

Міністерство освіти і науки України
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет інформаційних технологій і математики
Кафедра теорії функцій та методики навчання математики

На правах рукопису

Свіргун Ірина Володимирівна

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ЛІНІЇ «ФУНКЦІЇ»

Спеціальність 014 Середня освіта (Математика)
Освітньо-професійна програма «Середня освіта. Математика»

Робота на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Науковий керівник:
ПАДАЛКО НІНА ЙОСИПІВНА,
доцент кафедри теорії функцій
та методики навчання математики,
кандидат педагогічних наук

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____
засідання кафедри теорії функцій та методики навчання математики
від _____ 2025 р.

Завідувач кафедри
Гембарська С.Б. _____

ЛУЦЬК – 2025

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІЙ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ.....	9
1.1. Поняття змістової лінії «Функції» у шкільній математичній освіті	9
1.2. Методи навчання функцій у сучасній школі	15
1.3. Степенева функція, її графік та властивості.....	19
1.4. Порівняльний аналіз чинних навчальних програм	22
1.5. Аналіз підручників з математики (10 клас) щодо подання теми «Степенева функція»	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИВЧЕННІ ФУНКЦІЙ	34
2.1. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні функцій ...	34
2.2. Порівняльний аналіз інформаційно-комунікаційних технологій для вивчення функцій.....	40
РОЗДІЛ 3. ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІКТ ПРИ ВИВЧЕННІ ФУНКЦІЙ	54
3.1. Організація та етапи педагогічного експерименту.....	54
3.2. Методика впровадження ІКТ у процес вивчення функцій	57
3.3. Аналіз результатів	62
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ	80

АНОТАЦІЯ

Свіргун І.В. Використання інформаційно-комунікаційних технологій для вивчення змістової лінії «Функції». Магістерська робота. Луцьк, 2025. 84 с.

У магістерській роботі здійснено аналіз сучасного стану використання ІКТ у навчанні математики, охарактеризовано психолого-педагогічні умови ефективного засвоєння теми «Функція» та визначено потенціал цифрових середовищ GeoGebra, Desmos, LearningApps, Kahoot, Classtime у візуалізації функціональних залежностей. На основі узагальнення теоретичних положень і практичних спостережень розроблено методичні рекомендації щодо інтеграції ІКТ у навчальний процес.

Проведено педагогічний експеримент, який засвідчив, що застосування ІКТ сприяє підвищенню якості знань учнів, зростанню їх мотивації та розвитку дослідницьких навичок. Встановлено, що використання цифрових інструментів підвищує рівень засвоєння матеріалу на 20–25%, а також формує ключові компетентності XXI століття: уміння аналізувати, моделювати та робити висновки на основі даних.

Практичне значення полягає у створенні методичних рекомендацій для вчителів математики щодо інтеграції ІКТ у навчальний процес, а також у можливості застосування запропонованої методики у дистанційному та змішаному форматах навчання. Отримані результати мають практичне значення для педагогів, які прагнуть осучаснити навчальний процес, поєднуючи традиційні методи викладання з інноваційними підходами, орієнтованими на розвиток творчої та дослідницької активності учнів.

Ключові слова: *інформаційно-комунікаційні технології, функція, GeoGebra, Desmos, математична освіта, методика навчання, компетентності, інтерактивне навчання.*

ABSTRACT

Svirhun I.V. The Use of Information and Communication Technologies for Studying the “Functions” Content Line. Master’s Thesis. Lutsk, 2025. 84 pp.

The **master’s thesis** analyzes the current state of ICT implementation in mathematics education, identifies the psychological and pedagogical conditions for the effective study of functions, and explores the potential of digital tools such as GeoGebra, Desmos, LearningApps, Kahoot, and Classtime for visualizing functional dependencies. Based on theoretical synthesis and practical experimentation, methodological recommendations for integrating ICT into mathematics lessons were developed.

A pedagogical experiment proved that the use of ICT increases students’ achievement, engagement, and research skills. The study found that the use of digital tools improved comprehension by 20–25% and fostered 21st-century competencies such as data analysis, modeling, and logical reasoning.

Practical significance consists in creating methodological recommendations for mathematics teachers on the effective use of ICT in both classroom and distance learning formats. The obtained results have practical significance for educators who aim to modernize the teaching process by combining traditional teaching methods with innovative approaches focused on fostering students creative and research activity.

