

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра математичного аналізу та статистики

на правах рукопису

Пиріжок Дмитро Володимирович

ВИКОРИСТАННЯ ІІІ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В ЗЗСО

Спеціальність 014 Середня освіта (Математика)

Освітньо-професійна програма «Середня освіта. Математика»

Робота на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Науковий керівник:

СОЛІЧ КАТЕРИНА ВАСИЛІВНА

доцент кафедри математичного аналізу та
статистики,

кандидат фіз.-мат. наук

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____

Засідання кафедри математичного
аналізу та статистики

від _____ 20 ____ р.

Завідувач кафедри

доц. Федуник-Яремчук О.В. _____

Луцьк 2025

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі досліджено теоретичні, методичні та практичні засади застосування технологій штучного інтелекту у процесі формування математичних компетентностей учнів закладу загальної середньої освіти. Проаналізовано сучасні підходи до цифровізації освітнього середовища, класифікацію інструментів ШІ та їхній педагогічний потенціал. Узагальнено наукові концепції, що обґрунтовують доцільність використання інтелектуальних технологій для розвитку логічного, аналітичного, дослідницького та критичного мислення школярів.

На основі проведеного аналізу розроблено методичну модель уроку математики з інтеграцією інструментів ШІ (ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha та ін.), визначено їх дидактичні функції та можливості для підсилення навчального процесу. Розроблено та апробовано план-конспект уроку з теми «Квадратні рівняння», що продемонстрував ефективність використання інтелектуальних технологій на етапах мотивації, пояснення нового матеріалу, практичної роботи, рефлексії та оцінювання.

Емпірична частина дослідження включала порівняльний аналіз навчальних досягнень учнів до і після впровадження інструментів ШІ. Отримані результати засвідчили підвищення рівня сформованості математичних компетентностей, покращення результатів розв'язування задач, зменшення кількості типових помилок та зростання навчальної мотивації. Виявлено організаційні та методичні проблеми, запропоновано шляхи їх вирішення і надано рекомендації щодо подальшого впровадження ШІ у навчання математики.

Магістерська робота має теоретичну та практичну цінність, оскільки обґрунтовує ефективність інтелектуальних технологій у розвитку математичних компетентностей учнів та пропонує готові методичні рішення для використання ШІ у шкільній практиці.

Ключові слова: штучний інтелект, математичні компетентності, цифровізація освіти, інтелектуальні інструменти, GeoGebra AI, ChatGPT, Wolfram Alpha, урок математики, адаптивне навчання.

ABSTRACT

The master's thesis examines the theoretical, methodological, and practical foundations of applying artificial intelligence (AI) technologies in the process of developing mathematical competencies among secondary school students. The study analyzes modern approaches to the digital transformation of education, the classification of AI tools, and their pedagogical potential. Theoretical concepts that justify the use of intelligent technologies to enhance students' logical, analytical, research and critical thinking skills are summarized.

Based on the conducted analysis, a methodological model of a mathematics lesson integrating AI tools (ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, etc.) has been developed. The didactic functions of these tools and their potential for strengthening the learning process are defined. A lesson plan on the topic "Quadratic Equations" was created and tested, demonstrating the effectiveness of AI integration at the stages of motivation, explanation of new material, practical work, reflection, and assessment.

The empirical part of the research included a comparative analysis of students' learning outcomes before and after the implementation of AI tools. The results indicate an improvement in the level of mathematical competencies, enhanced problem-solving skills, reduction of common errors, and increased learning motivation. Organizational and methodological challenges related to AI implementation were identified, and practical recommendations for further integration of AI in mathematics teaching were proposed.

The master's thesis has both theoretical and practical value, as it substantiates the effectiveness of intelligent technologies in developing students' mathematical competencies and offers ready-to-use methodological solutions for implementing AI in school mathematics.

Keywords: artificial intelligence, mathematical competencies, digital transformation of education, intelligent tools, GeoGebra AI, ChatGPT, Wolfram Alpha, mathematics lesson, adaptive learning.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ І. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИКЛАДАННІ МАТЕМАТИКИ	8
1.1. Поняття, можливості та класифікація інструментів ШІ в освітньому процесі...	8
1.2. Методичні підходи до формування математичних компетентностей із використанням штучного інтелекту.....	15
1.3. Методичні засади впровадження штучного інтелекту у процес формування математичних компетентностей учнів.....	23
РОЗДІЛ ІІ. РОЗРОБКА ТА ПРОВЕДЕННЯ УРОКУ МАТЕМАТИКИ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	31
2.1. Вибір і обґрунтування інструментів штучного інтелекту відповідно до теми та цілей уроку на прикладі теми «Квадратні рівняння».....	31
2.2. План-конспект уроку з використанням інструментів штучного інтелекту з теми квадратні рівняння	40
2.3. Аналіз результативності впровадження інструментів штучного інтелекту у процес формування математичних компетентностей учнів	48
РОЗДІЛ ІІІ. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ.....	57
3.1 Порівняльний аналіз навчальних досягнень учнів до та після застосування ШІ.....	57
3.2. Виявлені проблеми та шляхи їх подолання.....	65
3.3. Рекомендації та перспективи подальшого використання ШІ у викладанні математики	70
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
Додаток А	80

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій, що супроводжується зміною форм навчання та підходів до організації освітнього процесу, особливого значення набуває використання інноваційних методів і засобів навчання. Одним із таких інструментів є штучний інтелект (ШІ), який відкриває нові можливості для підвищення ефективності викладання та засвоєння знань учнями. Використання ШІ на уроках математики у закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО) дозволяє персоналізувати навчальний процес, адаптувати завдання під індивідуальні потреби учнів та підвищувати їхню мотивацію до навчання.

Ефективне впровадження ШІ в освітній процес сприяє оптимізації роботи вчителя, економії часу на підготовку навчальних матеріалів, підвищенню якості навчання та кращому засвоєнню складних тем математики. Завдяки інтелектуальним навчальним системам, автоматизованим перевіркам і рекомендаційним сервісам учні отримують можливість швидше долати труднощі та досягати вищих результатів.

У наукових дослідженнях останніх років, зокрема в роботах Андрєєва В.І., Кухаренка В.М., Шишкіної М.П., а також Holmes W., Luckin R. і Holmes N., відзначається зростання ролі штучного інтелекту в освіті та його значний потенціал для індивідуалізації навчання, розширення аналітичних можливостей учителя та вдосконалення методик викладання.

Об'єкт дослідження – процес організації та проведення уроків математики в ЗЗСО з використанням інструментів штучного інтелекту.

Предмет дослідження – педагогічні умови, методи та технології впровадження штучного інтелекту на уроках математики.

Мета дослідження – визначення теоретичних основ, аналіз сучасних підходів і розробка рекомендацій щодо ефективного використання штучного інтелекту в навчанні математики учнів ЗЗСО.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

1. Проаналізувати стан та перспективи використання ІІІ в освіті, зокрема у викладанні математики.
2. Дослідити існуючі інструменти та технології ІІІ, придатні для використання в ЗЗСО.
3. Визначити проблеми та недоліки впровадження ІІІ у навчальний процес.
4. Розробити практичні рекомендації для ефективного використання ІІІ на уроках математики.

Методи дослідження – аналіз наукових джерел, систематизація педагогічного досвіду, спостереження, анкетування, експериментальна перевірка ефективності використання ІІІ у навчанні математики.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні педагогічних умов ефективного використання ІІІ у викладанні математики, а також у визначенні його впливу на рівень навчальних досягнень учнів.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів учителями математики ЗЗСО для підвищення ефективності навчання та оптимізації власної педагогічної діяльності.

1.1. Поняття, можливості та класифікація інструментів ШІ в освітньому процесі

Сучасна система освіти перебуває у стані глибоких перетворень, зумовлених процесами цифрової трансформації суспільства. У ХХІ столітті успішний навчальний заклад уже не може обмежуватися традиційними формами подання знань. В умовах глобальної конкуренції, відкритості інформаційних ресурсів і швидкої зміни технологій ефективність освіти визначається не лише обсягом знань, а й здатністю забезпечити гнучкість, індивідуалізацію та практичну спрямованість навчання. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання технологій штучного інтелекту (ШІ), які відкривають нові горизонти в організації освітнього процесу, підвищують його якість і результативність.

Штучний інтелект в освіті можна розглядати як сукупність методів, алгоритмів та систем, здатних імітувати елементи людського мислення: аналіз, розпізнавання, прогнозування, прийняття рішень. На відміну від звичайного програмного забезпечення, ШІ не обмежується виконанням заздалегідь заданих інструкцій — він може навчатися, аналізуючи дії користувача, та вдосконалювати власні алгоритми. В освітньому середовищі це означає створення систем, які можуть розуміти навчальні потреби кожного учня, пропонувати індивідуальні завдання, виявляти труднощі у засвоєнні матеріалу й підказувати оптимальні шляхи їх подолання [2]. Таким чином, штучний інтелект виступає не лише технічним інструментом, а повноцінним партнером педагога, що сприяє розвитку гнучкого, адаптивного та науково обґрунтованого навчального процесу.

Особливо важливим напрямом є впровадження ШІ у викладання математики. Ця дисципліна вимагає високого рівня системності, логічної послідовності та здатності мислити абстрактно. Водночас багато математичних понять залишаються складними для сприйняття через свою абстрактність. Технології штучного інтелекту дозволяють долати ці труднощі завдяки візуалізації, інтерактивності й можливості моделювання. Вони створюють середовище, у якому учень може не просто спостерігати за готовим рішенням, а експериментувати, змінювати умови задачі, спостерігати наслідки власних дій. Такий формат навчання підсилює

пізнавальну активність, розвиває аналітичне мислення та підвищує мотивацію до вивчення предмета.

Поняття штучного інтелекту в освіті охоплює цілий спектр інструментів — від систем адаптивного навчання до програм автоматизованого оцінювання. У педагогічному контексті під ШІ розуміють використання програмних або апаратних засобів, здатних аналізувати навчальні дії учнів, прогнозувати результати, надавати індивідуальний зворотний зв'язок і підтримувати навчання у динамічному режимі [3]. Це не просто цифрова допомога — це елемент педагогічної системи, який дозволяє вчителю глибше розуміти процес навчання і приймати більш обґрунтовані рішення.

Використання штучного інтелекту у математичній освіті має низку беззаперечних переваг. Насамперед, це можливість забезпечення адаптивного навчання, коли складність і кількість завдань змінюються залежно від темпу засвоєння матеріалу. Учень, який потребує додаткових пояснень, отримує їх автоматично, тоді як більш підготовлений може працювати з завданнями підвищеної складності. У такий спосіб зберігається інтерес до навчання в усіх учнів, а вчитель має змогу ефективно організовувати роботу з класом із різним рівнем підготовки.

Ще однією важливою перевагою є можливість автоматизації перевірки завдань. Інтелектуальні системи здатні оцінювати не лише кінцевий результат, а й логіку мислення, послідовність дій, виявляючи системні помилки у розв'язанні. У математиці, де правильність відповіді часто залежить від точності міркувань, це особливо цінно. Учень отримує докладний аналіз власних дій, а вчитель — об'єктивні дані для подальшої роботи. Це дає змогу економити час і водночас підвищує якість оцінювання.

Серед найпоширеніших інструментів штучного інтелекту в освіті можна виокремити адаптивні навчальні платформи, інтелектуальні тьюторські системи, аналітичні системи для вчителів, генератори навчального контенту, системи автоматизованого оцінювання та персональні цифрові асистенти. Кожен із цих інструментів має своє призначення, проте їх об'єднує спільна мета — зробити навчання індивідуальним, ефективним і науково обґрунтованим [1].

Адаптивні навчальні системи працюють за принципом персоналізації: вони підлаштовуються під стиль і темп навчання учня. Такі системи аналізують відповіді, визначають рівень володіння темою, формують подальші завдання відповідно до результатів. Наприклад, якщо учень помиляється у розв'язанні рівнянь, система може запропонувати додаткові тренувальні завдання або коротке пояснення з прикладами. З іншого боку, учень, який швидко засвоює матеріал, отримує більш складні задачі, що дозволяє уникнути втрати інтересу. Таким чином, технології штучного інтелекту забезпечують реалізацію принципу диференційованого навчання — кожен навчається у власному темпі та за власною траєкторією [2].

Інтелектуальні тьюторські системи (Intelligent Tutoring Systems — ITS) є важливою складовою цифрової освіти. Вони поєднують у собі функції вчителя, консультанта та тренера, надаючи учням не лише навчальні матеріали, а й рекомендації щодо способів опрацювання теми. Такі системи здатні виявляти прогалини у знаннях, підказувати, як їх заповнити, пояснювати складні поняття доступною мовою. У контексті навчання математики вони можуть аналізувати логіку міркувань, пропонувати покрокові підказки, пояснювати алгоритми розв'язання задач. Це допомагає учням усвідомлювати свої помилки й формувати вміння самостійно їх виправляти.

Системи аналітики навчальних даних (Learning Analytics Systems) дають змогу вчителю бачити повну картину освітнього процесу. Вони збирають інформацію про темп роботи учнів, типові помилки, динаміку результатів, відвідуваність, взаємодію з матеріалами. На основі цих даних педагог може прогнозувати успішність, своєчасно виявляти труднощі й надавати індивідуальну підтримку. Наприклад, якщо система показує, що учень систематично зупиняється на певному типі задач, учитель може пояснити цю тему більш детально або запропонувати альтернативне пояснення. Таким чином, аналіз навчальних даних сприяє прийняттю педагогічно обґрунтованих рішень і підвищує ефективність навчання [3].

Не менш важливим напрямом використання ІІІ є автоматизоване створення та перевірка навчальних матеріалів. Генератори навчального контенту здатні створювати завдання різного рівня складності, формувати тести, інтерактивні вправи, візуальні приклади. У сфері математики такі інструменти дозволяють

миттєво формувати набір прикладів із потрібної теми, варіювати параметри, створювати унікальні задачі для кожного учня. Це значно зменшує навантаження на вчителя й водночас підвищує ефективність навчального процесу.

Важливо зазначити, що використання ШІ не зводиться лише до автоматизації навчання. Його головна цінність полягає у створенні умов для активного мислення, дослідження й самостійного пошуку знань. ШІ може виконувати функції консультанта, моделюючи логіку мислення досвідченого викладача, але він також здатен сприяти розвитку креативності учнів, створюючи проблемні ситуації, що потребують нестандартного підходу. У цьому аспекті технології штучного інтелекту органічно поєднують автоматизацію й творчість — дві сторони ефективного освітнього процесу.

Математика як наука надає широкі можливості для впровадження інтелектуальних технологій. Наприклад, під час вивчення функцій учні можуть використовувати системи динамічної геометрії, які дають змогу змінювати параметри рівнянь і миттєво спостерігати, як змінюється форма графіка. Такі дії сприяють розвитку просторового мислення, інтуїції та розумінню взаємозв'язків між змінними. ШІ у цьому процесі може допомагати формулювати закономірності, аналізувати побудови, перевіряти правильність висновків. Аналогічно, під час вивчення тем з алгебри або комбінаторики інтелектуальні системи можуть пояснювати логіку розв'язання задач покроково, підказуючи наступний крок або показуючи можливу помилку.

Класифікація інструментів штучного інтелекту в освіті ґрунтується на різних критеріях: за функціональним призначенням, рівнем автономності, типом взаємодії з користувачем, педагогічними завданнями, які вони виконують.

У загальному вигляді можна виділити п'ять основних груп таких інструментів:

1. аналітичні системи;
2. системи підтримки прийняття рішень;
3. інтелектуальні навчальні середовища;
4. мовні моделі та віртуальні асистенти;
5. генеративні системи навчального контенту [1; 3].

Аналітичні системи зосереджуються на зборі, обробці та інтерпретації навчальних даних. Їхня основна мета — допомогти вчителю зрозуміти закономірності у процесі навчання, оцінити рівень засвоєння матеріалу, передбачити результати. Такі інструменти активно застосовуються у формувальному оцінюванні: вони дозволяють відстежувати прогрес у реальному часі, визначати, які теми засвоєні найкраще, а над якими варто попрацювати. У контексті математичної освіти це можуть бути системи, що аналізують розв’язання задач, виділяють типові помилки й надають учням індивідуальні рекомендації.

Системи підтримки прийняття педагогічних рішень (Decision Support Systems) створені переважно для допомоги вчителям і адміністраторам. Вони аналізують великі масиви даних про навчальні результати, поведінкові показники, відвідуваність і навіть психологічні чинники, щоб рекомендувати педагогічні стратегії. Наприклад, система може виявити учнів, які перебувають у «зоні ризику» зниження успішності, та запропонувати варіанти індивідуальної підтримки. Це допомагає педагогу ефективно розподіляти увагу та ресурси, своєчасно реагувати на труднощі, не чекаючи, поки вони переростуть у проблеми [4].

Інтелектуальні навчальні середовища поєднують у собі можливості адаптивного навчання, інтерактивної взаємодії та персонального зворотного зв’язку. Це комплексні системи, які можуть моделювати реальний процес навчання, створювати симуляції, оцінювати відповіді та коригувати подальший хід навчання. Вони найповніше відображають сутність концепції «ШІ в освіті», оскільки забезпечують багаторівневу взаємодію: учень – система – вчитель. У математиці такі середовища використовуються для моделювання процесів, побудови графіків, розв’язування систем рівнянь, візуалізації геометричних фігур. Вони роблять навчання більш наочним, дослідницьким і практично орієнтованим.

Окрему групу становлять мовні моделі та віртуальні асистенти, які поступово стають невід’ємною частиною освітнього середовища. Вони здатні розуміти природну мову користувача, надавати відповіді, пояснення, формулювати поради та рекомендації. Для учнів це зручно — можна поставити запитання у довільній формі й отримати зрозуміле пояснення. Такі системи допомагають подолати бар’єри у спілкуванні, особливо для тих, хто соромиться ставити запитання під час уроку.

Вони також є цінним інструментом для розвитку самонавчання, адже учень може взаємодіяти із системою будь-коли, незалежно від присутності вчителя [5].

Нарешті, генеративні системи навчального контенту, побудовані на основі алгоритмів машинного навчання, здатні створювати тексти, завдання, приклади, навіть тестові питання з поясненнями. У математичній освіті це відкриває нові перспективи: можна автоматично генерувати варіанти контрольних робіт, формувати персоналізовані тренувальні набори вправ, підбирати задачі за темою та рівнем складності. Такі інструменти дозволяють педагогові зосередитися на творчій складовій роботи — на методичному проєктуванні, аналізі результатів, педагогічному супроводі [2].

Важливо наголосити, що всі ці інструменти не повинні сприйматися як замітники вчителя. Їхня головна мета — посилити педагогічні можливості, створити середовище, де технологія допомагає людині мислити, аналізувати, навчатися. Правильна інтеграція ШІ в освітній процес потребує продуманого методичного підходу, узгодження технічних рішень із педагогічними принципами, зокрема із принципами гуманізму, науковості, системності та доступності.

