

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
Фізико-математичний факультет
Кафедра інформатики та методики її навчання

Кваліфікаційна робота
РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ
ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ
Спеціальність 014 Середня освіта
Освітня програма «Середня освіта (Інформатика, математика, STEM-
освіта)»

Здобувача другого (магістерського)
рівня вищої освіти
Ганжелюк Тарас Михайлович

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат педагогічних наук, доцент
Карабін Оксана Йосифівна

РЕЦЕНЗЕНТ:
методист, в.о. завідувача центру
інформатики, інформаційно-
комунікативних технологій та
дистанційної освіти ТОКІППО
Кривокульський Любомир Євстахійович

Тернопіль – 2025

АНОТАЦІЯ

Ганжелюк Т. М. Розвиток математичної компетентності учнів засобами цифрових технологій в закладах загальної середньої освіти. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 59 с.

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано сутність математичної компетентності учнів старших класів та визначено роль цифрових технологій у її розвитку. Проаналізовано дидактичні можливості цифрових освітніх ресурсів і онлайн-платформ у навчанні математики, зокрема для розвитку логічного мислення, математичного моделювання та розв'язування практично орієнтованих завдань. Обґрунтовано доцільність поєднання активних методів навчання з цифровими технологіями для підвищення мотивації учнів і якості математичної підготовки. Розроблено навчально-методичні матеріали, спрямовані на розвиток математичної компетентності учнів старших класів.

Ключові слова: математична компетентність, цифрові технології, учні старших класів, навчання математики, STEM-освіта, активні методи навчання.

ABSTRACT

Hanzheliuk T. M. Development of Students' Mathematical Competence by Means of Digital Technologies in General Secondary Education Institutions. Qualification Thesis for the Degree of «Master» in the Specialty 014 Secondary Education. Ternopil National Pedagogical University named after V. Hnatyuk. Ternopil, 2025. 59 p.

The qualification thesis substantiates the essence of students' mathematical competence and the role of digital technologies in its development. The didactic potential of digital educational resources and online platforms for developing logical thinking, mathematical modeling, and solving practice-oriented problems is analyzed. The expediency of combining active teaching methods with digital technologies to improve students' motivation and the quality of mathematical training is justified. Educational and methodological materials aimed at developing students' mathematical competence are developed. Keywords: mathematical competence, digital technologies, mathematics education, STEM education.

Keywords: mathematical competence, digital technologies, high school students, mathematics education, STEM education, active learning methods.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	7
1.1 Теоретичні аспекти розвитку математичної компетентності учнів старших класів.....	7
1.2 Огляд цифрових технологій, що сприяють розвитку математичної компетентності	11
1.3 Особливості розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій	15
Висновки до першого розділу.....	17
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	19
2.1 Використання цифрових технологій та застосунків для розвитку математичної компетентності учнів старших класів	19
2.2 Активні методи навчання у процесі розвитку математичної компетентності старшокласників	22
Висновки до другого розділу	26
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	27
3.1 Методичні підходи та прийоми інтеграції цифрових технологій в освітній процес учнів старших класів засобами цифрових технологій	27
3.2 Розробка навчально-методичних матеріалів для розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій.....	41
Висновки до третього розділу.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Трансформаційні процеси, що відбуваються у сучасному світі, зумовлюють перехід суспільства до моделі, у якій домінують знання, інформація та цифрові технології. Система освіти, реагуючи на глобальні тенденції, переживає суттєві зміни, спрямовані на модернізацію змісту навчання, оновлення методичного забезпечення та впровадження інноваційних технологій. Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної української школи, визначених Концепцією «Нова українська школа», є формування ключових компетентностей, необхідних для життя в інформаційному суспільстві. Однією з таких компетентностей виступає математична компетентність, адже вона формує здатність учня до логічного мислення, аналізу даних, аргументації, критичної оцінки інформації та прийняття обґрунтованих рішень.

Реформування змісту математичної освіти зумовлює зміну підходів до її організації, адже традиційні методи навчання дедалі частіше виявляються недостатньо ефективними для сучасних старшокласників. Виклики XXI століття ставлять перед учителями завдання розробити більш гнучкі, динамічні та інноваційні методики, здатні забезпечити високу пізнавальну активність учнів та сприяти якісному засвоєнню математичних знань. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання цифрових технологій, що дозволяють створити інтерактивне навчальне середовище, посилити візуалізацію математичних понять, забезпечити індивідуалізацію навчання та урізноманітнити навчально-пізнавальну діяльність. Поширення цифрових інструментів – таких як інтерактивні математичні симуляції, динамічні математичні середовища (GeoGebra, Desmos), мобільні застосунки, хмарні сервіси, електронні освітні платформи – створює нові можливості для розвитку математичної компетентності. Вони дозволяють ефективно формувати в учнів уміння проводити дослідження, будувати математичні моделі,

експериментувати зі змінними, аналізувати дані та знаходити оптимальні рішення. Цифрові технології, за умови їх правильного використання, створюють широкі можливості для підвищення якості математичної освіти. Вони дозволяють не лише урізноманітнити освітній процес, а й зробити його більш індивідуалізованим, адаптивним та практико-орієнтованим. Водночас ефективність цифрових засобів у навчанні математики безпосередньо залежить від педагогічної компетентності вчителя, від уміння інтегрувати цифрові інструменти у методичну систему, а також від наявності якісно розроблених навчально-методичних матеріалів. Проте проблема методичного обґрунтування та педагогічно доцільного використання такого інструментарію залишається недостатньо вивченою, а тому потребує ґрунтовного наукового дослідження.

Саме тому наукове осмислення можливостей цифрових технологій для розвитку математичної компетентності та створення відповідної методики є актуальним завданням сучасної педагогічної науки. Відтак, актуальність проблеми, її недостатня розробленість зумовили вибір теми дослідження: **«Розвиток математичної компетентності учнів засобами цифрових технологій в закладах загальної середньої освіти».**

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та розробити навчально-методичні матеріали розвитку математичної компетентності учнів засобами цифрових технологій.

Відповідно до мети визначено такі **завдання дослідження**:

1. Теоретично обґрунтувати основи розвитку математичної компетентності учнів засобами цифрових технологій.
2. Виявити особливості розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій.
3. Охарактеризувати активні методи навчання, як основу розвитку математичної компетентності учнів засобами цифрових технологій в закладах загальної середньої освіти.
4. Розробити навчально-методичні матеріали розвитку математичної компетентності учнів в закладах загальної середньої освіти.

Об'єкт дослідження – освітній процес учнів в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – методика розвитку математичної компетентності учнів старших класів.

Для досягнення мети та реалізації поставлених завдань було використано комплекс взаємопов'язаних **методів дослідження**: *теоретичні*: аналіз, синтез, узагальнення, порівняння та систематизація психолого-педагогічної, методичної й наукової літератури з проблеми дослідження; аналіз нормативно-правових документів у сфері загальної середньої освіти з метою визначення сучасних вимог до розвитку математичної компетентності учнів; *емпіричні*: вивчення особливостей навчальної діяльності учнів у процесі вивчення математики, аналіз рівня сформованості їхніх навчальних досягнень, опитування та анкетування учнів, а також перевірка ефективності запропонованих навчальних матеріалів у процесі навчання математики в старших класах.

Наукова новизна полягає в теоретичному обґрунтуванні та уточненні методичних підходів до розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій; визначенні учнівських умов ефективного використання цифрових інструментів і активних методів навчання в освітньому процесі; обґрунтуванні доцільності інтеграції цифрових застосунків у систему навчання математики з позицій компетентнісного підходу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці навчально-методичних матеріалів щодо використання цифрових технологій та активних методів навчання для розвитку математичної компетентності учнів старших класів, які можуть бути використані вчителями математики закладів загальної середньої освіти в освітньому процесі, а також у позакласній та індивідуальній навчальній діяльності учнів.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

1.1 Теоретичні аспекти розвитку математичної компетентності учнів старших класів

У сучасній педагогічній науці поняття «математична компетентність» трактується як здатність особистості застосовувати математичні знання, уміння та навички для розв'язання широкого кола практичних, навчальних і життєвих завдань. Вона охоплює не лише володіння математичними фактами, поняттями й алгоритмами, а й уміння їх осмислено використовувати, аргументувати вибір методів розв'язання, здійснювати аналіз результатів і робити висновки.

Науковці (О. Савченко, Н. Тарасенкова, В. Андрущенко, О. Істер, Г. Козловська) розглядають математичну компетентність як інтегровану якість особистості, що поєднує знання, досвід діяльності, ціннісні орієнтації та готовність діяти в умовах невизначеності. Вона є не просто сумою математичних знань, а результатом розвитку мислення, креативності та пізнавальної самостійності учня [22; 26; 2; 13; 18].

У нормативних документах України (Концепція «Нова українська школа», Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти) математична компетентність визначена однією з десяти ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації в житті, навчанні та майбутній професійній діяльності [16].

Більшість дослідників виділяють у структурі математичної компетентності кілька взаємопов'язаних компонентів:

1. Когнітивний компонент – система математичних знань, понять, закономірностей, принципів і способів дій. Він охоплює володіння

математичною термінологією, символікою, формулами, теоремами та здатність використовувати їх у практичних ситуаціях.

2. Операційно-діяльнісний компонент – уміння застосовувати знання на практиці: розв’язувати завдання різних типів, будувати математичні моделі, здійснювати аналіз і синтез даних, користуватися цифровими засобами для обробки інформації (електронні таблиці, математичні редактори, графічні середовища тощо).

3. Ціннісно-мотиваційний компонент – позитивне ставлення до математики, усвідомлення її значущості для особистого розвитку, формування мотивації до пізнання та самовдосконалення.

4. Рефлексивно-оцінювальний компонент – уміння оцінювати власні результати діяльності, аналізувати помилки, здійснювати самооцінку та самокорекцію.

Комплексне поєднання цих складових забезпечує формування в учня цілісного математичного мислення, здатності бачити проблеми, ставити запитання та знаходити оптимальні шляхи їх розв’язання.

Психолого-педагогічні засади розвитку математичної компетентності ґрунтуються на положеннях діяльнісного, компетентнісного та особистісно орієнтованого підходів.

Відповідно до діяльнісного підходу (О. Савченко, В. Кремень, О. Овчарук), розвиток компетентностей відбувається через активну діяльність суб’єкта навчання. Учень не є пасивним споживачем знань, а активно конструє їх у процесі пошуку, дослідження, розв’язування проблем. Навчання математики повинно стимулювати пізнавальну активність, розвивати логічне, алгоритмічне та критичне мислення [5; 7; 17].

Компетентнісний підхід (О. Овчарук, В. Лозова) передбачає переорієнтацію освітнього процесу з передачі готових знань на формування здатності діяти, застосовувати знання в нових ситуаціях, вирішувати реальні завдання. У навчанні математики це означає створення умов для розв’язання

прикладних завдань, математичного моделювання, дослідницької та проєктної діяльності [19; 20].

Особистісно орієнтований підхід передбачає врахування індивідуальних особливостей учнів, їхніх пізнавальних стилів, рівнів підготовки та інтересів. Він забезпечує розвиток самостійності, відповідальності, рефлексії, а цифрові технології створюють додаткові можливості для диференціації та персоналізації навчання.

В умовах цифровізації освіти суттєво зростає значення цифрових технологій як інструменту пізнання, дослідження та комунікації. Вони створюють нові можливості для формування математичної компетентності:

- забезпечують візуалізацію складних понять і процесів (через динамічні графіки, 3D-моделі, симуляції);
- розширюють дослідницькі можливості учнів (завдяки цифровим лабораторіям, онлайн-калькуляторам, середовищам програмування);
- сприяють розвитку критичного мислення через роботу з даними, аналіз, порівняння, перевірку гіпотез;
- стимулюють мотивацію до навчання завдяки ігровим елементам, інтерактивності, зворотному зв'язку;
- дозволяють здійснювати індивідуалізацію навчання, підбираючи завдання відповідно до рівня підготовки кожного учня.

Застосування таких платформ, як GeoGebra, Desmos, PhET, Wolfram Alpha, Kahoot, Classkick, Google Classroom, створює умови для інтерактивного навчання, коли учні стають активними учасниками процесу пізнання [37; 34; 44].

Математична компетентність не існує ізольовано – вона тісно пов'язана з іншими ключовими компетентностями: інформаційно-цифровою, природничо-науковою, технологічною, комунікативною. Саме тому важливим є інтегративний підхід, який передбачає поєднання математичних знань з іншими навчальними дисциплінами.

Наприклад, учні можуть застосовувати математичні моделі для аналізу соціологічних даних, економічних процесів чи природних явищ. Використання цифрових технологій у таких завданнях формує не лише математичну, а й інформаційну грамотність, розвиває вміння працювати з даними, створювати графіки, таблиці, презентації.

До основних педагогічних умов, що забезпечують ефективний розвиток математичної компетентності учнів старших класів, належать:

- 1) систематичне застосування цифрових технологій у навчальному процесі;
- 2) організація навчання на основі діяльнісного підходу;
- 3) використання проблемного та дослідницького навчання;
- 4) створення навчально-розвивального цифрового середовища;
- 5) формування позитивної мотивації та інтересу до математики.

Реалізація цих умов сприяє підвищенню якості математичної освіти, розвитку самостійності учнів, підготовці їх до використання математики у професійній діяльності та повсякденному житті [21].

Таким чином, математична компетентність учнів старших класів – це багатокomпонентне утворення, яке формується в результаті активної навчальної діяльності, інтеграції знань, умінь і ціннісних орієнтацій. Теоретичні аспекти її розвитку спираються на діяльнісний, компетентнісний, інтегративний та особистісно орієнтований підходи, а цифрові технології виступають важливим засобом підвищення ефективності цього процесу. Формування математичної компетентності є однією з ключових умов підготовки сучасного випускника школи, здатного до критичного мислення, творчості та навчання впродовж життя.

1.2 Огляд цифрових технологій, що сприяють розвитку математичної компетентності

Розвиток математичної компетентності в сучасному освітньому контексті передбачає не лише механічне запам'ятовування правил, але й глибоке розуміння концепцій, здатність до моделювання реальних ситуацій, доведення та аргументації рішень, а також уміння комунікувати математичні ідеї. Цифрові технології дозволяють персоналізувати навчання, візуалізувати абстрактні концепти, автоматизувати рутинні обчислення та підтримати навчальне мислення на різних етапах розвитку учнів. Нижче розглянуто основні категорії технологій, їх внесок у формування конкретних компонентів компетентності та практичні сценарії використання в освітньому процесі.

Адаптивні навчальні платформи та вправи. Адаптивні системи підлаштовують зміст та рівень завдань під рівень знань кожного учня, забезпечуючи персоналізовану траєкторію навчання. Платформи такого типу зручні для формування базових навичок розв'язання завдань, автоматичного зворотного зв'язку та фокусування на слабких місцях. Наприклад, DreamBox Learning та ALEKS використовують адаптивні алгоритми для визначення концептуального розуміння та швидкості засвоєння матеріалу, IXL Math надає багатий банк вправ із адаптивним підбором рівня складності та аналітикою прогресу, а Khan Academy пропонує курси з персоналізованими шляхами навчання. Впровадження таких платформ в освітній процес дозволяє учням регулярно відслідковувати свій прогрес, отримувати індивідуальні підказки та повертатися до тем, де є затримка. Водночас важливо враховувати потреби і обмеження, зокрема необхідність стабільного доступу до інтернету, контроль за часом використання та уникнення надмірної залежності від автоматизованих підказок. У практиці адаптивні платформи можуть виступати як основа для самостійних занять після уроків, а також як інструмент для підтримки навчальних цілей під час уроків за участі вчителя [35; 39].

