

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Факультет математики і інформатики
Кафедра вищої математики та інформатики

Кваліфікаційна робота магістра
на тему «STEM-підхід до вивчення площі геометричних фігур у 8-9
класах: проектно-дослідницький підхід та практичне застосування»

Виконала:

здобувачка ЗВО групи МСЗ-61,
спеціальності 014.04 «Середня освіта
(Математика)», освітньо-професійна
програма «Математика та
інформатика»
Трезінська Любов Володимирівна

Науковий керівник:

доктор філософії з комп'ютерних наук
Дейнега Олександр Андрійович

Харків – 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Трезінська Любов Володимирівна

STEM-підхід до вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах:

проектно-дослідницький підхід та практичне застосування

У роботі досліджено теоретичні засади STEM-підходу та його можливості для підвищення ефективності вивчення теми «Площа геометричних фігур» у 8-9 класах. Розроблено та реалізовано електронний STEM-курс «Геометрія в дії: трикутники, чотирикутники», який інтегрує математичні, технологічні та інженерні компоненти навчання. Проведена апробація курсу у пілотному 9 класі підтвердила позитивний вплив проектно-дослідницьких завдань на мотивацію, просторове мислення та навчальні результати здобувачів освіти. Експериментальні дані показали суттєве зростання рівня засвоєння матеріалу та підвищення якості виконання практичних робіт. Отримані результати можуть бути використані у STEM-уроках та факультативних курсах у закладах загальної середньої освіти.

Ключові слова: STEM-освіта, інтерактивні симуляції, візуалізація математичних концепцій, освіта, навчання, цифрові технології, інновації в освіті, інтерактивне навчання.

ANNOTATION

Trezinska Lyubov Volodymyrivna**STEM approach to studying the area of geometric figures in grades 8-9: a project-research approach and practical application.**

The thesis explores the theoretical foundations of the STEM approach and its potential for improving the learning of the topic “Area of Geometric Figures” in grades 8-9. An electronic STEM-based course “Geometry in Action: Triangles and Quadrilaterals” was developed and implemented, integrating mathematical, technological, and engineering components. The pilot testing conducted in a 9th-grade class demonstrated that research- and project-oriented tasks positively influence students’ motivation, spatial reasoning, and academic performance. Experimental results confirmed significant improvement in knowledge acquisition and the quality of practical work. The outcomes can be applied in STEM lessons and elective geometry courses at secondary education institutions.

Keywords: STEM education, interactive simulations, visualization of mathematical concepts, education, learning, digital technologies, innovations in education, interactive learning.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ.....	10
1.1. Основи поняття STEM. STEM в НУШ та зарубіжних закладах загальної середньої освіти.....	10
1.2. Аналіз сучасного стану проблеми впровадження STEM-підходу до вивчення геометрії.....	13
1.3. Історія виникнення поняття площі в геометрії.....	16
1.4. Методичні особливості формування понять про площу геометричних фігур у 8-9 класах.....	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КУРСУ З ГЕОМЕТРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ STEM-ПІДХОДУ ДО ВИВЧЕННЯ ПЛОЩІ.....	32
2.1. Етапи розробки електронного курсу з геометрії для 8-9 класів.....	32
2.2. Реалізація розробленого електронного навчального курсу.....	36
2.3. Організація та перевірка ефективності впровадження електронного навчального курсу...	39
2.3.1 Апробація та експериментальна перевірка розробленого курсу	39
2.3.2. Оцінка результативності впровадження STEM-завдань.....	45
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ	61
Додаток А.....	61
Додаток В.....	65
Додаток С.....	66
Додаток D.....	72

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку освіти України особливого значення набуває впровадження інноваційних підходів, що сприяють формуванню компетентностей, необхідних здобувачам освіти для успішної адаптації до вимог XXI століття. Одним із таких підходів є STEM-освіта, яка інтегрує знання з науки, технологій, інженерії, математики та орієнтована на розвиток дослідницьких, когнітивних, креативних і технологічних навичок. У Концепції розвитку STEM-освіти до 2027 року наголошується, що STEM-компетентності є стратегічними для відновлення та інноваційного розвитку України. Особливо актуальним є впровадження STEM-підходу у навчанні математики, зокрема геометрії, яка формує просторове мислення, вміння моделювати й аналізувати реальні ситуації.

Тема «Площа геометричних фігур» у 8-9 класах є одним із ключових етапів формування математичної компетентності здобувачів освіти. Традиційний спосіб викладання теми часто зводиться до вивчення формул і тренування навичок обчислень, у той час, як сучасні освітні стандарти передбачають залучення здобувачів освіти до застосування знань у практичних, дослідницьких і проєктних ситуаціях. STEM-підхід забезпечує можливість інтегрувати геометричний матеріал із цифровими технологіями, комп'ютерним моделюванням, інженерними задачами, що підвищує інтерес здобувачів освіти до предмета та сприяє глибшому розумінню матеріалу.

Аналіз сучасних педагогічних досліджень (О. Пшенична, А. Гаращенко, Н. Стецула, О. Абрамова, Т. Крамаренко, О. Лозова та ін.) показує, що застосування STEM-методик значно підвищує ефективність вивчення геометрії, сприяє розвитку критичного та просторового мислення, формує навички командної роботи та практичного застосування математичних знань. При цьому у більшості досліджень недостатньо розкритими залишаються питання системної інтеграції STEM-підходу

саме у вивчення площі фігур у 8-9 класах та створення цілісного електронного навчального курсу з відповідною методичною підтримкою.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю оновлення методик навчання геометрії, впровадженням інтегрованих та практико-орієнтованих технологій, а також потребою сучасних закладів загальної середньої освіти у перевірених, експериментально обґрунтованих методичних рекомендаціях щодо застосування STEM-проєктів і цифрових інструментів у темі «Площа геометричних фігур»

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

Предмет дослідження: методика застосування STEM-підходу та проєктно-дослідницьких технологій у вивченні теми «Площа геометричних фігур» у 8-9 класах.

Мета дослідження: розробити, теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність STEM-підходу до вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах шляхом створення та впровадження електронного навчального курсу з використанням проєктно-дослідницьких технологій.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати педагогічну, методичну та наукову літературу щодо розвитку STEM-освіти та методик вивчення геометрії в закладах середньої освіти
2. Розкрити історичні та теоретичні аспекти розвитку поняття площі та методик її навчання.
3. Визначити можливості та методичні умови застосування STEM-підходу до вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах.
4. Розробити електронний навчальний курс з геометрії, орієнтований на STEM-методики та проєктно-дослідницьку діяльність.

5. Провести апробацію та експериментальну перевірку ефективності розробленого курсу в умовах освітнього процесу.
6. Оцінити результати впровадження STEM-завдань та запропонувати методичні рекомендації для вчителів.

Методи дослідження:

- теоретичні: аналіз і узагальнення наукових джерел, порівняльний аналіз методик, систематизація теоретичних положень;
- емпіричні: педагогічний експеримент, спостереження, опитування, аналіз результатів навчальної діяльності здобувачів освіти;
- методи математичної статистики для обробки результатів експерименту;
- цифрові інструменти моделювання (GeoGebra, онлайн-платформи, інтерактивні симуляції) у процесі впровадження розробленого курсу.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що:

- вперше розроблено та структуровано електронний навчальний курс для 8-9 класів з теми «Площа геометричних фігур», побудований на принципах STEM-освіти;
- обґрунтовано педагогічні умови ефективного застосування STEM-проектів у вивченні площі фігур;
- запропоновано інтегровану модель поєднання математичного, технологічного та інженерного компонентів під час вивчення теми;
- експериментально доведено позитивний вплив STEM-підходу на розвиток просторового мислення, навчальної мотивації та результатів здобувачів освіти.

Теоретичне значення дослідження:

- розширено та уточнено науково-методичні підходи до вивчення площі геометричних фігур;
- систематизовано сучасні STEM-методики, придатні для інтеграції у шкільний курс геометрії;

- доповнено теоретичну базу щодо проєктно-дослідницької діяльності у математичній освіті.

Практичне значення дослідження:

- створено готовий електронний STEM-курс для 8-9 класів, який може бути впроваджений у навчальний процес закладів загальної середньої освіти;
- розроблено систему практичних STEM-завдань, інтерактивних матеріалів, проєктів і симуляцій;
- результати дослідження можуть бути використані вчителями математики, методистами, а також у підготовці майбутніх учителів математичних дисциплін.

Апробація результатів дослідження:

Апробація результатів магістерського дослідження здійснювалася у процесі наукової, методичної та педагогічної діяльності автора. Основні положення, висновки та здобутки роботи були представлені на науково-практичних заходах різного рівня та отримали позитивну оцінку фахівців.

Результати дослідження було оприлюднено:

- на науково-практичних конференціях, де були висвітлені теоретичні положення STEM-підходу, методичні умови його застосування у вивченні геометрії та результати експериментальної перевірки розробленого електронного курсу;
- у публікаціях автора, зокрема у фаховій статті «STEM-освіта як інструмент дослідницько-практичного навчання геометрії у 8-9 класах», опублікованій у журналі «Актуальні питання у сучасній науці», де детально подано методичні та практичні аспекти використання STEM-завдань під час вивчення теми «Площі геометричних фігур»;

- під час педагогічної апробації розробленого курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» у 9-му пілотному класі КЗ «Таранівський ліцей імені Героїв-широнінців», що також є формою експериментального підтвердження результатів роботи.

Апробація підтвердила актуальність теми дослідження, наукову обґрунтованість запропонованого методичного підходу та практичну цінність створеного електронного STEM-курсу для використання в закладах загальної середньої освіти.

Публікації. За темою кваліфікаційної роботи магістра автором опубліковано 2 наукові праці, зокрема 1 стаття у фаховому науковому виданні [16] і 1 тези у матеріалах Всеукраїнської науково-практичної конференції [20].

Структура та обсяг. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, 4 додатків і списку використаних джерел. Основний зміст роботи викладено на 58 сторінках. У дослідженні є 3 рисунки. Список використаних джерел містить 21 найменування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ

1.1. Основи поняття STEM. STEM в НУШ та зарубіжних закладах загальної середньої освіти

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) є інтегрованою освітньою парадигмою, що поєднує природничі науки, технології, інженерію та математику в єдиний міждисциплінарний простір, спрямований на формування у здобувачів освіти цілісного бачення реальних процесів і явищ. На відміну від традиційного предметного підходу, STEM наголошує на взаємозв'язку дисциплін та формуванні компетентностей, необхідних для життя й професійної діяльності у високотехнологічному суспільстві. Світова практика показує, що STEM-підхід сприяє розвитку критичного мислення, здатності до аналізу й синтезу інформації, уміння працювати в команді, знаходити нестандартні рішення та застосовувати знання в реальних практичних ситуаціях [1].

Дослідження освітніх систем США, Канади, Сінгапуру та Фінляндії підтверджують, що системне впровадження STEM-методик формує навички інженерного мислення, підвищує рівень навчальної мотивації та сприяє підготовці молоді до сучасного ринку праці, де переважають технологічні та наукові професії. Досвід цих держав показує, що інтерес здобувачів освіти до науки та техніки значно підвищується, якщо навчання наближене до реальних життєвих ситуацій.

США

- Створено мережу STEM-шкіл та STEM-академій.
- Здобувачі освіти займаються робототехнікою, хімією, програмуванням, 3D-друком.

- Поширені шкільні хакатони, конкурси інженерних проєктів, наукові ярмарки.
- Уроки часто проходять у вигляді вирішення проблеми («Як побудувати міст, що витримає 20 кг?»).

Канада

- Створено STEM-лабораторії у закладах загальної освіти.
- Особлива увага приділяється екологічним проєктам та взаємозв'язку науки з життям місцевих громад.
- Здобувачі освіти працюють у змішаних командах, презентують власні інженерні рішення.

Фінляндія

- Інтегровані навчальні модулі («Явище-орієнтоване навчання»).
- Здобувачі освіти працюють над міждисциплінарними темами, як-от «Зміна клімату», «Транспорт майбутнього».
- Акцент робиться на експериментуванні та практичних дослідженнях.

Сінгапур

- Одна з найуспішніших STEM-систем світу.
- Здобувачі освіти розпочинають інженерні та технічні проєкти вже на початковому рівні освіти.
- Уряд активно інвестує в лабораторії, цифрові платформи, наставницькі програми.

Крім того, STEM-підхід забезпечує природний перехід від теоретичного матеріалу до його практичного застосування через проєкти, дослідження, моделювання та експериментальну діяльність, що робить

процес навчання змістовнішим і більш наближеним до реальних умов.