Інтеграція інструментів штучного інтелекту у навчання математики повинна відбуватися не стихійно, а на основі чітких педагогічних принципів. Передусім це принцип педагогічної доцільності, який означає, що використання технологій має підпорядковуватися освітнім цілям, а не навпаки. Технологія повинна розширювати можливості учня, підсилювати роль учителя, а не витіснити його. Вона має допомагати досягати тих результатів, які складно отримати традиційними методами, наприклад — забезпечити швидкий зворотний зв'язок, адаптацію матеріалу, аналітичну підтримку навчання.

Другим важливим принципом є індивідуалізація навчання. Системи ШІ дозволяють урахувати індивідуальні особливості учнів — рівень підготовки, пізнавальний стиль, інтереси, темп сприйняття. Це створює умови для формування навчальних траєкторій, де кожен учень розвивається у власному ритмі. Особливо актуально це для математичної освіти, адже різниця у рівні засвоєння матеріалу між учнями може бути значною. ШІ допомагає зробити навчання гнучким, підтримуючи

тих, хто потребує додаткової допомоги, і водночас стимулюючи тих, хто готовий до складніших завдань.

Третій принцип — інтерактивність і дослідницький характер навчання. Математика є наукою логічного аналізу, побудови гіпотез і перевірки результатів. Використання ІІІ сприяє перетворенню уроку на дослідницьку лабораторію, де учні можуть експериментувати, змінювати параметри, перевіряти припущення. Це формує аналітичне мислення, вміння працювати з даними, оцінювати точність результатів. Інтерактивність дає можливість зробити навчання живим, цікавим, практично орієнтованим.

Ще один принцип — підтримка рефлексії та критичного мислення. Інтелектуальні системи дозволяють не лише оцінювати правильність розв'язку, а й пояснювати, чому саме він правильний або хибний. Це формує у дітей здатність аналізувати власні дії, робити висновки, бачити логіку помилки. Такий підхід сприяє формуванню в учнів усвідомленого ставлення до знань, що є однією з головних цілей сучасної освіти.

Поряд із перевагами використання штучного інтелекту в освіті, варто зважати й на потенційні ризики:

- надмірна автоматизація, коли технології можуть знизити мотивацію до самостійного мислення;
- дефіцит емоційної взаємодії, якщо роль учителя буде зведена лише до технічного контролю;
- питання етики та безпеки даних: системи ІІІ працюють із великими обсягами інформації, тому важливо дотримуватися принципів конфіденційності та академічної доброчесності.

Збалансований підхід передбачає, що технологія використовується як інструмент розвитку, а не як заміна живого педагогічного впливу. Ефективність ІІІ у навчанні математики визначається насамперед педагогічною майстерністю вчителя, його здатністю інтегрувати технологію у навчальний процес так, щоб вона підсилювала творчість, мислення та інтерес до знань. Успіх можливий лише тоді, коли педагогічна мудрість поєднується з інноваційними рішеннями, а технологічні ресурси — з людяністю, емпатією та розумінням психології учнів.

Підсумовуючи, можна зазначити, що використання інструментів штучного інтелекту в освітньому процесі, зокрема у навчанні математики, створює умови для якісно нового рівня освіти. Вони дозволяють реалізувати головні принципи сучасної педагогіки — індивідуалізацію, інтерактивність, доступність, науковість, рефлексивність. ШІ не лише спрощує навчання, а й відкриває простір для творчості, пошуку, відкриттів. Його інтеграція у шкільну практику є одним із ключових чинників модернізації освіти та формування нової педагогічної культури.

1.2. Методичні підходи до формування математичних компетентностей із використанням штучного інтелекту

Математична освіта є важливою складовою формування інтелектуального потенціалу суспільства, оскільки саме вона забезпечує розвиток логічного мислення, вміння аналізувати дані, робити обґрунтовані висновки, прогнозувати результати й застосовувати знання у реальному житті. В умовах цифровізації освіти та поширення технологій штучного інтелекту (ШІ) постає завдання осмислення нових методичних підходів до формування математичних компетентностей, що поєднують традиційні педагогічні принципи з інноваційними можливостями сучасних інформаційних систем [1]. Цей процес не обмежується лише впровадженням нових інструментів — він передбачає переосмислення самого змісту математичної освіти, її мети, завдань і очікуваних результатів.

Використання технологій штучного інтелекту на уроках математики дає можливість створити більш індивідуалізоване освітнє середовище, де кожен учень може навчатись у власному ритмі й за персональною траєкторією. Такі системи вміють аналізувати хід міркувань, типові помилки та швидкість виконання завдань, що дозволяє автоматично підбирати найбільш підходящу форму подання матеріалу. У результаті змінюється і роль учителя: замість того, щоб просто подавати інформацію, він виступає координатором, консультантом і наставником, який допомагає учням вибудовувати власну стратегію навчання.

Математична компетентність як складне інтегроване утворення поєднує знання, уміння, навички, способи мислення та досвід діяльності, необхідні для

ефективного застосування математичних засобів у життєвих і професійних ситуаціях. Вона охоплює здатність логічно міркувати, доводити твердження, аналізувати умови задачі, робити висновки, будувати математичні моделі реальних процесів. Формування такої компетентності є неможливим без опори на сучасні технології, які дозволяють урізноманітнювати навчальний процес і робити його ближчим до практики. ІІІ у цьому контексті виконує функцію не лише допоміжного інструмента, а й активного учасника освітньої взаємодії, здатного аналізувати дані, виявляти закономірності та створювати рекомендації для подальшого навчання.

Одним із провідних методичних підходів до формування математичних компетентностей є компетентнісний підхід. Його сутність полягає в орієнтації на кінцевий результат навчання — сформованість здатності застосовувати знання на практиці. Використання ІІІ допомагає реалізувати цей підхід шляхом створення умов для індивідуалізації навчання, побудови персоналізованих навчальних траєкторій і забезпечення оперативного зворотного зв'язку між учнем і системою. Завдяки цьому навчальний процес стає гнучким і динамічним. Учні отримують можливість працювати з матеріалом різного рівня складності, самостійно контролювати свій прогрес і планувати подальші кроки. Це сприяє розвитку самостійності, відповідальності та навичок саморефлексії, що є базовими для навчання впродовж життя [2].

Діяльнісний підхід, який є логічним продовженням компетентнісного, передбачає активну участь учня у процесі здобуття знань через практичну діяльність. Математика у цьому контексті розглядається не як набір формул і правил, а як спосіб мислення, дослідження, пошуку істини. Технології ІІІ створюють унікальні можливості для реалізації цього підходу, оскільки дозволяють учням експериментувати, моделювати процеси, аналізувати результати та робити висновки у реальному часі. Наприклад, інтелектуальні навчальні системи здатні автоматично оцінювати дії учня, визначати, на якому етапі розв'язання виникла помилка, і пропонувати способи її виправлення. Такий формат навчання сприяє розвитку логічного мислення, аналітичних навичок, математичної інтуїції та вміння аргументувати власну позицію [6].

Важливою складовою діяльнісного підходу є розвиток рефлексії — усвідомлення учнем своїх дій, способів мислення, помилок і шляхів їх подолання. ІІІ дає змогу створювати інструменти для автоматизованого аналізу навчальної діяльності, що дозволяє учням бачити власний прогрес, розуміти причини труднощів і працювати над їх усуненням. Таким чином формується навичка самоконтролю, яка є ключовою для розвитку математичної компетентності. Крім того, діяльнісний підхід у поєднанні з інтелектуальними технологіями сприяє підвищенню інтересу до навчання, адже учні бачать реальний результат своєї роботи та відчувають власну успішність [4].

Конструктивістський підхід у навчанні математики набуває нового змісту завдяки можливостям штучного інтелекту. Його основна ідея полягає у тому, що знання не передаються від учителя до учня в готовому вигляді, а створюються самим учнем у процесі активної пізнавальної діяльності. Учень не отримує готових рішень — він будує власну систему знань, спираючись на попередній досвід, інтуїцію, логіку та аналіз результатів своєї роботи. Використання ІІІ дозволяє зробити цей процес більш наочним і структурованим. Інтелектуальні системи можуть пропонувати учням різні шляхи розв'язання задач, моделювати альтернативні ситуації, допомагати аналізувати помилки, створювати ситуації когнітивного конфлікту, який стимулює розвиток мислення [3]. Такий формат навчання підсилює самостійність, формує дослідницькі навички та вчить не боятися помилятися — адже кожна помилка стає новою точкою росту.

Штучний інтелект, працюючи за конструктивістськими підходами, може виконувати роль віртуального наставника, який скеровує учня й підштовхує до правильного розв'язання, але не робить це замість нього. Такий формат добре узгоджується з сучасною педагогікою співпраці, де учень є активним і рівноправним учасником освітнього процесу. Крім того, ІІІ здатний відстежувати, як саме учень мислить, які стратегії застосовує, і пропонувати завдання з поступовим підвищенням складності. Це допомагає розвивати гнучкість мислення, глибше розуміти математичні ідеї та закономірності, а також упевнено й самостійно знаходити рішення і робити висновки.

Проблемний підхід до навчання математики з використанням технологій ШІ має потужний потенціал для розвитку інтелектуальної активності, критичного й креативного мислення. Його сутність полягає у створенні ситуацій, які не мають готового рішення й вимагають від учня самостійного пошуку шляхів подолання труднощів. Інтелектуальні системи дозволяють моделювати такі ситуації, варіювати рівень складності, формулювати завдання, які спонукають учня до аналізу, гіпотезування, доведення, порівняння та узагальнення. Учень стає дослідником, а навчальний процес — інтелектуальною грою, у якій основним результатом є не правильна відповідь, а здобутий досвід мислення [6].

Прикладом проблемного навчання може бути робота з навчальними симуляторами, де учневі пропонується задача з неповними даними або з кількома можливими шляхами розв'язання. У такій ситуації потрібно самостійно визначити, яких даних бракує, висунути припущення, перевірити їх та обґрунтувати свій вибір. Подібна діяльність формує логічне мислення, гнучкість, наполегливість і здатність працювати в умовах невизначеності. У такій моделі штучний інтелект виступає радше партнером: він не підказує готових рішень, а м'яко скеровує процес пошуку, допомагаючи зберегти баланс між підтримкою та самостійністю.

Проблемний підхід вирізняється тим, що спрямований на розвиток дослідницького стилю мислення. Учень поступово вчиться не просто знаходити правильну відповідь, а й бачити проблему, ставити уточнювальні запитання, помічати закономірності та будувати власні здогадки. Саме ці навички є основою математичної компетентності, оскільки забезпечують не формальне відтворення знань, а глибоке розуміння суті явищ. Використання штучного інтелекту посилює можливості такого підходу: завдяки йому можна створювати наближені до реальності ситуації, працювати з великими масивами даних і формувати висновки на основі отриманих результатів.

З появою технологій штучного інтелекту проблемне навчання отримує новий зміст. Воно виходить за межі звичайних завдань і перетворюється на динамічну систему інтерактивних ситуацій, у яких учень вчиться працювати з неоднозначністю, зіставляти різні джерела даних, перевіряти власні припущення та приймати обґрунтовані рішення. Такий підхід поєднує як інтелектуальну, так і

емоційну складову: учні проявляють інтерес, захоплення й прагнення випробувати свої знання на практиці. У результаті не лише поглиблюється розуміння математичного матеріалу, а й зміцнюється внутрішня мотивація до навчання.

Інтегративний підхід до формування математичних компетентностей у поєднанні з технологіями штучного інтелекту відкриває можливість подолати традиційну відмежованість навчальних предметів від реальних життєвих ситуацій. Завдяки такому підходу математика постає не як окрема дисципліна, а як універсальний інструмент для опису й аналізу природних, соціальних, економічних та технологічних процесів. Використання ШІ дозволяє створювати міжпредметні завдання, у яких поєднуються елементи фізики, інформатики, економіки, географії та екології, що дає учням можливість побачити, як математичні закономірності працюють у реальному світі. Моделюючи за допомогою інтелектуальних систем кліматичні зміни, економічні показники чи технологічні процеси, школярі не лише закріплюють математичні знання, а й опановують уміння аналізувати великі масиви даних, розпізнавати тенденції, прогнозувати наслідки та приймати обґрунтовані рішення. Такий формат навчання сприяє розвитку системного мислення: учні вчаться бачити зв'язки між явищами, розуміти взаємозалежності та оцінювати ситуації у ширшому контексті. Інтелектуальні системи, що здатні наочно демонструвати складні процеси, посилюють розуміння ролі математики у пізнанні світу та роблять навчання більш змістовним і практично орієнтованим. У підсумку формується не лише глибоке математичне розуміння, а й аналітичне, критичне та причинно-наслідкове мислення, що цілком відповідає концепції Нової української школи, яка акцентує увагу на розвитку компетентностей для успішного життя, а не на механічному запам'ятовуванні фактів [4].

Когнітивно-орієнтований підхід у контексті впровадження ШІ у навчання математики має на меті розвиток мисленнєвих і пізнавальних процесів учнів. Його сутність полягає у тому, щоб створити умови, за яких учень навчається мислити самостійно, аналізувати, порівнювати, узагальнювати, робити висновки та контролювати власні дії. Штучний інтелект у цьому випадку допомагає адаптувати навчальний процес до індивідуальних когнітивних особливостей кожного учня: темпу засвоєння інформації, рівня пам'яті, уваги, здатності до абстрактного

мислення. Такі системи можуть визначати, які типи завдань є найефективнішими для конкретного учня, надавати пояснення у зручному форматі, виявляти прогалини у знаннях і пропонувати шляхи їх подолання [4].

Крім того, когнітивно-орієнтований підхід допомагає реалізувати принцип безперервності навчання. Учень бачить власну траєкторію розвитку, усвідомлює, які вміння вже сформовані, а над чим ще слід працювати. Це підсилює його мотивацію до навчання, формує навички самоконтролю, самооцінки та планування діяльності. Важливою перевагою є й те, що технології ШІ здатні регулювати рівень складності завдань, підтримуючи оптимальний баланс між викликом і досяжністю. Завдяки цьому навчання не викликає перевтоми, а натомість приносить задоволення від пізнання.

Особливої ваги у формуванні математичних компетентностей набуває роль учителя, який має не лише оволодіти сучасними цифровими інструментами, а й зрозуміти педагогічну доцільність їх використання. Учитель виступає фасилітатором навчального процесу, аналітиком, наставником і партнером у пізнанні. Його завдання полягає не в тому, щоб замінити технологіями традиційне навчання, а в тому, щоб зробити його ефективнішим, зберігаючи гуманістичну складову освіти. Саме педагог визначає, коли і як доцільно використовувати ШІ, які завдання він може виконувати, а де потрібне безпосереднє живе спілкування.

Професійна компетентність учителя в умовах активного використання ШІ включає не тільки володіння інструментами та технічними знаннями, а й уміння розуміти, як ці технології впливають на розвиток особистості учня. Педагогу важливо вміти аналізувати результати, які генерує система, правильно їх тлумачити, робити педагогічно обґрунтовані висновки та добирати підходи з урахуванням індивідуальних особливостей дітей. Не менш значущою є підтримка позитивної мотивації та психологічного комфорту, оскільки для частини учнів технології можуть бути джерелом напруги чи невпевненості. Тому завдання вчителя — створити доброзичливе середовище, у якому ШІ сприймається як корисний інструмент і партнер у навчанні, а не як засіб контролю.

Впровадження технологій штучного інтелекту у навчання математики неминуче ставить питання не лише про ефективність, а й про гуманістичну складову

освіти. ШІ має виконувати допоміжну роль, підсилюючи педагогічний процес, а не підміняючи його сутність. Технології можуть аналізувати, прогнозувати, візуалізувати, проте саме вчитель забезпечує етичний, виховний і людяний вимір навчання. Він формує у дітей критичне ставлення до цифрових технологій, навчає оцінювати достовірність інформації, шукати істину через доказ, логіку й аналітику — ті якості, які й становлять основу математичної культури [7].

Сучасна педагогіка підкреслює, що технології штучного інтелекту не знижують ролі вчителя, а навпаки — підвищують її значення. Викладач, який вміє грамотно інтегрувати інтелектуальні інструменти у навчання, перетворює їх на потужний засіб формування пізнавального інтересу, підтримки учнів і розвитку їхньої самостійності. Зокрема, використання систем штучного інтелекту допомагає вчителю зосередитися не на рутинних операціях (перевірка тестів, підрахунок результатів), а на аналітичній, дослідницькій і виховній діяльності. У цьому полягає сутність модернізації педагогічної професії у XXI столітті — учитель не конкурує з технологією, а співпрацює з нею задля досягнення кращих результатів [2].

Одним із найважливіших завдань сучасного вчителя є формування в учнів інформаційної та цифрової культури, адже саме вона визначає їх здатність критично орієнтуватися у світі технологій. Учні повинні розуміти, що будь-який цифровий інструмент є лише засобом, а не абсолютним авторитетом. Тому педагог має навчати дітей перевіряти інформацію, критично оцінювати джерела, розпізнавати маніпуляції та неточності, водночас забезпечуючи етичність, достовірність і гуманістичний характер навчального процесу. Використання технологій штучного інтелекту природно вписується в ці завдання, оскільки створює додаткові можливості не лише для формування математичних компетентностей, а й для розвитку соціальних навичок. Інтелектуальні системи здатні підтримувати групову роботу, допомагаючи координувати спільні завдання, аналізувати взаємодію учнів, відстежувати внесок кожного учасника, що формує культуру співпраці, взаємної відповідальності та толерантності — якості, надзвичайно важливі в сучасному освітньому середовищі.

У цьому контексті особливо цінною є здатність ШІ створювати інклюзивні умови навчання. Завдяки адаптивним можливостям інтелектуальні системи можуть автоматично підлаштовувати форму та темп подання навчального матеріалу відповідно до індивідуальних потреб учнів, пропонувати додаткові пояснення або змінювати рівень складності завдань. Це відкриває шлях до реального забезпечення рівних можливостей у навчанні, даючи змогу кожному учневі рухатися вперед власним темпом і в комфортній для себе формі. Таким чином, навчання стає гнучкішим, доступнішим і водночас більш результативним.

Узагальнюючи потенціал різних педагогічних підходів, можна відзначити, що формування математичних компетентностей із використанням ШІ — це не сукупність окремих методик, а цілісна модель навчання, де поєднуються технологічні можливості, науково обґрунтовані педагогічні принципи та особистісно орієнтований підхід. Компетентнісний, діяльнісний, конструктивістський, проблемний, інтегративний і когнітивно-орієнтований підходи не суперечать один одному, а навпаки, гармонійно взаємодіють, формуючи основу, яка відповідає вимогам цифрової доби. Їх спільною метою є розвиток у школярів критичного та аналітичного мислення, здатності працювати з даними, самостійно приймати рішення й водночас проявляти творчість та інтелектуальну гнучкість.