Візуалізація та динамічна графіка. Інструменти візуалізації допомагають перенести абстрактні математичні концепти в наочні образи, що полегшує розуміння взаємозв'язків між змінними, співвідношеннями та геометричними властивостями. GeoGebra та Desmos надають динамічні середовища для роботи з функціями, геометричними об'єктами та моделями. Wolfram Alpha та Symbolab служать потужними обчислювальними движками з можливістю графіків та покрокових пояснень рішень. Використання таких інструментів у навчанні дозволяє учням досліджувати залежності між параметрами функцій, будувати графіки, проводити експерименти з областями та доказами, а також перевіряти гіпотези через взаємодію з моделями. Проблеми, які варто враховувати: необхідність чіткої методичної рамки для використання графіків у навчанні, уникнення непотрібних спрощень та забезпечення балансу між візуалізацією та формальним доведенням концепцій. Вживати ці інструменти доцільно як під час розглядання нових тем, так і для повторення матеріалу у форматі інтегрованих завдань [37; 34].

Обчислення, симуляція та моделювання. Інструменти для обчислень та моделювання дозволяють учням застосовувати математичні методи до реальних чи наближених завдань з фізики, економіки, біології та інших дисциплін. PhET Interactive Simulations надає інтерактивні симуляції, які допомагають зрозуміти принципи через експерименти з параметрами. MatLab/Simulink та Wolfram Mathematica пропонують потужні середовища для чисельних розрахунків, візуалізації даних та моделювання систем, тоді як Jupyter дозволяє поєднувати код, пояснення та графіку в єдиному середовищі навчання. Важливо забезпечити зв'язок між моделлю та реальними даними: учні можуть розробляти моделі простих явищ (падаюче тіло, екваторіальний оберт, регресія даних) та порівнювати результати з очікуваннями. Недоліки включають потребу в базових знаннях програмування або чисельних методів, витрати часу на освоєння середовищ, а також необхідність чіткої інструкції щодо валідності моделей та інтерпретації результатів [48; 49].

Програмування виступає інструментом для розвитку алгоритмічного мислення, автоматизації рутинних завдань та формування навичок математичної аргументації. Python з бібліотеками NumPy та SciPy є популярним середовищем для навчання чисельних методів та аналізу даних, R використовується для статистики та візуалізації даних, а також Maple/Maxima дозволяють виконувати символічні обчислення та демонстрації алгебраїчних операцій. Можна запропонувати учням створювати маленькі проєкти: розв'язувати системи рівнянь, реалізовувати інтеграли чисельними методами, моделювати ймовірнісні завдання або будувати прості симуляції. Такі завдання розвивають не тільки математичні знання, але й вміння пояснювати свої алгоритми, тлумачити результати та відстежувати помилки. Водночас важливо надавати підтримку у виборі масштабу завдань та забезпечити відповідний рівень курсу, щоб учні не були відвернені надлишковими технологічними деталями [46].

Онлайн-курси та спільноти для навчання математики. MOOCs та онлайн-спільноти збагачують освітній процес доступом до різноманітних курсів з математики, статистики, алгоритмів та їх застосувань. Coursera, edX, Brilliant.org та Udacity, часто із практичними завданнями та обговореннями. Такі ресурси корисні для розширення горизонту навчання, підтримки самостійної мотивації та надання альтернативних підходів до вирішення завдань. У межах освітнього процесу їх можна інтегрувати як додатковий модуль або як серію завдань під час канікул, з акцентом на застосування знань у реальних контекстах. Важливим є надання учням шляхів до сертифікацій або менторської підтримки в рамках локальних освітніх ініціатив, що може зменшити цифровий розрив [36].

Інструменти доведення, доказової та формальної логіки. Формалізована математика та логіка розвивають доведення та довготривале мислення у школярів. Системи доведення Coq, Lean та Isabelle/HOL надають платформи для створення та перевірки доказів, що дозволяють учням переходити до доведень маленьких тверджень та теорем. Використання таких інструментів у

навчанні може допомогти учням розуміти структуру доказу, формалізувати гіпотези та методи побудови логічних аргументів. Впровадження потребує ретельної методичної підтримки з боку вчителя або наставника та поступового наростання складності, щоб не виникала зайва абстракція. Такі інструменти зацікавлюють учнів, які схильні до математичної логіки, та збагачують їхній арсенал аргументів і технік доведення.

Мобільні застосунки та гейміфікація. Мобільні рішення та гейміфікаційні підходи стимулюють мотивацію та активну практику. Придбані рішення, такі як Prodigy Math Game та DragonBox, орієнтовані на розвиток інтуїтивного розуміння правил та структур математичних завдань через інтерактивні пригоди та змагання. Microsoft Math Solver надає мобільний інструментарій для розв'язання завдань з покроковими поясненнями, що може слугувати як зручний помічник під час домашнього завдання. Гейміфікація може підвищити залученість і регулярність занять, але важливо контролювати баланс між грою та освітніми цілями, уникати зосередження лише на швидкому проходженні рівнів та забезпечувати критичний аналіз рішень [35].

Моделювання реальних завдань та міждисциплінарні інструменти. Для розвитку математичної компетентності важливо показувати приклади, де математика використовується поза межами чистої теорії. Поєднання PhET та Desmos із даними з реального світу дозволяє розглядати завдання з економіки, фізики або біології, де математичні моделі відображають реальні процеси. MS Excel або Google Sheets із розширеннями для статистики та ймовірності дають можливість застосовувати математичні інструменти до фінансів, бізнес-аналізу та прийняття рішень у реальному контексті. Такий підхід розвиває міждисциплінарне мислення, де учень бачить цінність математичних знань у різних сферах і вчиться перетворювати дані на обґрунтовані висновки.

Для впровадження варто розпочати з визначення освітніх цілей: які саме аспекти компетентності потрібні (пам'ять правил, глибоке розуміння концепцій, навчання доведенню, математичне моделювання). Вибір оптимального та основного інструменту на кожен блок навчання допоможе

уникнути перевтоми учня. Поєднання адаптивних платформ з учительським наставництвом та обговоренням рішень підвищує якості навчання. Також важливо забезпечити інтеграцію з формувальним оцінюванням: відстеження прогресу, аналіз помилок, зворотний зв'язок. Забезпечити доступ учнів до обраних інструментів. Врахуйте можливості локального контексту: наявність інтернет-ресурсів, технічні характеристики пристроїв, культурні та навчальні потреби. Оптимальним є створення поетапних планів: стартовий модуль з базових концепцій за допомогою візуалізації, середній модуль з адаптивним підлаштуванням завдань та кінцевий модуль із проєктами та міжпредметним застосуваннями. Також корисно додати розділ із прикладами кейс-стаді: наприклад, використання Desmos для дослідження залежності між параметрами функцій та їх графічного представлення, застосування GeoGebra для доказів у геометрії, або використання Python/Jupyter для аналізу даних [40].

Використання цифрових технологій для розвитку математичної компетентності має бути системним і з урахуванням потреб учнів. Комбінація адаптивності, візуалізації, обчислень, програмування, логіки та міждисциплінарних підходів дозволяє створити умов для глибокого навчання і підготувати учнів до реальних викликів сучасного світу.

1.3 Особливості розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій

Розвиток математичної компетентності учнів старших класів потребує адаптації освітніх підходів до рівня їхніх пізнавальних можливостей, мотивації та потреб у формуванні більш абстрактного мислення. У цьому віці учні вже володіють базовими навичками й мають потребу в системному розвитку вміння розуміти концепції, застосовувати математичні методи до складних реальних завдань, аргументувати висновки та обґрунтовувати рішення. Цифрові технології виступають потужним каталізатором цього процесу: вони дозволяють переносити абстракцію в наочні, взаємодіяти з даними та

моделями, співпрацювати над розв'язанням завдань і оцінювати власний прогрес у динамічному середовищі [21].

По-перше, важливими компонентами математичної компетентності є знання та розуміння концепцій, застосування математичних інструментів у різних контекстах, уміння аналізувати та обґрунтовувати рішення, а також вміння комунікувати математичні ідеї. Цифрові технології підтримують кожен з цих аспектів: адаптивні платформи допомагають учням систематизувати знання та відпрацьовувати концепти; візуалізаційні інструменти дозволяють побачити залежності між змінними та геометричні властивості; інструменти обчислення та моделювання допомагають учням використовувати теоретичні знання для розв'язування практично орієнтованих завдань; програмування розвиває алгоритмічне та логічне мислення.

По-друге, старшокласникам корисно розвивати навички математичного моделювання та аналізу даних. Застосування цифрових середовищ для збирання, обробки та інтерпретації даних дозволяє підготувати їх до реальних завдань: робота з реальними даними, статистичні перевірки гіпотез, моделювання тенденцій, прогнозування та оцінка ризиків. Тут важливу роль грають інструменти, що підтримують роботу з даними (Excel/Google Sheets із розширеннями, Python з NumPy/SciPy, R), а також середовища для візуалізації та взаємодії з даними (Desmos, GeoGebra, Tableau-подібні рішення).

По-третє, розвиток доведення, доказової культури та математичної комунікації потребує цілеспрямованого використання систем доведення та формальної логіки у старших класах. Інструменти формального доведення (Coq, Lean, Isabelle/HOL) можуть застосовуватись у спеціалізованих завданнях або як частина курсу логіки та теоретичної інформатики, але навіть на базовому рівні учні можуть практикувати доведення та аргументацію за допомогою інтерактивних середовищ (наприклад, доведення кроків у Desmos-відіо або Geogebra-обґрунтуваннях). Також варто підтримувати розвиток математичної мови та аргументації через спільні обговорення та онлайн-формати обміну рішеннями [34].

По-четверте, цифрові технології сприяють формуванню автономії та управління навчальним процесом. Старшокласники можуть частково планувати власні освітні траєкторії, визначати цілі, самоконтролювати прогрес за допомогою адаптивних платформ та власних рішень завдань. Водночас важливий баланс: технології не повинні замінювати педагогічний супровід, а виступати як інструмент підтримки та як мотиваційний чинник для учнів. Необхідні рання діагностика потреб учня, диференціація завдань за рівнем складності та гнучкість у використанні різних форм взаємодії (один до одного, малі групи, проєктна робота).

По-п'яте, організаційні та педагогічні аспекти впровадження digital-інструментів для старшокласників потребують уваги до доступності, безпеки та етики. Важливо забезпечити доступ до відповідних пристроїв та інтернету, зменшувати цифровий розрив між різними учнями та розвивати їхню цифрову грамотність. Також слід дотримуватися приватності та етичних норм при роботі з даними учнів, дотримуватися політик освітніх платформ та враховувати культурні контексти освітнього середовища.

Висновки до першого розділу

Розглядаючи теоретичне обґрунтування, дійшли до висновку, що математична компетентність учнів старших класів є інтегрованою якістю особистості, яка поєднує систему математичних знань, умінь і навичок із здатністю їх усвідомлено застосовувати у навчальних і життєвих ситуаціях. Вона формується не лише через засвоєння теоретичного матеріалу, а як результат розвитку мислення, самостійності, мотивації та рефлексії.

Аналіз наукових джерел і нормативних документів засвідчив, що математична компетентність є однією з ключових компетентностей сучасної загальної середньої освіти та відповідає вимогам компетентнісного підходу. Її структура включає когнітивний, операційно-діяльнісний, ціннісно-

мотиваційний і рефлексивно-оцінювальний компоненти, узгоджене поєднання яких забезпечує цілісність математичного мислення учнів.

Теоретичні засади розвитку математичної компетентності ґрунтуються на діяльнісному, особистісно орієнтованому та інтегративному підходах, що передбачають активну участь учнів в освітньому процесі та практичну спрямованість математичної освіти. Встановлено, що цифрові технології є ефективним засобом її формування, оскільки сприяють візуалізації абстрактних понять, розвитку дослідницької діяльності, математичного моделювання та підвищенню мотивації до навчання.

Отже, системне й методично обґрунтоване використання цифрових технологій створює сприятливі умови для розвитку математичної компетентності учнів старших класів і слугує теоретичною основою для подальших практичних досліджень.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1 Використання цифрових технологій та застосунків для розвитку математичної компетентності учнів старших класів

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним упровадженням цифрових технологій, які радикально змінюють способи організації освітнього процесу. У межах компетентнісного підходу особливої уваги набуває формування математичної компетентності, що передбачає не лише володіння знаннями та вміннями, а й здатність застосовувати їх для розв'язання практичних і життєвих завдань. Цифрові технології відкривають нові можливості для розвитку математичної грамотності, логічного мислення, навичок пошукової та пізнавальної діяльності учнів старших класів.

Цифрові технології у навчанні математики – це програмні, апаратні та мережеві засоби, які забезпечують доступ до освітніх ресурсів, створюють умови для інтерактивного навчання та сприяють індивідуалізації освітнього процесу. Їх застосування дозволяє організувати освітню діяльність учнів більш динамічно, гнучко та наочно, підвищуючи ефективність засвоєння математичних понять [23]. У процесі навчання математики цифрові технології виконують низку важливих функцій:

- інформаційну, забезпечуючи доступ до різноманітних джерел знань;
- інтерактивну, завдяки якій учні активно взаємодіють із освітнім контентом;
- мотиваційну, оскільки використання сучасних технологій підвищує зацікавленість предметом;

– контрольню-оцінювальну, що дозволяє здійснювати моніторинг освітніх досягнень у реальному часі.

Таким чином, цифрові технології стають не просто додатковим інструментом, а невід'ємним компонентом освітнього середовища, яке формує умови для розвитку ключових компетентностей.

Однією з найпоширеніших груп цифрових засобів є платформи для дистанційного та змішаного навчання – Google Classroom, Moodle, Microsoft Teams, Classtime, Edmodo. Вони дозволяють учню виконувати інтерактивні завдання та тестові модулі, отримувати оперативний зворотний зв'язок щодо результатів навчальної діяльності, відстежувати власні навчальні досягнення та прогрес. Такі інструменти сприяють формуванню в учнів навичок самоорганізації, планування часу та відповідальності за результати навчання [38].

Важливе місце посідають інтерактивні математичні середовища, серед яких особливо популярною є платформа GeoGebra. Вона поєднує алгебру, геометрію, тригонометрію й математичний аналіз в одному середовищі, дозволяючи учням динамічно змінювати параметри об'єктів і спостерігати наслідки цих змін. Така діяльність активізує аналітичне мислення, допомагає усвідомити причинно-наслідкові зв'язки, розвиває уміння самостійно аналізувати інформацію та робити висновки.

Суттєве значення мають онлайн-сервіси для математичних обчислень і аналізу даних, такі як Wolfram Alpha, Symbolab, Mathway, Desmos Graphing Calculator. Вони дають змогу швидко перевіряти розв'язки, будувати графіки функцій, виконувати статистичні обчислення. Робота з цими ресурсами формує інформаційно-аналітичні навички, необхідні для роботи з великими масивами даних у сучасному цифровому суспільстві [49; 43].

Не менш корисними є мобільні застосунки з елементами гейміфікації – Khan Academy, Photomath, Brilliant, Quizizz, Kahoot. Вони забезпечують миттєвий зворотний зв'язок, дозволяють повторювати матеріал у цікавій ігровій формі, стимулюють самостійність і внутрішню мотивацію до навчання.