У країнах ЄС, США, Сінгапурі та Південної Кореї STEM є ключовим елементом інноваційної стратегії освіти та розглядається як основа підготовки здобувачів освіти до викликів цифрової економіки. Освітні політики цих держав спрямовані на створення середовища, у якому навчання будується на практичних, дослідницьких та інженерних активностях, що формують у здобувачів освіти здатність застосовувати теорію в реальних ситуаціях. У закладах загальної середньої освіти широко застосовуються інтегровані міжпредметні проєкти, інженерні задачі, робототехніка, цифрові лабораторії, моделювання та комп'ютерні симуляції. Значну увагу приділено розробці STEAM-програм (розширена модель, що включає Arts), які забезпечують розвиток креативності поряд із технічними навичками. Здобувачі освіти працюють над створенням власних технічних рішень, аналізують дані, проводять експерименти, проєктують конструкції, програмують мікроконтролери та виконують завдання, що інтегрують одразу кілька навчальних дисциплін – математику, фізику, інформатику, технології, природничі науки [2].

Такий формат навчання дозволяє моделювати реальні виробничі та дослідницькі процеси, сприяє розвитку навичок співпраці та інженерного мислення, підвищує мотивацію та формує готовність здобувачів освіти до сучасного високотехнологічного ринку праці.

В Україні STEM інтегровано в Концепцію Нової української школи (НУШ), де визначено такі базові принципи: компетентнісний підхід, практичність навчання, міжпредметна інтеграція, використання інноваційних та цифрових інструментів, а також побудова навчального процесу на основі діяльнісного підходу. НУШ акцентує увагу на формуванні у здобувачів освіти умінь самостійно здобувати знання, працювати з інформацією, критично мислити, застосовувати математичні та природничі поняття у практичних ситуаціях. У межах оновлених

освітніх програм передбачено залучення здобувачів освіти до реальних життєвих і професійно орієнтованих ситуацій, зокрема під час вивчення геометричних понять через інженерні та технологічні приклади, конструкторські задачі, побудову моделей у цифрових середовищах, роботу з віртуальними лабораторіями та інтерактивними симуляціями [3]. Значна увага приділяється розвитку навичок дослідницької діяльності, практичному застосуванню математичного апарату, роботі з вимірювальними приладами, аналізу даних та виконанню навчальних проєктів. Впровадження STEM у НУШ також передбачає підвищення кваліфікації педагогів, забезпечення закладів загальної середньої освіти сучасними цифровими засобами, використання хмарних сервісів, платформ для моделювання та інтерактивних освітніх ресурсів. Усе це створює умови для формування у здобувачів освіти сучасних STEM-компетентностей та підвищує ефективність навчання геометрії через її зв'язок з реальними технологічними та науковими процесами.

1.2. Аналіз сучасного стану проблеми впровадження STEM-підходу до вивчення геометрії

Сучасні тенденції розвитку математичної освіти свідчать про зростання необхідності інтеграції STEM-підходу у процес вивчення геометрії. У контексті глобальних змін, цифрової трансформації та зростаючої ролі технологій у повсякденному житті стає очевидним, що традиційні підходи до вивчення геометрії вже не повною мірою відповідають потребам сучасного здобувача освіти. Геометрія, попри свій фундаментальний характер, нерідко подається як набір абстрактних понять і формул, відірваних від реальних ситуацій, у яких її застосування є ключовим – від архітектурного проєктування до аналізу навігаційних

даних і роботи алгоритмів комп'ютерної графіки. У цьому контексті STEM-підхід є важливим інструментом оновлення змісту геометричної освіти, адже він дозволяє інтегрувати математичні знання з інженерними, технологічними та природничими аспектами й формувати у здобувачів освіти здатність бачити практичну значущість геометричних моделей. Проте аналіз практики демонструє значний розрив між теоретичним вивченням понять та їх практичним застосуванням [4].

Дослідження українських і зарубіжних учених вказують, що здобувачі освіти часто мають труднощі з розумінням геометричних співвідношень, усвідомленням зв'язку між алгебраїчними та геометричними моделями, а також застосуванням формул для розв'язання практичних задач. Значна частина здобувачів освіти сприймає геометрію як систему абстрактних правил, відірваних від реального життя, що призводить до поверхневого засвоєння матеріалу та низького рівня мотивації. Однією з причин є фрагментарність навчання: геометрія вивчається ізольовано від технологій, інженерного мислення та реальних потреб сучасного світу [5]. У традиційній моделі викладання часто домінують репродуктивні методи – пояснення вчителя, робота з підручником, тренувальні вправи, – тоді як сучасні освітні стандарти орієнтують на діяльнісний, дослідницький та інтегрований підхід. Внаслідок цього виникає розрив між теоретичними знаннями та умінням застосовувати їх у практичних або міжпредметних ситуаціях: здобувачі освіти можуть знати формули, але не здатні інтерпретувати їх у контексті інженерної задачі, аналізу реального об'єкта чи процесу моделювання. Додатково проблему ускладнює недостатній розвиток просторового мислення, яке потребує систематичного тренування, роботи з моделями, симуляціями та візуальними інструментами. Таким чином, сучасна практика демонструє потребу не просто у вдосконаленні методики викладання геометрії, а у переорієнтації навчального процесу на

інтегровані, STEM-орієнтовані формати, що забезпечують зв'язок абстрактних знань із технологічними та практичними застосуваннями.

STEM-підхід частково компенсує ці проблеми, оскільки:

- забезпечує міжпредметну інтеграцію (поєднання математики, фізики, інформатики, технологій);
- дозволяє використовувати моделювання, симуляції та програмні середовища (GeoGebra, Desmos, PhET, цифрові лабораторії);
- мотивує здобувачів освіти через розв'язання реальних інженерних і наукових задач;
- сприяє формуванню дослідницьких навичок та критичного мислення [6].

В Україні реалізація STEM у вивченні геометрії лише набуває системного характеру. У більшості закладів середньої освіти STEM-елементи використовуються епізодично: це можуть бути окремі проєкти, STEM-тижні, конкурси, інженерні марафони, факультативні заняття або інтегровані уроки, що залежать від ініціативності окремих учителів чи наявності технічних можливостей. Такий підхід створює фрагментарність у формуванні STEM-компетентностей і не забезпечує сталого розвитку дослідницьких та практико-орієнтованих навичок здобувачів освіти. Разом із тим державні документи, зокрема Концепція розвитку STEM-освіти, Державний стандарт базової середньої освіти та оновлені навчальні програми НУШ, підкреслюють необхідність переходу від поодиноких, разових заходів до системного, методично обґрунтованого впровадження STEM у навчання геометрії [7]. У цих нормативних актах окреслено орієнтири щодо створення STEM-курсів, використання цифрових платформ, проектно-дослідницької діяльності, інтеграції природничих і технологічних дисциплін, розвитку просторової уяви й інженерного мислення. Проте ефективне впровадження цих вимог потребує розроблених навчальних матеріалів, підготовки педагогів,

забезпечення шкіл відповідним обладнанням і створення методичних рекомендацій, які б допомагали учителям практично реалізовувати STEM-підхід у вивченні таких тем, як «Площа геометричних фігур». Саме відсутність системної підтримки та єдиної методичної лінії є однією з причин того, що інтеграція STEM у геометрію відбувається повільно та нерівномірно.

Одним із найважливіших напрямів є інтеграція цифрових інструментів. GeoGebra, інтерактивні симуляції та цифрові лабораторії дозволяють здобувачам освіти бачити зв'язок між абстрактними геометричними формулами та реальними об'єктами. Моделювання площі фігур, побудова трикутників і чотирикутників, експерименти з параметрами дають можливість глибше зрозуміти математичний зміст і побачити його застосування на практиці.

Однак існують і труднощі впровадження STEM у навчання геометрії:

- недостатня підготовка вчителів до використання цифрових та інженерних інструментів;
- відсутність єдиної системи методичних матеріалів;
- перевантаженість навчальних програм;
- нерівний доступ здобувачів освіти до комп'ютерів та інтернету [8].

Таким чином, сучасний стан упровадження STEM-підходу в навчання геометрії характеризується поєднанням значного потенціалу та наявних труднощів, що вимагають розробки системних, педагогічно обґрунтованих рішень.

1.3. Історія виникнення поняття площі в геометрії

Поняття площі є одним із фундаментальних у геометрії та має довгу історію становлення, пов'язану з розвитком людської цивілізації,

землевимірюванням, архітектурою, торгівлею та першими спробами математичного опису простору. Витоки уявлень про площу сягають часів Месопотамії та Стародавнього Єгипту, де необхідність обчислення площ земельних ділянок була безпосередньо пов'язана з землеробством, системою податків, розподілом сільськогосподарських угідь, плануванням поселень та будівництвом іригаційних споруд. У Месопотамії шумери та вавилоняни застосовували більш формалізовані методи, що передбачали обчислення площ трикутників, трапецій і навіть правильних багатокутників. Ці задачі відображали не лише практичні потреби конкретних цивілізацій, а й поступове становлення геометрії як науки: від описових, емпіричних правил до структурованих математичних процедур, які згодом стали основою для античної геометричної традиції [9].

Ще у єгипетському папірусі Райнда (близько 1650 р. до н.е.) містилися задачі на вимірювання площ простих фігур – трикутника, прямокутника, трапеції. Єгиптяни застосовували наближені формули, зокрема формулу площі чотирикутника, яка базувалася на напівсумах протилежних сторін. Попри наближений характер, ці обчислення забезпечували достатню точність при роботі з прямокутними полями, що відповідало практичним потребам того часу [10].

Антична Греція здійснила величезний внесок у формування строгого поняття площі та геометрії загалом. Саме грецькі мислителі надали геометрії аксіоматичного характеру, перетворивши її з практичної дисципліни, спрямованої на розв'язання прикладних задач, на логічну науку з чітко визначеними правилами доведення. Евклід у своїх «Початках» (III ст. до н.е.) вперше системно сформулював геометрію як побудову на аксіомах, означеннях і доведеннях, заклавши підґрунтя для наукового розуміння площі, яке зберігається донині. У його працях площа розглядалася як міра рівновеликості фігур: фігури мають рівну площу тоді, коли їх можна перетворити одна на одну шляхом розбиття на частини та

перестановки цих частин, або коли вони можуть бути складені в еквівалентну за формою фігуру [11]. Такий підхід відображав характерне для грецької математики прагнення до абсолютної точності й строгості міркувань. У рамках цієї традиції формувався також метод геометричних перетворень, який дозволяв доводити еквівалентність площ різних фігур без використання числових вимірювань. Грецькі математики розробили численні теореми про подібність, рівновеликість та співвідношення фігур, що стало важливою теоретичною основою для подальших досліджень Архімеда та математичного аналізу. Завдяки цьому в античній математиці поняття площі набуло не лише практичного, але й глибокого логічного змісту.

Важливе місце в історії розвитку поняття площі посідають роботи Архімеда, який здійснив прорив у розумінні площ криволінійних фігур. Архімед не лише обчислив площі сегментів параболи, кіл і складних геометричних утворень, але й запропонував методологію, що значно випередила свій час і фактично започаткувала підхід, аналогічний сучасному інтегралу. Застосовуючи метод вичерпування, він послідовно наближав площу криволінійної фігури багатокутниками з дедалі більшою кількістю сторін, доводячи, що межа таких наближень і є шуканою площею. У трактаті «Про вимірювання круга» Архімед довів знамениту рівність про те, що площа круга дорівнює площі прямокутного трикутника з катетами, що дорівнюють радіусу та довжині кола, тим самим заклавши основи для геометричного тлумачення числа π . Його метод вичерпування став фундаментом подальшого формування математичного аналізу, передбачивши ідеї границі, нескінченного поділу та інтегрування. Саме завдяки Архімеду антична геометрія змогла вийти за межі роботи лише з прямолінійними фігурами та вперше системно охопити площі криволінійних областей, що стало визначальним кроком у розвитку науки [12].