У підсумку ефективне використання штучного інтелекту в навчанні математики потребує передусім професійної культури педагога, його методичної майстерності та розуміння цінності людяності у навчальному процесі. Технології не замінюють учителя — вони розширюють його можливості, допомагаючи зробити навчання змістовнішим, цікавішим і більш адаптивним. Учитель, який уміє поєднати власну професійність із технологічними інструментами, перетворює навчальний процес на співтворчість, у якій знання, технології та людські якості утворюють єдину освітню систему, орієнтовану на потреби майбутнього.

1.3. Методичні засади впровадження штучного інтелекту у процес формування математичних компетентностей учнів

Сучасна школа стоїть перед важливою потребою гармонійно поєднувати традиційну систему навчання з потужними можливостями цифрових технологій, інтегруючи інновації так, щоб зберегти гуманістичний зміст освіти. Це особливо актуально в математичній галузі, адже математика не лише забезпечує учнів необхідними знаннями, а й розвиває логічне, аналітичне та критичне мислення, навчає працювати з інформацією, формувати аргументовані висновки й розуміти причинно-наслідкові зв'язки. У цьому контексті одним із найперспективніших напрямів удосконалення методики є використання технологій штучного інтелекту, які відкривають можливість створення персоналізованого, динамічного та осмисленого навчального процесу. ШІ у педагогічній практиці виступає не самоціллю, а інструментом, що сприяє реалізації ключових принципів сучасної освіти: орієнтації на компетентності, індивідуалізації, інтерактивності, доступності та розвитку критичного мислення. Його застосування дозволяє вибудовувати індивідуальні навчальні траєкторії, коли темп роботи, рівень складності й характер завдань узгоджуються з потребами та можливостями кожного учня. Для математичної освіти це має особливу цінність, адже різниця в темпах засвоєння матеріалу та готовності до абстрактного мислення проявляється тут найвідчутніше, і саме персоналізований підхід забезпечує глибше, ефективніше та більш усвідомлене опанування знань.

Методичні засади впровадження технологій ШІ у процес формування математичних компетентностей полягають у науково обґрунтованому поєднанні педагогічних принципів і технічних можливостей. Вони передбачають не лише вибір відповідних інструментів, а й розроблення дидактичних моделей, методичних прийомів і форм організації навчання, що відповідають завданням компетентнісного підходу. Основна ідея полягає в тому, що технологія не замінює вчителя, а підсилює його потенціал, надаючи можливість приділити більше уваги творчій, аналітичній та комунікативній діяльності з учнями.

З методичної точки зору впровадження ІІІ у навчання математики повинно ґрунтуватися на системному підході. Це означає, що використання технологій має бути інтегроване у всі компоненти навчального процесу — від постановки мети й планування уроку до оцінювання результатів. При цьому ІІІ розглядається не як допоміжний засіб, а як активний елемент освітнього середовища, який взаємодіє з учнями та педагогом, забезпечуючи аналітичну підтримку, зворотний зв'язок і адаптацію навчального контенту [3].

Одним із ключових методичних принципів є педагогічна доцільність. Застосування будь-яких інтелектуальних технологій має сенс лише тоді, коли воно покращує процес навчання, робить його більш осмисленим і сприяє досягненню освітніх цілей. Наприклад, використання систем автоматичного розв'язування математичних задач може бути шкідливим, якщо учень просто копіює готову відповідь, не розуміючи суті. Тому завдання педагога — організувати навчання так, щоб ІІІ не підмінював пізнавальну діяльність, а стимулював її. Учитель повинен навчити учнів використовувати інтелектуальні інструменти як засіб дослідження, а не як механічний калькулятор [4].

Іншим важливим методичним принципом є інтерактивність і рефлексивність. Технології штучного інтелекту дозволяють організовувати навчальний процес як діалог між учнем, системою й учителем. Інтерактивні вправи, симуляції, адаптивні тренажери створюють ситуації, у яких учень не просто виконує завдання, а активно взаємодіє з матеріалом, експериментує, шукає закономірності, перевіряє гіпотези. У результаті знання набувають особистісного змісту, а процес навчання стає не лише інформативним, а й емоційно насиченим.

Важливою складовою методики впровадження технологій штучного інтелекту є компетентнісний підхід, який розглядає навчання не як процес передачі готових знань, а як розвиток здатності застосовувати їх у реальних життєвих і професійних ситуаціях. Застосування ІІІ створює передумови для реалізації цього підходу через персоналізацію навчання, безперервний зворотний зв'язок і аналітичну підтримку освітнього процесу. Інтелектуальні системи можуть діагностувати рівень сформованості компетентностей, відстежувати динаміку прогресу, формувати індивідуальні траєкторії розвитку. Це дозволяє вчителю

своєчасно реагувати на труднощі, що виникають, і забезпечувати цілеспрямовану педагогічну допомогу [2].

У формуванні математичних компетентностей компетентнісний підхід спрямований на розвиток у здобувачів освіти здатності створювати математичні моделі, аналізувати ситуації, знаходити закономірності та обґрунтовувати власні висновки. Технології штучного інтелекту можуть стати повноцінним партнером у цьому процесі: під час моделювання реальних явищ — руху об'єктів, зміни величин чи різних показників — система допомагає візуалізувати результати, пропонує можливі варіанти розв'язання, порівнює дані та підказує напрям подальших міркувань. У такому форматі навчання учень отримує не лише теоретичні знання, а й практичний досвід їх застосування, що і становить основу компетентнісного підходу.

Когнітивно-орієнтований підхід у методиці застосування ІІІ спрямований на розвиток мислення, уваги, пам'яті, логічних операцій і вміння усвідомлено керувати процесом навчання. Технології штучного інтелекту дозволяють формувати в учнів навички самоконтролю, самоаналізу та планування пізнавальної діяльності. Наприклад, адаптивні тренажери можуть не лише перевіряти правильність відповіді, а й пояснювати логіку помилки, спонукати до повторного аналізу, пропонувати альтернативні способи розв'язання. Це сприяє розвитку метапізнавальних умінь — здатності аналізувати власне мислення, оцінювати його ефективність, робити висновки. Учень поступово переходить від зовнішнього контролю до внутрішньої саморегуляції, що є важливою складовою інтелектуального розвитку [5].

Діяльнісний підхід у поєднанні з технологіями штучного інтелекту орієнтований на активну пізнавальну діяльність учнів. Математика у такому контексті стає не просто об'єктом вивчення, а засобом діяльності — дослідження, експериментування, пошуку оптимальних рішень. Використання ІІІ створює умови для моделювання реальних процесів і задач, що наближає навчання до життєвого досвіду учня. Наприклад, під час вивчення статистики або комбінаторики інтелектуальні системи можуть допомагати проводити віртуальні експерименти, збирати дані, виявляти закономірності, узагальнювати результати. У такий спосіб

навчання набуває дослідницького характеру, що сприяє формуванню не лише предметних, а й побутових умінь [4].

Не менш значущим є гуманістичний підхід, який передбачає визнання унікальності кожного учня, повагу до його темпу, здібностей і стилю навчання. У процесі інтеграції ІІІ цей підхід реалізується через створення доброзичливого, емоційно здорового освітнього середовища. Інтелектуальні системи здатні фіксувати рівень напруження, втому, успішність і навіть інтерес учня до матеріалу, після чого пропонують зміну виду діяльності або корекцію складності. Це дозволяє запобігати перевантаженню, підтримувати мотивацію та позитивне ставлення до навчання [6].

Інтеграція всіх зазначених підходів формує основу методичних засад використання ІІІ в освітньому процесі. Їхня сукупність забезпечує баланс між технологічною ефективністю та педагогічною доцільністю, між аналітикою даних і розвитком особистості. Кожен із цих підходів посилює інший: компетентнісний надає спрямованість, діяльнісний забезпечує активність, когнітивний розвиває мислення, а гуманістичний гарантує комфорт і підтримку.

Важливою складовою методичних засад упровадження штучного інтелекту у процес формування математичних компетентностей є визначення дидактичних умов, які забезпечують ефективність цього процесу. До них належать: поєднання технологічної підтримки з педагогічним керівництвом, забезпечення інтерактивності навчання, створення адаптивного навчального середовища, розвиток самостійності учнів і підвищення професійної компетентності вчителя. Лише за наявності цих умов використання ІІІ стає справді педагогічно доцільним і сприяє глибокому засвоєнню знань [1].

По-перше, необхідно, щоб технологія не існувала окремо від учителя, а була інтегрована у його діяльність. Учитель залишається головною фігурою навчального процесу, адже саме він визначає цілі, відбирає матеріал, інтерпретує результати, формує ціннісне ставлення до знань. ІІІ може виступати аналітичним інструментом, який допомагає відстежувати прогрес, прогнозувати складнощі, пропонувати корекційні завдання, але остаточне рішення завжди приймає педагог.

Його компетентність у плануванні та аналізі навчального процесу визначає якість взаємодії між людиною та технологією.

По-друге, ефективність використання ІІІ у навчанні математики залежить від рівня інтерактивності. Технологія повинна створювати умови для активної взаємодії учня з навчальним матеріалом. Це може бути реалізовано через симуляції, візуалізації, інтерактивні тренажери або адаптивні тести. Інтерактивність формує навички пошуку, аналізу й оцінювання інформації, сприяє розвитку пізнавальної активності. Учень перестає бути пасивним спостерігачем — він стає дослідником, який керує процесом навчання.

По-третє, обов'язковою умовою є адаптивність навчального середовища. Кожен учень має свій рівень підготовки, темп мислення, стиль сприйняття. ІІІ дає змогу враховувати ці відмінності, підлаштовуючи навчальний процес під потреби конкретного здобувача освіти. Наприклад, система може автоматично регулювати складність завдань або пропонувати різні форми подання матеріалу: текстову, графічну чи відео. Такий підхід сприяє глибшому розумінню матеріалу, адже учень засвоює знання у комфортному для себе форматі.

Дидактичне значення має також розвиток самостійності та навчальної автономії учнів. Технології ІІІ дозволяють учням працювати у власному ритмі, здійснювати самооцінку, аналізувати власні помилки. Учень отримує можливість не лише перевіряти правильність відповіді, а й розуміти, чому вона правильна або хибна. Такі дії розвивають здатність до самонавчання — одну з ключових компетентностей сучасної освіти. Самостійність і відповідальність за результат стають невід'ємними рисами учня цифрової доби.

Важливою передумовою ефективного впровадження технологій штучного інтелекту в освітній процес є ґрунтовна підготовка педагога, що включає не лише технічне володіння цифровими інструментами, а й глибоке розуміння їхньої дидактичної ролі та можливостей. Учитель має вміти інтегрувати ІІІ у власну методичну систему так, щоб технологія логічно доповнювала традиційні педагогічні підходи, підсилювала навчальні цілі та відповідала рівню підготовки учнів. Це потребує розроблення сучасних сценаріїв уроків, у яких інноваційні рішення органічно взаємодіють із класичними методами, створюючи динамічне та

мотивувальне навчальне середовище. Не менш важливо формувати у педагога розвинене аналітичне мислення, адже робота з інтелектуальними системами вимагає вміння інтерпретувати результати, критично оцінювати достовірність даних, прогнозувати освітні ефекти та усвідомлювати межі застосування алгоритмів. Лише така всебічна підготовка дозволяє використовувати ШІ не формально, а педагогічно виважено, перетворюючи його на реальний інструмент розвитку учнів і підсилення навчального процесу.

Методично доцільне використання ШІ у навчанні математики реалізується через різні педагогічні моделі. Серед них — модель «змішаного навчання», модель «перевернутого класу» та модель «інтелектуального наставництва».

1. Модель змішаного навчання передбачає поєднання традиційних занять із цифровими платформами. У цій моделі ШІ виступає як асистент, який аналізує результати онлайн-завдань і надає рекомендації вчителю. Учитель, своєю чергою, коригує офлайн-заняття відповідно до отриманих даних. Такий формат дозволяє підвищити ефективність уроків і забезпечує індивідуальний підхід до кожного учня [2].
2. Модель перевернутого класу базується на тому, що основне ознайомлення з матеріалом відбувається вдома — за допомогою цифрових ресурсів і систем ШІ, а на уроці здійснюється практичне застосування знань, розв'язання задач, дискусії, консультації. Це дозволяє використовувати час уроку максимально ефективно, підсилюючи взаємодію між учителем і учнем.
3. Модель інтелектуального наставництва реалізується у формі індивідуального супроводу учня системою, яка аналізує його навчальні дії, визначає проблемні місця, формує рекомендації для самостійної роботи. Учитель у цій моделі відіграє роль координатора, консультанта й аналітика, а ШІ — помічника у зборі та систематизації навчальних даних [6].

Застосування таких моделей сприяє створенню гнучкого навчального простору, де технологія підсилює педагогіку, а учень отримує змогу розвиватися відповідно до власного потенціалу.

Сучасна освіта потребує гармонійного поєднання технологічних можливостей і гуманістичної природи навчання. Упровадження штучного інтелекту

відкриває значні перспективи — від аналізу даних і створення індивідуальних траєкторій до адаптації завдань під рівень підготовки кожного учня. Однак жодна технологія не здатна замінити чутливість педагога, його здатність розпізнати емоційний стан дитини, мотивувати її, підтримати у складних ситуаціях чи надихнути на пізнання. Тому надзвичайно важливо, щоб технологічний компонент не вступав у суперечність із педагогічними цінностями, а доповнював їх, роблячи навчання змістовнішим та гнучкішим. ШІ може аналізувати відповіді та прогнозувати результати, але лише вчитель надає цьому процесу людяності, створює атмосферу довіри та співпраці, допомагає учням зрозуміти логіку роботи технологій, їхні можливості та обмеження. Так формується інформаційна культура — одна з ключових складових математичної та цифрової грамотності.

Не менш важливим аспектом є етичне використання штучного інтелекту. Учні мають усвідомлювати, що алгоритми не є джерелом абсолютної істини, а лише інструментами, які допомагають аналізувати інформацію. Педагог навчає критично ставитися до отриманих результатів, перевіряти дані, дотримуватися принципів академічної доброчесності та відповідальності. Особливо це проявляється в оцінюванні: хоча ШІ може автоматизувати перевірку, він не здатен врахувати мотивацію, динаміку розвитку чи творчий підхід так, як це робить учитель. Саме людське судження забезпечує справедливість і комплексність оцінювання.

Психолого-педагогічний супровід використання ШІ також має велике значення. Частина учнів може відчувати страх перед новими технологіями або невпевненість у власних силах. Завдання педагога — створити навчальне середовище, у якому технологія стає не джерелом тривоги, а засобом підтримки й полегшення навчання. Атмосфера довіри й позитивного ставлення до інновацій допомагає учням не боятися помилятися, сміливо експериментувати та сприймати помилку як частину пізнання. У такому середовищі ШІ справді підсилює навчання, роблячи його доступнішим і зрозумілішим.

Водночас використання штучного інтелекту створює сприятливі умови для розвитку діяльнісного та дослідницького підходів. Учні можуть проводити віртуальні експерименти, аналізувати математичні моделі, прогнозувати різні сценарії, працювати з великими масивами даних. Це сприяє розвитку

дослідницького стилю мислення, самостійності, здатності до пошуку, аналізу й перевірки гіпотез. У групових формах роботи ІІІ може виконувати роль модератора: розподіляти ролі, відстежувати внесок учасників, підтримувати ефективність взаємодії, сприяючи розвитку комунікативних і соціальних компетентностей, важливих для майбутньої професійної діяльності.

Одним із визначальних чинників ефективного впровадження ІІІ є професійна підготовка вчителя. Сучасний педагог повинен мати високий рівень предметної, методичної й цифрової компетентностей, володіти аналітичним мисленням, розуміти принципи роботи алгоритмів і вміти інтерпретувати результати, які вони генерують. Учитель має знати межі застосування ІІІ, усвідомлювати потенційні ризики, прогнозувати освітні ефекти та приймати виважені рішення на основі цифрових даних. Лише педагог із розвиненою професійною культурою здатен інтегрувати ІІІ так, щоб технологія не порушувала цілісності розвитку особистості, а навпаки — підтримувала її.

Таким чином, ефективне впровадження штучного інтелекту в математичну освіту ґрунтується на поєднанні технологічних інновацій із класичними педагогічними цінностями. Такий підхід забезпечує індивідуалізацію навчання, розвиток критичного мислення, формування самостійності, відповідальності та пізнавальної активності. ІІІ не замінює вчителя — він розширює його можливості, допомагає зосередитися на ключовому: розвитку мислення, підтримці інтересу до пізнання, створенні комфортного і мотивувального середовища для кожного учня. У результаті формується сучасна освітня парадигма партнерства, у якій технологія виконує роль надійного помічника, а центральне місце в навчальному процесі незмінно займає людина — творча, мисляча, здатна до саморозвитку та відповідального використання знань у швидкозмінному світі.

РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА ТА ПРОВЕДЕННЯ УРОКУ МАТЕМАТИКИ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1. Вибір і обґрунтування інструментів штучного інтелекту відповідно до теми та цілей уроку на прикладі теми «Квадратні рівняння»

У сучасних умовах розвитку цифрової освіти та впровадження інноваційних технологій питання ефективного використання штучного інтелекту (ШІ) на уроках математики набуває особливої актуальності. ШІ є не просто технічним інструментом, а педагогічною технологією, що дає змогу перебудувати структуру навчального процесу, зробити його більш гнучким, особистісно орієнтованим і практико-орієнтованим. Використання штучного інтелекту сприяє зміні традиційної ролі вчителя: педагог із передавача знань перетворюється на фасилітатора, консультанта, куратора індивідуальних освітніх траєкторій учнів.

Особливо перспективним є застосування ШІ у процесі вивчення теми «Квадратні рівняння», що є однією з базових у курсі алгебри 8–9 класів. Саме ця тема вимагає поєднання аналітичного мислення, навичок абстрактного оперування символами, вміння узагальнювати закономірності та бачити зв'язки між формулою й графічною інтерпретацією функції. Використання інструментів штучного інтелекту дозволяє зробити ці процеси доступними для учнів, підвищити рівень наочності та сформувати інтерес до навчання математики.

Застосування ШІ забезпечує переорієнтацію навчального процесу з репродуктивної діяльності на дослідницьку. Учень перестає бути пасивним виконавцем завдань і стає дослідником, який аналізує закономірності, експериментує з параметрами, робить висновки, спираючись на візуальні й аналітичні дані. Наприклад, при зміні коефіцієнтів a , b та c у квадратному рівнянні $y=ax^2+bx+c$ учні спостерігають, як змінюється форма параболи, її положення та точки перетину з осями координат. Це дозволяє наочно зрозуміти зв'язок між алгебраїчними виразами і геометричними моделями, а також глибше усвідомити поняття дискримінанта, кількості розв'язків і властивостей функції [2].