Учні можуть виконувати тести, отримувати бали, спостерігати власний прогрес, що формує навички самоконтролю. Крім того, в освітньому процесі дедалі частіше застосовуються інструменти для створення цифрового контенту – Canva, Genially, Nearpod, Mentimeter, Jamboard. Учні за допомогою цих ресурсів створюють інтерактивні плакати, схеми, інфографіки, презентують результати власних досліджень. Використання цифрових інструментів сприяє розвитку креативності, вмінню візуалізувати математичні дані й логічно структурувати інформацію.

Цифрові інструменти в навчанні математики дають учням нові можливості для реалізації індивідуально – диференційованого підходу. Кожен учень може працювати у власному темпі, обираючи рівень складності завдань. Такий підхід сприяє кращому засвоєнню матеріалу та зменшенню навчальної тривожності. Цифрові засоби також сприяють розвитку критичного та алгоритмічного мислення, оскільки учень постійно має перевіряти правильність своїх дій, аналізувати результати, робити узагальнення. Інтерактивна візуалізація складних понять – наприклад, графіків функцій або геометричних тіл – робить навчання більш наочним і доступним для розуміння [15].

Важливим педагогічним ефектом є також підвищення мотивації до вивчення математики. Учні сприймають цифрові інструменти як природну частину свого життя, тому використання смартфонів, планшетів і онлайн-платформ у навчанні підсилює зацікавленість, зменшує дистанцію між навчальним матеріалом і реальним світом. Цифрові технології сприяють формуванню всіх складових математичної компетентності:

- 1) когнітивний компонент реалізується через засвоєння нових понять за допомогою симуляцій, інтерактивних моделей, відео-уроків;
- 2) операційно-діяльнісний компонент розвивається під час практичної роботи з онлайн-калькуляторами, програмами для побудови графіків і розв'язання завдань;
- 3) ціннісно-мотиваційний компонент підтримується через гейміфікацію та залучення учнів;

4) рефлексивний компонент проявляється у можливості аналізу власних помилок, відстеження прогресу, корекції навчальної стратегії.

Завдяки цьому формується цілісна система знань, умінь та ставлень, що забезпечує здатність учня ефективно діяти в реальних життєвих ситуаціях, застосовуючи математичні знання [14]. Для того щоб цифрові інструменти навчання приносили користь, важливо, щоб учні правильно організовували свою роботу з ними.

По-перше, це підготовленість учителя до роботи в цифровому середовищі, його здатність обирати адекватні інструменти відповідно до теми й мети уроку. По-друге, важливо системно використовувати цифрові технології у навчальній діяльності учнів на всіх етапах уроку: від мотивації до підбиття підсумків. По-третє, варто дотримуватись дидактичного балансу, щоб цифрові засоби не витісняли живого педагогічного спілкування, а лише його доповнювали. Нарешті, необхідно створювати безпечне та здоров'язбережувальне цифрове середовище, де дотримуються норми цифрової етики, інформаційної безпеки й санітарно – гігієнічних вимог.

Отже, використання цифрових технологій та навчальних застосунків у процесі вивчення математики у старшій школі є потужним чинником розвитку математичної компетентності. Вони забезпечують інтерактивність, доступність і персоналізацію навчання, формують уміння самостійно здобувати знання, аналізувати інформацію, застосовувати її у практичних ситуаціях.

Інтеграція цифрових інструментів в освітній процес сприяє переходу від традиційної моделі «засвоєння знань» до моделі активного пізнання, де учень виступає дослідником, творцем і співучасником освітнього процесу.

2.2 Активні методи навчання у процесі розвитку математичної компетентності старшокласників

Сучасна школа орієнтується на формування в учнів ключових компетентностей, серед яких важливе місце займає математична

компетентність. Її розвиток потребує не лише оновлення змісту навчання, але й зміни методів організації освітнього процесу. Одним із найефективніших напрямів модернізації є впровадження активних методів навчання, які стимулюють пізнавальну активність, самостійність, критичне мислення та здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Під активними методами навчання розуміють такі форми й прийоми педагогічної діяльності, у яких учні виступають активними суб'єктами навчального процесу, а не пасивними споживачами інформації. Головна ідея полягає в тому, щоб навчання було не процесом передачі знань, а процесом їх відкриття, дослідження та практичного застосування. Активні методи – це способи організації освітньої діяльності, що забезпечують високий рівень залученості учнів до пізнавальної взаємодії, спонукають до аналізу, синтезу, оцінювання інформації, формують навички комунікації, самоконтролю й рефлексії.

Для навчання математики активні методи мають особливе значення, оскільки вони сприяють розвитку логічного, алгоритмічного та критичного мислення, навичок моделювання й аргументації. Через практичну взаємодію з навчальним матеріалом учні навчаються не просто «знати формули», а розуміти закономірності та застосовувати математичні знання у нових контекстах.

Активні методи умовно поділяють на: *інтерактивні, дослідницькі, проблемно-пошукові, ігрові та проєктні*. Кожен із них сприяє розвитку певних компонентів математичної компетентності.

Проблемно-пошукові методи – базуються на створенні проблемної ситуації, яка спонукає учнів до самостійного пошуку розв'язку. На уроках математики такі методи реалізуються через постановку нестандартних завдань, створення математичних парадоксів або відкритих запитань («Що буде, якщо ...?»). Робота над проблемою активізує мислення, розвиває аналітичні та евристичні навички, формує інтерес до предмета.

Дослідницький метод – учні виконують міні-дослідження або експерименти – наприклад, аналізують закономірності в рядах чисел,

досліджують властивості функцій за допомогою цифрових симуляторів (GeoGebra, Desmos), проводять статистичний аналіз реальних даних. Така діяльність сприяє розвитку наукового мислення, уміння планувати експеримент і робити обґрунтовані висновки.

Проектний метод передбачає створення учнями власного освітнього продукту – презентації, математичного блогу, інтерактивної моделі, онлайн-тесту чи інфографіки. Застосування проектної діяльності формує у старшокласників уміння працювати з інформацією, організовувати колективну роботу, планувати дії, розвиває відповідальність і креативність.

Інтерактивні методи – включають роботу в парах і групах, обговорення, «мозкові штурми», метод «Навчи іншого», «Акваріум», «Діалог Сократа». Такі методи формують комунікативну та соціальну компетентність, сприяють кращому розумінню складних понять через пояснення їх однокласникам.

Ігрові технології – до них належать дидактичні ігри, квести, математичні марафони, інтерактивні вікторини. Ігрові методи, зокрема в цифровому форматі (Kahoot, Quizizz, Wordwall), забезпечують високий рівень мотивації, підтримують інтерес до предмета, дозволяють поєднати навчання з елементами змагання та командної взаємодії [41].

Інтеграція активних методів з цифровими технологіями створює інноваційне освітнє середовище, у якому учні мають змогу досліджувати математичні об'єкти в інтерактивній формі. Так, під час проблемно-пошукових занять учні можуть використовувати онлайн-ресурси для збору та обробки даних (Google Sheets, Excel), у проектній діяльності – створювати цифрові презентації (Canva, Genially, Prezi), а в ігрових методах – працювати на платформах Kahoot, Classtime, Mentimeter [41; 32].

Цифрові технології підсилюють активні методи, роблячи навчання більш доступним, гнучким і наочним. Вони дозволяють учням моделювати математичні процеси, експериментувати з параметрами, перевіряти гіпотези, бачити результат своїх дій у реальному часі. Такий підхід розвиває навички

аналітичного мислення, алгоритмізації та цифрової грамотності – складових сучасної математичної компетентності.

Важливим є також методичне забезпечення навчання: учень має бути готовим активно працювати з матеріалом, виконувати завдання, що стимулюють мислення, сприяють міжпредметній інтеграції та розвитку ключових компетентностей [25]. Застосування активних методів навчання сприяє комплексному розвитку математичної компетентності старшокласників.

1) когнітивний аспект проявляється у глибшому засвоєнні теоретичного матеріалу, здатності бачити зв'язки між математичними поняттями;

2) практичний аспект – у формуванні вмінь застосовувати знання для розв'язання проблем, що мають практичне або міжпредметне спрямування;

3) мотиваційний аспект – у підвищенні інтересу до математики, зростанні внутрішньої мотивації та самостійності у навчанні;

4) комунікативний аспект – у розвитку вміння працювати в команді, аргументувати власну позицію, сприймати критику та конструктивно взаємодіяти.

Активні методи перетворюють освітній процес на простір взаємодії, творчості та самореалізації, де кожен учень може проявити себе. Завдяки цьому підвищується не лише рівень математичної підготовки, а й загальна культура мислення, саморегуляція, впевненість у власних силах.

Таким чином, активні методи навчання є ефективним засобом розвитку математичної компетентності учнів старших класів, особливо у поєднанні з цифровими технологіями. Вони забезпечують перехід від репродуктивного навчання до творчо-дослідницького, формують пізнавальну мотивацію, навички критичного мислення, аналітичну гнучкість і готовність застосовувати знання в реальних життєвих ситуаціях. Впровадження таких методів сприяє становленню сучасного учня – активного суб'єкта пізнання, здатного навчатися впродовж життя, мислити логічно, діяти самостійно та відповідально.

Висновки до другого розділу

На основі проведеного теоретичного аналізу можна стверджувати, що розкрито методичні основи розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій та активних методів навчання. Проведений аналіз засвідчив, що ефективне формування математичної компетентності можливе за умови поєднання сучасних цифрових інструментів із методами, які забезпечують активну пізнавальну діяльність учнів.

З'ясовано, що використання цифрових технологій у навчанні математики сприяє підвищенню наочності, інтерактивності та індивідуалізації освітнього процесу. Платформи дистанційного та змішаного навчання, інтерактивні математичні середовища, онлайн-сервіси для обчислень і мобільні застосунки з елементами гейміфікації створюють умови для розвитку логічного, алгоритмічного та дослідницького мислення, формують навички самоконтролю й самостійної навчальної діяльності.

Обґрунтовано значення активних методів навчання як засобу підвищення пізнавальної активності старшокласників і розвитку всіх складових математичної компетентності. Проблемно-пошукові, дослідницькі, проєктні, інтерактивні та ігрові методи забезпечують перехід від репродуктивного засвоєння знань до їх усвідомленого застосування в нових і практичних ситуаціях.

Встановлено, що поєднання активних методів навчання з цифровими технологіями створює інноваційне освітнє середовище, у якому учень виступає активним суб'єктом навчального процесу. Така організація навчання сприяє розвитку мотивації до вивчення математики, формуванню критичного мислення, комунікативних умінь і готовності до навчання впродовж життя. Отже, цифрові технології та активні методи навчання є взаємодоповнювальними засобами розвитку математичної компетентності учнів старших класів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

3.1 Методичні підходи та прийоми інтеграції цифрових технологій в освітній процес учнів старших класів засобами цифрових технологій

Інтеграція цифрових технологій в освітній процес старшої школи є багатовимірним педагогічним явищем, яке поєднує методичні, організаційні та освітньо-методичні компоненти. Під інтеграцією цифрових технологій в освітній процес розуміється системне впровадження апаратно – програмних засобів, платформ і цифрових ресурсів у структуру методичного забезпечення уроку, що спрямоване на реалізацію навчальних цілей, підвищення мотивації, формування цифрових компетентностей та розвиток критичного мислення учнів. Однією з ключових цілей є досягнення балансу між цифровою грамотністю як предметною компетентністю та її інструментальним використанням для опанування інших навчальних предметів.

Успішна інтеграція цифрових технологій в освітній процес неможлива без чіткого методологічного підґрунтя. Методичні підходи визначають не лише добір цифрових засобів, а й логіку побудови освітнього процесу, форми навчальної взаємодії, рівень активності учнів та ступінь самостійності у навчанні [20]. Компетентнісний підхід є провідним у сучасній освіті, зокрема у процесі цифрової трансформації. Його сутність полягає у спрямуванні навчання на формування ключових компетентностей, серед яких – цифрова, інформаційна, комунікативна, підприємницька та уміння вчитися впродовж життя. В умовах старшої школи це означає, що цифрові технології не є самоціллю, а виступають інструментом досягнення компетентнісних результатів. Використання компетентнісного підходу передбачає, що:

- навчальні завдання формуються не лише для перевірки знань, а для розвитку вмінь застосовувати цифрові інструменти для пошуку, обробки та представлення інформації;
- учні залучаються до створення власних цифрових продуктів (презентацій, відео, сайтів, дослідницьких проєктів);
- оцінювання має формат автентичного (діяльнісного) – через виконання практичних цифрових завдань.

Прикладом реалізації цього підходу є використання платформ Google Workspace for Education або Microsoft Teams, де учні можуть спільно виконувати міжпредметні проєкти, що поєднують елементи інформаційно-комунікаційних технологій та креативності [8]. Діяльнісний підхід є одним із ключових у сучасній педагогіці, адже він розглядає процес навчання не як передавання готових знань, а як організацію активної пізнавальної діяльності учнів, спрямованої на самостійне відкриття нового знання, його практичне застосування та рефлексію. В умовах цифровізації освіти діяльнісний підхід набуває нового змісту: діяльність учня переноситься в цифрове середовище, де він стає не просто споживачем навчального контенту, а активним творцем знань. Інформаційно-комунікаційні технології виступають не як мета, а як засіб організації пізнавальної діяльності, що забезпечує індивідуалізацію, інтерактивність і гнучкість навчання. Основні принципи діяльнісного підходу в цифровому освітньому середовищі:

- самостійність і активність учня у процесі пошуку, відбору та аналізу інформації;
- цілеспрямованість і мотивованість освітньої діяльності;
- рефлексивність – усвідомлення учнем власних досягнень і труднощів;
- практична результативність – створення продукту діяльності, який має реальну цінність.

Застосування діяльнісного підходу через цифрові технології передбачає, що навчання організовується як ланцюг діяльностей, які послідовно формують досвід дослідження, аналізу, творчості та комунікації.

Наприклад, у старшій школі учень може брати участь в проєктах з використанням Google Workspace, де учні:

- самостійно визначають проблему (постановка мети проєкту);
- збирають інформацію з різних джерел (цифрові бази даних, електронні бібліотеки, опитування в Google Forms);
- аналізують отримані результати (електронні таблиці, графіки, презентації);
- презентують створений продукт (відео, сайт, буклет, інфографіка);
- здійснюють самооцінювання і взаємооцінювання через онлайн-опитування [38].

Подібна діяльність відповідає ключовим компетентностям Нової української школи – уміння вчитися, ініціативність, підприємливість, критичне мислення, цифрова грамотність. Застосування діяльнісного підходу з цифровими інструментами також сприяє розвитку метапредметних умінь, адже учні одночасно опановують предметний зміст, цифрові інструменти й навички комунікації. Використання STEM-проєктів, віртуальних лабораторій (PhET, ChemCollective, Algodoo), онлайн-симуляцій, цифрових творчих майстерень (Canva, Padlet, Tinkercad) перетворює навчання на дослідницький процес, що максимально наближений до реального життя [30].

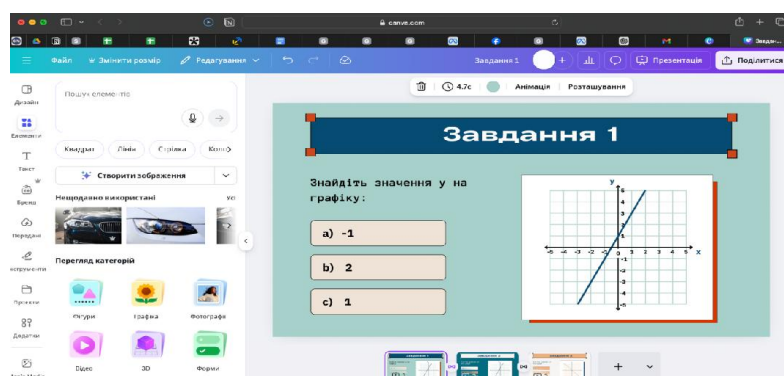


Рис. 3.1. Canva «Графік функції»

Таким чином, діяльнісний підхід у поєднанні з цифровими технологіями забезпечує: підвищення пізнавальної активності старшокласників; формування навичок самостійної роботи з інформацією; розвиток критичного мислення й уміння приймати рішення; зростання внутрішньої мотивації через відчуття власного внеску у спільний результат.