Keywords: *information and communication technologies, function, GeoGebra, Desmos, mathematics education, teaching methodology, competencies, interactive learning.*

ВСТУП

У сучасній освітній парадигмі, що орієнтована на компетентнісний підхід, інформаційно-комунікаційні технології (далі – ІКТ) виступають не лише як допоміжний інструмент, а як стратегічний ресурс оновлення навчального процесу. Освіта в умовах цифрової трансформації суспільства вимагає від педагогів нових підходів до організації навчання, здатних забезпечити високий рівень засвоєння знань, розвиток критичного мислення, комунікаційних і дослідницьких компетентностей. Однією з найскладніших, але водночас базових тем шкільного курсу математики є вивчення змістової лінії «Функція». Цей розділ формує логіко-аналітичне мислення учнів, навчає розуміти взаємозв'язки між величинами, працювати з графічними моделями та застосовувати отримані знання на практиці. Однак традиційні форми навчання не завжди забезпечують належний рівень розуміння абстрактних понять, тому впровадження ІКТ у процес вивчення теми «Функція» стає необхідною умовою модернізації математичної освіти.

Критичний аналіз наукових джерел і педагогічної практики свідчить, що питання інтеграції ІКТ у навчання математики вже не є новим, однак воно потребує подальшої конкретизації та систематизації. Сучасні дослідження спрямовані переважно на розробку окремих цифрових інструментів або інтерактивних методик, проте менш уваги приділяється цілісним підходам до побудови навчального процесу, в якому ІКТ стають інтегрованою складовою системи формування математичних компетентностей. Зокрема, недостатньо розроблені методичні рекомендації щодо ефективного використання таких ресурсів, як GeoGebra, Desmos, LearningApps, Kahoot, Classtime у процесі вивчення змістової лінії «Функція». Проблемним залишається питання поєднання традиційних і цифрових технологій з урахуванням психолого-педагогічних особливостей учнів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення якості математичної освіти шляхом інтеграції сучасних ІКТ у навчальний

процес. Упровадження цифрових ресурсів дозволяє не лише зробити матеріал більш наочним і динамічним, а й забезпечити активну участь учнів у пізнавальному процесі. Використання інтерактивних середовищ створює умови для дослідження функціональних залежностей, формує навички моделювання, прогнозування та аналітичного мислення. Крім того, цифровізація навчального простору відповідає основним завданням Нової української школи — формуванню в учнів здатності самостійно здобувати знання, мислити критично та адаптуватися до викликів сучасного світу.

Метою дослідження є науково-методичне обґрунтування та розроблення ефективних підходів до використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення змістової лінії «Функція» з метою підвищення рівня засвоєння знань, розвитку пізнавальної активності та математичного мислення учнів.

Для досягнення поставленої мети передбачено розв’язання таких **завдань**:

- проаналізувати сучасний стан використання ІКТ у навчанні математики;
- визначити психолого-педагогічні передумови ефективного засвоєння теми «Функція»;
- дослідити потенціал програмних середовищ GeoGebra, Desmos, LearningApps та інших цифрових інструментів для візуалізації функціональних залежностей;
- розробити методичні рекомендації щодо інтеграції ІКТ у процес навчання теми «Функція»;
- експериментально перевірити вплив застосування ІКТ на рівень успішності та мотивації учнів.

Об’єктом дослідження є процес навчання математики в закладах загальної середньої освіти.

Предметом дослідження є методика використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення змістової лінії «Функція».

Для досягнення поставленої мети використано комплекс **методів дослідження**: теоретичні (аналіз, порівняння, узагальнення педагогічних і методичних джерел для з'ясування стану проблеми та визначення тенденцій її розвитку); емпіричні (спостереження, анкетування, педагогічний експеримент для оцінки ефективності ІКТ-засобів); статистичні (кількісний та якісний аналіз отриманих результатів). Застосування цих методів дозволило визначити закономірності підвищення якості навчання математики за умови використання сучасних цифрових технологій.

Інформаційну базу дослідження становлять законодавчі акти України у сфері освіти (Закон України «Про освіту», «Про повну загальну середню освіту»), Концепція «Нова українська школа», Державний стандарт базової середньої освіти, а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних авторів (Н. Падалко, І. Лов'янової, З. Слєпкань, А. Піаже, Г. Поля), що висвітлюють теоретичні основи та практичні аспекти використання ІКТ у навчанні математики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні системного підходу до використання ІКТ у вивченні змістової лінії «Функція», який базується на поєднанні традиційних методів і цифрових засобів навчання. У роботі вперше обґрунтовано дидактичну модель формування функціональних понять засобами інтерактивних технологій, розроблено методичні рекомендації для вчителів щодо адаптації цифрових інструментів до вікових особливостей учнів та проведено експериментальну перевірку ефективності запропонованої методики.