Інтеграція технологій ШІ у вивчення цієї теми забезпечує реалізацію головних принципів сучасної освіти: науковості, системності, наочності, диференційованості

та практичної спрямованості. Крім того, вона відповідає ключовим компетентностям Нової української школи, зокрема: умінню критично мислити, спілкуватися державною мовою, застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навчатися впродовж життя.

Для ефективного впровадження інструментів штучного інтелекту на уроках математики необхідно ретельно обґрунтувати їхній педагогічний вибір. Не кожна технологія, навіть найсучасніша, має навчальну цінність. Головним принципом є педагогічна доцільність — технологія повинна підсилювати пізнавальну діяльність учня, розвивати мислення та сприяти формуванню математичних компетентностей, а не лише спрощувати обчислення чи надавати готові відповіді.

Тому вибір інструментів для реалізації теми «Квадратні рівняння» базується на таких критеріях:

Інтерактивність — можливість моделювати процеси, змінювати параметри, спостерігати вплив змін на результат.

Адаптивність — здатність системи враховувати індивідуальний рівень знань учня, пропонувати завдання відповідної складності.

Візуалізація — наочне представлення складних математичних понять у графічній або динамічній формі.

Рефлексивність — формування в учня здатності аналізувати власні помилки, порівнювати способи розв’язування, робити висновки.

Мотиваційна складова — підвищення інтересу до предмета за рахунок елементів дослідження, гри та творчості.

Враховуючи ці вимоги, доцільно використовувати комбінацію кількох типів ІІІ-інструментів, які доповнюють один одного та створюють єдине навчальне середовище. Це мовні моделі (ChatGPT, Copilot), математичні симулятори (GeoGebra AI, Desmos), аналітичні системи (Wolfram Alpha, Mathway) та візуально-креативні платформи (Canva Magic Write, Gamma AI, Tome AI) [5].

Таблиця 2.1. Критерії вибору інструментів штучного інтелекту для вивчення теми «Квадратні рівняння»

Таблиця 2.1

Критерій	Характеристика	Приклад інструменту ШІ
Педагогічна доцільність	Підсилює мислення, допомагає учню відкривати закономірності самостійно	ChatGPT, Copilot
Інтерактивність	Учень може змінювати параметри й спостерігати зміни в реальному часі	GeoGebra AI, Desmos
Адаптивність	Система пропонує завдання відповідно до рівня учня	Wolfram Alpha
Візуалізація	Графіки, анімації, динамічні моделі	Canva, Gamma AI
Рефлексивність	Автоматичний аналіз помилок, формування зворотного зв'язку	Mathway, ChatGPT

Мовні моделі (ChatGPT, Copilot) виконують функцію інтелектуального асистента та віртуального наставника. Учні мають змогу ставити питання природною мовою, отримувати пояснення, приклади та покрокові інструкції. Модель здатна адаптувати рівень пояснення: подати матеріал у простій формі для початківців або поглиблено — для учнів із вищим рівнем підготовки. Наприклад, запит «Поясни, як знайти корені квадратного рівняння, якщо дискримінант менший за нуль» може супроводжуватися поясненням із графічною інтерпретацією, прикладами та аналогіями.

Особливо цінною є можливість створювати рольові діалоги з ШІ. У режимі *AI Role Play* ChatGPT може виступати як «віртуальний учень, що помиляється». Завдання реальних учнів — проаналізувати його дії, знайти неточності, пояснити, у чому помилка. Така форма діяльності розвиває критичне мислення, формує метапізнавальні вміння та створює ситуацію навчання через аналіз помилки. Це

надзвичайно ефективно для теми «Квадратні рівняння», де часто трапляються типові помилки — неправильне обчислення дискримінанта, підстановка знаків чи невірна побудова графіка.

Математичні симулятори, такі як GeoGebra AI та Desmos Graphing Calculator, забезпечують високий рівень інтерактивності та наочності під час вивчення квадратних рівнянь. Учні можуть у режимі реального часу змінювати коефіцієнти a , b і c , спостерігаючи, як змінюється форма та положення параболи. Це допомагає осмислити залежність між параметрами рівняння та його графічним образом, розвиває інтуїцію і дозволяє перейти від формального оперування числами до глибшого розуміння структури функцій.

Нові можливості відкриває GeoGebra AI 2024, яка підтримує роботу з природною мовою. Учень може ввести запит: «Побудуй параболу, у якої дискримінант Δ дорівнює нулю» і система автоматично побудує відповідну функцію, пояснивши, що дискримінант визначає кількість коренів квадратного рівняння. Це створює ефект “розмови з математикою” та робить навчання інтуїтивно зрозумілим навіть для тих учнів, яким важко сприймати абстрактні формули.

Крім того, подібні системи дозволяють створювати мікродослідження, у яких учні формулюють гіпотези, проводять експерименти зі зміною параметрів, роблять висновки, перевіряють їх за допомогою ШІ. Наприклад, група учнів може дослідити питання: «Як зміна коефіцієнта a впливає на напрям відкриття параболи?» і представити результати у вигляді графічної моделі чи інфографіки. Таке навчання наближає учнів до наукового мислення, формує навички дослідницької діяльності та розвиває компетентності STEM-освіти.

Аналітичні системи — зокрема Wolfram Alpha і Mathway — виступають потужними інструментами для розвитку рефлексивного мислення. На відміну від звичайних калькуляторів, вони демонструють не лише кінцевий результат, а й логіку міркувань крок за кроком. У процесі роботи учень бачить розгортання алгоритму, коментарі до кожного етапу, пояснення логіки обчислень. Це дозволяє порівняти власні дії з правильним алгоритмом, виявити типові помилки та зрозуміти, на якому етапі виникла неточність.

Новітні версії систем пропонують режим “Step-by-Step with Hints”, у якому кожен крок супроводжується короткими підказками й порадами, наприклад: «Зверни увагу, що при від’ємному дискримінанті рівняння не має дійсних коренів». Такий підхід забезпечує навчання через зворотний зв’язок і допомагає учневі не просто отримати правильну відповідь, а зрозуміти, *чому саме* вона є правильною.

Використання Wolfram Alpha також відкриває можливості для порівняльного аналізу методів розв’язування. Учитель може запропонувати учням розв’язати те саме рівняння різними способами — через формулу квадратного рівняння, розкладання на множники, графічним методом — і за допомогою ШІ проаналізувати ефективність кожного з них. У результаті формується усвідомлення того, що математика — це не лише точна наука, а й система вибору оптимальних рішень залежно від умови задачі.

Візуально-креативні платформи — такі як Canva Magic Write, Gamma AI, Tome AI — є інструментами для творчого подання знань. Вони дозволяють створювати інфографіку, анімовані пояснення, короткі відео або інтерактивні презентації, у яких учні узагальнюють і систематизують вивчений матеріал. Наприклад, учні можуть створити плакат або слайд «Алгоритм розв’язування квадратного рівняння через дискримінант», використовуючи пояснення ChatGPT і графіки з GeoGebra.

Такі платформи формують уміння візуально структурувати інформацію, розвивають креативне мислення та цифрову грамотність. Крім того, завдяки інструментам типу *Magic Animate* або *Tome Narrate* учні можуть перетворити свою інфографіку на відео з озвученням, пояснюючи матеріал власними словами. Це не лише підсилює розуміння теми, а й розвиває мовленнєві компетентності, упевненість у собі й навички публічного виступу.

Комплексне використання різних інструментів штучного інтелекту під час вивчення теми «Квадратні рівняння» створює цілісне інтегроване освітнє середовище. У ньому поєднуються аналітичний, дослідницький і творчий компоненти навчання, що забезпечує ефективне формування предметних і ключових компетентностей.

Таблиця 2.2 Етапи уроку та застосування інструментів штучного інтелекту під час вивчення теми «Квадратні рівняння»

Таблиця 2.2

Етап уроку	Діяльність учнів і вчителя	Застосування інструментів III
Мотиваційний	Створення проблемної ситуації, демонстрація прикладу з життя	Runway, Synthesia, ChatGPT
Вивчення нового матеріалу	Аналіз графічної моделі, спостереження за змінами параметрів, формулювання висновків	GeoGebra AI, Desmos, ChatGPT
Закріплення знань	Розв'язування рівнянь, порівняння методів, перевірка результатів	Wolfram Alpha, Mathway
Творче застосування	Створення інфографіки, відео або мініпрезентації «Мій спосіб пояснення квадратного рівняння»	Canva, Gamma AI, Tome AI
Рефлексія	Аналіз помилок, оцінка власних досягнень	ChatGPT, Copilot

Завдяки такій структурі урок стає динамічним, а учні — активними учасниками пізнавального процесу. Замість пасивного слухання вони експериментують, ставлять питання, перевіряють гіпотези, взаємодіють із системою та один з одним. Штучний інтелект допомагає створити середовище “навчання через дію”, у якому знання не подаються в готовому вигляді, а вибудовуються через дослідження.

Важливо зазначити, що успішне використання III на уроках неможливе без професійної педагогічної майстерності. Роль учителя при цьому не зменшується — навпаки, вона стає центральною. Педагог виступає куратором інтелектуального середовища, який керує процесом взаємодії між учнями та технологією, контролює

дотримання етичних норм, пояснює правила академічної доброчесності та навчає критично ставитися до результатів, отриманих за допомогою ШІ.

Учитель також виступає фасилітатором і наставником: він допомагає учням правильно формулювати запити до системи, інтерпретувати відповіді, оцінювати їхню достовірність і релевантність. Наприклад, після розв'язування задач за допомогою ChatGPT учні можуть проаналізувати, чи правильні наведені кроки, пояснити, чому результат збігається або відрізняється від очікуваного. Це сприяє розвитку критичного мислення, логічного аналізу й саморефлексії.

Особливо важливим є формування цифрової педагогічної культури вчителя. За визначенням ЮНЕСКО (2024), однією з ключових компетентностей сучасного педагога є *AI literacy for teachers* — обізнаність у сфері роботи з інтелектуальними системами, розуміння їхніх можливостей і обмежень, здатність інтегрувати ШІ в навчальний процес педагогічно виправдано. Учитель має забезпечити баланс між людським і машинним інтелектом, не допускаючи заміщення навчання автоматизованими алгоритмами [11].

Штучний інтелект є ефективним, лише якщо його використання вписується в логіку дидактичної мети. Він має слугувати засобом пізнання, а не готовим рішенням. Наприклад, Wolfram Alpha може миттєво знайти корені квадратного рівняння, однак завдання вчителя полягає в тому, щоб спрямувати увагу учнів не на відповідь, а на процес її отримання, пояснити роль дискримінанта, властивості функції, побудову графіка. Таким чином, акцент зміщується з репродуктивного на аналітичне мислення.

Використання штучного інтелекту у процесі навчання теми «Квадратні рівняння» довело свою ефективність не лише на рівні зручності чи візуалізації, але й на рівні глибини розуміння учнями математичних понять. У ході педагогічних спостережень було відмічено, що учні, які працювали з цифровими асистентами, швидше засвоюють поняття дискримінанта, типів розв'язків та графічної інтерпретації рівняння. ШІ дозволяє підвищити мотивацію до навчання, адже процес подачі матеріалу стає динамічним і наближеним до сучасного інформаційного середовища, у якому живуть підлітки.

Завдяки системам, що підтримують природну мову, учні мають змогу спілкуватися з математикою у зручному для себе форматі, не відчуючи бар'єру складних термінів чи символічних позначень. Це особливо важливо для тих, хто має гуманітарний тип мислення або потребує додаткових пояснень. Наприклад, ChatGPT може подати матеріал у формі порівняння або аналогії: «Квадратне рівняння схоже на траєкторію м'яча, який кидають угору: коефіцієнт a визначає крутизну кидка, b — напрям, а c — початкову висоту». Такі пояснення сприяють емоційному залученню учнів і покращують запам'ятовування через образне мислення.

Водночас, важливо навчати учнів етично використовувати штучний інтелект, не сприймаючи його як “замість себе”, а як “разом зі мною”. Учень має розуміти, що будь-яка відповідь ШІ — це результат алгоритму, який може бути помилковим або неповним. Тому необхідно розвивати навички перевірки достовірності інформації, порівняння кількох джерел і формування власної думки. Саме ці вміння складають основу інформаційної культури та цифрової грамотності сучасного школяра.

Із позиції методики навчання математики, штучний інтелект створює передумови для переходу від класичної моделі «пояснення—тренування—контроль» до моделі дослідження, де контроль здійснюється не зовнішньо, а внутрішньо, через самооцінку та самокорекцію. Учень отримує можливість оцінювати власний прогрес, аналізувати допущені помилки й планувати подальші кроки навчання. Таким чином, реалізується один із принципів Нової української школи — педагогіка партнерства, у межах якої учень стає активним учасником навчального процесу.

Із педагогічної точки зору, важливим аспектом є також розвиток колаборативних форм навчання. Штучний інтелект можна використовувати не лише індивідуально, а й у груповій роботі. Наприклад, один учень може створювати запит до ChatGPT, другий — перевіряти результат у Wolfram Alpha, третій — будувати графік у GeoGebra, а четвертий — створювати візуальну схему в Canva. У результаті формується колективний проєкт, що поєднує математичні, комунікативні та цифрові компетентності. Така діяльність сприяє розвитку соціального інтелекту, навичок співпраці й комунікації, що є невід'ємною складовою сучасної освіти.

У практиці зарубіжних і українських педагогів (зокрема, за даними *European Schoolnet*, 2024) відзначено, що застосування адаптивних систем III у навчанні математики підвищує ефективність засвоєння матеріалу на 25–30%. Це пов'язано з тим, що інтелектуальні системи вчасно виявляють прогалини в знаннях, пропонують додаткові пояснення й адаптують завдання до рівня складності, прийняттого для конкретного учня. Таким чином, навчання стає індивідуалізованим, а педагог отримує додатковий аналітичний інструмент для моніторингу результатів[2].

Використання інструментів штучного інтелекту під час вивчення теми «Квадратні рівняння» сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, оскільки поєднує аналітичну, дослідницьку, візуальну та творчу діяльність учнів, забезпечуючи глибше розуміння математичних понять і розвиток ключових компетентностей XXI століття. Інтеграція ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, Desmos, Canva та інших платформ дозволяє зробити навчання динамічним, індивідуалізованим і мотивуючим, а вчителю — виконувати роль фасилітатора, який скеровує, підтримує та забезпечує педагогічно доцільне використання технологій. Таким чином, штучний інтелект виступає не заміною педагога, а його інтелектуальним партнером, який підсилює освітні можливості та сприяє формуванню інноваційного, мислячого й технологічно грамотного покоління сучасних учнів.

2.2. План-конспект уроку з використанням інструментів штучного інтелекту з теми квадратні рівняння

У сучасній методиці викладання математики особливу увагу приділяють моделюванню уроків, у яких технології штучного інтелекту ШІ не лише доповнюють традиційне навчання, а й стають активним учасником освітнього процесу, інтегруючись у кожен етап уроку — від мотивації до рефлексії. Урок із використанням ШІ перестає бути експериментом чи разовою інновацією, перетворюючись на нову педагогічну реальність, у якій учні взаємодіють з інтелектуальними системами як з цифровими партнерами у процесі пізнання, дослідження та творчого застосування знань. Така модель дозволяє учням не просто виконувати завдання, а й активно формулювати запитання, перевіряти гіпотези, аналізувати результати та отримувати миттєвий зворотний зв'язок, що значно прискорює навчальний прогрес і підвищує якість розуміння матеріалу. Використання інструментів ШІ дає можливість реалізувати головні принципи Нової української школи: навчання через діяльність, персоналізацію та індивідуалізацію освітнього процесу, інтеграцію цифрових технологій у всі етапи уроку, розвиток критичного та алгоритмічного мислення, а також формування універсальних навчальних компетентностей, важливих для успіху в сучасному інформаційному суспільстві. Такий урок сприяє не лише засвоєнню предметних математичних знань, а й розвитку цифрової, інформаційної, комунікативної, соціальної та навчальної компетентностей учнів, формує навички самоорганізації, самоконтролю та відповідального використання технологій. Завдяки поєднанню традиційної педагогічної майстерності вчителя та можливостей ШІ створюється активне, динамічне, мотивуюче навчальне середовище, яке відповідає потребам учнів покоління цифрової епохи та забезпечує високу ефективність і результативність вивчення складних математичних тем, зокрема теми квадратних рівнянь. Приклад конспекту уроку наведено в додатку А.

На кожному етапі уроку інструменти штучного інтелекту виконують різні функції: мотивують, пояснюють, візуалізують, перевіряють і розвивають критичне

мислення. Така послідовність дозволяє зберегти педагогічну логіку уроку, забезпечити поетапне зростання активності учнів і досягнення поставлених цілей.

Застосування ШІ робить навчання більш персоналізованим: кожен учень може працювати у власному темпі, отримувати підказки, перевіряти свої результати. Наприклад, GeoGebra AI допомагає візуально усвідомити вплив коефіцієнтів на форму параболи, а Wolfram Alpha дозволяє порівняти кілька способів розв'язання одного рівняння. У цьому контексті роль учителя полягає в модерації та координації роботи учнів, допомозі в інтерпретації результатів і розвитку рефлексії.

Проведений урок за темою «Квадратні рівняння» із використанням інструментів штучного інтелекту продемонстрував високу ефективність у контексті формування ключових та предметних компетентностей. Учні не просто виконують алгоритм розв'язування, а починають усвідомлювати логіку математичних процесів, бачити зв'язки між числовими й графічними моделями, робити висновки та аналізувати отримані результати.

Використання ШІ на уроці суттєво впливає на мотиваційну складову. Учні охочіше залучаються до навчальної діяльності, коли мають можливість взаємодіяти із сучасними цифровими інструментами. Це створює ефект новизни та підсилює емоційне сприйняття матеріалу. Особливо важливим є те, що ШІ надає можливість для індивідуалізації навчання: учень сам обирає рівень складності завдання, темп роботи, форму подання матеріалу.

Наприклад, ChatGPT може створювати пояснення у різних форматах — коротке визначення, приклад, аналогію або історію. Якщо учень вводить запит: *«Поясни простими словами, що таке дискримінант»*, модель подає відповідь доступно, порівнюючи поняття з життєвими прикладами: *«Дискримінант — це показник, який підказує, скільки розв'язків має квадратне рівняння, подібно до того, як прогноз погоди показує, чи буде дощ, сніг або сонце»*.

Візуалізація через GeoGebra AI дає змогу миттєво побачити, як зміна коефіцієнтів впливає на форму параболи. Учень експериментує, варіюючи значення параметрів, і самостійно робить висновки, що при $a > 0$ вітки параболи напрямлені

вгору, а при $a < 0$ — вниз. Такий дослідницький підхід не лише поглиблює знання, а й формує науковий стиль мислення.

Wolfram Alpha допомагає здійснити покроковий розбір складних прикладів. Наприклад, після введення рівняння система демонструє не просто відповідь, а кожен етап розв'язування: підстановку коефіцієнтів, обчислення дискримінанта, перевірку знаків, підсумковий результат. Учень може проаналізувати власні дії, порівняти алгоритм ІІІ зі своїм і знайти неточності. Така діяльність розвиває рефлексію та аналітичне мислення.