Інтерактивний підхід є логічним продовженням діяльнісного, але акцент у ньому робиться на співпраці, комунікації та взаємодії учасників освітнього процесу. Його сутність полягає у створенні освітнього середовища, в якому учні не лише сприймають інформацію, а й активно обмінюються нею, дискутують, співпрацюють і спільно виробляють знання. Основні принципи інтерактивного підходу в умовах цифровізації:

- спільна діяльність і партнерство у навчанні;
- активне залучення кожного учня до процесу взаємодії;
- варіативність форм комунікації (чати, форуми, відеоконференції, хмарні документи);
- миттєвий зворотний зв'язок і рефлексія;
- використання інтерактивних методів навчання – обговорення, мозкові штурми, проєктні групи, ділові ігри.

Реалізація інтерактивного підходу можлива через (рис. 3.2):

- платформи колективного навчання (Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams), що дають змогу створювати спільні завдання, дискусійні форуми, спільні документи;
- онлайн-опитування й інтерактивні ігри (Mentimeter, Kahoot!, Quizizz, Nearpod) для перевірки знань у реальному часі;

Ім'я учня	До основних сі	Пристрій, який	Процесор міст	Основна скла	До внутрішнь	До зовнішньої	Що впливає	Що таке сокет	Для створення	Для домашнього	Для чого признач
Мосійчук Маргарита	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
Хоменчук Ілля	1	1	0,5	0	1	1	1	1	0	1	1
Талащук Олександр	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Скрашівська Анна	1	1	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1
Боліщук Дарина	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1
Мартинов-Кирилюк Яре	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1
Іалюк Денис	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	0	1	1
Ангеліна Хамуйло	1	0	1	1	0,5	0	1	1	0	1	1
Степанчук Ангеліна	1	1	0	0	1	0,5	0	1	0,5	1	1
Влад Дячук	1	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0,5	1	1
Машай Неоніла	1	1	0	0	1	1	0	1	0,5	1	1
Пристоцьук Михайло	1	1	1	0	0,5	0	0	1	1	1	0
Пристоцьук Дмитро	0	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0	1	0
Парфенюк	1	1	0	0	1	0,5	1	1	0	1	0
Андрийчук Андрій	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Герасимчук Дмитро	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	1
Ковтунович Дмитро	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ковалишук Анна											

Рис. 3.2. «Оцінювання Kahoot»

– групові проєкти у цифрових середовищах (Trello, Padlet, Canva), де учні взаємодіють дистанційно, координують дії, обмінюються результатами [33].

Важливою умовою ефективності інтерактивного підходу є активна роль учня – не лише як споживача інформації, а як учасника процесу, який взаємодіє з однокласниками, підтримує динаміку роботи та бере участь у обговореннях.

Так, наприклад, у старших класах на уроках історії чи громадянської освіти вчитель може організувати дебати онлайн через Zoom або Teams, де учні розподіляють ролі, аргументують позиції, оцінюють виступи однокласників (рис. 3.3.).

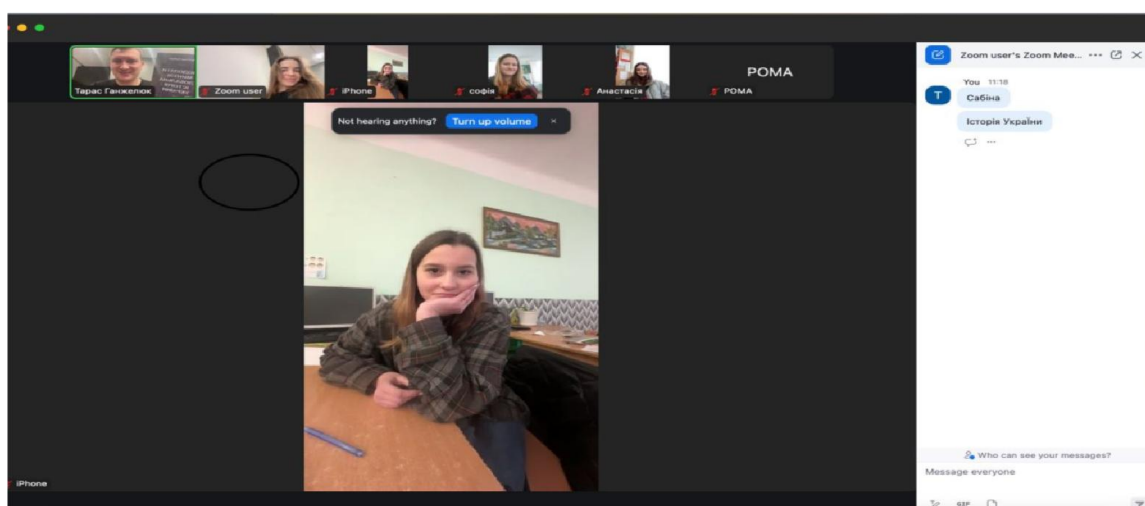


Рис. 3.3. «Організація дебатів через Zoom»

У математиці чи фізиці ефективно працюють колективні розв'язування завдань у Google Jamboard або спільне моделювання процесів у симуляторах.

Застосування інтерактивного підходу з цифровими технологіями сприяє демократизації освітнього процесу, розвитку критичного мислення та емоційного інтелекту, а також підготовці старшокласників до ефективної взаємодії у цифровому суспільстві.

Діяльнісний і інтерактивний підходи є взаємодоповнювальними в умовах цифрової освіти. Діяльнісний підхід забезпечує структуру діяльності учня, формує навички пошуку, аналізу й створення знань, тоді як інтерактивний – формує соціальний контекст цієї діяльності, розвиває комунікацію, співпрацю і взаємопідтримку. Їх поєднання створює умови для активного, осмисленого й мотивованого навчання учнів старших класів засобами цифрових технологій.

Інтегративний підхід у сучасній педагогіці розглядається як системоутворюючий принцип, що передбачає об'єднання змісту освіти, методів і засобів навчання в єдине цілісне освітнє середовище. Його сутність полягає у взаємопроникненні різних предметних галузей, форм і технологій навчання, що забезпечує формування в учнів комплексного бачення явищ і процесів реального світу.

В умовах цифровізації освіти інтегративний підхід набуває особливої актуальності, оскільки саме цифрові технології відкривають широкі можливості для міжпредметних зв'язків, проєктної діяльності, візуалізації складних процесів і створення єдиного інформаційно-освітнього простору. Основні ознаки інтегративного підходу:

- поєднання змісту різних шкільних предметів для розв'язання комплексних проблем;
- використання єдиних цифрових платформ для реалізації освітнього процесу (Google Workspace, Moodle, Microsoft Teams тощо);
- створення навчальних ситуацій, які виходять за межі окремого предмета й вимагають залучення знань з кількох галузей;
- орієнтація на формування цілісного світогляду, критичного мислення, здатності до аналізу системних зв'язків.

Цифрові технології є потужним інструментом реалізації інтегративного підходу. Вони забезпечують можливість комбінування текстової, візуальної, аудіальної та симуляційної інформації у спільному освітньому контенті. Наприклад, під час вивчення теми «Функція та її графіки» можна об'єднати знання з фізики, хімії, географії, екології, економіки, використовуючи цифрові ресурси: інтерактивні графіки та динамічні моделі функцій (Google Earth, ArcGIS); віртуальні лабораторії для моделювання математичних залежностей та змінних величин (PhET); онлайн-інструменти для обчислень, дослідження функцій та створення учнівських мультимедійних презентацій і міні-досліджень у Canva чи Genially [44].

Таке поєднання дає змогу побачити проблему з різних ракурсів, залучаючи як природничо-наукові, так і соціально-гуманітарні аспекти.

Інтегративний підхід також реалізується через STEM і STEAM-освіту, які базуються на взаємопов'язаному вивченні науки, технологій, інженерії, мистецтва та математики.

У цифровому середовищі такі напрями підтримуються платформами для моделювання (Tinkercad, GeoGebra, Scratch, Algodoo), робототехнічними наборами (LEGO Mindstorms, Arduino), а також хмарними сервісами для спільної проєктної роботи (рис. 3.4) [37].

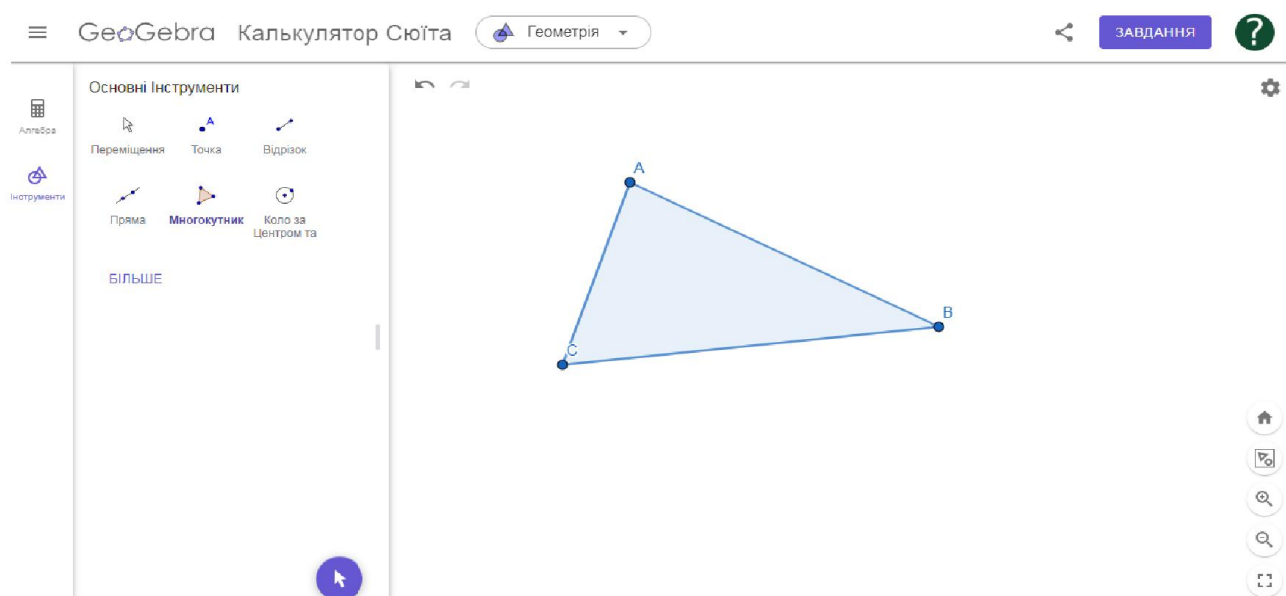


Рис. 3.4. «Моделювання на платформі GeoGebra»

Важливим аспектом інтегративного підходу є формування в учнів метапредметних компетентностей, тобто здатності застосовувати знання з різних галузей для розв'язання нових, нестандартних завдань. Цифрові технології, у свою чергу, сприяють розвитку таких компетентностей через створення умов для пошукової, дослідницької, комунікативної та творчої діяльності в єдиному цифровому середовищі. Таким чином, інтегративний підхід у поєднанні з цифровими технологіями:

- сприяє формуванню цілісного наукового світогляду;
- забезпечує зв'язок навчання з реальним життям;
- стимулює критичне й системне мислення;
- розвиває уміння працювати в команді та вирішувати комплексні завдання;
- формує готовність до інноваційної діяльності в умовах цифрової економіки.

Особистісно орієнтований підхід посідає центральне місце в сучасній педагогіці, оскільки його основна ідея полягає у визнанні унікальності, цінності й суб'єктності кожного учня.

Згідно з концепцією О. Савченко, особистісно орієнтована освіта спрямована на створення таких умов, у яких кожен учень може реалізувати власний потенціал, розвивати індивідуальний стиль навчальної діяльності, формувати внутрішню мотивацію та позитивне ставлення до пізнання. Цифрові технології відкривають нові можливості для реалізації цього підходу, оскільки забезпечують:

- індивідуалізацію освітнього процесу – адаптацію темпу, складності й форми подання матеріалу;
- варіативність навчальних траєкторій – вибір завдань, форм контролю, способів представлення результату;
- зворотний зв'язок у режимі реального часу – миттєву оцінку, рекомендації, аналітику успішності;

– розвиток самоосвітньої компетентності – уміння планувати, контролювати й оцінювати власне навчання.

Впровадження особистісно орієнтованого підходу через цифрові технології передбачає зміну ролей у навчальному процесі:

– учень стає активним суб'єктом навчання, відповідальним за результати своєї діяльності.

Приклади реалізації:

– використання адаптивних освітніх платформ (Khan Academy, Coursera, Classtime), що автоматично підлаштовують складність завдань під рівень учня;

– створення індивідуальних освітніх маршрутів у Google Classroom, де кожен учень отримує персоналізовані матеріали;

– застосування портфоліо досягнень у цифровій формі (наприклад, ePortfolio, Seesaw), що відображають особистісний прогрес;

– організація рефлексивних практик – ведення електронних щоденників, блогів, онлайн-щоденників саморозвитку.

Особистісно орієнтований підхід тісно пов'язаний із принципами гуманізації освіти та концепцією компетентнісного навчання [2]. Він дозволяє перетворити цифрове середовище не просто на джерело інформації, а на простір самореалізації, співтворчості та розвитку. У результаті учень сприймає технології не як зовнішній інструмент контролю, а як засіб власного зростання та пізнання світу. Отже, особистісно орієнтований підхід у контексті цифровізації освіти забезпечує:

– створення комфортного, мотивуючого освітнього середовища;

– розвиток внутрішньої мотивації до навчання;

– формування навичок самостійності, саморефлексії, самоменеджменту;

– виховання відповідального ставлення до власного розвитку;

– реалізацію принципу освіти для кожного.

Інтегративний та особистісно орієнтований підходи є взаємодоповнювальними у процесі цифрової трансформації освіти.

Перший забезпечує системність і цілісність освітнього процесу, а другий – індивідуалізацію та гуманізацію навчання.

Їх синтез створює оптимальні умови для формування в учнів старших класів ключових компетентностей XXI століття: цифрової грамотності, критичного мислення, самостійності, відповідальності та здатності до навчання протягом життя.

Інтеграція цифрових технологій в освітній процес старшокласників передбачає не лише зміну технічних засобів навчання, а й глибоке оновлення методики та структури освітньої взаємодії. Основна увага при цьому зосереджується на виборі таких методичних прийомів, які забезпечують активне залучення учнів до пізнавальної діяльності, формують уміння самостійно шукати, обробляти й застосовувати інформацію, а також сприяють розвитку критичного та творчого мислення [12].

Методичні прийоми інтеграції цифрових технологій визначаються як способи організації освітньої діяльності учнів із використанням цифрових інструментів, спрямовані на підвищення ефективності засвоєння знань, розвиток компетентностей та формування позитивної навчальної мотивації. Вони поєднують традиційні педагогічні методи з інноваційними цифровими рішеннями, що дозволяє зробити освітній процес динамічним, варіативним і особистісно орієнтованим.