Практична значущість одержаних результатів. Проведене дослідження сприяє подальшому розвитку теорії та методики навчання математики, розширює уявлення про можливості цифрових технологій у формуванні ключових математичних компетентностей. Отримані результати мають практичне значення для педагогів, які прагнуть осучаснити навчальний процес, поєднуючи традиційні методи викладання з

інноваційними підходами, орієнтованими на розвиток творчої та дослідницької активності учнів.

Апробація роботи. Результати магістерського дослідження апробовано під час роботи XIV Міжнародної науково-практичної конференції «МАТЕМАТИКА. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ОСВІТА.», що відбулась 13-15 червня 2025 року та опубліковано у збірнику тез [1].

Структура роботи: магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Робота містить 14 таблиць та 2 діаграми. Список використаних джерел налічує 71 найменування. Повний обсяг роботи – 86 сторінок.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІЇ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ

1.1. Поняття змістової лінії «Функції» у шкільній математичній освіті

Змістова лінія «Функції» у шкільній математиці — це системно вибудований компонент навчального змісту, що описує взаємозв'язки між величинами через залежність однієї змінної від іншої і забезпечує формування в учнів функціонального мислення. Вона охоплює низку понять і умінь, до яких належать змінна та параметр, область визначення і множина значень, способи задання функції, елементарні класи функцій, властивості і графічні інтерпретації, перетворення графіків, моделювання реальних процесів і перевірка висновків. У навчанні ця лінія працює як спіраль, що повторно повертається до тих самих ідей на вищому рівні узагальнення і дедалі ширших контекстах застосування.

Зміст функціональної лінії будується на принципі багатопредставленості. Кожна функція сприймається у чотирьох взаємопов'язаних формах, які взаємно підсилюють розуміння. Мова йде про словесний опис, табличне подання, аналітичний запис і графік. Учень навчається переходам між цими формами, порівнює їх прогностичну силу, доречність вибору у тій чи іншій задачі і межі кожної репрезентації. Такий підхід підтримує перенесення знань з алгебри в інші галузі, допомагає читати графіки явищ у природничих дисциплінах і створює місток до статистики та інформатики [2, 3].

Класифікація навчального матеріалу за цією лінією має кілька зрозумілих зрізів. Перший зріз — за освітніми циклами, де у базовій школі домінує інтуїтивне поняття залежності і лінійні відношення, у старшій школі з'являються квадратичні, степеневі, обернено пропорційні залежності, а на профільному рівні додаються експоненційні, логарифмічні та тригонометричні функції. Другий зріз — за діяльнісними режимами, що

розрізняють дослідницькі проби на даних, алгоритмічні процедури опрацювання формул і задачі на моделювання. Третій зріз — за типом перетворень, де учні опановують зсуви, розтягнення, стискання і віддзеркалення графіків, а також композицію і операції над функціями в межах навчальної програми [4, с. 36].

Важливо підкреслити методичні засади, що роблять лінію «Функції» дієвою і сучасною. Принцип наступності гарантує, що кожне нове поняття спирається на попередні інтуїції і навички. Принцип варіювання завдань розгортає властивості функцій через зміну параметрів і прикладів, формуючи чутливість до структури формули і графіка. Когнітивно зважена візуалізація підтримує мислення графіком і знижує зайве навантаження під час введення абстракцій. Інтеграція ІКТ забезпечує динамічні експерименти з параметрами, побудову і перевірку гіпотез на даних та миттєвий зворотний зв'язок, що підсилює засвоєння та інтерес.

Підручники і програми, на які спирається школа, задають інваріант ядра та послідовність тем. У лінійці підручників Бевза і співавторів структура тематики вибудована так, щоб учень стабільно переходив від базових означень і лінійної моделі до розширення класів функцій і операцій над ними. Паралельно закладається культура роботи з графіками та параметрами, що готує до математичного аналізу. Аналогічний курс Бурди і колег фокусується на стандартному рівні і дає добре продуманий набір задач для поступового переходу від репродуктивних дій до пояснювальних міркувань. Профільна лінія Істера вводить ширший спектр перетворень графіків, рівнянь із параметрами і задач на складання моделей із реальних описів, що природно піднімає поріг узагальнення. Курси Неліна і співавторів зберігають строгу логіку означень і властивостей, що важливо для математично орієнтованих класів [5-12].