У середньовіччі та епоху Відродження розвиток поняття площі був тісно пов'язаний із поступом астрономії, картографії, механіки та інженерних наук, які вимагали точніших методів вимірювання та математичного опису криволінійних фігур. У цей період зросла потреба в обчисленні площ земних поверхонь, географічних територій, граней архітектурних споруд, що стимулювало появу нових підходів до роботи з фігурами складної форми. Особливого значення набули дослідження Йоганна Кеплера, який аналізував площі еліптичних і неправильних областей, застосовуючи метод наближених обчислень через розбиття фігури на нескінченно вузькі смуги. Подальший прорив здійснив Бонавентура Кавальєрі, який запропонував принцип «невимірно малих» (*metodo degli indivisibili*), відповідно до якого площа фігури розглядалася як сума нескінченно великої кількості паралельних лінійних елементів. Ці ідеї не лише збагатили геометрію новими методами, а й підготували фундамент для формування диференціального та інтегрального числення у працях Ньютона та Лейбніца. Таким чином, перехід від античної аксіоматики до методів нескінченно малих став вирішальним етапом еволюції поняття площі, що забезпечив можливість системно працювати з криволінійними фігурами та сформував теоретичний апарат, який використовується в сучасній математиці, фізиці, техніці та цифровому моделюванні.

У математичній освіті поняття площі почало формуватися системно лише у XIX-XX століттях, коли з'явилися перші стандартизовані підручники, побудовані на єдиній методичній основі. У цей період відбувся перехід від інтуїтивних, часто емпіричних міркувань до строгої педагогічної структури викладання геометрії. Вчителі та методисти розробили послідовність вивчення площі: від вимірювання простих фігур і роботи з одиницями площі – до доведення формул, їх застосування у багатокрокових задачах і моделюванні реальних ситуацій. Поступово у

шкільну геометрію почали вводити ідеї декомпозиції складних фігур, побудову рівновеликих фігур, використання координатного методу та аналіз геометричних перетворень, що дозволило здобувачам освіти розуміти не лише «як», але й «чому» працюють певні формули. У ХХ столітті значну роль відіграла також інтеграція історичного матеріалу та прикладних задач: у підручниках почали з'являтися задачі Архімеда, приклади землевимірювання, задачі картографії, моделювання площ технічних об'єктів. Така методична еволюція сприяла переходу від механічного запам'ятовування формул до усвідомленого, діяльнісного підходу, де здобувачі освіти самостійно відкривають закономірності, будують моделі, аналізують фігури та застосовують знання у практичних і дослідницьких контекстах [13].

Під час вивчення теми площ у закладах загальної середньої освіти важливо звертати увагу на історичний контекст, оскільки він дозволяє здобувачам освіти краще зрозуміти логіку виникнення формул, роль площі в розвитку математики та практичні застосування геометричних знань. Історичні задачі та приклади допомагають побачити, що сучасні формули не є абстрактними правилами, а результатами багатовікових спостережень, експериментів і пошуку оптимальних способів опису реального світу – від єгипетських землемірів і вавилонських писарів до Архімеда, Кеплера й математиків Нового часу. Такий підхід показує внутрішню логіку математики та демонструє природний шлях розвитку ідей: від вимірювання полів і побудови іригаційних систем – до аналізу криволінійних фігур та формування концепцій нескінченно малих. Історичний контекст акцентує увагу на тому, що математика розвивається як відповідь на реальні потреби суспільства, а геометричні знання застосовуються у картографії, архітектурі, інженерії, астрономії та сучасних цифрових технологіях. Це також підвищує мотивацію, сприяє розвитку просторового та логічного мислення, стимулює пізнавальну

активність і формує стійкий інтерес до предмета – особливо у поєднанні зі STEM-підходом, який поєднує історичні приклади з практичним моделюванням, експериментами та технічними застосуваннями [14].

1.4. Методичні особливості формування понять про площу геометричних фігур у 8-9 класах

Методичні особливості вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах визначаються не лише змістом навчальних програм, але й сучасними вимогами до інтегрованого, компетентнісного та діяльнісного навчання. Формування поняття площі потребує поєднання теоретичних знань, практичних завдань, історичних фактів та міжпредметних зв'язків, що є ключовими компонентами STEM-підходу [15]. Оскільки тема площі є однією з базових у курсі геометрії й водночас складною для здобувачів освіти через абстрактність понять, важливо забезпечити її подання через різні типи діяльності: вимірювання, побудову, моделювання, дослідження та аналіз реальних об'єктів. Мотиваційна складова також відіграє істотну роль: здобувачі освіти значно краще засвоюють матеріал, коли бачать практичне застосування обчислення площі у техніці, архітектурі, природничих науках, картографії, дизайні чи повсякденному житті. Тому методика навчання має передбачати включення задач із реальним контекстом, цифрових моделей, інженерних прикладів та експериментальних ситуацій, що дозволяють пов'язати математичні формули зі спостережуваними явищами. Важливо також враховувати індивідуальні освітні траєкторії здобувачів освіти, забезпечуючи можливість самостійних відкриттів і досліджень, що відповідає принципам діяльнісного підходу та сприяє розвитку просторового мислення, логічних міркувань і навичок застосування знань у нових ситуаціях.

Використання проєктно-дослідницького підходу на систематичній основі сприяє формуванню в здобувачів освіти 8-9 класів ключових умінь і компетентностей, зокрема:

- навичок самостійного та критичного мислення;
- уміння аналізувати дані та встановлювати причинно-наслідкові зв'язки;
- здатності прогнозувати результати на основі спостережень і попередніх розрахунків;
- уміння формулювати обґрунтовані висновки.

Такий тип діяльності розвиває не лише математичні здібності, а й дослідницькі навички, просторове уявлення, креативність, вміння застосовувати знання у практичних ситуаціях, а також комунікативні компетентності під час роботи в групах.

Проведений теоретичний аналіз наукової літератури підтверджує, що STEM-підхід значно підвищує ефективність вивчення теми «Площа геометричних фігур» за умови дотримання таких рекомендацій:

- планувати та проводити інтегровані уроки, поєднуючи математику з інформатикою, природничими науками та технологіями;
- активно використовувати цифрові технології, зокрема динамічні математичні середовища, симуляції та електронні освітні платформи;
- застосовувати практичні та проєктні завдання, що демонструють зв'язок геометрії з реальними об'єктами та професійними ситуаціями;
- стимулювати дослідницьке мислення, залучаючи Здобувачів освіти до експериментів, моделювання та формулювання гіпотез;
- організовувати командну роботу і комунікацію, що сприяє розвитку соціальних і презентаційних навичок;

- вибудовувати міжпредметні зв'язки, підкреслюючи взаємодоповнюваність математичних, інженерних і технологічних знань;
- забезпечувати постійний професійний розвиток педагогів, зокрема оволодіння сучасними цифровими інструментами та STEM-методиками.

Такий комплексний підхід дозволяє підвищити якість засвоєння матеріалу й ефективність навчання, а також сприяє формуванню в здобувачів освіти компетентностей, необхідних для сучасного суспільства та майбутньої професійної діяльності. [16]

Одним із центральних методичних напрямів є використання міжпредметної інтеграції, яка дозволяє здобувачам освіти розуміти площу не лише як математичне абстрактне поняття, а як прикладну величину, що трапляється у фізиці, географії, біології, технологіях та інженерії. Такий підхід допомагає здобувачам освіти побачити, що площа є універсальною характеристикою, яка використовується для опису природних явищ, технічних конструкцій та просторових об'єктів. Наприклад, під час вивчення площі трикутника доцільно залучати задачі з фізики, пов'язані з визначенням площі поверхонь, які впливають на силу опору, теплові втрати, площу поглинання сонячного випромінювання або ефективність радіаторів. У біології поняття площі виникає при аналізі листових пластинок, площ поверхонь клітинних структур та біомембран, що дозволяє здобувачам освіти побачити взаємозв'язок між геометрією й природничими процесами. У географії активно опрацьовуються площі територій, земельних ділянок, водозбірних басейнів, а також питання, пов'язані з картографічними проєкціями, де обчислення площі допомагає зрозуміти спотворення масштабу й форми. У технологічній та інженерній освіті задачі на площу пов'язані з проєктуванням конструкцій, визначенням площ для нанесення покриття, розрахунком матеріалів у

будівництві, а також із роботою цифрових інструментів 3D-моделювання. Така інтеграція забезпечує природне поєднання математики з іншими галузями знань, розвиває системне мислення та дозволяє здобувачам освіти усвідомити практичну значущість обчислення площ у різних сферах діяльності людини [17].

Ефективною методичною практикою є використання цифрових інструментів та динамічних математичних середовищ (GeoGebra, Desmos), які дозволяють здобувачам освіти моделювати фігури, змінювати параметри та бачити, як це впливає на площу. Такі засоби є важливою частиною STEM-освіти, оскільки дають змогу взаємодіяти з математичними моделями у форматі експерименту й спостереження, що значно підвищує глибину розуміння поняття площі. За допомогою динамічних середовищ здобувачі освіти можуть побудувати трикутник або чотирикутник, змінювати висоту, сторону чи кут, обчислювати площу різними способами та аналізувати відповідність між формулою, побудовою й реальним результатом. Крім того, цифрові інструменти забезпечують можливість швидко порівнювати площі різних фігур, досліджувати вплив зміни окремих параметрів на кінцевий результат, будувати графіки залежностей та перевіряти гіпотези, що сприяє формуванню дослідницької та аналітичної компетентностей. Використання таких інструментів допомагає подолати труднощі в розумінні абстрактних понять, оскільки здобувач освіти бачить безпосередній зв'язок між дією і результатом. До того ж цифрові середовища дозволяють створювати мініпроекти, у яких здобувачі освіти моделюють реальні об'єкти – ділянки землі, елементи будівель, технічні деталі – та визначають їх площу з урахуванням нетривіальних форм і обмежень. Така діяльність поєднує математику, інженерію та технології, роблячи навчання більш змістовним, інтерактивним та практико-орієнтованим [18].

У 8-9 класах важливо також формувати вміння декомпозиції фігур.

Декомпозиція – це поділ складної фігури на простіші елементи: трикутники, прямокутники, трапеції, а інколи – сукупність фігур різних типів, що дозволяє значно спростити обчислення. Такий підхід не лише допомагає здобувачам освіти краще розуміти структуру геометричних форм, а й є фундаментом сучасних інженерних та технологічних методів моделювання. У цифровому проектуванні (CAD-системах), архітектурі, комп'ютерній графіці, машинобудуванні та 3D-моделюванні складні об'єкти майже завжди подаються у вигляді набору елементарних геометричних форм – це дозволяє виконувати точні розрахунки площі поверхонь, об'ємів та матеріаломісткості конструкцій. Засвоєння декомпозиції на шкільному рівні створює підґрунтя для розуміння цих технологічних процесів, формує логіку інженерного мислення й розвиває здатність структуровано аналізувати форми.

Використання задач реального змісту значно підсилює ефективність цього методу. Наприклад, обчислення площі даху будинку, розпланування земельної ділянки неправильної форми, оцінка кількості будівельних матеріалів, визначення площі сонячної панелі або розрахунок поверхні технічної деталі – усе це вимагає декомпозиції складних фігур на простіші. Такі завдання підвищують мотивацію здобувачів освіти, оскільки демонструють прямий зв'язок між математичними навичками та реальними побутовими, інженерними чи технологічними задачами. Щобільше, у поєднанні з цифровими інструментами (GeoGebra, SketchUp, Tinkercad, інтерактивними симуляціями) декомпозиція стає елементом дослідницької роботи, де здобувачі освіти не лише розбивають фігури, а й перевіряють точність моделей, порівнюють різні способи поділу та аналізують вплив форми на підсумкові результати. Такий підхід сприяє формуванню міцних математичних знань і водночас готує здобувачів освіти до майбутніх інженерних та технологічних компетенцій [19].

Методичним інструментом, що сприяє глибшому розумінню поняття

площі, є історичні задачі. Вони дозволяють не лише показати здобувачам освіти практичне походження математичних знань, але й підвести їх до усвідомлення логіки виникнення формул, які сьогодні здаються очевидними. Знайомство здобувачів освіти з методами обчислення площі, що використовувалися у Стародавньому Єгипті, Месопотамії чи античній Греції, розкриває еволюцію математичної думки: від емпіричних способів вимірювання земельних ділянок до строгих доведень Евкліда та застосування методу вичерпування Архімеда. Так, єгипетські писарі користувалися наближеними формулами для площі чотирикутника, вавилонські математики вже обчислювали площі правильних багатокутників, а Архімед фактично заклав основи інтегрального підходу, визначаючи площі криволінійних фігур. Використання таких історичних прикладів сприяє кращому розумінню сутності геометричних величин, демонструє зв'язок математики з практичними потребами суспільства – землеробством, іригацією, будівництвом, картографією, астрономією. Крім того, включення в навчання задач на площі ізопериметричних фігур, легенд про Дідону чи елементів «серпків Гіппократа» формує в здобувачів освіти інтерес до пошукової діяльності, розвиває логічне та просторове мислення. Здобувачі освіти краще усвідомлюють, що математика – це не набір формул, а результат багатовікових пошуків, досліджень і реальних потреб людства, що повністю відповідає цілям STEM-підходу та сприяє формуванню цілісного світогляду. [20].