Одним із головних напрямів інтеграції цифрових технологій є активізація пізнавальної діяльності учнів. Застосування віртуальних лабораторій (PhET, Labster, ChemCollective) дозволяє учням проводити експерименти в безпечному цифровому середовищі, змінювати параметри моделей і спостерігати результати в реальному часі. Такий підхід забезпечує наочність, розвиває дослідницькі навички та інтерес до предмета (рис. 3.5).

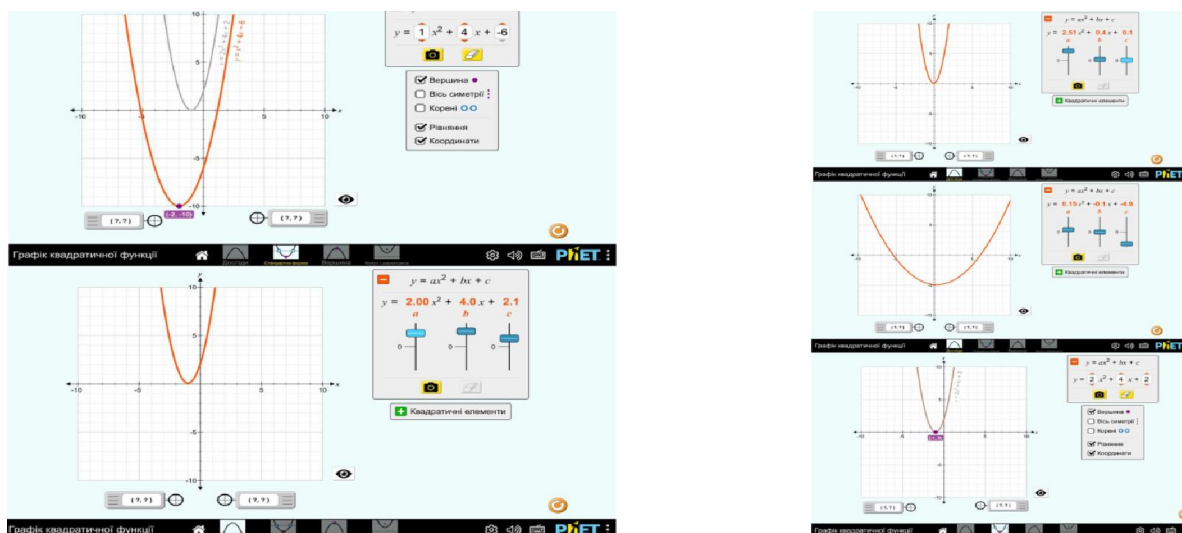


Рис. 3.5. «Робота з графіком квадратичної функції на платформі PhET»

Ефективним є також прийом «цифрового пошуку», коли учні виконують завдання, що потребують опрацювання кількох електронних джерел. Під час такого пошуку вони навчаються порівнювати інформацію, перевіряти достовірність даних, відрізняти факти від суджень. Для цього використовуються відкриті цифрові бази даних, електронні енциклопедії, бібліотеки, освітні платформи.

Корисним є прийом «мікродослідження», у межах якого учні проводять невелике дослідження з використанням цифрових інструментів: створюють опитування у Google Forms, обробляють результати в Google Sheets, будують діаграми та візуалізують дані в Canva або Genially. Такі завдання формують навички дослідницької культури, логічного мислення та цифрової грамотності.

Цифрове освітнє середовище відкриває великі можливості для реалізації інтерактивних форм навчання. Одним із найпоширеніших прийомів є онлайн-дискусії та дебати, які проводяться за допомогою платформ Zoom, Microsoft Teams, Google Meet. Такі форми роботи сприяють формуванню в учнів умінь висловлювати власну думку, аргументувати позицію, слухати співрозмовників, що є важливими елементами громадянської компетентності. Не менш ефективним є використання інтерактивних ігрових платформ – Kahoot!, Quizizz, Mentimeter, Nearpod. За їх допомогою здійснюється швидкий зворотний зв'язок, перевірка знань у цікавій формі, підвищується рівень мотивації. Ігровий

елемент допомагає створити емоційно позитивну атмосферу на уроці, сприяє запам'ятовуванню матеріалу [41; 39]. Варто відзначити й прийом «спільного створення цифрового продукту» – робота над колективними документами, постерами чи презентаціями у Google Docs, Canva або Jamboard. Такий прийом формує навички командної взаємодії, планування, розподілу обов'язків і відповідальності.

Проектна діяльність є однією з найефективніших форм інтеграції цифрових технологій, оскільки передбачає самостійне конструювання знань та створення практичного продукту. У цьому контексті ефективним є прийом вебквесту, коли учням пропонується виконати серію завдань у цифровому просторі: знайти інформацію, критично її оцінити, зробити висновки та представити результат у вигляді сайту, презентації чи відео (рис. 3.5).

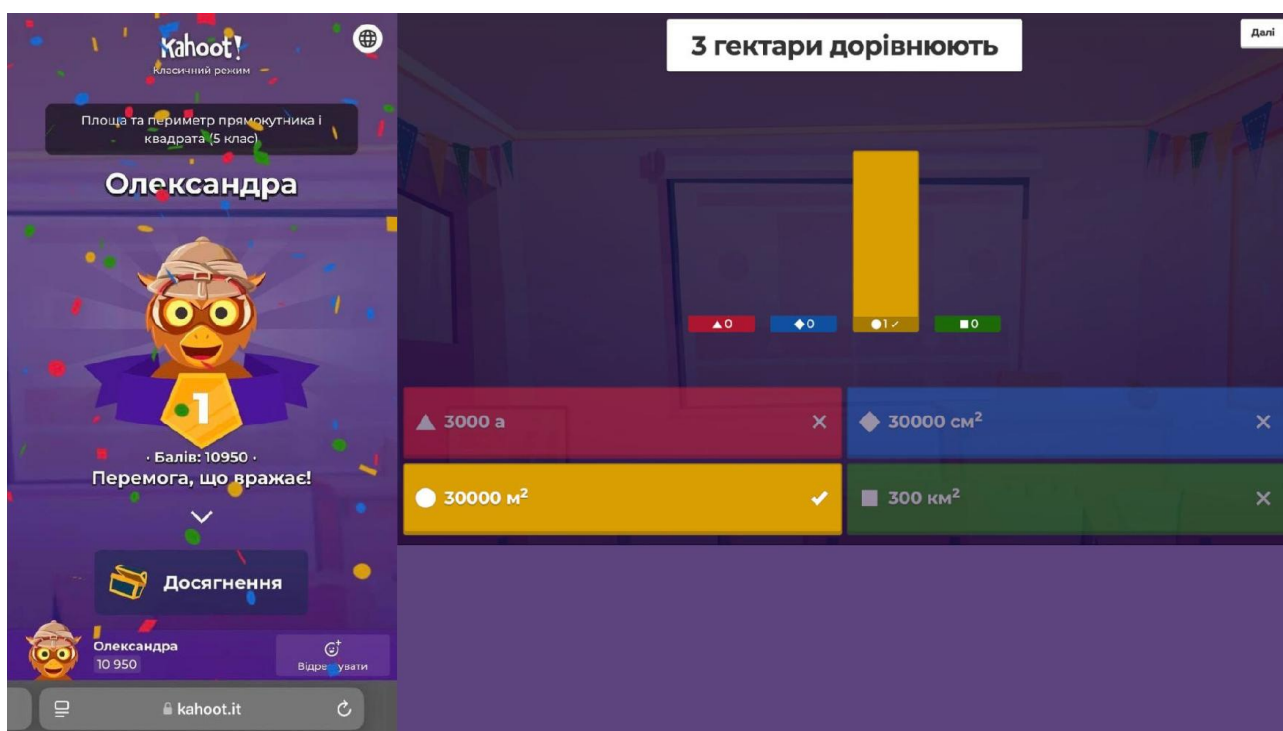


Рис. 3.5. «Використання інтерактивної ігрової платформи – Kahoot!»

Широко застосовується прийом STEM/STEAM-проектів, який інтегрує знання з природничих наук, технологій, інженерії, мистецтва та математики. Учні використовують цифрові інструменти (Tinkercad, GeoGebra, Scratch,

Arduino) для створення моделей, прототипів або симуляцій. Такі проєкти стимулюють розвиток креативного мислення, інноваційності та міжпредметних зв'язків.

У контексті громадянської освіти ефективним є прийом «соціальної дії» – створення цифрових продуктів, спрямованих на розв'язання соціальних проблем (відеоролики, онлайн-плакати, інформаційні кампанії). Для цього використовуються сервіси Canva, Powtoon, CapCut, що дозволяють учням реалізовувати власні ідеї, пов'язані з життям громади чи школи. Особистісно орієнтована освіта передбачає врахування темпу, рівня та інтересів кожного учня. Цифрові технології роблять це можливим через адаптивні освітні платформи (Classtime, Khan Academy, LearningApps, EdPuzzle), які автоматично підлаштовують зміст і складність завдань під можливості конкретного учня. Ефективним є прийом створення індивідуальних освітніх маршрутів у Google Classroom або Moodle. Учень виконує персоналізовані завдання, отримує рекомендації та додаткові матеріали, які дозволяють рухатися у власному темпі. Такий підхід розвиває самостійність, відповідальність та уміння планувати навчальну діяльність [38]. Корисним прийомом є електронне портфоліо (ePortfolio, Seesaw, Notion), де учні зберігають власні досягнення, творчі роботи, рефлексивні записи. Учні використовують не лише інструмент оцінювання, а й засіб формування внутрішньої мотивації та усвідомлення особистого прогресу.

Рефлексія є необхідною складовою навчання, оскільки дозволяє учням усвідомлювати, чого вони досягли, які труднощі виникають і що потрібно змінити. У цифровому середовищі цей процес може реалізовуватися через онлайн-щоденники або блоги (Blogger, Notion, Google Sites), де учні ведуть власні записи, діляться враженнями й висновками щодо навчання. Використання цифрових опитувань для самооцінювання (Google Forms, Mentimeter) дозволяє швидко збирати та аналізувати інформацію про стан розуміння навчального матеріалу, рівень задоволеності або труднощі в

навчанні. Використання опитувань забезпечує умови для оперативного коригування освітнього процесу.

Корисним є прийом взаємооцінювання – коли учні коментують і оцінюють роботи однокласників у спільних хмарних документах. Така взаємодія формує культуру конструктивної критики, розвиває аналітичне мислення й уміння аргументувати власну оцінку [6]. Візуалізація є важливим елементом сучасного навчання, оскільки сприяє кращому сприйняттю та запам'ятовуванню інформації. Серед найефективніших прийомів – створення інфографіки (у Canva, Piktochart, Venngage), яка дозволяє представити складні поняття у доступній і лаконічній формі. Цікавими для учнів є інтерактивні презентації (Prezi, Genially, Nearpod), які поєднують текст, відео, аудіо, анімацію та запитання для перевірки розуміння. Такий формат забезпечує активне залучення учнів, оскільки вони не просто переглядають матеріал, а беруть участь у його опрацюванні.

Сучасні можливості доповненої та віртуальної реальності (Merge Cube, Google Expeditions) відкривають простір для занурення у навчальний контекст: вивчення історичних місць, будови клітини чи фізичних процесів у форматі 3D. Таке використання технологій сприяє підвищенню мотивації, емоційної залученості та розвитку просторового мислення. Таким чином, методичні прийоми інтеграції цифрових технологій у навчання старшокласників спрямовані на реалізацію принципів діяльності, інтерактивності, індивідуалізації, рефлексії та практичної спрямованості навчання. Їх використання дозволяє перетворити освітній процес із пасивного засвоєння знань на активну, самостійну й творчо спрямовану діяльність, у якій учень виступає активним суб'єктом пізнання. Застосування цифрових технологій не повинно обмежуватися лише технічним аспектом; воно має бути педагогічно обґрунтованим і методично цілеспрямованим. Саме продумане поєднання традиційних і цифрових прийомів забезпечує якісну трансформацію освітнього процесу, сприяє формуванню в учнів ключових компетентностей, готовності до

навчання протягом життя та ефективного функціонування у сучасному цифровому суспільстві.

3.2 Розробка навчально-методичних матеріалів для розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій

Сучасна математична освіта в умовах цифрової трансформації суспільства потребує оновлення змісту, форм і методів навчання. Одним із провідних напрямів модернізації є створення навчально-методичних матеріалів, які поєднують традиційний навчальний зміст із цифровими засобами навчання, спрямованими на формування в учнів старших класів математичної компетентності – здатності застосовувати математичні знання та методи у практичних ситуаціях, критично мислити, аргументовано доводити судження й приймати рішення на основі кількісних даних.

Розвиток математичної компетентності у старшій школі вимагає використання інтерактивних, візуальних і дослідницьких форм навчання, що реалізуються через цифрові технології. Доцільність створення навчально-методичних матеріалів зумовлена необхідністю підтримати вчителя у доборі змісту, методів і засобів, які відповідають новим освітнім стандартам та потребам покоління цифрових учнів [6]. Важливим завданням є врахування психологічних особливостей старшокласників, зокрема їхнього прагнення до самостійності, рефлексивності, схильності до аналізу, критичного мислення та пошуку власних шляхів розв’язання проблем. Старші школярі вже володіють певним досвідом роботи з інформацією, тому цифрові технології виступають для них природним інструментом пізнання.

Психолого-педагогічна концепція розробки навчальних матеріалів ґрунтується на положеннях конструктивістської теорії навчання (Дж. Брунер, Ж. Піаже), згідно з якою учень не просто засвоює готові знання, а конструює їх у процесі власної діяльності. Цифрові технології забезпечують саме такий

формат – активну взаємодію, експериментування, дослідження. Крім того, опора на діяльнісний підхід підкреслює важливість організації навчання через практичну, дослідницьку та пізнавальну діяльність. Тому навчально-методичні матеріали мають включати завдання, що стимулюють учня діяти, спостерігати, аналізувати та узагальнювати результати власної діяльності [7; 17]. Розробка сучасних навчальних матеріалів спирається на кілька ключових методологічних підходів:

Компетентнісний підхід – спрямовує увагу не на передавання знань, а на формування здатності їх застосовувати. Математичний зміст подається в контексті практичних ситуацій, пов'язаних із реальним життям, технологіями, економікою, екологією.

Інтегративний підхід – передбачає поєднання різних галузей знань (наприклад, математика + інформатика + фізика), що відповідає сучасним тенденціям міжпредметного навчання та формує цілісну наукову картину світу.

Діяльнісний підхід – зумовлює використання цифрових засобів як інструментів дослідження, експерименту, побудови моделей і перевірки гіпотез. Учень стає активним суб'єктом, який створює власні освітні продукти.

Особистісно орієнтований підхід – передбачає урахування індивідуальних можливостей, темпу навчання, інтересів і рівня підготовки кожного учня через застосування адаптивних платформ та персоналізованих завдань.

Інтерактивний підхід – акцентує на комунікації, співпраці, взаємооцінюванні, які забезпечуються цифровими середовищами (Google Classroom, Microsoft Teams, Jamboard тощо).

Синтез цих підходів визначає концептуальну основу розробки матеріалів, які не просто передають знання, а створюють умови для їх самостійного відкриття та осмислення учнями [23]. На етапі проєктування змісту цифрових матеріалів слід дотримуватися системи дидактичних принципів, які визначають їхню ефективність, а саме:

1) принцип науковості – забезпечує достовірність і логічну узгодженість подання математичних знань;

2) принцип доступності та послідовності – матеріали повинні бути структуровані за рівнями складності, що дозволяє поступове ускладнення завдань і формування навичок;

3) принцип наочності – реалізується через використання цифрової візуалізації (графіки, моделі, симуляції, інтерактивні презентації);

4) принцип свідомості та активності учнів – досягається за рахунок інтерактивних завдань, що потребують пошуку, аналізу й ухвалення рішень;

5) принцип зв'язку теорії з практикою – реалізується через завдання прикладного змісту, пов'язані з реальними життєвими ситуаціями або міжпредметними зв'язками;

6) принцип варіативності – передбачає наявність декількох шляхів виконання завдань і використання різних цифрових ресурсів відповідно до стилю навчання учня.

