/згодна: 40% ⁴¹
 - Важко сказати: 7% ⁴²
 - Скоріше не згоден/згодна: 2% ⁴³
 - Зовсім не згоден/згодна: 1% ⁴⁴
 - *Інтерпретація*: 90% вчителів погоджуються, що проєктна діяльність посилює критичне мислення учнів.
- **Проєктне навчання стимулює креативність та нестандартне мислення учнів:** ⁴⁵
 - Повністю згоден/згодна: 48% ⁴⁶
 - Скоріше згоден/згодна: 40% ⁴⁷
 - Важко сказати: 10% ⁴⁸
 - Скоріше не згоден/згодна: 1% ⁴⁹
 - Зовсім не згоден/згодна: 1% ⁵⁰
 - *Інтерпретація*: 88% вчителів вважають, що проєктне навчання стимулює креативність учнів.
- **Учні стають більш самостійними та відповідальними завдяки участі у проєктах:** ⁵¹
 - Повністю згоден/згодна: 52% ⁵²
 - Скоріше згоден/згодна: 38% ⁵³
 - Важко сказати: 8% ⁵⁴
 - Скоріше не згоден/згодна: 1% ⁵⁵
 - Зовсім не згоден/згодна: 1% ⁵⁶
 - *Інтерпретація*: 90% вчителів підтверджують підвищення самостійності та відповідальності учнів через проєкти.

Розділ 3. Організаційні аспекти та труднощі ⁵⁷

- **Чи достатньо часу виділяється на організацію та виконання проєктів у межах навчального плану?** ⁵⁸
 - Цілком достатньо: 15% ⁵⁹
 - Достатньо: 40% ⁶⁰
 - Малувато: 35% ⁶¹
 - Замало: 10% ⁶²
 - *Інтерпретація*: Хоча більшість (55%) вважає час достатнім, значна частина (45%) відчуває брак часу, що може бути потенційною проблемною зоною для подальшого вдосконалення рекомендацій.
- **Чи відчуваєте Ви потребу в додатковому навчанні/тренінгах з організації проєктного навчання?** ⁶³
 - Так, дуже потребує: 20% ⁶⁴
 - Скоріше так: 30% ⁶⁵
 - Важко сказати: 15% ⁶⁶
 - Скоріше ні: 25% ⁶⁷
 - Ні, не потребує: 10% ⁶⁸
 - *Інтерпретація*: Близько половини вчителів (50%) висловлюють потребу в додатковому навчанні, що вказує на можливість покращення підтримки педагогів у цьому напрямку.

Ці гіпотетичні результати, якщо вони будуть підтверджені реальним опитуванням, нададуть вагомі докази ефективності розроблених методичних рекомендацій для впровадження проєктного навчання на уроках математики.