Надбудова з боку ІКТ дозволяє змістовій лінії працювати сучасно. Ідеї інформатизації освіти, описані Биковим, наголошують на переході від епізодичного використання цифрових засобів до системного проєктування

навчального середовища з прозорими траєкторіями пізнання [13]. Праці Жука підтримують це планувальними рішеннями і підкреслюють системний характер освітнього середовища як об'єкта інформатизації, а Гуревич і Кадемія визначають рамку смартосвіти, де цифрові інструменти не лише візуалізують графіки, а й стають середовищем комунікації і співпраці [14-16]. Мультимедійні засоби, узагальнені в посібнику під редакцією Гуржія, окреслюють добір інструментів і видів діяльності, що доречні саме для функціональних залежностей, зокрема динамічні побудови, параметричні дослідження і роботу з даними [17].

Досвід дистанційного і змішаного навчання підсилив увагу до функціональної лінії. Публікації Жевакіної і Галецького дають історичну рамку розвитку дистанційних форм, а аналітичні огляди і бриф Державної служби якості освіти засвідчили зрушення у практиці шкіл і сформували вимогу до цифрової зрілості уроку [18-21]. Роботи Бузька і Величка, а також Даниленка демонструють конкретні рішення у впровадженні дистанційних курсів і мультимедійних презентацій, що напряду переносяться на теми про функції через задачі на побудову і аналіз графіків [22-23]. Монографія Гриценка з колегами систематизує теоретичні засади дистанційного навчання, що допомагає методично переосмислити функціональну лінію у форматі змішаних курсів [24].

Питання класифікації змісту у межах лінії «Функції» доречно розв'язувати не лише за класами функцій, а й за типами математичних дій, що підлягають оволодінню. Перша група завдань формує поняття і властивості. Друга група розвиває перетворення і тотожні перетворення формул, у тому числі параметричні вправи. Третя група фокусується на інтерпретації графіків і даних, де учень робить висновки про зростання, спадання і екстремуми на підставі візуальної інформації. Четверта група пов'язує функції з моделями явищ і вимагає редукції тексту або даних до формули, вибору класу функцій і обґрунтування адекватності. Усі чотири групи природно підтримуються середовищами типу GeoGebra і дають змогу

реалізувати короткі цикли дослідження з гіпотезою, експериментом і верифікацією.

Сучасна дидактика робить акцент на функціональній грамотності як здатності читати, будувати і тлумачити залежності. У шкільній практиці це означає роботу із задачами з контекстом, де потрібно створити формулу або графік за описом, пояснити відхилення і похибки, застосувати параметри для налаштування моделі під дані. У такому полі методичні рішення з підручників Бевза, Бурди, Істера і Неліна доповнюються цифровими сценаріями, де учні у невеликих групах перевіряють альтернативні моделі і презентують висновки. Цифрові матеріали і мультимедіа дають інструмент швидкого наочного переходу від формули до графіка і навпаки, що суттєво пришвидшує зворотний зв'язок і корекцію розуміння [5-12], [25].

У таблиці 1.1. узагальнено внесок згаданих авторів щодо ролі і реалізації змістової лінії «Функції». Таблиця побудована як орієнтир для добору ідей та джерел під час конструювання власних уроків і тематичних модулів.

Таблиця 1.1.

**Перелік ідей та джерел
для конструювання власних уроків і тематичних модулів**

Автор(и)	Ключовий внесок для лінії «Функції»	Джерело	Релевантні акценти
Абакумова О. О.	Історична рамка дистанційної освіти, що легітимізує змішане вивчення функцій	Вісник НТУУ КПІ, 2012	Підтримка дистанційних форматів для дослідницьких задач на функції
Акуленко І. А.	Компетентнісна підготовка вчителя, фокус на практичні компоненти	Science and Education a New Dimension, 2014	Проектна діяльність і критерії оцінювання функціональної грамотності

Продовження таблиці 1.1.