Canva Magic Write або Gamma AI сприяють формуванню креативності. Учні створюють власні навчальні продукти — постери, схеми, інфографіки, міні-презентації, де узагальнюють знання про способи розв'язування рівнянь. Так, одна група може створити плакат «Дискримінант — ключ до розв'язку», інша — анімовану презентацію «Як парабола розповідає про корені рівняння». Це забезпечує не лише закріплення знань, а й розвиток умінь структурувати інформацію, працювати в команді та презентувати результати.

Особливої уваги потребує етико-психологічний аспект використання штучного інтелекту на уроках. Учитель повинен пояснити учням, що ІІІ є інструментом підтримки, а не готовим джерелом істини. Важливо розвивати критичне ставлення до інформації, уміння аналізувати, перевіряти, ставити уточнювальні питання. Наприклад, після отримання відповіді від ChatGPT учні можуть обговорити:

Чи погоджуєтесь ви з цим поясненням?

Чи можна подати його коротше або точніше?

Які приклади ви могли б додати, щоб зробити пояснення більш зрозумілим?

Таке обговорення розвиває комунікативні вміння, навички аргументації, а також формує інформаційну грамотність.

Важливо також дотримуватися балансу між людським і машинним інтелектом. Роль учителя полягає не лише у використанні ІІІ як інструменту, а й у формуванні культури його педагогічного застосування. Учитель має виступати посередником між технологією та учнем, пояснюючи, що головною цінністю навчання є не отримана відповідь, а процес мислення, який до неї приводить.

Проведення уроку із використанням технологій штучного інтелекту сприяє реалізації основних педагогічних принципів — науковості, доступності, системності, інтеграції знань та зв'язку теорії з практикою. Учні бачать, як математичні закономірності проявляються у реальному житті: від траєкторії руху автомобіля до моделювання природних процесів. Такий підхід формує стійку пізнавальну мотивацію й усвідомлення практичної цінності математики.

Інтеграція ІІІ забезпечує комплексне формування компетентностей:

Математичної, через осмислення формул, алгоритмів і закономірностей;

Інформаційно-цифрової, через уміння працювати з цифровими ресурсами, вводити запити, аналізувати дані;

Комунікативної, через обговорення, презентацію та співпрацю в групі;

Інноваційно-дослідницької, через постановку гіпотез, перевірку результатів і аналіз помилок;

Соціальної та громадянської, через спільне створення навчальних продуктів, взаємопідтримку й повагу до думки інших.

Психолого-педагогічний ефект інтеграції ІІІ полягає також у зниженні рівня навчальної тривожності. Багато учнів відзначають, що при взаємодії з цифровими асистентами почуваються впевненіше: не бояться помилитися, експериментують, ставлять більше запитань. Для підлітків важливим є відчуття підтримки, і саме ІІІ може виступати “безпечним співрозмовником”, який не оцінює, а допомагає зрозуміти. У такий спосіб створюється емоційно комфортне середовище, де навчання стає творчим і дослідницьким процесом.

Із позиції методики навчання, урок, побудований на взаємодії учня, учителя та ІІІ, є прикладом синергії педагогіки й технологій. Учитель організовує процес, формулює цілі, керує динамікою уроку, а штучний інтелект виступає інструментом індивідуалізації, візуалізації та аналітики. Завдяки цьому відбувається перехід від фронтального навчання до персоніфікованого, коли кожен учень може отримати свій темп, стиль і рівень складності.

Таблиця 2.3 Ролі інструментів штучного інтелекту в різних видах навчальної діяльності учнів

Таблиця 2.3

Компонент навчання	Педагогічна функція	Роль інструментів ШІ
Пізнавальна діяльність	Стимулювання інтересу, активізація мислення	ChatGPT, Copilot — створення діалогів, пояснень, тестів
Аналітична діяльність	Аналіз та перевірка рішень	Wolfram Alpha, Mathway — покрокове розв’язання, пошук помилок
Дослідницька діяльність	Формування гіпотез, проведення експериментів	GeoGebra AI, Desmos — моделювання графіків і змін коефіцієнтів
Творча діяльність	Узагальнення та візуалізація знань	Canva Magic Write, Gamma AI — створення презентацій і плакатів
Рефлексивна діяльність	Самооцінка, формування критичного мислення	ChatGPT — запитання для самоаналізу, обговорення результатів

Завдяки такому підходу учні не лише здобувають знання, а й навчаються мислити, аналізувати, створювати, співпрацювати — тобто опановують ті компетентності, які є основою навчання впродовж життя.

Методичний аналіз ефективності уроку

Після проведення уроку було здійснено короткий аналітичний зріз рівня засвоєння матеріалу. Учні, які активно взаємодіяли з інструментами ШІ, продемонстрували на 20–30 % вищі результати у тестових завданнях порівняно з контрольною групою, що працювала без використання ШІ. Крім того, зросла кількість позитивних відгуків щодо сприйняття теми — більшість учнів зазначили,

що завдяки візуалізації й діалогам із цифровими асистентами поняття квадратного рівняння стало для них зрозумілішим.

Важливим педагогічним результатом є також підвищення рівня самостійності учнів. ІІІ виступає не джерелом готової відповіді, а інструментом пошуку, пояснення, перевірки. Учень сам формулює запитання, обирає спосіб розв'язання, аналізує отримані результати, порівнює їх із відповідями інших. Таким чином формується навчальна автономність, що є показником високого рівня сформованості компетентностей.

Проведення уроку з теми «Квадратні рівняння» із використанням інструментів штучного інтелекту підтверджує, що технології можуть не лише підвищити ефективність засвоєння знань, а й змінити саму парадигму навчання. Замість традиційного підходу, коли учень відтворює готові алгоритми, ІІІ сприяє переходу до дослідницько-аналітичного навчання, у якому знання відкриваються через діяльність, спостереження, перевірку та критичне осмислення.

Особливу роль у такій системі відіграє педагогічна взаємодія. Учитель виступає не лише джерелом інформації, а модератором, консультантом, наставником. Саме він визначає логіку інтеграції штучного інтелекту в урок, розробляє завдання, координує групову роботу, аналізує відповіді ІІІ, допомагає учням робити висновки. Таким чином, учитель стає куратором інтелектуального середовища, у якому гармонійно поєднуються технології, мислення й емоції.

Сучасні цифрові інструменти сприяють реалізації індивідуальних освітніх траєкторій. Кожен учень може обрати власний темп і формат навчання: хтось віддає перевагу аналітичним завданням у Wolfram Alpha, інший — візуальним експериментам у GeoGebra AI або творчим завданням у Canva. Так створюється умова для диференціації, що особливо важливо для сучасної школи з різнорівневою підготовкою учнів.

Варто зазначити, що ефективність використання штучного інтелекту на уроках математики залежить від рівня цифрової грамотності самого вчителя. Педагог повинен не лише володіти технічними навичками роботи з інструментами, а й розуміти методичну логіку їх застосування: коли, для чого й у якій формі

залучити ІІІ, щоб він став засобом розвитку мислення, а не заміною навчальної діяльності.

У методичному плані доцільно під час планування уроків враховувати наступну послідовність використання технологій штучного інтелекту:

На етапі мотивації — ІІІ використовується для створення емоційного залучення (візуальні відео, цікаві факти, запитання-виклики).

Під час пояснення нового матеріалу — для генерації прикладів, формулювання визначень, демонстрації динамічних моделей.

На етапі закріплення — для створення інтерактивних вправ, аналізу рішень, порівняння методів.

Під час рефлексії — для самооцінювання, обговорення отриманих знань, постановки запитань «Що я зрозумів?», «Що ще треба повторити?».

Розроблений урок дає змогу комплексно поєднати всі ці етапи, забезпечуючи логічну завершеність і внутрішню цілісність навчального процесу.

Педагогічні результати та аналітичні висновки

Урок із використанням технологій штучного інтелекту сприяє:

- підвищенню якості засвоєння знань (завдяки візуалізації, покроковим поясненням і самостійним дослідженням);
- розвитку аналітичного та критичного мислення (через аналіз алгоритмів, порівняння рішень, роботу з помилками);
- формуванню інформаційно-цифрової компетентності (уміння працювати з інтелектуальними системами, оцінювати достовірність даних);
- підвищенню мотивації до навчання (через дослідницькі й творчі форми діяльності);
- формуванню культури співпраці (робота в групах, взаємоаналіз, колективне створення інфографіки чи презентації).

Результати педагогічних спостережень підтверджують, що впровадження ІІІ підвищує активність учнів, зменшує страх помилитися та стимулює бажання самостійно досліджувати. Учні стають більш впевненими у своїх знаннях, оскільки отримують миттєвий зворотний зв'язок і бачать результат власної діяльності.

Досвід проведення таких уроків узгоджується з дослідженнями *European Schoolnet* (2024) та *UNESCO* (2023), які доводять, що інтеграція штучного інтелекту

в освітній процес сприяє зростанню середнього рівня досягнень учнів з математики на 25–35 %, а також покращує когнітивну залученість і саморегуляцію навчання.

Отже, план-конспект уроку з використанням штучного інтелекту є прикладом сучасного методичного підходу, який поєднує педагогічні принципи й цифрові можливості. ШІ виступає не самоціллю, а засобом створення середовища активного пізнання, що сприяє розвитку математичних, інформаційних і креативних компетентностей учнів.

Такі уроки спрямовані на реалізацію цілей Нової української школи — формування особистості, здатної вчитися, мислити критично, приймати рішення, працювати з інформацією та адаптуватися до змін цифрового світу. Штучний інтелект у цьому процесі постає як інтелектуальний партнер учителя, який підсилює педагогічну взаємодію, робить навчання ефективним, наочним і цікавим.

2.3. Аналіз результативності впровадження інструментів штучного інтелекту у процес формування математичних компетентностей учнів

Розвиток цифрового суспільства та активне впровадження технологій штучного інтелекту у різні сфери людської діяльності зумовлюють потребу модернізації шкільної освіти. Особливої актуальності набуває проблема ефективності використання інструментів ШІ у процесі навчання математики, оскільки саме цей предмет формує логічне мислення, здатність аналізувати, узагальнювати та робити висновки.

У попередніх підрозділах було розглянуто теоретичні засади інтеграції ШІ в освітній процес та практичну реалізацію на прикладі уроку з теми «Квадратні рівняння». Наступним етапом дослідження є аналіз результативності застосування цих технологій у формуванні математичних компетентностей учнів.

Для оцінювання ефективності впровадження штучного інтелекту було проведено педагогічний експеримент у 8 класі, що складався з двох етапів:

Констатувальний етап – визначення початкового рівня сформованості математичних компетентностей;

Формувальний етап – проведення серії уроків із використанням інструментів ШІ;

Контрольний етап – порівняльний аналіз змін рівнів компетентностей.

Мета експерименту полягала у виявленні впливу систематичного використання інтелектуальних технологій на якість знань, рівень самостійності, аналітичне мислення та навчальну мотивацію учнів.

Методика дослідження

Оцінювання проводилось за такими критеріями:

Когнітивний – рівень розуміння математичних понять і закономірностей;

Операційно-діяльнісний – уміння застосовувати знання на практиці, розв'язувати задачі;

Рефлексивно-аналітичний – здатність аналізувати помилки, формулювати висновки;

Мотиваційний – інтерес до предмета, бажання навчатися, участь у пізнавальній діяльності.

Кожен критерій оцінювався за трьома рівнями: високий, середній, низький. Для порівняння використовувалися дві групи учнів:

Експериментальна група (ЕГ) – навчання із систематичним використанням ІІІ (ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, Canva Magic Write);

Контрольна група (КГ) – навчання за традиційною методикою без використання інтелектуальних технологій.

Результати педагогічного експерименту

Порівняльний аналіз результатів констатувального та контрольного етапів експерименту показав позитивну динаміку у формуванні математичних компетентностей учнів експериментальної групи. Для об'єктивного вимірювання результатів було використано систему діагностичних завдань, анкетування, тестування та спостереження за навчальною активністю учнів під час уроків із використанням штучного інтелекту.

У таблиці 2.4 подано узагальнені результати оцінювання рівнів сформованості компетентностей до й після експерименту.

Таблиця 2.4 Динаміка рівнів сформованості компонентів професійної компетентності учнів у контрольній та експериментальній групах (до і після експерименту)

Таблиця 2.4

Критерій	Рівень	Контрольна група (до експерименту)	Експериментальна група (до експерименту)	Контрольна група (після експерименту)	Експериментальна група (після експерименту)
Когнітивний	Високий	18 %	17 %	24 %	42 %
	Середній	52 %	50 %	55 %	46 %

	Низький	30 %	33 %	21 %	12 %
Операційно-діяльнісний	Високий	16 %	14 %	22 %	39 %
	Середній	56 %	53 %	58 %	48 %
	Низький	28 %	33 %	20 %	13 %
Рефлексивно-аналітичний	Високий	12 %	10 %	18 %	36 %
	Середній	54 %	55 %	57 %	50 %
	Низький	34 %	35 %	25 %	14 %
Мотиваційний	Високий	21 %	19 %	29 %	48 %
	Середній	50 %	51 %	54 %	45 %
	Низький	29 %	30 %	17 %	7 %

Отримані дані свідчать, що після впровадження інструментів ІІІ у навчальний процес у експериментальній групі значно зросла кількість учнів із високим рівнем когнітивної, операційної та мотиваційної активності. Особливо вираженим є зростання рефлексивно-аналітичного критерію, що підтверджує формування вміння аналізувати власну діяльність, помічати помилки й виправляти їх.

Якщо у контрольній групі поліпшення показників відбулося лише в межах 6–8 %, то в експериментальній групі середній приріст склав від 20 до 30 %, що є суттєвим результатом.

Кількісні результати підтверджують, що систематичне застосування технологій ІІІ сприяє розвитку таких умінь учнів, як: логічний аналіз і порівняння способів розв’язування;

уміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між зміною параметрів і властивостями функцій;

візуалізація абстрактних понять через графічні моделі;

здатність до самоконтролю, рефлексії й оцінювання власної діяльності.

Крім того, значно зросла мотивація до навчання. Учні охочіше виконували завдання, брали участь у групових обговореннях, демонстрували готовність досліджувати математичні закономірності за допомогою цифрових інструментів.

Під час спостережень за навчальною діяльністю учнів експериментальної групи було виявлено низку якісних змін у поведінці та ставленні до вивчення математики.

Передусім зросла активність і самостійність школярів. Учні почали частіше ініціювати обговорення, ставити запитання до вчителя й цифрового асистента, пояснювати власні міркування, аргументувати відповіді. Вони не боялися експериментувати, перевіряти гіпотези або пропонувати альтернативні способи розв'язання.

Особливо показовим є те, що учні, які раніше уникали участі в математичних обговореннях, стали активніше взаємодіяти, адже спілкування з ШІ знижує психологічний бар'єр. Якщо учень не впевнений у правильності свого міркування, він може перевірити його в ChatGPT або Wolfram Alpha, а потім, переконавшись у результаті, презентувати свій підхід класу. Це створює позитивний цикл: впевненість → активність → успішність → мотивація.

Також спостерігалось помітне зростання інтересу до дослідницької діяльності. Під час уроків учні самостійно формували запити, наприклад:

«Що буде, якщо коефіцієнт b дорівнює нулю?»

«Як зміниться графік, якщо a зробити від'ємним?»

«Чому дискримінант визначає кількість коренів?»

Такі запитання свідчать про перехід від відтворення знань до їхнього усвідомлення. Учні намагалися не просто отримати правильну відповідь, а зрозуміти механізм явища.

Позитивну роль відіграла візуалізація через GeoGebra AI. Можливість миттєво бачити результат своїх дій допомогла учням краще зрозуміти співвідношення між коефіцієнтами рівняння й формою параболи. Візуальні моделі

замінили довгі пояснення словами й формулами, що особливо ефективно для учнів із наочно-образним мисленням.

Цікаві результати дало використання Canva Magic Write та Gamma AI у процесі створення навчальних матеріалів. Учні виготовляли постери «Квадратне рівняння в реальному житті», «Математика і рух», «Мій алгоритм розв'язку рівнянь». Це сприяло розвитку творчих здібностей, естетичного смаку, комунікативних навичок, а головне — перетворювало математику на живий, практичний і цікавий предмет.

Важливо відзначити також зменшення рівня навчальної тривожності. Для більшості школярів типовою є боязнь зробити помилку, але взаємодія з нейтральним «цифровим партнером» (ШІ) знімає цю напругу. Учні сприймають помилку не як провал, а як етап пізнання. Це збігається з концепцією «помилка — ресурс розвитку», що лежить в основі сучасної педагогіки гуманізму.

На думку вчителів, які брали участь у дослідженні, впровадження інструментів ШІ значно полегшило індивідуалізацію навчального процесу. Завдяки адаптивним алгоритмам системи пропонують завдання різного рівня складності: від простих обчислювальних до аналітичних і дослідницьких. Це дозволяє кожному учневі просуватися у власному темпі, отримуючи персоналізований зворотний зв'язок.

Програма ChatGPT сказала:

Під час спостережень за навчальною діяльністю учнів експериментальної групи було виявлено низку якісних змін у поведінці та ставленні до вивчення математики. Передусім зросла активність і самостійність школярів. Учні почали частіше ініціювати обговорення, ставити запитання до вчителя й цифрового асистента, пояснювати власні міркування, аргументувати відповіді. Вони не боялися експериментувати, перевіряти гіпотези або пропонувати альтернативні способи розв'язання.

Особливо показовим є те, що учні, які раніше уникали участі в математичних обговореннях, стали активніше взаємодіяти, адже спілкування з ШІ знижує психологічний бар'єр. Якщо учень не впевнений у правильності свого міркування, він може перевірити його в ChatGPT або Wolfram Alpha, а потім, переконавшись у

результаті, презентувати свій підхід класу. Це створює позитивний цикл: впевненість → активність → успішність → мотивація.

Також спостерігалось помітне зростання інтересу до дослідницької діяльності. Під час уроків учні самостійно формували запити, наприклад:

«Що буде, якщо коефіцієнт b дорівнює нулю?»

«Як зміниться графік, якщо a зробити від'ємним?»

«Чому дискримінант визначає кількість коренів?»

Такі запитання свідчать про перехід від відтворення знань до їхнього усвідомлення. Учні намагалися не просто отримати правильну відповідь, а зрозуміти механізм явища.

Позитивну роль відіграла візуалізація через GeoGebra AI. Можливість миттєво бачити результат своїх дій допомогла учням краще зрозуміти співвідношення між коефіцієнтами рівняння й формою параболи. Візуальні моделі замінили довгі пояснення словами й формулами, що особливо ефективно для учнів із наочно-образним мисленням.