Важливо використовувати інтерактивні методи навчання: групові проєкти, інженерні задачі, експериментальні роботи, побудову моделей, роботу в цифрових середовищах та аналіз реальних об'єктів. Інтерактивність забезпечує діяльнісний характер навчання, коли здобувачі освіти не лише спостерігають, а активно конструюють, вимірюють, моделюють і перевіряють гіпотези. Наприклад, здобувачі освіти можуть створювати макети біотехнічних конструкцій (теплиць, екодомів, сонячних

панелей, павільйонів або модульних конструкцій), розраховувати площі необхідних матеріалів, оптимізувати форму елементів для економії ресурсів, порівнювати варіанти проєктних рішень за критеріями міцності, вартості чи енергоефективності. У межах STEM-курсу доцільно також організовувати роботу з цифровими інструментами: побудову 3D-моделей у GeoGebra, моделювання площі сегментів і сектора в інтерактивних симуляціях, аналіз зображень місцевості за допомогою Google Maps, обчислення площі об'єктів у графічних редакторах або електронних таблицях. Такі завдання інтегрують математику, технології, інженерію, інформатику та природничі науки, розвиваючи у здобувачів освіти розуміння того, як геометричні знання застосовуються у сучасних технічних системах, архітектурі, екологічному моделюванні та проєктуванні. Вони формують не лише математичну, а й інженерну та цифрову компетентності, розвивають уміння працювати в команді, аргументувати рішення та здійснювати критичний аналіз результатів, що повністю відповідає філософії STEM-освіти та вимогам НУШ щодо діяльнісного та практико-орієнтованого навчання. [21].

Отже, методичні особливості вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах передбачають поєднання класичної геометричної підготовки з цифровими, практичними та дослідницькими компонентами. Поєднання традиційних побудов, доказів і обчислень із сучасними інструментами моделювання, інтерактивними симуляціями та реальними інженерними задачами створює цілісне навчальне середовище, у якому здобувачі освіти не лише засвоюють формули, а й розуміють їхнє походження, логіку та практичну цінність. Інтеграція STEM-елементів дозволяє розвивати просторове мислення, аналітичні та проєктні навички, здатність до самостійного пошуку рішень і застосування знань у нових ситуаціях.

Такий підхід сприяє формуванню високого рівня математичної та STEM-компетентності здобувачів освіти, підвищує мотивацію до навчання

та забезпечує більш глибоке й усвідомлене опанування теми «Площа геометричних фігур». Він допомагає здобувачам освіти не лише правильно обчислювати площі трикутників, чотирикутників чи кіл, а й розуміти логіку формул, бачити їх зв'язок з реальними об'єктами, технологічними процесами й інженерними задачами. Залучення здобувачів освіти до моделювання, роботи з цифровими платформами, виконання мінідосліджень та проєктних рішень формує навички аналізу, планування, взаємодії в команді й використання сучасних технологічних інструментів – компетентності, які є ключовими для STEM-сфери. Такий формат роботи забезпечує природний перехід від теорії до практики, інтегрує математику з природничими науками, інформатикою та технологіями, створюючи цілісну картину використання геометричних знань у повсякденному житті та професійній діяльності. У результаті навчальний процес стає не лише ефективнішим, а й більш наближеним до реальних технологічних та інженерних практик, що є особливо важливим у контексті сучасних освітніх стандартів та вимог Нової української школи щодо формування компетентнісної, практико-орієнтованої та інноваційної освіти.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі було системно проаналізовано теоретичні засади STEM-освіти, світові та українські підходи до її впровадження, історичний розвиток поняття площі, а також методичні аспекти формування уявлень про площу геометричних фігур у 8-9 класах. Проведений аналіз дав змогу з'ясувати сутність STEM-підходу як інтегрованої моделі навчання, що поєднує математичні, технологічні, природничі та інженерні компоненти. Було визначено основні тенденції розвитку STEM-освіти у провідних країнах світу та окреслено особливості її реалізації в умовах Нової української школи. Розгляд історичного становлення поняття площі дозволив показати еволюцію математичних ідей – від прикладних вимірювань давніх цивілізацій до формування аксіоматичного підходу та сучасних методів обчислення. На основі узагальнення педагогічних і методичних джерел виявлено ключові труднощі, з якими стикаються здобувачі освіти під час опанування теми «Площа геометричних фігур», а також визначено умови, що забезпечують ефективне формування цього поняття в закладах загальної середньої освіти. Особливу увагу приділено ролі цифрових інструментів, міжпредметних зв'язків, дослідницьких і проєктних форм роботи, які створюють підґрунтя для глибшого, усвідомленого та практично орієнтованого засвоєння змісту. Отримані теоретичні положення стали основою для розробки та впровадження електронного STEM-курсу, представленого у другому розділі роботи.

По-перше, STEM-дослідження показують, що інтеграція науки, технологій, інженерії та математики є ключовою умовою формування компетентностей XXI століття. У зарубіжних країнах STEM-підхід реалізується через проєктну діяльність, міждисциплінарні курси, лабораторії та моделювання. В Україні STEM активно розвивається у рамках Концепції НУШ, однак потребує системного методичного супроводу та підготовки педагогів.

По-друге, аналіз сучасного стану впровадження STEM-підходу до вивчення геометрії засвідчив, що здобувачі освіти часто стикаються із труднощами практичного застосування математичних знань. STEM-технології дозволяють подолати розрив між абстрактністю геометричних понять та реальними ситуаціями через цифрові інструменти, моделювання та застосування інженерних задач.

По-третє, історія розвитку поняття площі демонструє глибокий еволюційний шлях – від практичних вимірювань давніх цивілізацій до строгого аксіоматичного підходу Евкліда, методу вичерпування Архімеда та формування сучасного математичного аналізу. Залучення історичних фактів при навчанні сприяє кращому розумінню сутності площі та формуванню внутрішньої логіки побудови математичних формул.

По-четверте, методичні особливості формування понять про площу геометричних фігур у 8-9 класах повинні враховувати міжпредметні зв'язки, використання цифрових інструментів, практичних задач, декомпозицію фігур, історичні задачі та STEM-проекти. Такі підходи сприяють розвитку просторового мислення, аналітичних умінь, уміння застосовувати математичні знання у практичних ситуаціях та формують цілісне розуміння змісту теми.

Отже, проведений теоретичний аналіз підтверджує важливість і доцільність застосування STEM-підходу до вивчення площі геометричних фігур у 8-9 класах. Він створює умови для підвищення мотивації здобувачів освіти, поглиблення розуміння геометричних понять та формування практичних компетентностей, які є необхідними для сучасної освіти. Інтеграція математичного змісту з технологічними та інженерними аспектами забезпечує перехід від репродуктивного засвоєння формул до їх усвідомленого застосування в реальних життєвих, наукових і технічних ситуаціях. STEM-підхід сприяє розвитку просторового мислення, навичок моделювання, критичного аналізу та дослідницької діяльності, що є

ключовими складовими компетентнісного навчання. Разом із тим, використання цифрових інструментів, історичних задач, міжпредметних зв'язків і проєктної діяльності формує цілісне бачення математичних закономірностей і забезпечує глибшу інтеграцію геометрії з іншими освітніми галузями. Таким чином, актуальність і педагогічна ефективність STEM-підходу у вивченні площі фігур є теоретично обґрунтованими й потребують подальшої практичної реалізації, що визначає зміст другого розділу дослідження.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ КУРСУ З ГЕОМЕТРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ STEM-ПІДХОДУ ДО ВИВЧЕННЯ ПЛОЩІ

2.1. Етапи розробки електронного курсу з геометрії для 8-9 класів

Розробка електронного навчального курсу з теми «Площі геометричних фігур» для 8-9 класів у межах STEM-підходу вимагала системної роботи, що поєднує методичне проєктування, підбір цифрових інструментів, розробку змістового наповнення та підготовку умов для практичного впровадження. Курс «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» було створено як інтегрований освітній продукт, спрямований на формування в здобувачів освіти практичних, дослідницьких та інженерних умінь, а також умінь застосовувати математичні знання у реальних ситуаціях.

Процес розробки курсу складався з кількох взаємопов'язаних етапів.

Етап 1. Аналіз навчальних програм та визначення методичних вимог

На першому етапі було здійснено аналіз чинних навчальних програм з математики для 8-9 класів, вимог Державного стандарту базової середньої освіти та концепції НУШ. Особливе значення мало визначення місця теми «Площі геометричних фігур» у змісті геометричного курсу, а також можливостей її розширення через застосування STEM-методів.

У ході аналізу було сформовано такі ключові орієнтири:

- інтеграція математики з технологіями, інформатикою та елементами природничих наук;
- акцент на практичному застосуванні знань;
- включення проєктних та дослідницьких завдань;
- використання цифрових інструментів (GeoGebra, Excel, онлайн-моделювання).

Це визначило загальну концепцію курсу як практико-орієнтованого та інтегрованого.

Етап 2. Розробка структури та логіки побудови курсу

На основі визначених вимог було створено структуру курсу, що складається з 12 уроків, об'єднаних у два розділи: «Трикутники» та «Чотирикутники та кола».

Кожен урок має:

- чітко визначену мету;
- змістовий компонент з геометрії;
- STEM-практику (дослідницькі, лабораторні або інженерні завдання);
- цифрову складову (GeoGebra, Scratch, Google Maps, Excel);
- елемент мініпроєкту.

Структура побудована таким чином, щоб здобувачі освіти поступово переходили від базових понять до створення власних моделей та проєктів, у яких застосовуються знання про площі.

Етап 3. Створення тематичних модулів і STEM-завдань

Особливу увагу було приділено розробці навчальних завдань і проєктів. Кожен урок містить STEM-практику, наприклад:

- моделювання конструкцій із трикутників для вивчення стійкості форм;
- обчислення площ реальних об'єктів (ділянки місцевості, елементів інфраструктури) за допомогою цифрових карт;
- використання таблиць Excel для автоматизації обчислень;
- побудова інтерактивних фігур у GeoGebra та аналіз зміни площ при трансформаціях;
- створення мініпроєктів («Моє трикутне рішення», «Фігури у проєктуванні», «Геометрія в дії»).

Усі завдання орієнтовані на міжпредметні зв'язки та розвиток навичок аналізу, моделювання і роботи з даними.

Етап 4. Підготовка цифрового освітнього середовища

Для підтримки курсу було створено електронне освітнє середовище, яке включає:

- навчальні матеріали у форматі презентацій, відеофрагментів та інструкцій;
- інтерактивні моделі GeoGebra;
- практичні таблиці Excel для обчислень площ;
- шаблони для проєктної діяльності здобувачів освіти;
- інструкції до STEM-експериментів.

Окремі матеріали були адаптовані під дистанційний формат відповідно до вимог цифрової грамотності та принципів НУШ.

Етап 5. Методична адаптація курсу та створення інструкцій для здобувачів освіти

Кожну тему було адаптовано до вікових особливостей здобувачів освіти 8-9 класів. Розроблено покрокові інструкції:

- для роботи з програмними засобами (GeoGebra, Excel, Google Maps);
- для виконання дослідницьких завдань;
- для створення інженерних та творчих моделей;
- для оформлення мініпроєктів.

Такий підхід забезпечив доступність курсу для здобувачів освіти із різним рівнем підготовки.

Етап 6. Пілотне впровадження та апробація курсу

Апробація курсу була проведена на базі КЗ «Таранівський ліцей імені Героїв-широнінців» Зміївської міської ради у пілотному 9-му класі, де навчалося 22 здобувачі освіти.

У ході апробації:

- опрацьовано обидва розділи курсу – «Трикутники» та «Чотирикутники»;
- виконано всі STEM-проєкти, передбачені програмою;

- зібрано спостереження щодо мотивації, розуміння матеріалу та активності здобувачів освіти;
- зафіксовано ефективні прийоми подання матеріалу та роботи в цифровому середовищі;
- визначено необхідні уточнення та вдосконалення.

Отримані результати лягли в основу підрозділів 2.3.1 та 2.3.2, де описано експериментальне дослідження та оцінку ефективності впровадження.