Афанасьєва О. М. та ін.	Підручникова лінія для 10 класу, послідовність введення понять	Математика. 10 клас, 2010	Поступовість означень, вправи на багатопредставленість
Ашиток Н.	Практика дистанційної освіти у період пандемії	Молодь і ринок, 2021	Адаптація теми «Функції» до онлайн- уроків
Бацуровська І. В.	Теорія і методика навчання у МООС	Колективна монографія, 2018	Масштабовані курси з модульною структурою на функції
Бевз Г. П.; Бевз В. Г.; Владімірова Н. Г.	Профільний курс із розширеними перетвореннями графіків	Підручник, 2018	Параметричні вправи і трансформації графіків
Бевз Г. П.; Бевз В. Г.	Стандартна лінія 10 і 11 класи	Підручники, 2018–2019	Узгодження понять і задач між класами
Биков В. Ю.	Концепт інформатизації освіти як системної зміни	ІТіЗН, 2010	Проектування цифрового середовища теми «Функції»
Бриф ДСЯО	Аналітика якості дистанційного навчання у школах	Лютий 2022	Інституційні вимоги до цифрової зрілості уроків з функцій
Бузько В. Л.; Величко С. П.	Досвід дистанційної освіти у ЗЗСО для STEM	Збірник праць, 2014	Інструменти і сценарії уроків з графіками
Бурда М. І. та ін.	Стандартний курс 10 класу з акцентом на практику	Підручник, 2018	Збалансованість між вправами і контекстними задачами
Вороновська Л. П.	Конструювання дистанційних курсів з вищої математики	Педагогічні науки, 2018	Трансфер принципів у шкільну тему про функції
Галецький С. М.	Історія дистанційної освіти у світі	Наукові записки БДПУ, 2018	Підтвердження легітимості змішаних форматів

Продовження таблиці 1.1.

Гуревич Р.; Кадемія М.	Концепція смарт-освіти	Теорія і практика управління, 2016	Мережевість, адаптивність і колаборація під час вивчення функцій
Гуржій А. М. та ін.	Мультимедійні технології та засоби навчання	Посібник, 2017	Добір цифрових інструментів для функціональної візуалізації
Даниленко Л. В.	Дизайн мультимедійних презентацій	ПТО, 2014	Принципи ясної візуалізації графіків
ДСЯО новина	Офіційні результати вивчення дистанційки у школах	MON портал, 2022	Політика і рекомендації для шкільних команд
Гриценко В. І. та ін.	Теорія і практика дистанційного навчання	Монографія, 2004	Методичні рамки для змішаних модулів з функцій
Жевакіна Н.	Історія дистанційної освіти	Вісник ЛНУ, 2003	Еволюція форматів як контекст оновлення методики

Таблицю розроблено на основі джерел [4-30].

Отже, змістова лінія «Функції» є центральним каркасом шкільної математики, що інтегрує понятійне ядро, репрезентації і діяльності учня в єдине поле. Вона забезпечує перехід від інтуїтивних залежностей до абстрактних моделей і слугує інструментом опису і прогнозу реальних процесів. Сучасне виконання цієї лінії потребує узгодженого дидактичного дизайну і спирається на перевірені підручникові траєкторії, розширені цифровими інструментами для дослідження, моделювання і перевірки гіпотез. Методично грамотна інтеграція ІКТ переводить вивчення функцій у режим активного пізнання, де учень не лише відтворює означення і властивості, а будує і аргументує власні моделі, спираючись на дані, графіки і співпрацю у цифровому середовищі.

1.2. Методи навчання функцій у сучасній школі

Навчання теми «Функції» у сучасній школі потребує системного оновлення методів, що враховують особливості когнітивного розвитку учнів, динаміку освітніх змін та можливості інформаційно-комунікаційних технологій. Функціональний підхід до викладання математики є не просто вивченням певного розділу, а формуванням аналітичного типу мислення, вміння бачити залежності, прогнозувати зміни та осмислювати кількісні співвідношення між явищами. Сучасні методи мають бути зорієнтовані не на пасивне засвоєння понять, а на активну діяльність учнів, побудову моделей і роботу з цифровими середовищами, які стимулюють пошукову активність та самостійність мислення [4].