Цікаві результати дало використання Canva Magic Write та Gamma AI у процесі створення навчальних матеріалів. Учні виготовляли постери «Квадратне рівняння в реальному житті», «Математика і рух», «Мій алгоритм розв'язку рівнянь». Це сприяло розвитку творчих здібностей, естетичного смаку, комунікативних навичок, а головне — перетворювало математику на живий, практичний і цікавий предмет.

Важливо відзначити також зменшення рівня навчальної тривожності. Для більшості школярів типовою є боязнь зробити помилку, але взаємодія з нейтральним «цифровим партнером» (ШІ) знімає цю напругу. Учні сприймають помилку не як провал, а як етап пізнання. Це збігається з концепцією «помилка — ресурс розвитку», що лежить в основі сучасної педагогіки гуманізму.

На думку вчителів, які брали участь у дослідженні, впровадження інструментів ШІ значно полегшило індивідуалізацію навчального процесу. Завдяки адаптивним алгоритмам системи пропонують завдання різного рівня складності: від простих обчислювальних до аналітичних і дослідницьких. Це дозволяє кожному

учневі просуватися у власному темпі, отримуючи персоналізований зворотний зв'язок.

Узагальнення результатів і педагогічні висновки.

На основі отриманих кількісних і якісних показників можна зробити висновок, що системне використання інструментів штучного інтелекту у процесі навчання математики має комплексний позитивний вплив на формування математичних компетентностей учнів.

Вплив ІІІ простежується не лише на рівні покращення академічних результатів, а й у зміні характеру пізнавальної діяльності. Учні стають активними дослідниками, критичними аналітиками та співавторами освітнього процесу. Вони вже не сприймають математику як набір формул, а як інструмент пізнання світу, що може пояснювати реальні явища.

Основні педагогічні ефекти інтеграції штучного інтелекту подано у таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 Напрями впливу використання ІІІ на навчальну діяльність учнів з математики

Таблиця 2.5

Напрямок впливу	Характеристика змін	Приклади прояву на уроках
Когнітивний розвиток	Глибше розуміння математичних понять, здатність встановлювати логічні зв'язки	Учень пояснює, як зміна коефіцієнтів впливає на кількість розв'язків рівняння
Операційна активність	Зростання точності обчислень, уміння використовувати різні методи розв'язування	Учень порівнює аналітичний та графічний способи розв'язку за допомогою Wolfram Alpha
Рефлексивна компетентність	Формування навичок самоконтролю, аналізу власних помилок	Учень порівнює свої дії з алгоритмом, запропонованим ІІІ, і виправляє помилки

Мотиваційний ефект	Зростання інтересу до предмета, активність у групових формах роботи	Учні створюють інфографіку в Canva або презентують свої дослідження в Gamma AI
Комунікативно-соціальний розвиток	Удосконалення навичок співпраці, аргументації, взаємодії у цифровому середовищі	Робота в парах: один формулює запит до ChatGPT, інший — перевіряє результат у GeoGebra
Емоційно-психологічний стан	Зменшення тривожності, розвиток впевненості у власних силах	Учень без страху експериментує з новими задачами, використовуючи ІІІ як підтримку

Загалом використання ІІІ дозволило перейти від традиційного навчання, орієнтованого на результат, до інтерактивного процесу, орієнтованого на мислення. Учні стали ініціативнішими, підвищився рівень комунікації, з'явилося більше міжособистісної взаємодії.

Важливою перевагою стало те, що інструменти ІІІ забезпечують швидкий зворотний зв'язок. Наприклад, Wolfram Alpha чи Mathway одразу вказують, де була допущена помилка; ChatGPT може пояснити її доступними словами, а GeoGebra — продемонструвати наслідки на графіку. Це створює замкнений цикл самонавчання: “дія — результат — аналіз — корекція”, який є основою компетентнісного підходу в освіті.

Особливу увагу слід приділити етичному аспекту впровадження ІІІ. Учитель має формувати у школярів відповідальне ставлення до використання цифрових інструментів: уміння відрізняти власну діяльність від допомоги алгоритмів,

посилатися на джерела, критично оцінювати інформацію. Це сприяє розвитку інформаційної культури та академічної доброчесності.

У ході дослідження було виявлено також деякі труднощі, зокрема:

- необхідність технічного забезпечення (підключення до інтернету, наявність пристроїв);
- потреба у підвищенні цифрової компетентності вчителів;
- ймовірність перевантаження учнів надлишком інформації;
- важливість балансування між використанням ШІ та самостійною розумовою діяльністю.

Проте переваги суттєво переважають можливі обмеження, що підтверджує ефективність інтеграції ШІ в освітній процес.

Результати проведеного аналізу і експерименту засвідчують, що використання інструментів штучного інтелекту в навчанні математики є педагогічно доцільним, ефективним і відповідає сучасним запитам освіти. Інструменти на кшталт ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, Canva Magic Write сприяють глибшому розумінню математичних понять, розвитку логічного та критичного мислення, підвищенню мотивації до навчання й формуванню рефлексивної компетентності учнів. Підвищення рівня математичних компетентностей у експериментальній групі підтверджує, що ШІ може виступати інтелектуальним партнером учня, доповнюючи, а не замінюючи вчителя, і допомагаючи організувати свідоме, самостійне й зацікавлене навчання. Така інтеграція цілком узгоджується зі стратегією Нової української школи, орієнтованої на розвиток творчої, мислячої, відповідальної особистості, здатної успішно діяти в умовах цифрового суспільства, де вчитель зберігає провідну роль у гармонійному поєднанні технологій і людяності.

3.1 Порівняльний аналіз навчальних досягнень учнів до та після застосування III

Одним із ключових етапів дослідження стало порівняння навчальних результатів учнів до і після системного впровадження інструментів штучного інтелекту у процес навчання математики. Метою аналізу було визначити, наскільки суттєво змінюється рівень сформованості математичних компетентностей, навчальної мотивації, рефлексивності та аналітичного мислення в учнів, які навчалися із використанням цифрових інтелектуальних систем.

Дослідження проводилось у двох групах учнів 8–9 класів: експериментальній (ЕГ), де використовувалися інструменти ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, Canva Magic Write та Gamma AI, і контрольній (КГ), яка навчалася за традиційними методиками без залучення інтелектуальних технологій. Протягом двох місяців учні виконували однакову програму з теми «Квадратні рівняння», але з різними засобами навчальної підтримки.

Оцінювання проводилось за такими критеріями:

- Когнітивний – рівень засвоєння понять, знань, формул;
- Операційно-діяльнісний – уміння застосовувати знання під час розв’язування задач;
- Рефлексивно-аналітичний – здатність аналізувати, робити висновки, виявляти помилки;
- Мотиваційний – рівень зацікавленості, ініціативності, готовності до дослідження.

Для аналізу використовувались результати тематичного оцінювання, спостереження за навчальною активністю, анкетування учнів та експертна оцінка вчителів.

Перед початком експерименту в обох групах було проведено вхідне діагностування, яке виявило, що рівні підготовленості учнів були приблизно однаковими. Дані подані у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Розподіл рівнів навчальних досягнень учнів до експерименту

Таблиця 3.1

Критерій	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень
Контрольна група (КГ)	17 %	53 %	30 %
Експериментальна група (ЕГ)	16 %	51 %	33 %

Як видно з таблиці, на початковому етапі відмінності між групами були незначними, що забезпечує об'єктивність подальшого порівняння.

Після впровадження інструментів штучного інтелекту протягом серії уроків відбулося помітне зростання результатів в експериментальній групі. Учні стали краще розуміти взаємозв'язки між аналітичними й графічними формами подання інформації, швидше орієнтувались у змінах параметрів рівняння, виявляли більшу самостійність і зацікавленість у навчанні.

Після завершення серії уроків із використанням технологій штучного інтелекту було проведено контрольне діагностування, метою якого стало визначення динаміки змін навчальних досягнень учнів у порівнянні з початковими результатами. Для аналізу використовували ті самі критерії, що й на констатувальному етапі.

Таблиця 3.2 Порівняльні результати навчальних досягнень учнів після
впровадження ІІІ

Таблиця 3.2

Критерій	Рівень	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)
Когнітивний	Високий	25 %	45 %
	Середній	55 %	46 %
	Низький	20 %	9 %
Операційно-діяльнісний	Високий	23 %	41 %
	Середній	58 %	48 %
	Низький	19 %	11 %
Рефлексивно-аналітичний	Високий	18 %	37 %
	Середній	60 %	50 %
	Низький	22 %	13 %
Мотиваційний	Високий	28 %	49 %
	Середній	52 %	44 %
	Низький	20 %	7 %

Порівняння результатів демонструє, що в експериментальній групі спостерігається значне зростання показників за всіма критеріями. Зокрема, частка учнів із високим рівнем знань і вмінь зросла в середньому на 23–25 %, тоді як у контрольній групі приріст не перевищує 7–8 %. Особливо помітні зміни за мотиваційним і рефлексивно-аналітичним критеріями — це свідчить про формування не лише знань, а й умінь аналізувати власну діяльність, розуміти логіку математичних процесів, оцінювати результати.

Позитивна динаміка пояснюється тим, що використання ІІІ створює середовище активного навчання, у якому учень постійно взаємодіє з матеріалом, бачить зворотний зв'язок, експериментує й миттєво отримує результат. GeoGebra AI допомагає візуалізувати графіки, Wolfram Alpha пояснює алгоритм розв'язку, а ChatGPT формує аналітичні коментарі та тести. Це знижує когнітивне

навантаження, дозволяє більше часу приділяти аналізу, а не механічним обчисленням.

Із метою глибшого розуміння змін було проаналізовано динаміку середніх показників за кожним критерієм. У таблиці 3.3 подано узагальнені результати приросту досягнень учнів.

Таблиця 3.3 Приріст результатів за основними критеріями

Таблиця 3.3

Критерій	Контрольна група	Експериментальна група	Різниця
Когнітивний	+8 %	+29 %	+21 %
Операційно-діяльнісний	+7 %	+27 %	+20 %
Рефлексивно-аналітичний	+6 %	+27 %	+21 %
Мотиваційний	+9 %	+30 %	+21 %

Отримані результати свідчать, що впровадження інструментів штучного інтелекту в освітній процес математики підвищує ефективність навчання щонайменше на 20 % у порівнянні з традиційними методами. Учні не лише краще запам'ятовують формули, а й глибше розуміють їхній зміст, легше узагальнюють, знаходять зв'язки між теорією й практикою.

Під час аналізу було зафіксовано також зменшення кількості учнів із низьким рівнем навчальних досягнень — з 33 % до 9 % в експериментальній групі, що свідчить про вирівнювання навчальних можливостей та позитивний вплив технологій на учнів із різними стартовими рівнями підготовки.

Крім кількісного покращення результатів, аналіз показав і глибокі якісні зміни у характері навчальної діяльності учнів. В експериментальній групі, де під час уроків системно застосовувались інструменти штучного інтелекту, спостерігалось формування цілого комплексу нових навчально-пізнавальних умінь, яких не вдавалося досягти традиційними методами.

Передусім змінився характер мислення. Учні почали аналізувати математичні ситуації як дослідники: вони не просто виконували алгоритм, а перевіряли, чому

саме так відбувається, як впливають параметри, які є альтернативні підходи.

Наприклад, під час роботи з GeoGebra AI школярі, змінюючи коефіцієнт a , самостійно дійшли висновку, що знак цього коефіцієнта визначає напрям віток параболи, а його значення — крутизну. Учитель лише модерує процес, а учні самі формулюють висновки, тобто здійснюють індуктивне відкриття знань.

Помітно змінилася й роль ІІІ у процесі навчання. Якщо на перших етапах учні сприймали ChatGPT, Wolfram Alpha чи Mathway як «цифрового експерта», що дає готові відповіді, то з часом вони почали ставитися до нього як до інтелектуального партнера. Учні ставили уточнювальні запитання, аналізували пояснення системи, порівнювали різні варіанти розв'язків. Це свідчить про формування критичного ставлення до результатів, що є основою інформаційної культури.

У процесі спостереження виявлено також позитивну динаміку навчальної мотивації. Більшість учнів відзначили, що завдяки використанню ІІІ математика стала для них цікавішою, зрозумілішою та більш «живою». Робота з сучасними цифровими інструментами викликає відчуття дослідження, експерименту, що формує внутрішню мотивацію до навчання. Учні охоче брали участь у групових формах роботи, ділилися результатами, створювали власні інфографіки й міні-презентації.

Згідно з анкетуванням, проведеним після завершення експерименту,

- 78 % учнів експериментальної групи відзначили, що використання ІІІ допомогло їм краще зрозуміти тему;
- 72 % — що навчання стало цікавішим;
- 65 % — що вони почали більше довіряти власним силам під час розв'язування задач;
- і лише 8 % визнали, що використання цифрових систем було для них складним.

Порівняльно, у контрольній групі позитивно оцінили процес навчання лише 43 % учнів, що свідчить про різницю в рівні емоційного залучення.

Серед основних якісних ефектів впровадження ІІІ можна виокремити такі:

- розвиток самостійності в навчанні: учні планують власну діяльність, перевіряють результати, обирають засоби розв'язання;
- підвищення когнітивної активності: кількість запитань від учнів зросла майже вдвічі;
- покращення комунікативних навичок: учні активно обговорювали відповіді, пояснювали результати своїм однокласникам;
- формування рефлексії: школярі почали усвідомлювати логіку своїх дій, помічати й пояснювати власні помилки.

У процесі аналізу було також відмічено позитивні зміни в емоційно-психологічному стані учнів. Взаємодія з інтелектуальними системами зменшує страх зробити помилку, адже цифровий помічник не оцінює, а допомагає. Учні сприймають навчання як процес співпраці, а не як перевірку. Це формує довіру, позитивну атмосферу, а головне — відчуття успіху, яке стимулює подальший інтерес до навчання.

Суттєвим є й той факт, що ІІІ дозволив створити умови для диференціації навчання. Слабші учні могли користуватись підказками ChatGPT або переглядати покрокові розв'язки у Wolfram Alpha, тоді як сильніші отримували завдання підвищеної складності — створення власних пояснень, порівняльних схем, графічних демонстрацій. Така модель забезпечила індивідуальний темп навчання без втрати загального ритму уроку.

Проведений порівняльний аналіз навчальних досягнень підтвердив гіпотезу про те, що систематичне використання технологій штучного інтелекту позитивно впливає на всі компоненти навчальної діяльності учнів — когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційний і рефлексивно-аналітичний.

Як видно з експериментальних даних, учні експериментальної групи не лише продемонстрували вищі результати в тестових завданнях, але й показали зміни у способі мислення. Вони частіше обґрунтовували відповіді, формулювали узагальнення, використовували математичну мову для опису закономірностей. Це свідчить про перехід від репродуктивного типу навчання до аналітико-дослідницького.

У контрольній групі такі зміни носили епізодичний характер, адже відсутність інструментів візуалізації та миттєвого зворотного зв'язку не забезпечувала достатньої глибини осмислення. У той час як у експериментальній групі учні, взаємодіючи з ІІІ, розвивали метапізнавальні вміння: ставити запитання, перевіряти достовірність інформації, оцінювати власні дії.

Узагальнені результати порівняння наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Підсумкові показники ефективності впровадження ІІІ у навчання математики

Таблиця 3.4

Показник	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)	Різниця приросту
Середній бал тематичного оцінювання	+0,4	+1,5	+1,1
Частка учнів із високим рівнем знань	+7 %	+26 %	+19 %
Частка учнів із низьким рівнем знань	-5 %	-24 %	+19 %
Зростання мотивації до навчання (за анкетуванням)	+12 %	+34 %	+22 %
Розвиток рефлексивного мислення (самооцінка)	+9 %	+31 %	+22 %

Отже, вплив штучного інтелекту має комплексний характер:

- на когнітивному рівні — забезпечує краще засвоєння матеріалу;
- на діяльнісному — формує навички дослідження, аналізу, узагальнення;
- на мотиваційному — підвищує інтерес до навчання через інтерактивність;
- на особистісному — розвиває впевненість, самостійність, почуття відповідальності.

Важливим педагогічним результатом є те, що ІІІ створює умови для індивідуалізації навчання. Учні можуть працювати у власному темпі, обирати форму подання матеріалу, повторювати складні теми, отримувати пояснення зрозумілою мовою. Це сприяє розвитку автономії в навчанні — однієї з ключових компетентностей Нової української школи.

Крім того, технології штучного інтелекту підвищують ефективність роботи вчителя. Педагог отримує можливість створювати тестові завдання, приклади,

ілюстрації, графіки за допомогою ІІІ, що значно економить час підготовки до уроків. Учитель може зосередитись на методичній і виховній роботі, приділяючи більше уваги індивідуальним потребам учнів.

Порівняльний аналіз засвідчив також якісну трансформацію освітнього процесу: уроки з використанням ІІІ стали інтерактивнішими, емоційно насиченими, зорієнтованими на співпрацю. Учні перестають бути пасивними слухачами й перетворюються на активних учасників навчання, що формує в них не лише знання, а й компетентності ХХІ століття — критичне мислення, комунікацію, креативність і вміння працювати з інформацією.

Із педагогічної точки зору, головним досягненням експерименту є створення нової дидактичної моделі навчання, у якій штучний інтелект виступає не заміною традиційного навчання, а засобом його оновлення, модернізації та осучаснення.

Результати порівняльного аналізу підтвердили, що використання інструментів штучного інтелекту в процесі навчання математики є ефективним засобом підвищення навчальних досягнень, розвитку компетентностей і мотивації учнів. Застосування ІІІ забезпечує:

- підвищення середнього рівня навчальних досягнень на 20–25 %;
- зростання мотивації до навчання;
- формування дослідницьких, аналітичних і рефлексивних умінь;
- створення комфортного освітнього середовища, у якому учень відчуває впевненість і зацікавленість.

Таким чином, можна зробити висновок, що впровадження інтелектуальних технологій у процес навчання математики відповідає стратегічним завданням Нової української школи, сприяє реалізації компетентнісного підходу та забезпечує розвиток особистості, здатної критично мислити, навчатися впродовж життя й творчо застосовувати знання у реальних ситуаціях.

3.2. Виявлені проблеми та шляхи їх подолання

У процесі проведення педагогічного експерименту, спрямованого на дослідження ефективності використання інструментів штучного інтелекту на уроках математики в закладі загальної середньої освіти, було виявлено низку проблем, що впливають на якість та результативність такого впровадження. Ці проблеми мають різну природу – дидактичну, методичну, організаційно-технічну, психологічну та етико-правову – і потребують системного аналізу та продуманих шляхів подолання.

Насамперед було зафіксовано неоднорідність рівня цифрової та математичної підготовки учнів, яка значною мірою вплинула на хід експерименту. Частина школярів продемонструвала високий рівень володіння цифровими пристроями, уміння працювати з веб-сервісами, швидко адаптувалася до інтерфейсів інструментів ШІ та могла зосередитися на математичному змісті завдань. Водночас інша частина учнів відчувала труднощі вже на етапі базових дій: входу в систему, формулювання запитів, коректного прочитання та інтерпретації отриманих відповідей. У результаті виникала ситуація, коли в одному класі водночас співіснували учні, які працюють із ШІ як із повноцінним інтелектуальним помічником, і ті, для кого сам факт використання такого інструмента ставав додатковою перешкодою.