Етап 7. Удосконалення курсу за результатами апробації

Після пілотного запуску було здійснено:

- корекцію структури та тривалості окремих уроків;
- уточнення інструкцій до практичних робіт;
- додавання прикладів реальних об'єктів для обчислення площ;
- розширення цифрових матеріалів та інтерактивних моделей;
- формування рекомендацій для вчителів щодо інтеграції курсу в навчальний процес.

Особливу увагу приділено посиленню міжпредметних зв'язків – з інформатикою, фізикою, технологіями та природничими науками.

Таким чином, розробка електронного STEM-курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» відбувалася у шість основних етапів: від аналізу навчальних програм і створення змістової структури до розробки цифрових матеріалів та апробації в реальних умовах. Поєднання математичної теорії, цифрових інструментів, інженерних елементів та проектно-дослідницької діяльності дозволило створити сучасний, практико-орієнтований і високоефективний освітній продукт для вивчення площ геометричних фігур у 8-9 класах.

2.2. Реалізація розробленого електронного навчального курсу

Реалізація електронного навчального курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» здійснювалася на освітній платформі «Всеосвіта» – одному з провідних українських цифрових середовищ, призначених для підтримки роботи педагогів, створення інтерактивних завдань, проведення дистанційного навчання та організації навчальних курсів. Платформа поєднує інструменти для створення уроків, тестових завдань, презентацій, електронних модулів і практичних робіт, що робить її зручною для реалізації STEM-орієнтованого навчання.

1. Характеристика платформи «Всеосвіта» як цифрового середовища навчання.

Платформа «Всеосвіта» забезпечує комплексні можливості для роботи педагогів:

- електронний конструктор уроків, що дозволяє створювати модулі із текстовими, графічними, інтерактивними та мультимедійними елементами;
- інтерактивні тести і завдання, включно з автоматичною перевіркою результатів;
- хмарне сховище навчальних матеріалів;
- можливість організації дистанційних та змішаних уроків;
- інструменти для відстеження успішності здобувачів освіти;
- сумісність із цифровими матеріалами GeoGebra, Canva, PowerPoint, PDF та іншими форматами.

Особливістю платформи є її орієнтація на українського вчителя та відповідність вимогам НУШ і цифрової трансформації освіти. Завдяки цьому «Всеосвіта» стала зручним середовищем для розміщення

інтерактивного STEM-курсу та організації практичних, проєктних і дослідницьких видів діяльності.

2. Структура реалізації електронного STEM-курсу

Електронний курс було впроваджено у вигляді цілісної системи навчальних модулів, які відповідали навчальному плану і структурі, розроблених на етапі проєктування. Кожен модуль містив:

- теоретичний блок з ілюстраціями та динамічними моделями;
- практичні STEM-завдання;
- інтерактивні вправи та симуляції;
- матеріали для самоперевірки;
- мініпроєкти та творчі роботи.

Курс об'єднує 12 уроків, що входять до двох основних розділів:

1. Трикутники (6 уроків)
2. Чотирикутники та кола (6 уроків)

Цифрове наповнення курсу та інтеграція інструментів STEM:

1. Інтерактивні моделі GeoGebra

Здобувачі освіти мали можливість:

- будувати трикутники та чотирикутники з довільними параметрами;
- досліджувати залежності площі від зміни сторін, висоти та кутів;
- створювати анімації та динамічні зміни фігур.

2. Таблиці Excel та Google Sheets

Використовувалися для:

- обчислення площ різними формулами,
- порівняльного аналізу результатів,
- автоматизації повторюваних розрахунків,
- побудови графіків залежностей.

3. Графічні редактори та візуалізація

3. У проєктних завданнях застосовувалися Canva, Draw.io, PowerPoint, Google Maps.

4. Інтерактивні тести та форми самооцінювання

Платформа дозволила створити:

- тестові завдання з автоматичним оцінюванням,
- завдання з відкритою відповіддю,
- опитувальники для визначення рівня самостійності та розуміння матеріалу.

Організація освітнього процесу в межах курсу:

1. Теоретично-практичні уроки
2. Дослідницькі мінізавдання
3. Практичні інженерні завдання
4. Проєктна діяльність

Функціональні можливості платформи, використані в курсі:

- Конструктор курсів
- Тестовий модуль
- Завдання з прикріпленням файлів
- Журнал успішності
- Коментарі та внутрішній чат

Адаптація курсу для різних рівнів підготовки здобувачів освіти

Під час реалізації курсу було враховано різні рівні математичної підготовки здобувачів освіти: додано спрощені інструкції, диференційовані завдання та додаткові пояснення.

Результати впровадження

Курс було апробовано у пілотному 9-му класі (22 здобувачі освіти). Здобувачі освіти продемонстрували високу мотивацію, активність у виконанні проєктів, розвиток цифрових і дослідницьких навичок.

Підсумок

Реалізація електронного STEM-курсу на платформі «Всеосвіта» дозволила створити інтегроване, сучасне та ефективне цифрове навчальне

середовище з поєднанням інструментів математики, інформатики, інженерії та технологій.

2.3. Організація та перевірка ефективності впровадження електронного навчального курсу

2.3.1 Апробація та експериментальна перевірка розробленого курсу

Метою впровадження електронного навчального курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» є перевірка педагогічної ефективності STEM-підходу у навчанні теми «Площі геометричних фігур» та визначення його впливу на рівень навчальних досягнень, мотивацію та сформованість міжпредметних компетентностей здобувачів освіти 8-9 класів. Особливу увагу приділено дослідженню того, як використання інтерактивних цифрових інструментів, моделей та практичних проєктів сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку дослідницьких умінь.

Основними завданнями впровадження є:

- перевірка доступності й зручності використання електронного STEM-курсу в умовах реального освітнього процесу;
- аналіз того, як інтерактивні інструменти (GeoGebra, Excel, Google Maps, електронні тести) впливають на якість розуміння математичних понять;
- визначення динаміки змін у мотивації здобувачів освіти до вивчення геометрії;
- виявлення рівня підвищення успішності здобувачів освіти після опрацювання курсу;
- оцінка здатності здобувачів освіти застосовувати знання у практичних, інженерних та міжпредметних задачах.

Таким чином, впровадження курсу дозволяє не лише перевірити його результативність як навчального ресурсу, але і визначити, наскільки STEM-орієнтований підхід може розширити можливості традиційної геометричної освіти.

Експериментальне впровадження курсу здійснювалося на базі Комунального закладу «Таранівський ліцей імені Героїв-широнінців» Зміївської міської ради Чугуївського району Харківської області. Освітній заклад має належний рівень цифрової інфраструктури, що дозволяє ефективно організувати змішане та електронне навчання.

Пілотний курс було апробовано в 9-му класі, у якому навчалося 22 здобувачі освіти. Вікові особливості учасників (13-15 років) відповідають етапу формування абстрактного мислення, необхідного для опанування геометричного матеріалу. Початковий рівень математичної підготовки класу оцінювався як різномірний, що дозволило дослідити адаптивність курсу та його ефективність для здобувачів освіти з різними стартовими навчальними можливостями.

Реалізацію курсу здійснював учитель математики, який виконував роль координатора та фасилітатора освітнього процесу. Платформа «Всеосвіта» використовувалася як основне цифрове середовище для:

- розміщення навчальних матеріалів;
- проведення тестування і мінідосліджень;
- подання робіт здобувачів освіти;
- фіксації успішності;
- організації комунікації між учителем та здобувачами освіти.

Організаційні вимоги до впровадження

Для успішної реалізації курсу було необхідно забезпечити відповідні організаційні та технічні умови. Основні вимоги включали:

1. Технічне забезпечення:

- наявність комп'ютерів або планшетів у класі;

- можливість використання смартфонів як альтернативного інструмента для виконання завдань;
- стабільний доступ до мережі Інтернет;
- використання проєктора або інтерактивної панелі для демонстрацій;
- можливість встановлення та запуску програм GeoGebra, Google Sheets, Excel, а також доступ до Google Maps.

2. Підготовка інструкцій та навчальних матеріалів:

- створення покрокових інструкцій для роботи з цифровими інструментами;
- формування комплекту інтерактивних моделей і шаблонів для проєктів;
- адаптація матеріалів для здобувачів освіти з різним рівнем математичної підготовки;
- підготовка інструкцій із техніки безпеки при роботі з цифровим обладнанням.

3. Формування календарно-тематичного плану:

- розподіл 12 уроків курсу на логічні блоки;
- визначення форм роботи (індивідуальна, групова, проєктна діяльність);
- встановлення термінів виконання домашніх та проєктних завдань;
- включення проміжного та підсумкового оцінювання;
- адаптація темпу виконання завдань відповідно до можливостей класу.

Усі ці організаційні умови забезпечили можливість повноцінного та ефективного впровадження електронного STEM-курсу й створили підґрунтя для подальшої оцінки його результативності.

4. Процедура впровадження електронного навчального курсу

Етап підготовки курсу

Етап підготовки був спрямований на створення умов для ефективної реалізації STEM-курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» та забезпечення готовності здобувачів освіти до роботи у цифровому середовищі.

Першим кроком стало проведення вхідного діагностування, яке мало на меті визначити базовий рівень знань здобувачів освіти з теми «Площі геометричних фігур». Для цього було використано короткий електронний тест на платформі «Всеосвіта», що включав завдання на обчислення площі трикутника, прямокутника, трапеції, а також початкові задачі на декомпозицію фігур. Результати тесту дозволили визначити актуальні прогалини в знаннях та адаптувати темп курсу до потреб класу.

Другим елементом підготовчого етапу було ознайомлення здобувачів освіти з інтерфейсом платформи «Всеосвіта». Здобувачам освіти було продемонстровано:

- заходити до курсу та переглядати матеріали;
- як виконувати інтерактивні завдання та проходити тести;
- як подавати файли з проєктами;
- як переглядати коментарі та оцінки в особистому кабінеті.

Після цього здобувачам освіти були надані детальні інструкції щодо роботи з цифровими інструментами, які використовуються в курсі. Було проведено окремий мінітренінг із застосування:

- GeoGebra – для моделювання фігур, побудови динамічних моделей та дослідження зміни площ;
- Excel або Google Sheets – для автоматизації обчислень, створення таблиць і графіків;
- Google Maps - для визначення площ реальних об'єктів та виконання STEM-проєктів на основі картографічних даних.

На завершення підготовчого етапу здобувачі освіти разом з учителем встановили правила роботи з цифровими ресурсами, включно з технікою

безпеки, нормами академічної доброчесності та вимогами до оформлення робіт.

Етап проведення курсу

Основний етап впровадження передбачав проведення 12 уроків, зміст яких відповідав структурі розробленого STEM-курсу. Кожен урок поєднував теоретичний матеріал із практичною діяльністю, що забезпечувало інтегроване навчання.

У процесі викладання активно використовувалися інтерактивні моделі GeoGebra, що дозволяли демонструвати зв'язок між елементами фігури та її площею. Здобувачі освіти змінювали параметри фігур, спостерігали результати та формулювали висновки. Також використовувалися графічні матеріали, електронні таблиці, цифрові карти та відеоматеріали.

Практичні STEM-завдання відігравали ключову роль у засвоєнні матеріалу. Здобувачі освіти виконували:

- моделювання трикутників і чотирикутників;
- дослідження впливу зміни параметрів на площу;
- експерименти з побудовою моделей реальних конструкцій;
- розрахунки площ для прикладних задач;
- мінідослідження з використанням карт і вимірювальних інструментів.

Поточне оцінювання здійснювалося за допомогою електронних тестів на платформі «Всеосвіта». Учитель мав змогу оперативно аналізувати результати, визначати типові помилки та надавати рекомендації для покращення.

Важливою частиною курсу стала організація мініпроектів, у межах яких здобувачі освіти створювали власні моделі, виконували вимірювання та проводили обчислення. Завершальним елементом основного етапу став підсумковий проєкт «Геометрія в дії», де здобувачі освіти застосували всі

набуті знання для створення комплексної роботи: від побудови фігури до візуалізації та розрахунків площ.

Упродовж усього навчання використовувався журнал успішності платформи «Всеосвіта», що дозволяло відстежувати активність кожного здобувача освіти, своєчасність виконання завдань та загальну динаміку навчання.

Завершальний етап

Завершальний етап впровадження курсу був спрямований на підсумкову оцінку знань, сформованих компетентностей і загальної ефективності навчальної діяльності.