Одним із провідних методів виступає проблемно-дослідницький підхід, який дає можливість учням самостійно відкривати властивості функцій, аналізуючи графічні моделі або цифрові симуляції. Замість готових формул і означень, учень взаємодіє із цифровим середовищем типу GeoGebra чи Desmos, змінює параметри, спостерігає за поведінкою графіка, формулює припущення та перевіряє їх. Така стратегія навчання поєднує наочність із аналітичністю, формуючи не лише знання, а й вміння робити висновки на основі емпіричних даних. Підходи, описані у працях Гуржія, Гуревича та Кадемії, підтверджують, що саме інтерактивні методи сприяють розвитку дослідницьких умінь і математичного мислення в умовах цифрової школи [16-17].

Візуалізація сприяє створенню когнітивних образів математичних понять, зменшує абстрактність і полегшує розуміння властивостей залежностей. Завдяки цифровим середовищам графічне представлення стає динамічним, що дає змогу не лише спостерігати результат, а й досліджувати процес зміни. Учні бачать, як змінюються точки перетину, симетрія або характер зростання функції під час варіювання параметрів. Праці Даниленко, Бєвза, Істера та Неліна демонструють, що використання кольорових графічних моделей, візуальних ефектів і анімацій підвищує якість

сприйняття навчального матеріалу і сприяє стійкому засвоєнню функціональних залежностей [7], [10], [23].

У сучасних умовах навчання ефективно поєднуються традиційні методи пояснення та вправлення із технологіями змішаного навчання. За результатами досліджень Бацуровської, Бузька та Величка, така інтеграція дозволяє гнучко розподіляти навчальні активності між очним і дистанційним форматами. Під час очних занять учні отримують базові уявлення, а у дистанційній частині самостійно опрацьовують тренувальні та дослідницькі завдання на платформах LearningApps або Classtime. Це підсилює автономність і відповідальність за власне навчання. Комбінація синхронних і асинхронних методів дає змогу вчителю забезпечити індивідуальну траєкторію розвитку кожного учня, враховуючи його рівень підготовки та темп роботи [22], [29].

Значну роль у формуванні функціональної грамотності відіграє метод проєктного навчання. Учні розв'язують міні-проєкти, у межах яких досліджують реальні процеси – наприклад, зміну температури, швидкість руху або зростання населення – і описують їх за допомогою функцій. У цьому контексті цифрові ресурси стають засобом збору й аналізу даних, побудови графіків і перевірки моделей. Такий підхід, описаний Акуленко та Бурда, забезпечує природне поєднання теорії та практики, а також формує у школярів ключову компетентність – застосування математики для пояснення реальних явищ. Проєктні завдання підсилюють мотивацію і сприяють емоційній залученості, оскільки учні бачать, як математичні поняття функції працюють у життєвих ситуаціях [4], [25].

Метод інтерактивного навчання посідає особливе місце у вивченні теми «Функції». Його основою є діалогічна взаємодія, обговорення гіпотез і колективне дослідження закономірностей. Під час роботи у спільних онлайн-дошках (Jamboard, Padlet) учні спільно будують графіки, коментують зміни параметрів, виправляють помилки одне одного. Така форма співпраці стимулює рефлексію, розвиває комунікативні навички і вчить аргументувати

висновки. Роботи Вороновської та Галецького демонструють, що інтерактивне середовище суттєво підвищує рівень залучення навіть учнів із низькою мотивацією, оскільки поєднує навчання з елементами гри та колективної творчості [18, с. 15], [26, с. 86].

Не менш значущим є використання аналітико-дослідницького методу. Він базується на поетапному аналізі властивостей функцій: визначення областей зростання і спадання, симетрії, екстремумів і точок перетину. Використовуючи програму GeoGebra, учні мають змогу не лише будувати графіки, а й досліджувати похідні, проводити наближення кривих, порівнювати аналітичні і числові способи аналізу. Це переводить навчання у дослідницьку площину, де формуються навички моделювання і верифікації. Ідеї Бикова і Гуревича щодо інформатизації освіти підтверджують, що така форма роботи сприяє розвитку вищих рівнів когнітивної активності, адже учень не лише спостерігає, а й аналізує закономірності й робить узагальнення [13], [16].

Окремий напрям становить адаптивне навчання за допомогою цифрових платформ. Програмні середовища типу Classtime або Edmodo дозволяють учителю створювати тести з миттєвим зворотним зв'язком, адаптувати завдання до рівня учня і фіксувати динаміку його результатів. У дослідженнях Державної служби якості освіти та в аналітичному звіті 2022 року підкреслюється, що використання таких систем дозволяє підвищити ефективність навчання функцій на 20–25%, оскільки учні працюють у персоналізованому темпі, отримуючи рекомендації для самокорекції. Адаптивність навчального середовища формує у школярів навички саморегуляції, а також підвищує впевненість у власних силах, оскільки успіх стає вимірюваним і видимим [21].