Шляхами подолання цієї проблеми є, по-перше, поетапне введення інструментів ШІ в навчальний процес. Доцільно передбачити підготовчий етап, на якому вчитель діагностує рівень цифрових компетентностей учнів, проводить короткі тренінги з основ роботи з обраними сервісами, демонструє типові запити й відповіді, роз'яснює правила безпечної та відповідальної взаємодії з цифровими інструментами. По-друге, важливо забезпечити диференціацію завдань: учням із нижчим рівнем підготовки можна пропонувати більш структуровані інструкції, покрокові алгоритми, шаблони запитів, тоді як учні з високим рівнем цифрової грамотності можуть отримувати більш творчі та дослідницькі завдання.

Другою суттєвою проблемою, виявленою в ході експерименту, стала тенденція частини учнів сприймати ІІІ як «готовий розв'язувач», що потенційно знижує рівень самостійної пізнавальної діяльності. Спостереження показали, що деякі школярі прагнули перекласти на цифровий інструмент всю інтелектуальну роботу: вони обмежувалися введенням умови задачі та некритичним копіюванням отриманих відповідей, не аналізуючи логіку міркувань, не перевіряючи правильність розв'язання й не намагаючись застосувати отримані знання в нових ситуаціях. Така поведінка суперечить основним завданням математичної освіти, адже математика має розвивати логічне, критичне та творче мислення, а не лише здатність відтворювати готові результати.

Шляхом подолання цієї проблеми є зміна дидактичного акценту з кінцевого результату на процес розв'язування. Учитель має цілеспрямовано проєктувати такі завдання, у яких використання ІІІ допустиме лише на окремих етапах (наприклад, перевірка відповіді, аналіз помилок, генерування додаткових прикладів), тоді як ключові кроки розв'язування виконуються самими учнями. Корисними виявляються завдання типу: «Порівняй своє розв'язання з розв'язанням, згенерованим ІІІ», «Знайди й виправ помилки в наведеному поясненні», «Поясни, чому ця відповідь некоректна». Такі види діяльності формують навички критичної інтерпретації результатів, а ІІІ із джерела готової відповіді перетворюється на об'єкт аналізу й засіб розвитку рефлексивного мислення.

Третьою групою проблем стали методичні труднощі вчителя під час планування та проведення уроків з інтеграцією ІІІ. У ході експерименту було встановлено, що педагоги витрачають додатковий час на пошук і відбір інструментів, відпрацювання оптимальних формулювань запитів, адаптацію навчального матеріалу до можливостей конкретних моделей, розробку критеріїв оцінювання, які враховують участь ІІІ у розв'язуванні завдань. За відсутності чіткої методичної системи існує ризик, що використання ІІІ матиме епізодичний, демонстраційний характер, не буде органічно вписане в структуру уроку, а отже, не забезпечить очікуваного педагогічного ефекту.

Подолати ці труднощі можливо за рахунок цілеспрямованої методичної підтримки вчителів. Йдеться, зокрема, про розроблення і впровадження:

- методичних рекомендацій щодо вибору інструментів ІІІ для різних тем і видів діяльності (пояснення нового матеріалу, тренувальні вправи, дослідницькі проекти тощо);
- типових сценаріїв уроків із використанням ІІІ, які вчитель може адаптувати до особливостей свого класу;
- банку дидактичних матеріалів (шаблонів запитів, прикладів завдань, алгоритмів роботи, схем оцінювання), що спрощує підготовку до уроку;
- форм методичної взаємодії (майстер-класи, семінари-практикуми, обмін досвідом на засіданнях шкільних та міжшкільних методичних об'єднань).

Окремо було виокремлено організаційно-технічні проблеми, пов'язані зі станом матеріально-технічної бази закладу освіти. Не в усіх класах забезпечено достатню кількість комп'ютерів чи планшетів, спостерігалися перебої з доступом до мережі Інтернет, що інколи унеможливлювало одночасну роботу всієї групи учнів із онлайн-сервісами. Це обмежувало можливості фронтальної роботи з ІІІ та вимагало від учителя пошуку альтернативних форм організації навчальної діяльності.

Шляхами подолання таких труднощів є, з одного боку, поступове оновлення матеріально-технічної бази, а з іншого – використання гнучких організаційних моделей. Зокрема, ефективними виявилися такі форми роботи, як:

- ротація «станцій», коли частина учнів працює з цифровим інструментом, інші виконують завдання у зошитах чи з роздатковим матеріалом, а потім групи змінюються;
- робота в парах або малих групах за одним пристроєм, де учні розподіляють ролі (оператор, спостерігач, аналітик, доповідач), що одночасно розвиває комунікативні та колективні навички;
- використання режиму «демонстрації вчителя», коли учитель працює з інструментом ІІІ на проєкторі, а учні аналізують кроки, фіксують проміжні результати та пропонують власні варіанти рішень.

Важливою є також група етичних та етико-правових проблем, пов'язаних із використанням штучного інтелекту в освітньому середовищі. Йдеться про питання

академічної доброчесності (списування, запозичення готових текстів і розв'язань без посилання на джерело), безпечного поводження з персональними даними, відповідального ставлення до інформації, яку генерує ШІ. У ході експерименту було зафіксовано окремі випадки, коли учні намагалися видати згенерований інструментом текст за власну роботу, а також ситуації некритичного використання сумнівних або некоректних відповідей.

Вирішення цих проблем потребує запровадження чітких правил і норм використання ШІ у закладі освіти. Доцільно розробити локальні документи (положення, рекомендації, пам'ятки для учнів і батьків), у яких будуть визначені допустимі та недопустимі способи використання інструментів ШІ, вимоги до посилань на джерела, критерії самостійності виконання робіт. Важливим є також систематичне формування в учнів розуміння принципів академічної доброчесності та відповідальності за результати навчальної діяльності.

Не менш значущими виявилися психологічні та емоційні аспекти впровадження ШІ на уроках математики. Для частини учнів новий формат роботи став додатковим мотивувальним чинником: використання сучасних технологій викликало інтерес, сприяло підвищенню залученості, активізувало пізнавальну діяльність. Водночас у деяких школярів виникали тривога, невпевненість у власних силах, страх «натиснути щось не те» або «зробити помилку» у взаємодії з інструментом. Перевантаження одночасною обробкою математичної інформації та нових цифрових дій могло призводити до підвищення когнітивної напруги.

Подолання цих труднощів передбачає дотримання принципу поступовості й психологічного комфорту. Вчителю варто починати з простих, коротких фрагментів роботи з ШІ, обирати добре знайомий для учнів навчальний матеріал, чітко інструктувати щодо кожного кроку, створювати атмосферу підтримки, де помилка розглядається як природна частина навчання. Ефективною є організація спільного обговорення результатів, коли учні можуть поділитися труднощами, поставити запитання, отримати допомогу як від учителя, так і від однокласників.

Узагальнюючи викладене, слід підкреслити, що виявлені проблеми не є підставою для відмови від використання штучного інтелекту на уроках математики.

Навпаки, вони окреслюють ключові напрями вдосконалення методики, зокрема: підвищення рівня цифрової компетентності всіх учасників освітнього процесу, розробку дидактичних моделей, орієнтованих на розвиток критичного й рефлексивного мислення, посилення методичної підтримки вчителів, покращення організаційно-технічних умов та формування чітких етичних орієнтирів. Саме системна робота в цих напрямках створює передумови для ефективної й безпечної інтеграції технологій штучного інтелекту у навчання математики в ЗЗСО.

3.3. Рекомендації та перспективи подальшого використання ІІІ у викладанні математики

Розвиток цифрових технологій, зокрема систем штучного інтелекту, відкриває перед освітою принципово нові можливості. З кожним роком зростає кількість інструментів, здатних допомагати вчителю аналізувати навчальні дані, створювати адаптивні завдання, проводити візуалізацію складних процесів і забезпечувати миттєвий зворотний зв'язок для учнів. Однак ефективне використання таких технологій вимагає продуманої педагогічної стратегії, що спирається на науково-методичні принципи, результати педагогічних експериментів і враховує потреби сучасного школяра.

На основі проведеного дослідження, аналізу навчальних досягнень та спостережень за процесом упровадження ІІІ у викладанні теми «Квадратні рівняння», сформульовано низку практичних рекомендацій для вчителів математики, методистів і керівників освітніх закладів.

По-перше, учителю слід розглядати штучний інтелект не як мету, а як педагогічний інструмент. Основне завдання — не навчити дітей користуватись технологією, а навчити мислити завдяки їй. Використання ІІІ повинно підсилювати діяльнісний, дослідницький і творчий характер уроку. Це означає, що кожен інструмент має застосовуватись із чітко визначеною дидактичною функцією: ChatGPT — для пояснення або рефлексії, Wolfram Alpha — для аналізу алгоритму, GeoGebra AI — для візуалізації, Canva або Gamma AI — для створення навчальних продуктів.

По-друге, необхідно забезпечити системність інтеграції ІІІ у навчальний процес. Епізодичне використання технологій не дає сталого ефекту. Найкращі результати спостерігаються тоді, коли інтелектуальні інструменти поступово вплітаються у всі етапи освітнього циклу — від мотивації й пояснення нового матеріалу до контролю знань і узагальнення.

По-третє, важливо підтримувати баланс між цифровими та традиційними методами навчання. Жодна технологія не замінить живого спілкування між учителем і учнем, а також емоційно-ціннісної складової навчання. ІІІ повинен виступати розумним помічником, а не центром уроку. Для цього доцільно

комбінувати роботу в цифровому середовищі з аналітичними вправами, творчими завданнями й груповими дискусіями.

Крім того, вчителю варто формувати цифрову культуру мислення серед учнів. Під час використання інтелектуальних систем школярі мають усвідомлювати відповідальність за власні дії: перевіряти достовірність інформації, уникати плагіату, використовувати результати ШІ етично. Одним із ефективних прийомів є «діалог із технологією»: учні ставлять запитання ШІ, аналізують відповідь, виправляють неточності та обговорюють, чому саме алгоритм міг помилитися.

По-четверте, одним із пріоритетів має стати створення науково-методичних платформ і спільнот практики, які б об'єднували педагогів, що впроваджують ШІ у навчання. Обмін досвідом, спільна розробка навчальних матеріалів, аналіз результатів і труднощів забезпечують ефект синергії та дозволяють педагогам зростати професійно. Такі спільноти можуть функціонувати у форматі хмарних ресурсів (Google Workspace for Education, Microsoft Teams, Moodle) або у вигляді відкритих Telegram/Discord-груп, де вчителі обговорюють практичні кейси, сценарії уроків і нові інструменти.

По-п'яте, варто передбачити **підготовку педагогів до роботи з інтелектуальними технологіями** на рівні післядипломної освіти. Курси підвищення кваліфікації мають включати не лише технічні аспекти (як користуватися ChatGPT чи Wolfram Alpha), а й методичні: як формулювати навчальні завдання з використанням ШІ, як організовувати самостійну роботу учнів, як здійснювати оцінювання результатів. Ефективною формою навчання вчителів можуть бути тренінги типу *«AI у шкільній освіті»*, *«Інтелектуальні помічники в STEM-освіті»*, *«Математика і штучний інтелект»*.

По-шосте, необхідно розвивати інфраструктурну базу шкіл. Навіть найкраща методика не буде ефективною без технічної підтримки. Потрібно забезпечити стабільне інтернет-з'єднання, оновити комп'ютерне обладнання, використовувати ліцензійні освітні платформи, інтерактивні панелі, цифрові лабораторії. Для цього доцільно залучати ресурси державних програм (наприклад, «Нова українська школа», «STEM-освіта», «Цифрова трансформація освіти»), а також місцеві бюджети й партнерські проекти з бізнесом.

Перспективним напрямом є створення інтегрованих цифрових екосистем, у яких поєднуються інструменти для навчання, оцінювання та аналітики. Такі системи можуть автоматично відстежувати прогрес учнів, виявляти прогалини у знаннях і пропонувати індивідуальні траєкторії навчання. Наприклад, ChatGPT або Gemini AI можуть бути інтегровані у систему Google Classroom як інтелектуальні консультанти, що допомагають учневі розібратися з помилками у завданні.

Подальший розвиток освіти неможливий без переосмислення ролі вчителя. У майбутньому педагог має стати куратором інтелектуального середовища, здатним керувати цифровими ресурсами, оцінювати якість їх роботи та формувати у школярів навички критичного мислення. Учитель стає наставником, який не лише пояснює математичні закономірності, а й навчає учнів працювати з інформацією, ставити запитання, перевіряти відповіді, вчитися у технологій і разом із ними.

Важливою рекомендацією є розвиток проєктно-дослідницького навчання з використанням ІІІ. Учні можуть створювати власні міні-дослідження: наприклад, моделювати фізичні процеси за допомогою квадратних функцій, будувати статистичні графіки, аналізувати рух тіл або економічні тенденції. Такі завдання формують не лише математичні, а й цифрові, інформаційні, комунікативні компетентності, розвивають уміння працювати в команді й презентувати результати.

Водночас перспективним напрямом є впровадження адаптивних освітніх середовищ, у яких технологія підлаштовується під індивідуальні особливості учня. Наприклад, системи типу Squirrel AI чи Century Tech уже використовуються у світі для адаптивного навчання математики. Вони аналізують відповіді учня, визначають слабкі місця й автоматично пропонують додаткові пояснення або вправи. Українські школи також можуть поступово впроваджувати подібні рішення на базі вітчизняних освітніх платформ.

У перспективі розвитку освіти штучний інтелект стане не просто допоміжним інструментом, а невід'ємним елементом навчального середовища, який забезпечує персоналізацію, аналітику та ефективну взаємодію між усіма учасниками освітнього процесу. У викладанні математики це означає перехід від репродуктивного засвоєння знань до моделі інтелектуально-дослідницького

навчання, де учень не просто виконує завдання, а створює нове знання у співпраці з технологією.

У найближчі роки можна прогнозувати появу інтелектуальних освітніх платформ нового покоління, які поєднуюватимуть можливості аналізу навчальних даних, адаптації завдань до рівня учня та підтримки викладача через автоматичне генерування методичних рекомендацій. Такі системи допоможуть учителю прогнозувати прогрес учнів, вчасно виявляти труднощі, планувати індивідуальну роботу.

ІІІ зможе виступати у ролі віртуального тьютора або ментора, який супроводжує учня в процесі навчання, підказує наступні кроки, нагадує про теми, що потребують повторення, допомагає структурувати матеріал і навіть створює особисті навчальні звіти. У поєднанні з аналітикою великих даних це відкриє нові горизонти для педагогічної діагностики та освітнього прогнозування.

Водночас розвиток штучного інтелекту в освіті вимагає збереження гуманістичних орієнтирів. Технології мають слугувати людині, а не підміняти її. Математика — це не лише про числа, а про мислення, логіку, творчість. Тому вчитель залишається ключовою фігурою, яка спрямовує учнів, допомагає осмислювати результати, бачити красу математичних закономірностей. Завдання ІІІ — розширювати можливості педагога, а не обмежувати його роль.

Важливою перспективою є розвиток освітньої аналітики на основі ІІІ, яка дозволить точно вимірювати індивідуальні траєкторії навчання. Наприклад, система може фіксувати, які типи задач учень розв'язує успішно, а де виникають труднощі, і пропонувати вчителю персоналізовані звіти. Це сприятиме підвищенню об'єктивності оцінювання та якості педагогічних рішень.

Не менш значущим є розвиток етичної освіти у сфері штучного інтелекту. Уже в шкільному курсі математики варто вводити елементи цифрової етики: обговорення питань справедливості алгоритмів, можливостей і ризиків автоматизації, ролі людини в управлінні технологіями. Це допоможе формувати в учнів відповідальне ставлення до майбутніх цифрових процесів і усвідомлення того, що технології — це насамперед інструмент, який потребує мудрого використання.

Педагогічно значущим є також розвиток нових форм навчальної взаємодії: спільне створення навчального контенту людиною та ШІ, інтерактивні вікторини з автоматичною адаптацією до рівня складності, побудова віртуальних лабораторій, де можна проводити математичні експерименти. Такі практики не лише роблять навчання ефективним, а й емоційно привабливим.

Використання штучного інтелекту у викладанні математики має значний потенціал для розвитку сучасної освіти. На основі результатів проведеного експерименту можна стверджувати, що ШІ підвищує ефективність засвоєння математичних знань завдяки візуалізації, адаптації навчального матеріалу та оперативному зворотному зв'язку, а також розвиває в учнів дослідницьке мислення, самостійність, аналітичні й креативні здібності. Найвищих результатів досягають ті школярі, які сприймають технологію як партнера в пізнанні, а не як заміну власного мислення. Водночас подальше впровадження ШІ у навчання потребує системної підготовки педагогів, розвитку інфраструктури, створення методичних рекомендацій і формування культури етичного використання технологій. Перспективи полягають у розбудові адаптивних освітніх систем, інтеграції ШІ з аналітикою навчальних даних, формуванні віртуальних тьюторів та інтелектуальних лабораторій з математики. Таким чином, штучний інтелект постає не просто як технологічне нововведення, а як інструмент гуманістичного оновлення освіти, що допомагає розкрити творчий потенціал як учня, так і вчителя, а його раціональне й осмислене використання у викладанні математики сприятиме становленню нового покоління мислячих, критичних, креативних громадян, здатних ефективно жити й навчатися у цифровому світі.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі здійснено всебічне дослідження можливостей, умов і результативності застосування технологій штучного інтелекту у формуванні математичних компетентностей учнів закладу загальної середньої освіти. Комплексний аналіз теоретичних праць, методичних підходів і практичного досвіду дав змогу обґрунтувати, що впровадження ШІ в освітній процес є не окремим трендом, а закономірною відповіддю на сучасні виклики цифровізації освіти. Використання інтелектуальних систем сприяє не лише підвищенню гнучкості та доступності навчального матеріалу, а й забезпечує індивідуалізацію освітньої траєкторії, адаптивність подачі змісту, оперативний, об'єктивний зворотний зв'язок та можливість глибшого аналізу навчальної діяльності учнів.

Перший розділ дослідження висвітлює теоретичні засади цифрової трансформації освіти та роль штучного інтелекту в оновленні методики викладання математики. Аналіз нормативних документів, наукових напрацювань і методичних джерел показав, що інструменти ШІ здатні виконувати широкий спектр педагогічних функцій: від генерації навчального контенту, візуалізації абстрактних математичних понять і пояснення алгоритмів — до діагностики помилок, прогнозування складнощів і підтримки індивідуальних освітніх траєкторій учнів. Доведено, що поєднання традиційних методів з можливостями ШІ сприяє формуванню глибших математичних умінь: логічного та аналітичного мислення, здатності порівнювати математичні моделі, встановлювати закономірності, робити аргументовані висновки й критично оцінювати інформацію.