Підсумкове тестування містило завдання різних рівнів складності, що охоплювали весь вивчений матеріал: формули площ, властивості фігур, задачі на декомпозицію, застосування методів обчислення площ у реальних ситуаціях.

Оцінювання проєктних робіт здійснювалося за такими критеріями:

- точність математичних розрахунків;
- коректність застосування цифрових інструментів;
- рівень самостійності під час виконання роботи;
- якість візуальної та змістової презентації;
- уміння обґрунтовувати вибір методів і рішень.

На завершення здобувачам освіти було запропоновано пройти анкетування щодо сприйняття курсу, рівня його складності, зручності платформи «Всеосвіта», а також власної оцінки того, чи допоміг курс краще зрозуміти тему «Площі геометричних фігур». Анкетування дозволило отримати важливу якісну інформацію для вдосконалення курсу.

Завершальний етап підсумував усю роботу, дозволивши комплексно оцінити ефективність впровадження електронного STEM-курсу та визначити перспективи його подальшого розвитку.

2.3.2. Оцінка результативності впровадження STEM-завдань

1. Методи оцінювання ефективності впровадження курсу

Кількісні методи

Оцінювання ефективності впровадження електронного STEM-курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» передбачало застосування комплексу кількісних показників, що дозволили об'єктивно виміряти зміни в навчальних досягненнях здобувачів освіти.

Першим інструментом стало порівняння результатів вхідного та вихідного тестування. На основі аналізу цих даних було визначено, наскільки здобувачі освіти опанували поняттям площі фігур, навчилися застосовувати формули та виконувати задачі на декомпозицію складних фігур. Порівняння двох тестів дозволило встановити приріст знань, визначити сильні та слабкі сторони й отримати статистичне підтвердження ефективності курсу.

Наступним компонентом кількісного аналізу був огляд результатів тестових робіт, виконаних здобувачами освіти впродовж проходження курсу на платформі «Всеосвіта». Електронний формат тестів забезпечив точність фіксації результатів, автоматичне оцінювання та можливість збирання великого обсягу даних для аналізу.

Статистичні показники, які було використано:

- середній бал за тестами;
- відсоток успішності (частка здобувачів освіти, що виконали завдання на рівні достатньому та високому);
- динаміка змін оцінок протягом курсу;
- співвідношення правильних і неправильних відповідей;
- час виконання тестів як показник впевненості у знаннях.

Ці дані дозволили кількісно визначити результативність впровадження курсу та рівень засвоєння матеріалу.

Якісні методи

Для повного аналізу ефективності курсу поряд з кількісними показниками використовувалися і якісні методи, які дозволили оцінити зміни у ставленні здобувачів освіти до геометрії та STEM-навчання.

Першим інструментом стало опитування здобувачів освіти, яке включало запитання щодо рівня мотивації, інтересу до предмета, комфортності роботи з платформою та цифровими інструментами. Додатково проводилися короткі інтерв'ю зі здобувачами освіти з метою глибше зрозуміти їх враження та труднощі.

Аналіз відкритих відповідей здобувачів освіти дозволив з'ясувати:

- що саме було найцікавішим у курсі;
- які види завдань викликали складнощі;
- які методи викладання виявилися найбільш ефективними.

Важливим аспектом якісного аналізу стала оцінка якості виконання проєктних робіт. Було враховано такі критерії:

- повнота й логічність виконання;
- креативність та самостійність;
- грамотність використання цифрових засобів;
- здатність аргументувати власні розв'язання.

Також проводився аналіз розвитку STEM-компетентностей: дослідницьких, цифрових, аналітичних, комунікативних і навичок роботи в команді.

2. Спостереження за навчальною активністю

Спостереження було невід'ємною частиною оцінювання, оскільки дозволяло відстежувати динаміку залучення здобувачів освіти у навчальний процес.

Під час занять аналізувалася:

- участь здобувачів освіти у групових завданнях і спільних проєктах;

- активність здобувачів освіти на платформі «Всеосвіта» – своєчасне подання робіт, відгуки на коментарі, участь у тестуванні;
- рівень самостійності у роботі з GeoGebra, Excel та іншими цифровими інструментами.

Спостереження показало, що здобувачі освіти стали значно впевненіше користуватися цифровими ресурсами та частіше проявляли ініціативу в обговоренні рішень.

3. Порівняльний аналіз результатів навчання

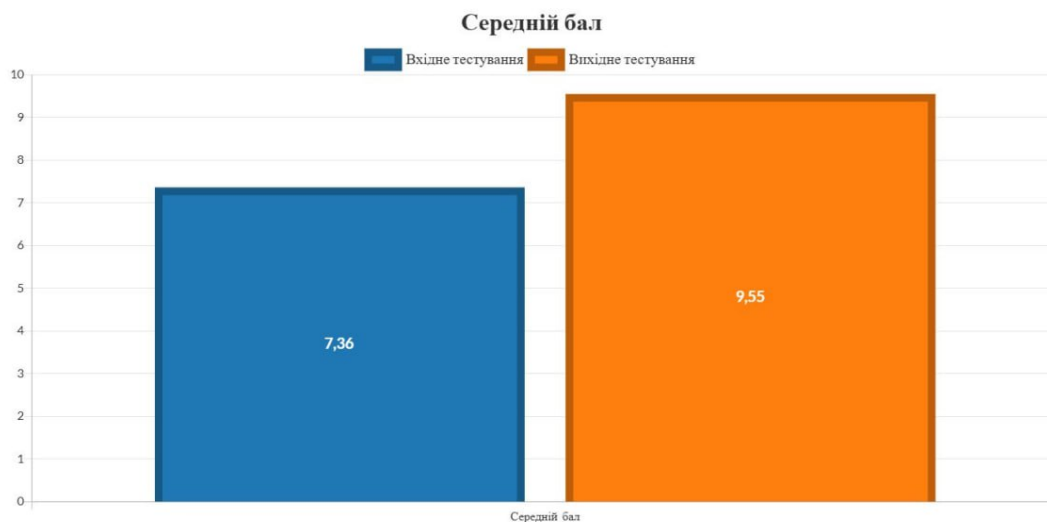


Рис. 2.1. Результати вхідного і вихідного тестування

На рисунку 2.1. представлено порівняння результатів вхідного та вихідного тестування, що дало можливість визначити реальний прогрес здобувачів освіти, які продемонстрували суттєве покращення в таких аспектах:

- застосування формул площі трикутника, прямокутника, паралелограма, трапеції;
- уміння обирати оптимальний метод обчислення залежно від умови задачі;

- здатність розкласти складні фігури на простіші;
- розуміння залежності площі від зміни параметрів фігури.



*Рис. 2.2. Усереднені показники результатів
вхідного і вихідного тестування*

Аналіз рисунка 2.2 свідчить, що середні показники тестування в класі підвищилися приблизно на 30%.

Окремо було проаналізовано, які саме прогалини були подолані. Найбільший прогрес відзначався у вміннях працювати з нестандартними фігурами та застосовувати формули в складених задачах.

У процесі навчання було оцінено формування STEM-компетентностей. Основні результати:

- здобувачі освіти навчилися застосовувати математичні знання до реальних життєвих ситуацій (аналіз площі ділянки, поверхні даху, паркової зони);
- сформовано вміння працювати з GeoGebra для побудови моделей і дослідження залежностей;
- здобувачі освіти впевнено використовували Excel для обчислень і побудови графіків;

- покращилися навички аналізу та роботи з даними;
- активний розвиток просторового та логічного мислення через роботу з реальними моделями.

У межах завершального проєкту «Геометрія в дії» здобувачі освіти продемонстрували такі досягнення:

- створення точних і логічно побудованих моделей фігур;
- коректні математичні розрахунки;
- високий рівень креативності у виборі ідей та оформленні робіт;
- прояв інженерного мислення через використання конструктивних схем;
- ефективна командна взаємодія під час групових проєктів.

4. Висновки за результатами впровадження курсу

Впровадження електронного STEM-курсу показало, що інтегроване навчання сприяє значному підвищенню якості засвоєння матеріалу. здобувачів освіти продемонстрували вищий рівень розуміння теми «Площі геометричних фігур», швидше опановували нові методи розв'язання задач і проявили більшу академічну активність.

Також чітко простежувався ріст інтересу до геометрії та STEM-напрямів завдяки практичній спрямованості курсу й роботі з цифровими інструментами.

У результаті проходження курсу здобувачі освіти суттєво розвинули такі компетентності:

- математичну – через застосування формул і розв'язання реальних задач;
- цифрову – завдяки активному використанню GeoGebra, Excel, Google Maps;
- дослідницьку – через виконання експериментів і моделювання;
- інженерну – через проєктування моделей;
- комунікативну – під час групової роботи;

- міжпредметні зв'язки – інтеграція математики, інформатики, технологій і географії.

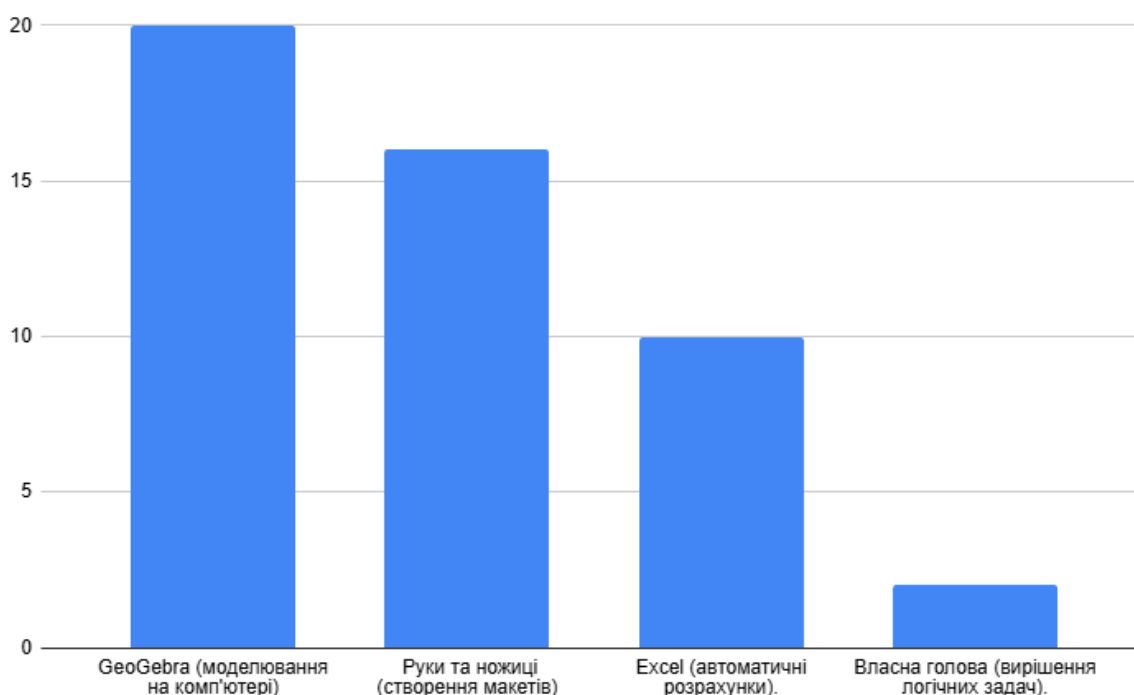


Рис. 2.3. Розподіл уподобань здобувачів освіти щодо інструментів виконання STEM-завдань

Як видно з рисунка 2.3, найбільш популярним інструментом під час виконання STEM-завдань стала програма GeoGebra. Друге місце за рівнем інтересу посіли практичні завдання зі створення макетів, тоді як Excel та логічні задачі без додаткових інструментів викликали менший інтерес у здобувачів освіти.

Отримані результати свідчать, що саме використання динамічних моделей GeoGebra та практичної діяльності «руками» найбільше підвищили мотивацію здобувачів освіти та сприяли глибшому засвоєнню матеріалу.

Водночас аналіз показав потребу у вдосконаленні інструкцій до цифрових інструментів (зокрема Excel) та у збільшенні кількості диференційованих завдань для здобувачів освіти з різним рівнем підготовки.

Успішність апробації свідчить про те, що курс має перспективи масштабування й може бути адаптований для інших паралелей – 7-х та 10-х класах, а також для позакласних STEM-гуртків.

5. Рекомендації щодо подальшого використання курсу

На основі результатів апробації STEM-курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» у 9-му пілотному класі (22 здобувачі освіти) на базі Таранівського ліцею імені Героїв-широнінців, а також аналізу ефективності його впровадження, сформульовано комплекс рекомендацій, спрямованих на забезпечення сталості та подальшого розвитку навчального модуля в освітній практиці.