Завдяки цим принципам створюється гнучкий, динамічний навчальний простір, у якому кожен учень може просуватися у власному темпі та обирати зручну форму взаємодії з матеріалом [14]. Використання навчально-методичних матеріалів передбачає поєднання педагогічної логіки з цифровими інструментами. У цьому контексті важливо дотримуватися таких положень:

1. Модульна структура матеріалів. Кожен модуль має містити: вступ (цілі, очікувані результати), теоретичний блок, практичні завдання, самоперевірку й рефлексію.

2. Інтерактивність. Усі елементи (завдання, відео, тести, моделі) мають бути пов'язані гіперпосиланнями для швидкої навігації.

3. Візуальна підтримка. Математичні моделі, побудовані у GeoGebra, Desmos чи PhET, повинні бути вбудовані безпосередньо у навчальний контент.

4. Зворотний зв'язок. Матеріали мають містити можливості для самоперевірки або автоматичного оцінювання результатів (Google Forms, Quizizz, Classtime).

5. Доступність і адаптивність. Ресурси повинні бути оптимізовані для використання на різних пристроях (ПК, планшет, смартфон) та з урахуванням можливостей учнів з особливими освітніми потребами.

Таким чином, технологічна основа матеріалів полягає в створенні електронного навчального середовища, яке забезпечує відкритий доступ до знань, взаємодію всіх учасників освітнього процесу та підтримку індивідуальної навчальної траєкторії.

Важливою концептуальною складовою є формування позитивної мотивації до вивчення математики. Цифрові технології мають не лише інформативну, а й мотиваційну функцію – вони створюють ситуацію успіху, дозволяють учням бачити результати своєї діяльності в реальному часі, відчувати контроль над навчальним процесом [10].

Навчально-методичні матеріали повинні сприяти розвитку таких якостей, як цілеспрямованість, наполегливість, саморегуляція, а також підтримувати пізнавальний інтерес через ігрові елементи, дослідницькі завдання та творчі проєкти. Саме поєднання когнітивного та емоційного компонентів робить процес навчання ефективним і стійким. Отже, концептуальні засади створення навчально-методичних матеріалів для розвитку математичної компетентності учнів старших класів засобами цифрових технологій спираються на комплекс психолого-педагогічних, методологічних, дидактичних і технологічних принципів. Дані засади визначають логіку побудови матеріалів, їх змістову структуру, методи та форми реалізації. Вони забезпечують перехід від традиційної моделі навчання, орієнтованої на передачу знань, до інноваційної моделі, де головним стає розвиток здатності учня самостійно здобувати, осмислювати й застосовувати знання за допомогою цифрових інструментів.

Сучасна освіта перебуває під потужним впливом цифровізації, яка змінює не лише форму подання навчального матеріалу, а й структуру, зміст і методику освітнього процесу. Використання цифрових технологій у створенні навчально-методичних матеріалів відкриває можливість для персоналізації, інтерактивності, візуалізації та підвищення мотивації учнів до навчання.

Особливо це актуально для математичної освіти, де цифрові інструменти дають змогу моделювати процеси, візуалізувати абстрактні поняття й перевіряти гіпотези в реальному часі [12].

Цифрові технології виконують в освітньому процесі подвійну функцію – з одного боку, вони виступають засобом подання та засвоєння знань, а з іншого – стають інструментом пізнавальної діяльності. Використання інтерактивних платформ, математичних симуляторів, онлайн-дошок, навчальних застосунків і візуалізаторів сприяє розвитку в учнів:

- 1) аналітичного та логічного мислення – через роботу з динамічними моделями й побудову алгоритмів;
- 2) дослідницьких умінь – завдяки можливості експериментувати з даними, параметрами та формулами;
- 3) інформаційної та цифрової грамотності – через роботу з електронними ресурсами, таблицями, графіками, системами тестування;
- 4) самостійності й відповідальності за результат навчання – через можливість самоперевірки та зворотного зв'язку.

Таким чином, цифрові технології стають середовищем розвитку математичної компетентності, у якому учень виступає активним суб'єктом навчання. При розробці навчально-методичних матеріалів доцільно використовувати різні типи цифрових засобів, залежно від їхньої функції та дидактичного призначення. Інтерактивні платформи для створення та подання навчальних курсів: Google Classroom, Moodle, Microsoft Teams – для організації структури матеріалів, збереження контенту, комунікації та оцінювання результатів. Вони дозволяють створювати інтерактивні завдання, вікторини, тести з автоматичною перевіркою, а також надавати миттєвий зворотний зв'язок. Інструменти для математичного моделювання та візуалізації: GeoGebra, Desmos, Wolfram Alpha, PhET Simulations – забезпечують побудову графіків, геометричних фігур, дослідження функцій і статистичних даних. Вони дозволяють учням експериментувати з параметрами, виявляти закономірності й робити висновки на основі емпіричних спостережень [34; 49]. Онлайн-дошки

для спільної діяльності: Jamboard, Padlet, Miro – використовуються для колективного розв'язання завдань, обговорення результатів, створення схем і алгоритмів. Такі інструменти сприяють розвитку комунікативних умінь і формують навички командної роботи.

Мультимедійні ресурси та інтерактивні презентації: Canva, Genially, Prezi, PowerPoint з інтерактивними елементами – дозволяють створювати візуально привабливий матеріал із вбудованими відео, гіперпосиланнями, завданнями для самоконтролю. Мультимедійна підтримка допомагає краще зрозуміти складні математичні поняття через візуалізацію процесів. Платформи для формувального оцінювання: Quizizz, Kahoot, Classtime, LearningApps – використовуються для оперативного контролю знань і створення ігрових ситуацій навчання. Дані засоби підвищують інтерес до предмета та забезпечують позитивний емоційний фон навчання [41].

Процес створення матеріалів із використанням цифрових технологій доцільно реалізовувати в кілька етапів:

1. Аналітико-проектувальний етап – визначаються цілі, зміст, очікувані результати навчання та компетентності, що мають бути сформовані. Підбираються цифрові інструменти відповідно до тематики курсу та рівня учнів.

2. Конструкторський етап – розробляється структура матеріалів, модулі, логічна послідовність тем. Створюються інтерактивні завдання, візуальні матеріали, симуляції, відеоінструкції. Особлива увага приділяється ергономіці подання інформації: шрифти, кольори, навігація, швидкість завантаження тощо.

3. Інтерактивно – реалізаційний етап – відбувається впровадження матеріалів у навчальний процес: учні виконують завдання на платформах, взаємодіють через онлайн-дошки, проходять тестування. Вчитель здійснює формувальне оцінювання, консультує, надає індивідуальні рекомендації.

4. Рефлексивно-аналітичний етап – проводиться оцінювання ефективності матеріалів, збір зворотного зв'язку від учнів, аналіз досягнень і труднощів. За

результатами здійснюється удосконалення матеріалів та адаптація під конкретні освітні умови.

Таким чином, створення цифрових навчально-методичних матеріалів є циклічним процесом, який постійно вдосконалюється на основі аналітики, педагогічного досвіду та зворотного зв'язку [18].

Використання цифрових засобів у розробці навчальних матеріалів забезпечує низку педагогічних і дидактичних переваг:

- 1) інтерактивність – активна участь учня у процесі навчання, а не пасивне сприйняття інформації;
- 2) візуалізація складних понять – графічне представлення формул, функцій, залежностей;
- 3) індивідуалізація – можливість адаптації змісту під рівень підготовки учня;
- 4) швидкий зворотний зв'язок – автоматичне оцінювання, підказки, коментарі;
- 5) підвищення мотивації – завдяки ігровим елементам, інтерактивним викликам, дослідницьким завданням;
- 6) розвиток навичок XXI століття – критичного мислення, комунікації, креативності, співпраці.

Завдяки цим перевагам цифрові технології стають не просто технічним доповненням, а необхідною умовою реалізації сучасної математичної освіти.

Отже, використання цифрових технологій у процесі створення навчально-методичних матеріалів для розвитку математичної компетентності учнів старших класів має системний і багатовимірний характер. Воно охоплює як педагогічні, так і технологічні аспекти – від розробки структури та змісту до впровадження інтерактивних інструментів і методів оцінювання [14]. Навчально-методичні матеріали забезпечують нову якість математичної освіти, у якій учень стає активним учасником навчального процесу, а цифрові технології – засобом розвитку мислення, самостійності та пізнавальної активності. Розроблення та впровадження навчально-методичного комплексу

(НМК) із використанням цифрових технологій є однією з провідних тенденцій сучасної освіти. Такий комплекс має забезпечувати цілісність, логічну послідовність і взаємопов'язаність усіх компонентів навчального процесу, спрямованих на розвиток математичної компетентності учнів. Навчально-методичний комплекс повинен відповідати основним принципам: системності, інтегративності, інноваційності, адаптивності та гнучкості, а також забезпечувати поєднання традиційних і цифрових засобів навчання [10]. Для ілюстрації практичного використання навчально-методичного комплексу розглянемо приклад розробки інтерактивного модуля «Похідна функції та її застосування», створеного з використанням цифрових технологій.

Мета модуля – сформувати в учнів розуміння поняття похідної функції, навчити застосовувати її до розв'язування практичних і прикладних завдань за допомогою цифрових інструментів. Завдання:

- 1) закріпити знання теоретичних основ поняття похідної;
- 2) розвинути вміння будувати графіки похідних у динамічному середовищі;
- 3) навчити аналізувати зміни функцій за допомогою цифрових засобів;
- 4) сформувати навички самостійного дослідження функцій із використанням математичного моделювання.

Структура інтерактивного модуля:

Вступ (мотиваційний блок):

- коротке відео «Як похідна використовується у фізиці, економіці та техніці»;
- проблемне запитання: «Як визначити швидкість зміни величини у будь-який момент часу?»;
- гіперпосилання на онлайн-опитування у Mentimeter для виявлення початкових уявлень.

Теоретичний блок:

- електронна презентація з ілюстраціями та інтерактивними формулами (створена в Genially);

- пояснення алгоритму знаходження похідної із прикладами;
- міні-лекція (5 хв) із вбудованим відео від Khan Academy.

Практичний блок:

- інтерактивна симуляція у GeoGebra: учні змінюють параметри функції $y = f(x)$ і спостерігають, як змінюється її похідна;
- вправи для самостійної роботи: знаходження похідних елементарних функцій;
- завдання підвищеної складності – дослідження руху тіла за графіком швидкості.

Контроль і зворотний зв'язок

- онлайн-тест у Quizizz із миттєвою перевіркою;
- завдання у Google Classroom для подання власних висновків (у вигляді короткого звіту або відеопояснення) [38].

У результаті виконання завдань учні:

- демонструють розуміння сутності похідної та її прикладного значення;
- володіють навичками використання цифрових засобів (GeoGebra, Quizizz, Padlet) у навчанні;
- уміють аналізувати графіки функцій і робити висновки на основі досліджень;
- проявляють інтерес і мотивацію до вивчення математики через практичне застосування цифрових інструментів.

Таким чином, навчально-методичний матеріал реалізує компетентнісний підхід до навчання математики, забезпечуючи формування не лише знань, а й дослідницьких, аналітичних і цифрових компетентностей.

Приклад інтерактивного модуля демонструє, що використання цифрових технологій дозволяє:

- підвищити наочність і доступність навчального матеріалу;
- зробити процес засвоєння знань більш осмисленим і мотивуючим;
- реалізувати принципи самостійності, індивідуалізації та диференціації;
- створити умови для розвитку творчого й критичного мислення.

Отже, цифрові навчально-методичні матеріали виступають ефективним інструментом модернізації математичної освіти, який поєднує традиційні дидактичні принципи з інноваційними технологічними можливостями.

Впровадження навчально-методичних матеріалів, розроблених із використанням цифрових технологій, має забезпечити якісно новий рівень формування математичної компетентності учнів старших класів. Ефективність таких матеріалів полягає у їхній здатності поєднувати пізнавальну, практичну, дослідницьку та мотиваційну складові навчальної діяльності. Очікувані результати реалізації навчально-методичних матеріалів:

1. Підвищення рівня математичної компетентності учнів. Учні засвоюють не лише зміст навчального предмета, а й набувають здатності застосовувати математичні знання для розв'язання реальних і навчальних проблем. Вони реалізуються у вміннях учнів:

- аналізувати та інтерпретувати числові, графічні та аналітичні дані;
- будувати математичні моделі реальних процесів;
- використовувати цифрові інструменти для обчислень, перевірки гіпотез, побудови графіків і аналізу результатів.

2. Розвиток дослідницької та аналітичної діяльності. Цифрові ресурси дозволяють учням працювати у форматі міні-досліджень: самостійно формулювати проблеми, добирати методи розв'язання, аналізувати дані. Завдяки цьому формується логічне, критичне та алгоритмічне мислення – ключові компоненти математичної компетентності.

3. Формування інформаційно-цифрової грамотності. Учні набувають умінь працювати з різними видами цифрових ресурсів: електронними таблицями, онлайн-дошками, навчальними платформами, математичними симуляторами. Такий підхід сприяє розвитку навичок XXI століття – цифрової грамотності, самостійного пошуку інформації, аналізу та представлення результатів.

4. Підвищення пізнавальної мотивації. Використання цифрових інструментів створює умови для підвищення зацікавленості у вивченні

математики. Завдяки інтерактивним завданням, візуалізації та гейміфікації навчання стає динамічним, емоційно насиченим і наближеним до життєвого досвіду учнів.

5. Формування навичок самостійного та відповідального навчання. Учні вчаться самостійно планувати роботу, обирати ресурси, оцінювати власні досягнення та шукати шляхи їх покращення. Така робота сприяє розвитку саморегуляції, самоконтролю й самооцінювання [16].

6. Підвищення професійної компетентності вчителя. Використання цифрових технологій у навчально-методичних матеріалах сприяє професійному зростанню педагога, оскільки потребує володіння сучасними ІКТ, інноваційними підходами до навчання та оцінювання.

Для оцінювання ефективності впровадження навчально-методичних матеріалів доцільно використовувати комплекс показників, що охоплюють як когнітивні, так і діяльнісні аспекти:

1. Когнітивний критерій – рівень засвоєння математичних знань, умінь і способів діяльності. Показники: правильність виконання завдань, здатність до узагальнення та перенесення знань у нові ситуації; інструменти вимірювання: тести, онлайн-завдання, практичні кейси.

2. Діяльнісний критерій – рівень сформованості навичок використання цифрових технологій у навчанні математики. Показники: уміння працювати в GeoGebra, Excel, Google Sheets, Desmos; створення власних моделей і візуалізацій; інструменти: аналіз цифрових проєктів, практичні демонстрації.

3. Мотиваційний критерій – рівень навчальної мотивації, інтересу до предмета, участі в інтерактивних завданнях. Показники: активність на уроках, ініціативність у виконанні завдань, позитивне ставлення до цифрових форм навчання; інструменти: анкетування, спостереження, рефлексивні щоденники.

4. Рефлексивний критерій – здатність учня оцінювати власний прогрес і виявляти труднощі. Показники: рівень самооцінки, уміння визначати власні освітні потреби; інструменти: електронні журнали самооцінки, опитування, обговорення результатів [11].