У цьому ж розділі визначено методичні підходи, що забезпечують ефективну інтеграцію ШІ в урок математики: компетентнісний, діяльнісний, конструктивістський і проблемно-пошуковий. Показано, що інтелектуальні системи створюють додаткові умови для розвитку дослідницьких умінь, оскільки їх інтерактивність стимулює учнів до експериментування, постановки математичних гіпотез, самостійного пошуку розв'язань та рефлексії над власними помилками. Узагальнення теоретичного аналізу дало змогу визначити ключові умови ефективного впровадження ШІ: педагогічна доцільність, методична цілісність,

продумана системність використання, відповідний рівень цифрової компетентності учителя та учнів, а також належна технічна підтримка освітнього середовища.

У другому розділі розроблено і реалізовано експериментальний план-конспект уроку математики із системною інтеграцією інструментів штучного інтелекту — ChatGPT, GeoGebra AI, Wolfram Alpha, Canva Magic Write та Gamma AI. Добір цих інструментів був методично обґрунтований відповідно до теми «Квадратні рівняння» та навчальних цілей уроку. Визначено їх дидактичні функції: пояснення нового матеріалу, графічне моделювання та візуалізація абстракцій, покроковий аналіз математичних дій учнів, генерування варіативних практичних завдань, підтримка самостійної роботи й організація рефлексії. Апробація розробленого уроку продемонструвала, що інтелектуальні інструменти допомагають активізувати пізнавальну діяльність школярів, розширюють спектр навчальних завдань, забезпечують швидкий і персоналізований зворотний зв'язок, а також сприяють кращому розумінню алгоритмів та графічних властивостей квадратної функції.

Учні, які працювали із залученням ІІІ, продемонстрували підвищення рівня зацікавленості, готовність до більш активної участі у навчальному процесі, зростання впевненості у виконанні завдань і кращі результати рефлексії. Особливо показовим стало те, що учні навчилися критично оцінювати відповіді ІІІ та перевіряти запропоновані рішення, що є важливою складовою математичної грамотності. Використання інтелектуальних систем у контролі знань підвищило об'єктивність оцінювання та дало змогу діагностувати типові помилки й індивідуальні труднощі кожного учня.

У третьому розділі проведено емпіричне дослідження результативності застосування ІІІ у формуванні математичних компетентностей. Порівняння результатів до та після впровадження ІІІ підтвердило наявність позитивної динаміки: учні експериментальної групи досягли значно вищих результатів у розв'язуванні задач, глибше розуміли ключові поняття, рідше допускали типові помилки та демонстрували вищу мотивацію до навчання порівняно з учнями контрольної групи. Особливо відчутний прогрес спостерігався у школярів із

початковим та середнім рівнем підготовки, що свідчить про адаптивний потенціал інтелектуальних технологій.

Поряд із позитивними результатами виявлено низку проблем, які супроводжують інтеграцію ІІІ в освітній процес: різний рівень цифрової компетентності учнів, потреба у підготовці педагогів до роботи з інтелектуальними системами, нерівномірне технічне оснащення закладів, необхідність методичного супроводу впровадження цифрових технологій та ризики надмірної опори на автоматизовані рішення. Запропоновані рекомендації передбачають послідовне підвищення цифрової грамотності педагогів і учнів, інтеграцію критичного мислення у роботу з ІІІ, створення навчальних модулів на основі адаптивних алгоритмів та поступове ускладнення математичних завдань із контролем самостійності виконання.

Підсумовуючи результати всієї роботи, можна стверджувати, що поставлені мета і завдання дослідження виконано повністю. Створена методична модель інтеграції ІІІ в навчання математики, апробована у вигляді повноцінного уроку та підтверджена експериментальними результатами, доводить ефективність штучного інтелекту як інструмента підвищення якості математичної освіти. Отримані дані мають не лише наукове, а й важливе практичне значення: матеріали можуть бути впроваджені у шкільний освітній процес, використані у методичній роботі, системі підвищення кваліфікації педагогів та у підготовці майбутніх учителів математики.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує, що штучний інтелект є потужним засобом модернізації навчання математики, здатним забезпечити новий рівень індивідуалізації, аналітичності та ефективності освітнього процесу. Результати роботи створюють підґрунтя для подальших наукових пошуків у напрямі оптимізації моделей уроку, удосконалення цифрових педагогічних інструментів і розвитку компетентностей учнів в умовах стрімкої цифрової трансформації освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев В. І. Педагогіка творчої діяльності. Київ: Центр учбової літератури, 2018.
2. European Schoolnet. AI and Education: The European Perspective. Brussels, 2024.
3. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
4. Кухаренко В. М., Рибалко О. В. Теорія і практика дистанційного навчання. Харків: НТУ «ХПІ», 2020.
5. Luckin R. et al. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. London: Pearson, 2016.
6. Писаренко В. Використання технологій штучного інтелекту у навчанні математики. Освітній дискурс, 1(2), 45–53, 2021.
7. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2020.
8. Шишкіна М. П. Цифрова трансформація освіти: концепції, моделі, перспективи. Інформаційні технології і засоби навчання, № 3(89), 2022.
9. UNESCO. AI and Education: Guidance for Policy-makers. Paris: UNESCO, 2023.
10. Molnar A. The Promise and Peril of Artificial Intelligence in Education. Educational Researcher, 2023.
11. UNESCO Institute for Statistics. ICT Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO, 2018.
12. OECD. Artificial Intelligence in Society. Paris: OECD Publishing, 2019.
13. Биков В. Ю. Хмаро орієнтоване освітнє середовище: методологія створення і розвитку. Київ: Педагогічна думка, 2020.
14. Морзе Н. В., Барна О. В. Цифрова компетентність сучасного вчителя: зміст, структура, шляхи формування. ІКТ в освіті, №1, 2021.
15. Eryilmaz M., Baker R. Using AI-Based Analytics to Improve Students' Mathematical Reasoning. Journal of Learning Analytics, 2022.
16. World Economic Forum. Learning 4.0: Skills for the Age of AI. Geneva: WEF, 2024.

17. Li X., Zhang Y. Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Systematic Review. Computers & Education, 2021.
18. Кабінет Міністрів України. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні. Розпорядження КМУ №1556-р від 02.12.2020. Київ, 2020.
19. Міністерство цифрової трансформації України. Стратегія розвитку цифрової освіти в Україні. Київ: Мінцифра, 2021.
20. Гриценко О. В., Кулик М. М., Литвин В. В. Штучний інтелект: стан, тенденції та перспективи розвитку в Україні. Київ: НАН України, 2020.

Тема: Квадратні рівняння

Тип уроку:

Комбінований

Мета уроку

Навчальна: сформувати поняття квадратного рівняння та дискримінанта; навчити застосовувати формулу коренів квадратного рівняння; навчити визначати вид квадратного рівняння.

Розвивальна: розвивати логічне мислення, уміння аналізувати рівняння, формувати навички роботи з цифровими інструментами.

Виховна: виховувати інтерес до математики та культуру математичного мислення.

Очікувані результати: учні розпізнають квадратні рівняння, обчислюють дискримінант, визначають кількість коренів, розв'язують рівняння за формулою, використовують цифрові інструменти як допоміжні.

Очікувані результати

Учень/учениця:

розпізнає квадратні рівняння;

обчислює дискримінант;

визначає кількість коренів за D ;

знаходить корені квадратного рівняння за формулою;

використовує цифрові інструменти (GeoGebra AI, Wolfram Alpha, ChatGPT як довідник) як допоміжні засоби, не замінюючи власних обчислень.

Компетентності

Математична: уміння аналізувати рівняння, виконувати математичні обчислення.

ІКТ-компетентність: використання учнем цифрових інструментів для перевірки результатів.

Комунікативна: робота в парах і групах, обговорення.

Навчальна: уміння працювати самостійно, здійснювати рефлексію.

Обладнання

мультимедійна панель;

підручник;

роздруківки «Кроки розв'язування квадратного рівняння»;

доступ учнів до смартфонів/планшетів (за потреби).

Цифрові інструменти:

GeoGebra AI (візуалізація параболи й дискримінанта)

Wolfram Alpha (перевірка результатів)

ChatGPT (лише як джерело додаткових пояснень, не для основних обчислень)

Хід уроку:

1. Організаційний момент. Використання ІІІ для привітання.(1-2хв)

Вітання, налаштування учнів на роботу.

Використання ІІІ:

Учитель демонструє коротке привітання, згенероване ChatGPT (1 речення) — як приклад цифрових інструментів у сучасному світі.

2. Перевірка домашнього завдання (2 хв)

Гра «Знайди помилку»

Записуємо на дошці розв'язання домашніх вправ, припустившись кількох «найбільш типових» помилок; учні шукають і виправляють помилки, коментуючи свої дії.

3. Повідомлення теми і мети уроку. Мотивація навчальної діяльності (2 хв)

Відео (Canva): траєкторія м'яча — приклад параболи.

Квадратні рівняння зустрічаються всюди: у фізиці, техніці, економіці, будівництві та навіть у спорті — коли треба визначити траєкторію м'яча чи оптимальні параметри конструкції.

Сьогодні ви побачите, що квадратні рівняння — це зручний інструмент, який допомагає швидко знаходити невідомі величини в реальних задачах. Опанувавши їх, ви зможете розв'язувати значно складніші ситуації як у навчанні, так і в житті.

4. Актуалізація опорних знань (2-3 хв)

Міні-вікторина «Які рівняння є квадратними?» (на екрані).

Учні працюють у парах, позначають варіанти.

Учитель перевіряє усно

Вікторина «Які рівняння є квадратними?»

1. Яке з наведених рівнянь є квадратним?

- $3x + 7 = 0$

- $5x^2 - 2x + 1 = 0$

- $7 - x = 0$

- $x^3 - 4 = 0$

2. Укажіть квадратне рівняння:

- $x^2 = 9$

- $2x - 8 = 0$

- $x^3 + x^2 + 1 = 0$

- $5x + 3 = 0$

3. Яке рівняння є квадратним за означенням?

- Рівняння виду $ax^2 + bx + c = 0$, де $a \neq 0$

- Рівняння виду $ax + b = 0$

- Рівняння з будь-яким степенем змінної

- Рівняння, де є лише x^2

4. Виберіть квадратне рівняння:

- $7x^2 = 0$

- $4x^3 - 2 = 0$

- $8 - x = 0$

- $x + 1 = 0$

5. Де НЕ є квадратне рівняння?

- $x^2 - 16 = 0$

- $4x^2 + 3x = 0$

- $6x^3 - 2x = 0$

- $9 - x^2 = 0$

6. Оберіть приклад повного квадратного рівняння:

- $x^2 - 5 = 0$

- $3x^2 + 2x + 7 = 0$

- $4x^2 = 0$

- $x^2 + 9x = 0$

7. Оберіть приклад неповного квадратного рівняння:

- $2x^2 + 5x + 1 = 0$

- $x^2 + 4x = 0$

- $5x - 7 = 0$

- $x^3 - x = 0$

8. Яке з рівнянь є квадратним після перетворення?

- $x(x + 5) = 0$

- $x - 7 = 0$

- $3x^3 = 0$

- $1 = 0$

5. Вивчення нового матеріалу. Пояснення дискримінанта та візуалізація GeoGebra AI. (10 хв)

Означення: Квадратне рівняння – це рівняння виду $ax^2 + bx + c = 0$, де a, b, c – будь-які числа, а $a \neq 0$.

Коефіцієнти: a – старший коефіцієнт, b – другий коефіцієнт, c – вільний член.

- Давайте розглянемо всі види неповних квадратних рівнянь.

$$ax^2 + bx + c = 0$$

1) $b, c = 0$

2) $c = 0$

3) $b = 0$

$$ax^2 = 0$$

$$ax^2 + bx = 0$$

$$ax^2 + c = 0$$

$$x = 0$$

$$x(ax + b) = 0$$

$$x^2 = -\frac{c}{a} \geq 0$$

$$x^2 = -\frac{c}{a} \leq 0$$

один

$$x_1 = 0, x_2 = -\frac{b}{a}$$

$$x_1 = -\sqrt{-\frac{c}{a}}$$

рівняння

корінь

два корені

$$x_2 = \sqrt{-\frac{c}{a}}$$

розв'язків

два корені

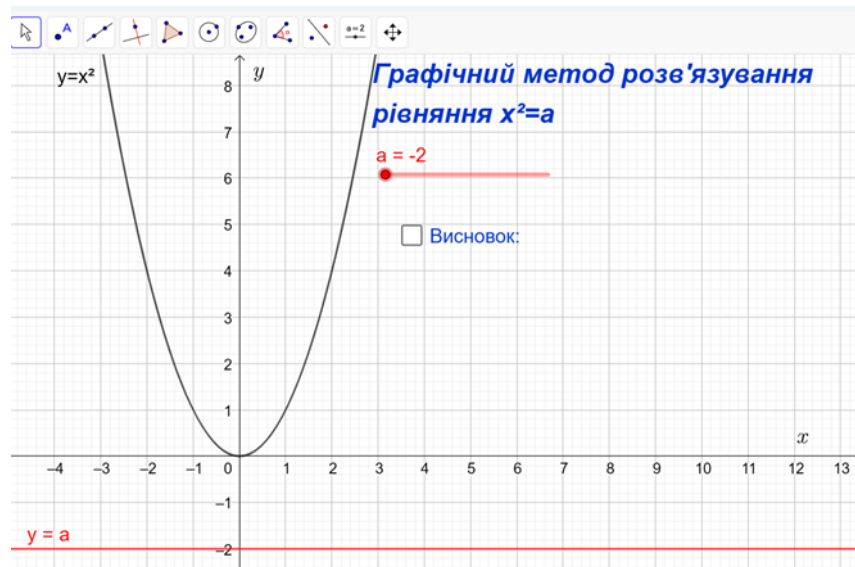
немає

Неповні квадратні рівняння:

$$x^2 - 9 = 0 \quad (b = 0)$$

$$x^2 + 4x = 0 \quad (c = 0)$$

$$x^2 + 1 = 0 \quad (b = 0 \text{ і } c = 0)$$



Повні квадратні рівняння: $ax^2 + bx + c = 0$, де $a, b, c \neq 0$.

Розв'язання повних квадратних рівнянь:

Дискримінант: $D = b^2 - 4ac$.

Формули коренів:

Покрокове виведення формули коренів квадратного рівняння та приклад використання сервісу ChatGPT як цифрового асистента на уроці математики під час вивчення теми «Квадратні рівняння». Обговорюєте ролі:

ChatGPT — «асистент», який допоміг структуровано побачити кроки.

Учні — ті, хто перевіряє логіку, переписує, аналізує, формулює своїми словами

Покрокове виведення формули коренів квадратного рівняння

Розглянемо загальне квадратне рівняння виду $ax^2 + bx + c = 0$, де $a \neq 0$.

Крок 1. Поділимо обидві частини рівняння на a , щоб коефіцієнт при x^2 став рівним 1:

$$x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a} = 0.$$

Крок 2. Перенесемо вільний член у праву частину рівняння:

$$x^2 + \frac{b}{a}x = -\frac{c}{a}.$$

Крок 3. Додамо до обох частин рівняння квадрат половини коефіцієнта при x . Половина коефіцієнта (b/a) дорівнює $b/(2a)$, її квадрат — $(b^2)/(4a^2)$. Додаємо це число ліворуч і праворуч:

$$x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{b^2}{4a^2} = -\frac{c}{a} + \frac{b^2}{4a^2}.$$

Крок 4. Ліва частина рівняння перетворюється на повний квадрат двочлена:

$$\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = -\frac{c}{a} + \frac{b^2}{4a^2}.$$

Крок 5. Зведемо праву частину до спільного знаменника $4a^2$. Маємо $-c/a = -4ac/(4a^2)$, отже:

$$-\frac{c}{a} + \frac{b^2}{4a^2} = \frac{b^2 - 4ac}{4a^2}.$$

Крок 6. Візьмемо квадратний корінь з обох частин рівняння, враховуючи знак «плюс-мінус»:

$$x + \frac{b}{2a} = \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Крок 7. Виразимо x , перенісши доданок $b/(2a)$ в праву частину:

$$x = -\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Отже, одержуємо загальну формулу коренів квадратного рівняння:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

, де $D = b^2 - 4ac$ — дискримінант квадратного рівняння.

Чи могли б ви тепер відтворити виведення без ChatGPT ?

Міні-завдання: дати учням порожню схему (кроки з пропусками) й попросити заповнити.

Кількість коренів залежить від знака дискримінанта:

Якщо $D > 0$, два різних корені.

Якщо $D = 0$, один корінь.

Якщо $D < 0$, коренів немає.

5. Розв’язування рівнянь із підручника біля дошки. (коментування вчителя)

Розв'яжіть рівняння:

а) $2x^2 - 72 = 0$. Відповідь: -6; 6.

б) $5x^2 - 8x = 0$. Відповідь: 0; 1,6.

в) $x^2 + 121 = 0$. Відповідь: коренів немає .

г) $25x^2 - 16 = 0$. Відповідь: -0,8; 0,8.

6. Практична робота. Перевірка відповідей в Wolfram Alpha.

Розв'язати рівняння

1) Робота в групах.

I група

Розв'язати рівняння:

1. $8x^2 = 0$;

2. $4x^2 - 2x = x(x - 2)$.

II група

Розв'язати рівняння:

1. $x^2 - 2x = 0$;

2. $-2x^2 + 6 = 3(x^2 + x + 2)$.

III група

Розв'язати рівняння:

1. $x^2 - 9 = 0$;

2. $2(x^2 - 1) = x^2 - 1$.

7. Творче завдання. Canva / Gamma AI.

Діти створюють схему/інфографіку «Алгоритм розв'язування квадратного рівняння».

8. Підсумок уроку. Питання ChatGPT.

1. Квадратним рівнянням називається рівняння виду

2. Числа a, b, c - це квадратного рівняння.
3. Складіть квадратне рівняння у якого перший коефіцієнт 3, другий 5, а вільний член дорівнює 15.
4. Якщо другий коефіцієнт або вільний член дорівнює нулю , то таке рівняння називається.....
5. Існує види неповних квадратних рівнянь.

8. Рефлексія Метод «Три вислови»:

Учні завершують фрази:

Сьогодні я дізнався...

Я навчився...

Мені ще потрібно потренувати...

9. Домашнє завдання:

1. Розв'язати квадратні рівняння
 - а) $5x^2 - 9x + 4 = 0$;
 - б) $x^2 + 3x - 10 = 0$;
 - в) $-x^2 - 8x + 1 = 0$;
2. Створити коротке пояснення «Де в реальному житті застосовують квадратні рівняння ? ».
3. За бажанням — отримати 3 нові задачі від ІІІ.