6. Інтеграція курсу в навчальні програми НУШ як STEM-орієнтованого модуля

Курс продемонстрував високу відповідність концепції Нової української школи, орієнтованої на формування компетентностей, практичність знань і їх застосування у реальних ситуаціях. З огляду на позитивні результати апробації, доцільно:

- включити курс до рекомендованих варіативних модулів або розширених програм з математики для 8-9 класів;
- використовувати його для оновлення змісту розділу «Площі геометричних фігур», забезпечуючи міжпредметну інтеграцію та практичний компонент;
- поєднувати курс із навчальними проєктами НУШ, що сприяє розвитку критичного мислення, креативності й інженерного мислення.

7. Використання курсу як основи для міжпредметних STEM-проєктів

Зміст курсу містить значний потенціал для інтегрованих уроків та проєктів, що поєднують математику, інформатику, фізику, технології. Наприклад:

- проєктування моделей дахів, мостів, сонячних панелей (зв'язок з фізикою та технологіями);
- аналіз геометрії місцевості через карти Google Maps (географія);
- моделювання конструкцій у GeoGebra, Scratch, Excel (інформатика).

Такі інтегровані проєкти забезпечують діяльнісний підхід, підвищують мотивацію здобувачів освіти та допомагають їм побачити практичний сенс вивчення геометрії.

8. Адаптація матеріалів для здобувачів освіти 7-го класу

З урахуванням того, що окремі теми курсу є універсальними та можуть бути спрощені, доцільно створити версію курсу для 7-го класу.

Вона може включати:

- базові поняття трикутників, чотирикутників і кіл у більш інтуїтивній формі;
- візуальні моделі, вправи з побудовою фігур;
- простіше STEM-завдання, пов'язані з побутовими ситуаціями;
- акцент на геометричні побудови, які є ключовими на цьому етапі навчання.

Таке розширення дозволить вибудувати логічну наступність у вивченні геометрії від 7 до 9 класу.

9. Розроблення поглибленої версії курсу для 10-го класу

На основі успішної апробації доцільно створити версію курсу для профільного освітнього рівня, яка включатиме:

- розв'язування задач на площі складних фігур (комбіновані області, складені фігури, сектори й сегменти);
- моделювання конструкцій із використанням більш складних інструментів (GeoGebra 3D, Desmos, CAD-програми);
- розрахунки, пов'язані з інженерією, архітектурою, дизайном та енергетикою (наприклад, моделі сонячних панелей або розрахунок покриття територій);

- виконання дослідницьких мініпроектів із цифровою обробкою даних.

Це сприятиме розвитку здобувачів освіти профільного рівня у напрямі інженерії, архітектурного моделювання та аналітики.

10. Проведення онлайн-курсів і STEM-клубів на базі платформи «Всеосвіта»

Платформа дозволяє створювати інтерактивні тести, уроки й проекти, а також працювати зі здобувачами освіти дистанційно. На основі створеного курсу можна:

- запускати онлайн-курси для вчителів або здобувачів освіти різних регіонів;
- організовувати STEM-клуби з регулярними онлайн-зустрічами;
- створити відкритий освітній простір, у якому здобувачі освіти можуть ділитися своїми проектами та напрацюваннями;
- забезпечити доступ до курсу як до додаткового або факультативного навчального матеріалу.

11. Подальший розвиток курсу та оновлення цифрового контенту

Для підтримки актуальності та підвищення ефективності навчання варто продовжити розширення курсу:

- створення нових цифрових моделей GeoGebra та Desmos (включно з 3D-моделями);
- розроблення відеоуроків за темами курсу із детальними поясненнями та покроковими розв'язаннями;
- додавання інтерактивних практикумів, тренажерів і мініпроектів;
- оновлення завдань відповідно до сучасних потреб STEM-освіти та рекомендацій учителів, які проходили апробацію;
- додавання прикладів із реального життя та інженерної практики.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі було представлено комплексну розробку та практичну реалізацію електронного STEM-курсу «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» для 8-9 класів, а також здійснено оцінювання ефективності його впровадження у закладі загальної середньої освіти. На основі проведеної роботи можна зробити такі узагальнення.

По-перше, розробка курсу відповідала сучасним вимогам STEM-освіти та концепції НУШ, адже навчальний контент був побудований на інтеграції математики, технологій, інженерії та елементів природничих наук. Структура курсу включала 12 уроків, які поєднували теоретичний матеріал з практичними STEM-завданнями, моделюванням у GeoGebra, Excel, Scratch та виконанням мініпроектів. Такий формат сприяв реалізації діяльнісного й дослідницького підходів та забезпечив формування у здобувачів освіти умінь застосовувати математичні знання у реальних ситуаціях.

По-друге, впровадження курсу на платформі «Всеосвіта» забезпечило цифрову підтримку навчання: інтерактивні матеріали, автоматизовані тести, можливість дистанційної роботи та індивідуальних консультацій. Це дозволило поєднати традиційне навчання з елементами онлайн-взаємодії та підвищити доступність освітнього контенту.

По-третє, результати апробації курсу у пілотному 9-му класі Таранівського ліцею імені Героїв-широнінців підтвердили його практичну цінність. До курсу було залучено 22 здобувачі освіти, які успішно виконали запропоновані завдання та продемонстрували зростання рівня розуміння понять площі геометричних фігур, умінь моделювання й аналізу геометричних ситуацій. Спостереження показали, що здобувачі освіти проявляли високу мотивацію, зацікавлення в практичних та проєктних видах діяльності, а також покращили навички самостійної роботи з цифровими інструментами.

По-четверте, кількісні та якісні показники результативності засвідчили позитивну динаміку засвоєння навчального матеріалу. Аналіз вхідного та вихідного контролю, статистичних даних платформи, рівня виконання проєктів і активності здобувачів освіти підтвердив ефективність STEM-підходу для глибшого осмислення теми площі геометричних фігур та формування ключових математичних компетентностей.

По-п'яте, на основі отриманих результатів було сформовано рекомендації щодо подальшого розвитку та масштабування курсу: інтеграція до навчальних програм НУШ, використання для створення міжпредметних STEM-проєктів, адаптація для 7-х та 10-х класів, організація STEM-клубів та онлайн-курсів, а також розширення цифрового контенту. Такі рекомендації підтверджують потенціал курсу як інноваційного інструменту модернізації математичної освіти.

Отже, проведена робота доводить, що розроблений електронний STEM-курс є ефективним засобом підвищення якості навчання геометрії, сприяє формуванню у здобувачів освіти дослідницьких, технологічних і математичних компетентностей, а також створює умови для подальшого розвитку інтегрованого навчання в закладах загальної середньої освіти.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі здійснено комплексне теоретичне, методичне та практичне дослідження проблеми застосування STEM-підходу до вивчення теми «Площі геометричних фігур» у 8-9 класах. Робота поєднує аналіз сучасного стану математичної освіти, розробку інноваційного електронного курсу, його експериментальну перевірку та формування методичних рекомендацій для педагогів. Отримані результати дозволяють зробити такі узагальнені висновки.

По-перше, проведений теоретичний аналіз засвідчив, що STEM-освіта є одним із ключових напрямів модернізації сучасних закладів загальної середньої освіти. Її інтегративний характер, поєднання науки, технологій, інженерії та математики відповідають завданням Нової української школи та сприяють формуванню компетентностей XXI століття. У зарубіжних країнах STEM-підхід є основою навчальних стратегій, а в Україні він поступово набуває системного характеру. У цьому контексті вивчення геометрії, зокрема теми площ, має значний потенціал для інтеграції з інженерією, цифровими технологіями та природничими науками.

По-друге, аналіз історичного розвитку поняття площі та методичних підходів до її вивчення показав, що формування цього поняття має тривалу еволюцію – від практичних вимірювань до строгих математичних обґрунтувань. Для сучасного освітнього процесу значущими є як історичні задачі, так і застосування цифрових моделей, що забезпечують глибше розуміння сутності геометричних величин та сприяють усвідомленню практичної цінності обчислення площ у різних сферах людської діяльності.

По-третє, дослідження сучасних методичних підходів підтвердило необхідність поєднання традиційного змісту геометрії з цифровими, дослідницькими та прикладними елементами. Встановлено, що труднощі

здобувачів освіти у засвоєнні теми «Площі геометричних фігур» часто зумовлені абстрактністю матеріалу, недостатньою практичною спрямованістю уроків, неусвідомленістю логіки формул та браком можливостей для моделювання. STEM-підхід дозволяє подолати ці труднощі за рахунок використання інтерактивних середовищ, реальних задач, декомпозиції фігур, міжпредметних зв'язків і проєктної діяльності.

По-четверте, у роботі розроблено повноцінний електронний STEM-курс «Геометрія в дії: Трикутники, Чотирикутники» для 8-9 класів, який поєднує теоретичні уроки, інтерактивні моделі GeoGebra, практичні та інженерні задачі, цифрові інструменти, мініпрактикуми та проєктну діяльність. Курс створено з урахуванням вікових особливостей здобувачів освіти, вимог НУШ і положень Державного стандарту базової середньої освіти. Особливістю курсу є його практична спрямованість, використання динамічних моделей, поетапне формування дослідницьких навичок і можливість інтеграції в дистанційне та змішане навчання.

По-п'яте, експериментальна апробація курсу, здійснена у 9-му пілотному класі на базі КЗ «Таранівський ліцей імені Героїв-широнінців», підтвердила його ефективність. Залучені 22 здобувачі освіти продемонстрували значне зростання рівня навчальних досягнень, підвищення мотивації, покращення навичок роботи з цифровими інструментами та розвиток просторового мислення. Порівняння результатів вхідного й підсумкового контролю, аналіз активності на платформі «Всеосвіта», якість виконання проєктів та відгуки здобувачів освіти довели позитивний вплив курсу на глибину розуміння геометричного матеріалу.

По-шосте, застосування STEM-завдань сприяло формуванню не лише математичних, а й міжпредметних компетентностей: вміння моделювати, аналізувати дані, працювати з цифровими сервісами, ухвалювати рішення та аргументувати власні висновки. Здобувачі освіти

навчилися бачити зв'язок між геометричними формулами та реальними об'єктами – будівельними конструкціями, елементами ландшафту, технічними деталями, картографічними даними тощо. Це забезпечило усвідомлене, глибоке та практично орієнтоване засвоєння теми.

По-сьоме, у роботі сформовано низку рекомендацій для педагогів щодо подальшого використання курсу: інтеграція в навчальні програми НУШ, проведення STEM-гуртків, створення онлайн-курсів, адаптація матеріалів для 7-х і 10-х класів, розширення цифрового контенту та створення поглибленої версії курсу для профільного рівня середньої освіти. Такі рекомендації підтверджують перспективність і масштабованість розробленого навчального продукту.

Узагальнюючи, дослідження доводить, що STEM-підхід є ефективним інструментом модернізації вивчення геометрії, зокрема теми «Площі геометричних фігур». Поєднання математичного змісту з цифровими технологіями, дослідницькими методами й інженерними задачами забезпечує якісно новий рівень навчання, спрямований на розвиток компетентностей, необхідних сучасним здобувачам освіти. Розроблений електронний курс може слугувати методичною моделлю для впровадження інтегрованих STEM-рішень у закладах загальної середньої освіти та сприяти підвищенню ефективності математичної підготовки здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press.
2. Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
3. National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
4. Battista, M. T. (2007). The development of geometric and spatial thinking. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 843-908). Information Age Publishing.
5. Clements, D. H., & Sarama, J. (2015). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. Routledge.
6. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
7. U.S. Department of Education. (2018). *Federal STEM education strategy*. <https://www.ed.gov/stem>
8. Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. In J. Bellanca & R. Brandt (Eds.), *21st century skills* (pp. 51-76). Solution Tree Press.
9. Gillings, R. J. (1982). *Mathematics in the time of the Pharaohs*. Dover Publications.
10. Robins, G., & Shute, C. (1987). *The Rhind mathematical papyrus*. Dover Publications.
11. Heath, T. L. (1956). *The thirteen books of Euclid's Elements* (Vols. 1-3). Dover Publications.