Використання цифрових технологій у складі навчально-методичних матеріалів забезпечує нову якість педагогічної взаємодії.

Цифрові ресурси дозволяють створювати завдання різного рівня складності, забезпечуючи можливість кожному учню працювати у власному темпі.

Використання онлайн-платформ (Google Classroom, Moodle) дає змогу відслідковувати прогрес кожного учня, формувати індивідуальні траєкторії навчання. Виконання спільних завдань у цифровому середовищі розвиває комунікативні та соціальні навички, формує культуру навчальної взаємодії. Завдяки дослідницьким завданням учні вчаться аналізувати інформацію, висувати гіпотези, перевіряти їх за допомогою цифрових моделей, робити узагальнення. Упровадження ігрових елементів, візуальних ефектів, швидкого зворотного зв'язку створює позитивне емоційне середовище, підвищує залученість учнів до навчання. Задіяння навчально-методичних матеріалів із використанням цифрових технологій має також ширший освітньо-соціальний ефект, який проявляється у:

- підвищенні якості математичної освіти та конкурентоспроможності випускників;
- розширенні можливостей для дистанційного та змішаного навчання;
- створенні єдиного цифрового освітнього простору;
- формуванні культури використання інформаційних технологій у навчанні;
- підготовці учнів до професійної діяльності в умовах цифрового суспільства.

Відтак, ефективність використання навчально-методичних матеріалів, розроблених засобами цифрових технологій, полягає у підвищенні якості засвоєння знань, активізації пізнавальної діяльності, розвитку самостійності та формуванні компетентностей XXI століття. Такі матеріали забезпечують:

- глибше розуміння математичних понять;
- стійку мотивацію до навчання;

- підвищення рівня цифрової грамотності;
- позитивну динаміку результатів навчання.

У результаті застосування цих матеріалів навчальний процес стає більш гнучким, інтерактивним і орієнтованим на особистість учня, що відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації освіти.

Висновки до третього розділу

У процесі здійснення методичного обґрунтування та аналізу результатів впровадження розроблених навчально-методичних матеріалів встановлено, що використання компетентнісного, діяльнісного, інтерактивного, інтегративного та особистісно орієнтованого підходів забезпечує цілісність і результативність освітнього процесу. Цифрові технології в межах цих підходів виступають не лише засобом подання навчального матеріалу, а інструментом активної пізнавальної, дослідницької та проєктної діяльності учнів. Їх застосування сприяє розвитку аналітичного та критичного мислення, формуванню навичок самостійної роботи з інформацією, умінню моделювати математичні процеси та застосовувати знання в практичних ситуаціях.

Обґрунтовано доцільність створення цифрових навчально-методичних матеріалів на засадах модульності, інтерактивності, наочності, варіативності та забезпечення зворотного зв'язку. Запропонована структура навчально-методичних матеріалів і приклад інтерактивного модуля з використанням цифрових платформ та математичних середовищ (GeoGebra, Google Classroom, Quizizz тощо) демонструють можливість поєднання теоретичного змісту з практичною діяльністю учнів.

Доведено, що впровадження цифрових навчально-методичних матеріалів сприяє підвищенню рівня математичної компетентності старшокласників, зростанню їхньої навчальної мотивації, розвитку дослідницьких і цифрових компетентностей, а також формуванню навичок саморегуляції та рефлексії. Разом із тим, ефективність таких матеріалів значною мірою залежить від

педагогічно обґрунтованого добору цифрових засобів і готовності вчителя до інноваційної діяльності. Отже, результати третього розділу підтверджують, що системне впровадження навчально-методичних матеріалів, розроблених із використанням цифрових технологій, є важливою умовою модернізації математичної освіти та забезпечення якісного розвитку математичної компетентності учнів старших класів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що математична компетентність є складною інтегративною якістю особистості, яка відображає здатність раціонально мислити, аналізувати інформацію, будувати моделі, аргументувати власні міркування та застосовувати математичні знання у практичних ситуаціях. Її розвиток забезпечується поєднанням знаннєвого, операційного, логіко-інтелектуального, комунікативного та діяльнісного компонентів. Нині цифрові технології суттєво розширюють можливості традиційного навчання математики, адже вони забезпечують високий рівень наочності, динамічність подання матеріалу, можливість моделювання складних абстрактних процесів, здійснення пошукової та дослідницької діяльності. Теоретичне обґрунтування підтвердило, що цифровізація освітнього процесу є ефективним засобом розвитку математичної компетентності, оскільки сприяє активізації мислення, підвищенню мотивації та формуванню навичок самостійної роботи учнів.

Проведене дослідження дозволило визначити ключові особливості розвитку математичної компетентності в умовах використання цифрових інструментів. Серед них: індивідуалізація навчальної траєкторії, можливість адаптивного темпу засвоєння матеріалу, інтенсивне використання інтерактивної візуалізації, залучення учнів до практичних і творчих видів діяльності, побудова математичних моделей у цифрових середовищах та використання ігрових механік для підсилення мотивації. Встановлено, що цифрові технології створюють сприятливі умови для розвитку логічного, критичного, алгоритмічного та дослідницького мислення, формують уміння аналізувати дані, здійснювати математичні операції у нових форматах (віртуальні середовища, симуляції, інтерактивні завдання). Особливо важливим є те, що цифрові інструменти дозволяють кожному учню працювати на власному рівні складності, що підвищує ефективність навчання та сприяє сталому розвитку компетентності.

У результаті дослідження з'ясовано, що активні методи навчання є ключовим елементом формування математичної компетентності в умовах цифрового середовища. До таких методів належать: проблемно-орієнтоване навчання, проєктна діяльність, дослідницько-експериментальні методи, інтерактивні навчальні ситуації, математичні дослідження, кейс-метод, ігрові технології та моделювання. Встановлено, що їх поєднання з цифровими інструментами (GeoGebra, Desmos, WolframAlpha, інтерактивні тренажери, онлайн-платформи) значно підвищує ефективність навчання, оскільки сприяє глибшому розумінню абстрактних математичних понять, активізує пізнавальну діяльність і забезпечує практичну спрямованість роботи учнів. Доведено, що активні методи навчання дозволяють трансформувати урок математики у діяльнісний, дослідницький процес, у якому учень виступає активним суб'єктом навчання, а цифрові технології – інструментом для творчості, аналізу та розв'язання практичних завдань.

За результатами дослідження кваліфікаційної роботи були розроблені навчально-методичні матеріали, які враховують вікові особливості старшокласників, рівень їх цифрової підготовки та вимоги сучасного освітнього процесу. Розроблені матеріали включають: інтерактивні завдання, вправи із використанням цифрових платформ, алгоритми виконання математичних досліджень у цифрових середовищах, дидактичні ситуації, завдання для групової та індивідуальної роботи, а також методичні рекомендації для вчителів щодо інтеграції цифрових інструментів у навчальні заняття. Матеріали орієнтовані на розвиток ключових компонентів математичної компетентності, забезпечують взаємозв'язок теорії та практики, стимулюють самостійну пізнавальну діяльність учнів та підвищують якість математичної підготовки. Їх впровадження дозволяє модернізувати традиційні підходи до навчання математики і забезпечити високу ефективність освітнього процесу.

Виконання поставлених завдань дало змогу комплексно обґрунтувати можливості цифрових технологій у розвитку математичної компетентності старшокласників та створити цілісну методику її формування. Теоретичні

положення, аналітичні висновки та розроблені матеріали підтверджують, що цифрове середовище є ефективним інструментом модернізації математичної освіти, підвищення мотивації учнів, розвитку їхнього логіко-математичного мислення та формування стійких навчальних результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрущенко В. Методологія сучасної освіти. Київ : Педагогічна думка, 2020. 284 с.
2. Андрущенко О. В. Інформаційно-комунікаційні технології у формуванні математичної компетентності школярів : монографія. Київ, 2021. 212 с.
3. Бондаренко І. П. Цифрові технології в навчанні математики : монографія. Харків : ХНПУ, 2020. 180 с.
4. Величко В., Федоренко О., Олійник Є. Алгоритмічна компетентність майбутніх учителів математики як складова професійної компетентності. *Технології електронного навчання*. 2022. Т. 6. С. 70–78. URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/55846/1/TEL_2022_6_70-78.pdf
5. Власенко Т. М. Розвиток математичної компетентності учнів засобами інтерактивних технологій : монографія. Львів : ЛНУ, 2022. 204 с.
6. Ганжелюк Т. М., Карабін О. Й., Розвиток математичної компетентності здобувачів освіти засобами цифрових технологій. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : матеріали XVI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Тернопіль, 6-7 листопада, 2025 р.). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 58–60.
7. Ганжелюк Т. М., Карабін О. Й., Особливості розвитку математичної компетентності здобувачів освіти засобами цифрових технологій. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : матеріали XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Тернопіль, 10 квітня, 2025 р.). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 31–33
8. Гнатюк О. В. Моделювання навчального процесу з використанням цифрових інструментів : монографія. Київ : КНЕУ, 2023. 198 с.

9. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти : постанова КМУ від 23.11.2011 № 1392. Київ : КМУ, 2011. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF>

10. Дьяків С. М. Компетентнісний підхід у навчанні математики в умовах цифровізації освіти : монографія. Дніпро, 2021. – 256 с.

11. Єрмаков І. Г. Освітні компетентності учнів: теорія і практика. Київ : Педагогічна думка, 2016. 192 с.

12. Жмуренко О. Математична компетентність як ключова компетентність Нової української школи. *Гуманізація навчально-виховного процесу*. 2019. № 4(96). С. 29–33. URL:[https://doi.org/10.31865/2077-1827.4\(96\)2019.196187](https://doi.org/10.31865/2077-1827.4(96)2019.196187)

13. Істер О. Теорія і методика навчання математики. Київ : А.С.К., 2017. 320 с.

14. Ковальчук В., Винницька Н., Жигайло О. Використання цифрових інструментів у формуванні математичної та ІКТ-компетентностей учнів. *Молодь і ринок*. 2025.

15. Козловська Г. В. Теорія та практика розвитку математичної компетентності учнів. Львів : ЛНУ, 2020. 260 с.

16. Концепція «Нова українська школа». Київ : МОН України, 2016. 40с. URL:<https://mon.gov.ua/storage/app/media/nova-ukrainska-shkola/compressed-nus-concept-ukr.pdf>

17. Кремень В. Г. Філософія людиноцентризму в освітньому просторі. 2-ге вид. К. : Т-во «Знання» України, 2011. 520 с.

18. Лозова В. І. Теоретичні основи навчання. Харків : Основа, 2018. 272 с.

19. Овчарук О. В. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. К. : «К.І.С», 2004. (серія «Бібліотека з освітньої політики»).

20. Овчарук О. О. Компетентності у сучасній освіті. Київ : Педагогічна думка, 2019. 236 с.

21. Риндюк В. Навчання математики з використанням цифрових навчальних платформ: аналіз досвіду. *Дидактика математики: теорія, досвід, інновації*. 2024. № 1. С. 72–80. URL: <https://doi.org/10.31652/2304-1227-2024-1-72-80>
22. Савченко О. Я. Дидактика початкової школи : підручник. – Київ : Генеза, 2019. 432 с.
23. Савченко О. Я. Дидактико-методичне забезпечення контролю та оцінювання навчальних досягнень молодших школярів на засадах компетентнісного підходу : монографія. К. : Педагогічна думка, 2012. ISBN 978-966-644-297-3.
24. Сахно О. В. Цифрова компетентність і технології для освіти: принципи та інструменти. *Імідж сучасного педагога*. 2020. № 6(195). С. 10–14. URL: [https://doi.org/10.33272/2522-9729.2020.6\(195\).10-14](https://doi.org/10.33272/2522-9729.2020.6(195).10-14)
25. Стефінів Ю. Використання хмарних сервісів для візуалізації навчання алгебри в 7 класі. *Магістерський науковий вісник Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. Вип. 44. С. 294-296
26. Стойка М., Петечук Ю. Формування інформаційно-цифрової компетентності здобувачів освіти при викладанні математики. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: Педагогіка. 2025. URL: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2025.56.234239>
27. Тарасенкова Н. А. Методика навчання математики в школі. Київ : Освіта, 2018. 368 с.
28. Хутченко І. Сучасні цифрові технології для формувального оцінювання на уроках математики. *Дидактика математики: теорія, досвід, інновації*. 2024. № 2. С. 82–94. URL: <https://doi.org/10.31652/2304-1227-2024-2-82-94>
29. Шишкіна М. П. Інформаційно-освітнє середовище сучасної школи. Київ : ІЗМН, 2021. 210 с.

30. ALEKS – Assessment and Learning in Knowledge Spaces. URL:
<https://www.aleks.com>
31. Brilliant.org – Interactive math & logic. URL: <https://brilliant.org>
32. Classkick – Interactive Classroom Tool. URL: <https://classkick.com>
33. Coursera – Online Courses Platform. URL: <https://www.coursera.org>
34. Desmos Graphing Calculator. URL: <https://www.dreambox.com>
35. EDX – MOOC Education Platform. URL: <https://www.edx.org>
36. GeoGebra. URL: <https://www.geogebra.org/>
37. Google Classroom. URL: <https://classroom.google.com>
38. IXL Math. URL: <https://www.ixl.com/math>
39. Jupyter Notebook. URL: <https://jupyter.org>
40. Kahoot! – Game-based learning platform. URL: <https://kahoot.com>
41. Khan Academy. URL: <https://www.khanacademy.org>
42. MATLAB & Simulink. URL: <https://www.mathworks.com>
43. PhET Interactive Simulations. URL: <https://phet.colorado.edu>
44. Prodigy Math Game. URL: <https://www.prodigygame.com>
45. Python.org – офіційної мова програмування. URL:
<https://www.python.org>
46. Udacity – Digital skills learning platform. URL: <https://www.udacity.com>
47. Wolfram Mathematica. URL: <https://www.wolfram.com/mathematica>
48. WolframAlpha. URL: <https://www.wolframalpha.com>

ДОДАТКИ

Додаток А

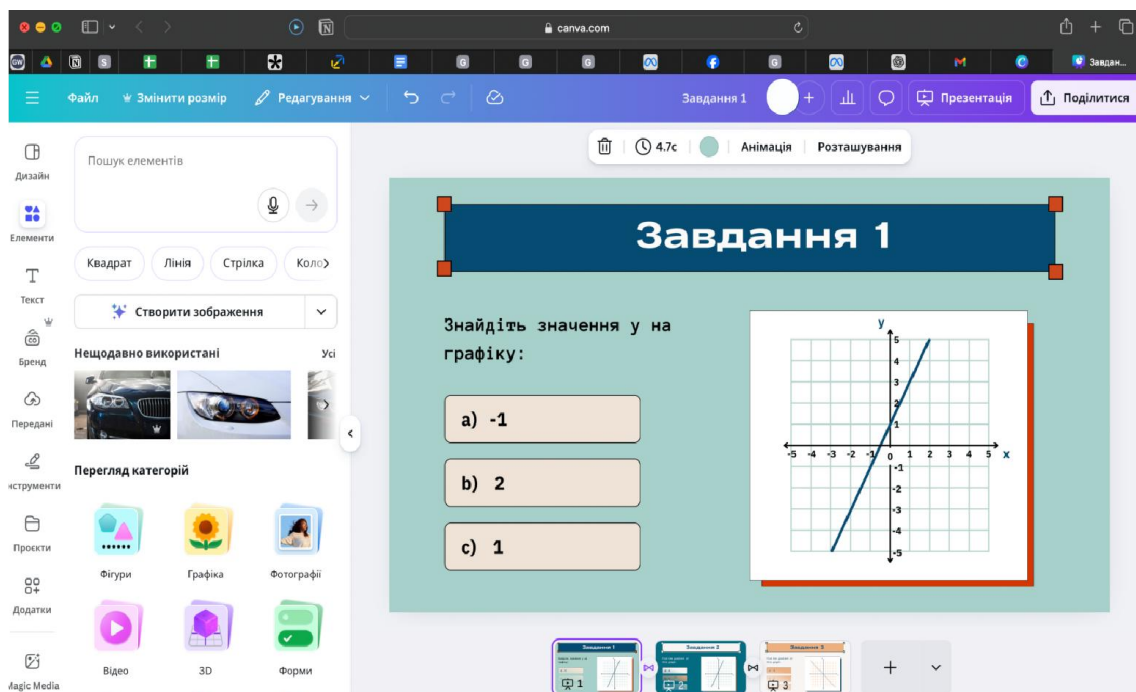


Рис. 1. Canva «Графік функції»