12. Heath, T. L. (1897). *The works of Archimedes*. Cambridge University Press.
13. Kline, M. (1972). *Mathematical thought from ancient to modern times*. Oxford University Press.
14. Fauvel, J., & Van Maanen, J. (Eds.). (2000). *History in mathematics education*. Springer.
15. Wenglinsky, H. (2002). How teaching matters: Bringing the classroom back into discussions of teacher quality. *Educational Testing Service*.
16. Дейнега, О. А., & Трезінська, Л. В. (2025). STEM-освіта як інструмент дослідницько-практичного навчання геометрії у 8-9 класах. *Актуальні питання у сучасній науці*, 11(41), 1489-1503.
17. Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among STEM subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23-37.
18. Hohenwarter, M., & Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra: The case of GeoGebra. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3), 126-131.
19. Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Oxford University Press.
20. Трезінська, Л. В. (2025). *Історичні задачі при вивченні площ геометричних фігур в закладах загальної середньої освіти. У Матеріали науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та здобувачів освіти* (с. 115-117). Харків: НФаУ.
21. Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. *George Lucas Educational Foundation*.

ДОДАТКИ

Додаток А

Тест для вхідного та вихідного тестування

 **Опис, який учні побачать перед початком тестування**

Вітаємо, майбутні інженери та архітектори!

Цей тест — це ваш перший крок у світ прикладної геометрії. Не хвилюйтеся, якщо ви чогось не знаєте. Наша мета — дізнатися, що ви вже вмієте, і чого ми зможемо навчитися разом.

Уважно читайте питання, вмикайте логіку та уяву. Пам'ятайте: геометрія — це не просто формули, це інструмент для створення світу навколо нас. Успіхів!

№1:        З однією правильною відповіддю

0.5 з 14 балів

Блок 1. Одна правильна відповідь (Базовий рівень)

Яку геометричну фігуру інженери вважають "найжорсткішою" і використовують для будівництва мостів, кранів та дахів, щоб вони не деформувалися?

- ☐ Квадрат
- ☐ Коло
- ☒ Трикутник
- ☐ Шестикутник

№2:        З однією правильною відповіддю

0.5 з 14 балів

Як називається інженерна конструкція, що складається з багатьох з'єднаних трикутників (наприклад, у залізничних мостах)?

- ☐ Арка
- ☒ Ферма
- ☐ Колона
- ☐ Балка

№3:        З однією правильною відповіддю

0.5 з 14 балів

Ви обираєте земельну ділянку. Продавець каже, що її площа вимірюється в "сотках". Скільки квадратних метрів в одній сотці?

- ☐ 10 м²
- ☒ 100 м²
- ☐ 1000 м²
- ☐ 1 м²

№4:        З однією правильною відповіддю

0.5 з 14 балів

Чому каналізаційні люки зазвичай роблять круглими, а не квадратними?

- ☐ Круглі люки легше котити.
- ☒ Квадратна кришка може провалитися всередину люка по діагоналі, а кругла — ні.
- ☐ Круглі люки красивіші.
- ☐ На круглі люки витрачається менше металу.

№5:        З кількома правильними відповідями

3 з 14 балів

Блок 2. Множинний вибір (Середній рівень)

Оберіть **УСІ** правильні твердження про властивості фігур:

- ☒ Сума кутів будь-якого трикутника дорівнює 180°.
- ☒ Квадрат — це різновид прямокутника.
- ☐ Якщо збільшити радіус піци у 2 рази, її площа теж збільшиться у 2 рази.
- ☒ Діагональ робить прямокутну раму жорсткою і нерухомою.
- ☐ Трапеція — це паралелограм.

№6:        На встановлення відповідності

4 з 14 балів

Блок 3. Встановлення відповідності (Логічні пари)

Установіть відповідність між геометричною фігурою та формулою для обчислення її площі (S):

Фігура	Формула
1 	A $S = a \cdot b$
2 	Б $S = a^2$
3 	В $S = \frac{1}{2}a \cdot h$

№7:        На встановлення відповідності

2 з 14 балів

З'єднайте елемент трикутника з його описом:

Елемент	Опис ("Хто що робить?")
1 Медіана	A Падає під прямим кутом (найкоротший шлях, потрібна для площі).
2 Висота	Б Ділить кут навпіл ("бігає по кутах, роздає гостинці").
3 Бісектриса	В З'єднує вершину з серединою протилежної сторони (вказує на центр ваги).

Варіанти правильної відповіді:

1 ↔ Б 2 ↔ В 3 ↔ А

№8:        3 полем для вводу відповіді

1 з 14 балів

Блок 4. Введення числа (Практичні розрахунки)

Фронтон даху має форму трикутника. Ширина основи будинку — **8 метрів**, а висота даху — **3 метри**. Обчисліть площу фронтона ($S = \frac{1}{2}a \cdot h$). Введіть лише число.

Правильна відповідь:

12

№9:        3 полем для вводу відповіді

1 з 14 балів

Велосипедист проїхав **100 повних обертів** колеса. Довжина одного оберту колеса (довжина кола) становить **2 метри**. Яку відстань (у метрах) проїхав велосипедист? Введіть лише число.

Правильна відповідь:

200

№10:        3 полем для вводу відповіді

1 з 14 балів

Блок 5. Творче/Відкрите питання**(STEM-мислення)**

Уявіть, що ви будете собачу будку. У вас є вибір: зробити дах пласким або трикутним (двосхилим). Який варіант ви оберете для зими і чому? Напишіть 1-2 речення, використовуючи слова "геометрія", "сніг" або "навантаження".

Правильна відповідь:

Трикутний дах кращий, тому що сніг буде скочуватися вниз і не створить надмірного навантаження, яке могло б проломити плаский дах.

[illegible]

Додаток С

Практичний проєкт “Моє трикутне рішення”

Тема 1.6 Практичний проєкт: "Моє трикутне рішення"

Розгорнути усі блоки теми: ☐

Блок 1.6.1 Інформаційний | ID-код: 14720

Редагувати блок

Тип контролю: *

Інформаційний

Опис: *

Маркер Блакитний Зелений Жовтий Фіолетовий Червоний Тер CODE Лінія Відступ Колір Фон

Заголовок 0 24 px Фон 0 Стиль 0 AA aa

1. Трикутний дизайн кімнати або двору

Учень:

- фотографує ділянку або кімнату;
- знаходить елементи, які мають трикутну форму (козирок, меблі, газонні ділянки);
- обчислює площі для планування фарби, плитки, шпалер, декоративних панелей.

Результат: модель або план у Canva / Google Drawing.

ПІДСУМКОВИЙ ПРОЄКТ ДЛЯ 9 КЛАСУ**«Геометрія в дії: Метод площ»**

Тип проєкту: інтегрований (математика + STEM + технології)

Тривалість: 45 хв

Ключова ідея: показати, що метод площ є потужним інструментом аналізу, вимірювань, порівнянь і доведень у реальному житті.

Мета проєкту:

- Навчити Здобувачів освіти застосовувати **метод площ** для розв'язування реальних задач.

- Показати міжпредметні зв'язки: математика → географія → інформатика → побутові розрахунки.
- Розвивати критичне мислення, вміння аналізувати об'єкти через їхні площі та створювати власні математичні моделі.
- Формувати навички цифрової грамотності: GeoGebra, Google Maps, Canva/Sheets, 3D-сервіси.

Суть проєкту

Здобувачі обирають **один реальний об'єкт або життєву проблему**, для якої можна застосувати **метод площ**, і створюють математично обґрунтоване рішення.

Кожен проєкт має відповісти на запитання:

“Як метод площ допомагає розв'язати практичну задачу або підтвердити моє рішення?”

Приклади тем проєктів

1. “Мій простір: скільки матеріалів потрібно для ремонту?”

- Обчислення площ стін, підлоги, стелі.
- Поділ складних фігур на трикутники/трапеції.
- Оцінка кількості фарби/плитки/ламініату.
- Побудова схеми в GeoGebra або Planner 5D.

2. “Оптимальне зонування кімнати за методом площ”

- Обчислення площ зон: навчання, відпочинку, хобі.
- Побудова пропорційного плану.
- Обґрунтування вибору розподілу через площі.

3. “Скільки потрібно матеріалу на теплицю/будиночок/макет?”

- Розрахунок площі каркаса (трикутний дах, стіни).
- Створення моделі теплиці або намету.
- Оптимізація витрат матеріалу.

4. “Маршрут до ліцею: метод площ у географії”

- Побудова маршруту на Google Maps.
- Створення трикутників між контрольними точками.
- Обчислення площ ділянок, секторів, територій.
- Порівняння варіантів маршруту.

5. “Метод площ у доведенні властивостей фігур” (теоретико-практичний)

Учень обирає одну теорему або задачу:

- ознака паралелограма;
- рівність площ трикутників;
- медіана/бісектриса/висота;
- подібність через площі.

Створює власне доведення + приклад з життя.

6. “Як не помилитися у покупках?” - побутові задачі

- Площа столу для скатертини.
- Площа шафи для вибору фурнітури.
- Площа вікна → скільки треба тканини для штор.
- Площа плитки та підлоги → скільки треба купити з запасом.

Метод площ використовується для точних розрахунків.

7. “Геометрія архітектури: площі фасадів”

- Обчислення площі будівлі за фотографією.
- Побудова моделі фасаду як набору простих фігур.
- Створення ескізу в Canva/GeoGebra.

Етапи виконання проєкту

1. Постановка задачі

Учень визначає:

- тему проєкту;
- практичну проблему;
- де саме застосовується метод площ;
- які величини потрібно знайти.

2. Збір даних

- Вимірювання (рулетка/лінійка).
- Фото/скріншоти Google Maps.
- Малюнки.
- Таблиці вихідних даних.

3. Геометричний аналіз об'єкта

- поділ складного об'єкта на прості фігури;
- вибір формул;
- обґрунтування застосування методу площ.

Учень показує схему поділу.

4. Обчислення площ (основа проєкту)

Можуть бути використані:

- площі трикутників;

- трапецій;
- паралелограмів;
- кола й його секторів;
- складних багатокутників (шляхом розбиття).

Цифрові інструменти:

- GeoGebra;
- Google Sheets;
- Desmos Geometry.

5. Цифрове моделювання

1-2 інструменти на вибір:

- GeoGebra (креслення, поділ площ).
- Canva (схема).
- Planner 5D/SketchUp (3D).
- Google Maps (геолокаційні задачі).

6. Висновки та практичне рішення

Учень має дати відповідь:

- Чому саме метод площ був необхідний?
- Як він вплинув на моє рішення?
- Який результат?
- У чому практична користь?

7. Презентація проєкту

Форми:

- презентація (6-10 слайдів);

- постер;
- відеозахист;
- PDF-звіт.

Шаблон для здобувача освіти

Тема проєкту:

Проблема:

Що я виміряв:

Схема поділу на фігури:

Формули площ:

Розрахунки:

Цифрова модель:

Висновки:

Додаток D

**Анкета зворотнього зв'язку після проходження курсу
здобувачами освіти**

Анкета зворотного зв'язку "Мій геометричний шлях"

Привіт, друже! Ти пройшов великий шлях від першого трикутника до власного інженерного проєкту. Твоя думка дуже важлива, щоб зробити цей курс ще кращим для наступних учнів. Будь ласка, відповідай чесно — тут немає неправильних відповідей!

1. Твій настрій після завершення курсу:

- ☐ 😄 Я — профі!
- ☐ 😊 Було цікаво
- ☐ 😐 Нормально
- ☐ 😞 Важкувато

2. Яка тема стала для тебе відкриттям ("Еврика!")?

- ☐ Трикутники та мости (чому конструкції не падають).
- ☐ Площа піци (чому одна велика вигідніша за дві менші).
- ☐ Число Пі та колеса (як працює одометр).
- ☐ Розрахунок ремонту/бюджету (скільки коштують шпалери).
- ☐ Центр ваги (як збалансувати фігуру).
- ☐ Ландшафтний дизайн (планування парку).
- ☐ Інше

3. Якщо обрано "Інше", вкажи, що саме.

Текст запитання з довгими відповідями



4. Який інструмент тобі сподобалося використовувати найбільше? *

- ☐ GeoGebra (моделювання на комп'ютері).
- ☐ Руки та ножиці (створення макетів).
- ☐ Excel (автоматичні розрахунки).
- ☐ Власна голова (вирішення логічних задач).

5. Оціни складність курсу від 1 до 5: 1 (Дуже легко) ... 5 (Дуже складно) *

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

6. Продовж речення: "Раніше я думав, що геометрія — це ..., а тепер я знаю, що це ..." *

Текст запитання з короткими відповідями

.....

7. Твоя порада наступним учням цього курсу: *

Текст запитання з короткими відповідями

.....