Додаток Б

Ім'я учня	До основних с	Пристрій, який	Процесор міст	Основна скла	До внутрішнь	До зовнішньої	Що впливає н	Що таке сокет	Для створення	Для домашнь	Для чого приз	Яка швид
Мосійчук Маргарита	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Хоменчук Ілля	1	1	0,5	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Талащук Олександр	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Скращевська Анна	1	1	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1
Боліщук Дарина	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Мартинів-Кирильчук Яре	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ілляк Денис	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	0	1	1	1
Ангеліна Хамуйло	1	0	1	1	0,5	0	1	1	0	1	1	0
Степанчук Ангеліна	1	1	0	0	1	0,5	0	1	0,5	1	1	1
Влад Дячук	1	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0,5	1	1	1
Машлай Неоніла	1	1	0	0	1	1	0	1	0,5	1	1	1
Пристопчук Михайло	1	1	1	0	0,5	0	0	1	1	1	1	1
Пристопчук Дмитро	0	1	0,5	1	0,5	0	0	1	0	1	0	0
Парфенюк	1	1	0	0	1	0,5	1	1	0	1	0	0
Андрійчук Андрій	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
Герасмчук Дмитро	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	1	1
Ковтунович Дмитро	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ковальчук Анна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рис. 1. «Оцінювання Kahoot»

Додаток В

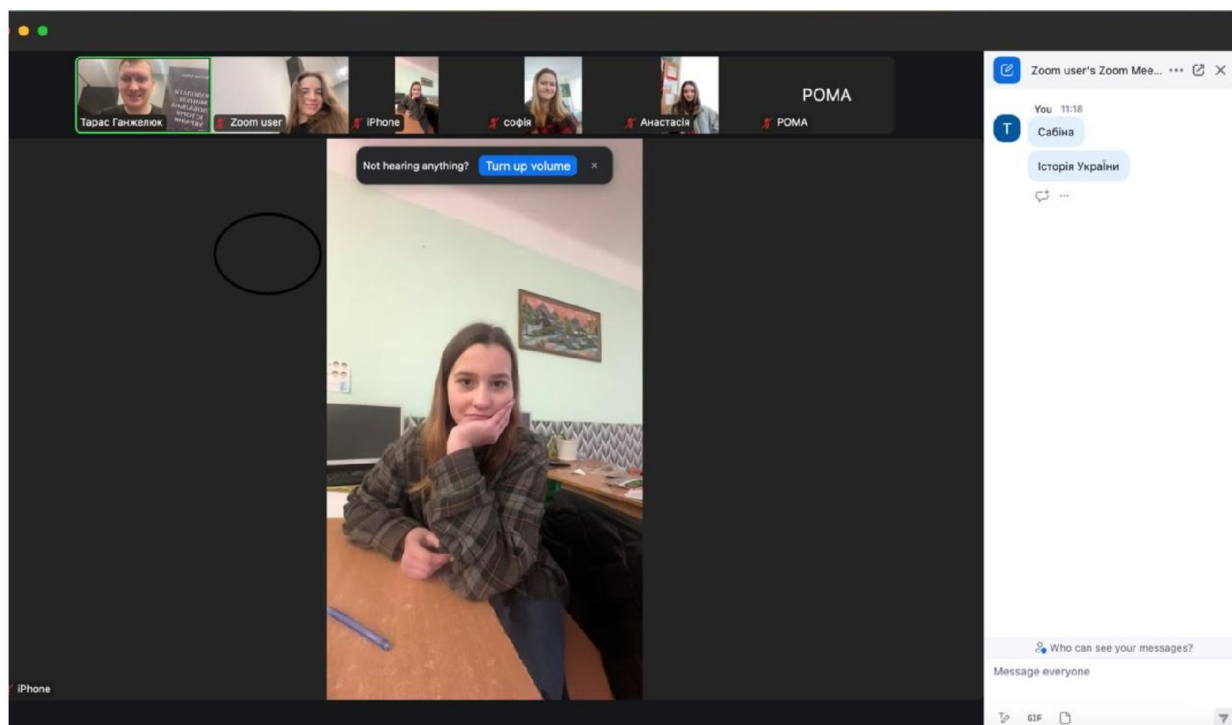


Рис. 1. «Організація дебатів через Zoom»

Додаток Г

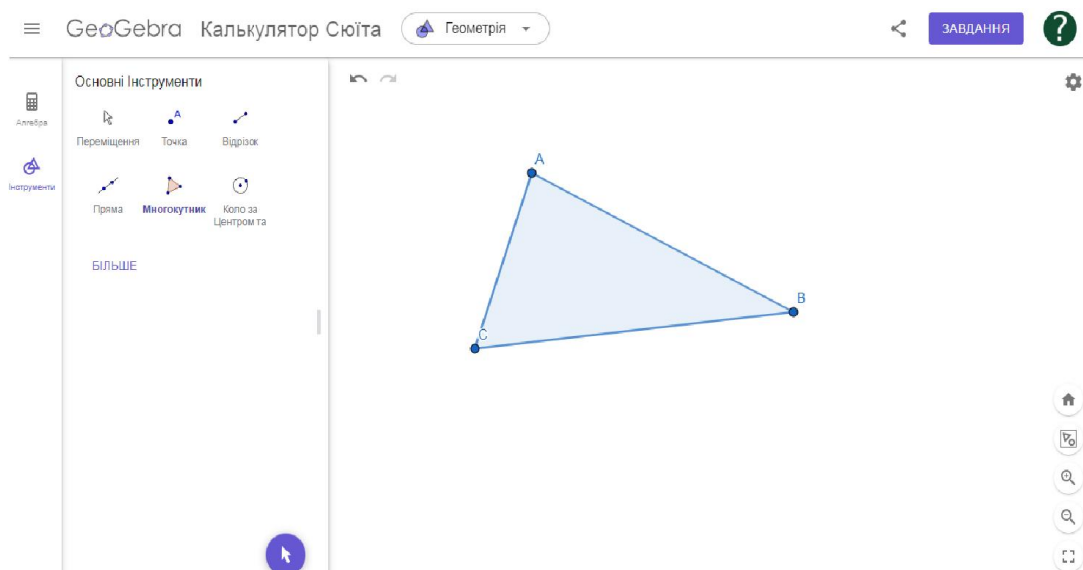


Рис. 1. «Моделювання на платформі GeoGebra»

Додаток Д

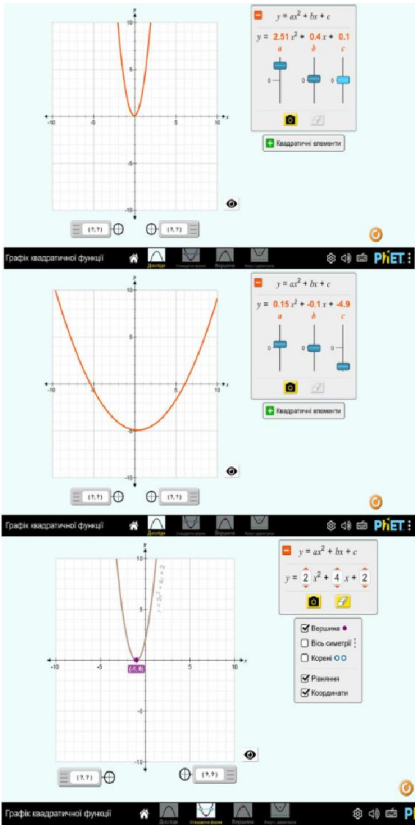
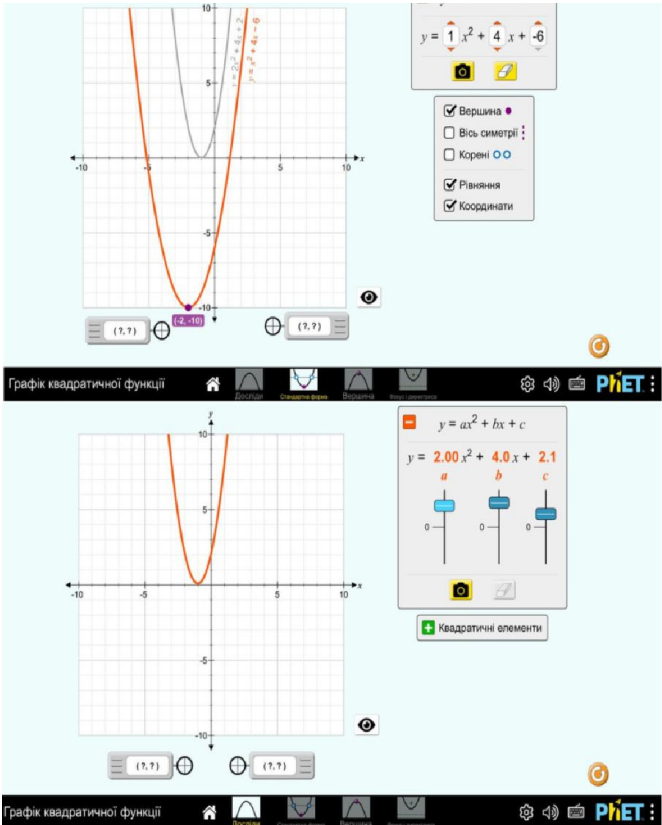


Рис. 1–4. «Робота з графіком квадратичної функції на платформі PhET»

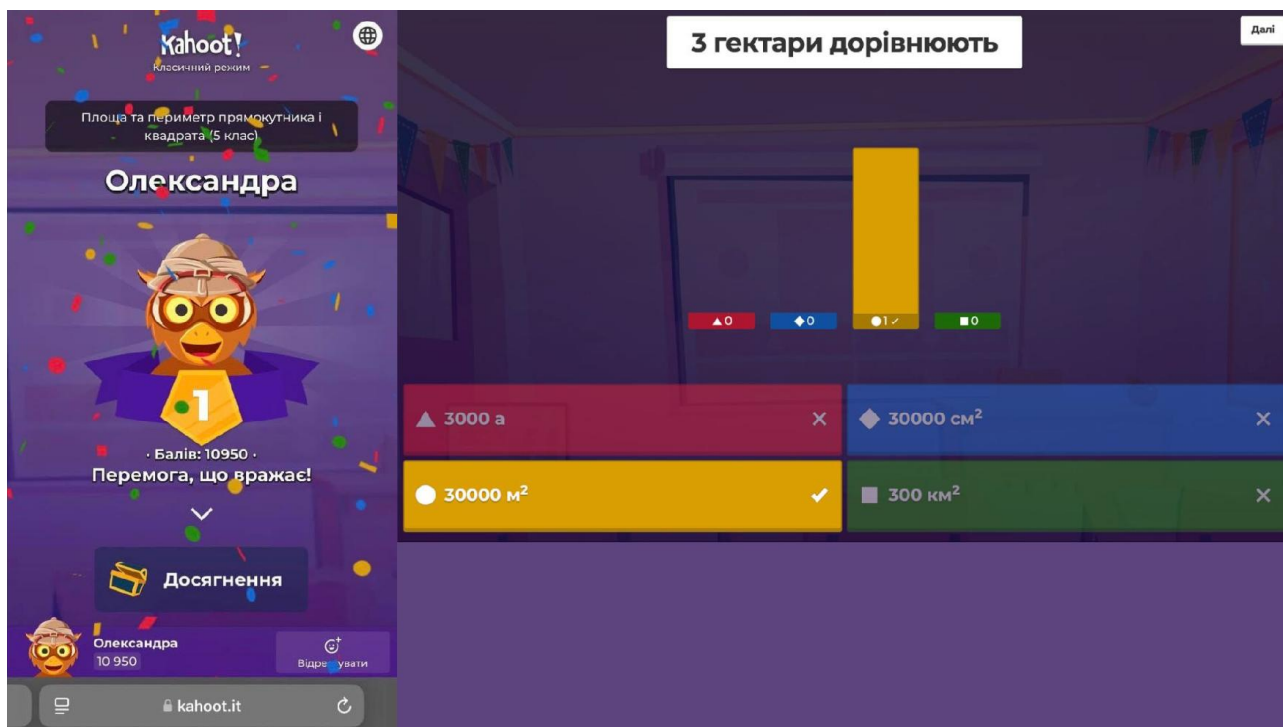


Рис. 1. «Використання інтерактивної ігрової платформи – Kahoot!»

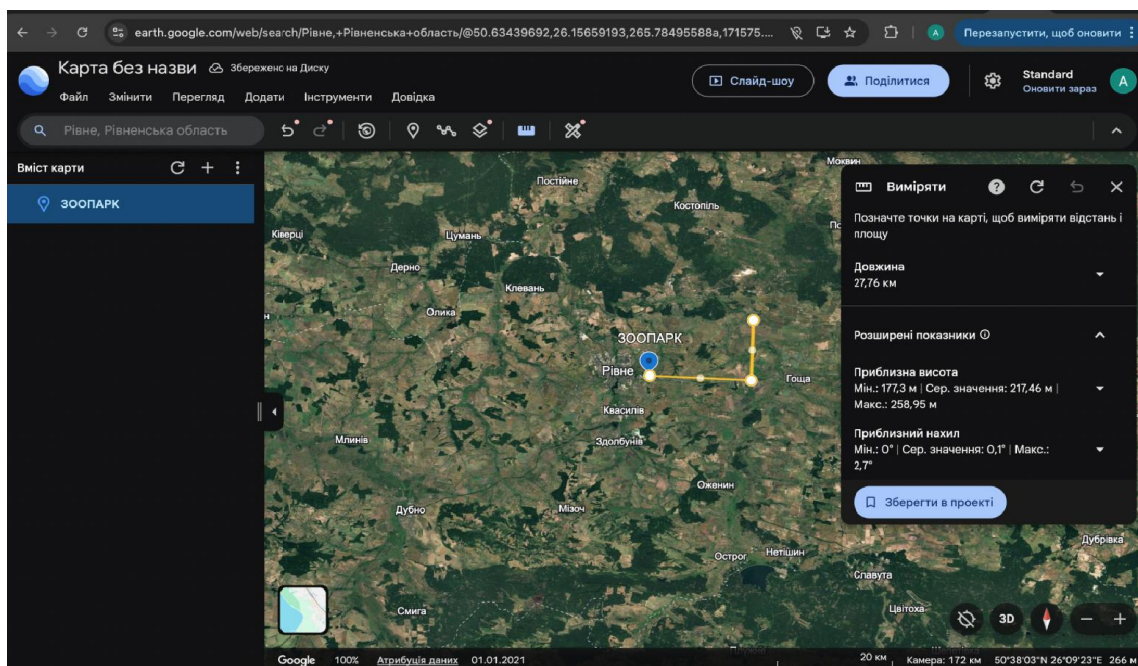


Рис. 1. Використання мапи