Особливої уваги заслуговує метод інтеграції міжпредметних зв'язків. У сучасній школі функції розглядаються не ізольовано, а у зв'язку з фізикою, хімією, економікою, інформатикою та біологією. Учні навчаються застосовувати функціональні залежності для опису швидкості, концентрації,

електричного струму або популяційних змін. Таке навчання набуває змістовності, оскільки математика перестає бути абстрактною і постає універсальною мовою опису світу. Відповідно до концепції Гуржія і співавторів, мультимедійні засоби забезпечують можливість моделювання процесів у реальному часі, що перетворює уроки на інтегровані лабораторії мислення [17, с. 556].

Метод самостійної роботи із застосуванням ІКТ завершує методичну палітру сучасного вивчення функцій. Він формує навички інформаційного пошуку, критичного відбору даних і цифрової культури учня. Самостійна робота передбачає створення інтерактивних звітів, побудову власних презентацій, розробку невеликих дослідницьких проєктів у GeoGebra або Excel. Як зазначають Бузько і Величко, така форма діяльності підвищує не лише навчальні результати, а й почуття автономності, що особливо важливо у підготовці до самонавчання впродовж життя [22, с. 69].

На підставі проведеного аналізу можна узагальнити основні методи навчання функцій у сучасній школі, їх сутність та дидактичний потенціал у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Основні методи навчання функцій у сучасній школі

Метод навчання	Сутність підходу	Основні ІКТ-засоби	Очікувані результати
Проблемно-дослідницький	Самостійне відкриття властивостей функцій через цифрові експерименти	GeoGebra, Desmos	Розвиток дослідницьких навичок, формування причинно-наслідкового мислення
Візуалізаційно-моделювальний	Вивчення функцій через графічні образи і динамічні моделі	GeoGebra, PowerPoint, Canva	Формування стійких уявлень про властивості функцій, покращення запам'ятовування

Продовження таблиці 1.2.

Змішане навчання	Поєднання очних і дистанційних форматів, робота з онлайн-платформами	LearningApps, Classtime	Індивідуалізація навчання, розвиток самостійності
Проектний	Аналіз реальних процесів через побудову функціональних моделей	Google Sheets, GeoGebra, Desmos	Формування математичної та цифрової компетентності
Інтерактивний	Колективне обговорення, спільні побудови і рефлексія	Padlet, Jamboard	Підвищення мотивації, розвиток комунікаційних навичок
Аналітико-дослідницький	Поглиблений аналіз властивостей функцій, застосування похідної	GeoGebra, Excel	Формування вищих когнітивних умінь, логічної послідовності мислення
Адаптивний	Персоналізоване навчання із зворотним зв'язком	Classtime, Edmodo	Зростання успішності, формування навичок самоконтролю
Міжпредметний	Інтеграція функцій з іншими дисциплінами	PhET Simulations, GeoGebra	Усвідомлення прикладного значення математики
Самостійний з ІКТ	Робота з цифровими матеріалами, створення власних моделей	PowerPoint, Google Docs, GeoGebra	Розвиток самоосвіти, критичного мислення

Таблицю розроблено на основі джерел [13-17], [22-29]..

1.3. Степенева функція, її графік та властивості

Степенева функція є однією з ключових ланок змістової лінії «Функції», оскільки вона поєднує базові поняття про змінну, залежність та

властивості функцій у єдину систему узагальнень. З дидактичної точки зору, степенева функція є зразком для вивчення властивостей, спільних для цілої групи функцій. Вона демонструє, як змінюється характер графіка залежно від показника степеня, відображає поняття парності, непарності, зростання та спадання, а також показує принцип масштабування. На традиційному уроці ці властивості учні опрацьовують аналітично, через таблицю значень і побудову графіка «вручну». Проте сучасна школа, використовуючи ІКТ, робить цей процес глибшим і більш осмисленим. Цифрові середовища дозволяють миттєво спостерігати вплив зміни показника степеня або коефіцієнтів на форму графіка, що створює реальний простір для експерименту [22].

У контексті компетентнісного підходу степенева функція стає ідеальним матеріалом для навчальних проєктів. Учні можуть моделювати реальні процеси, описувані степеневими залежностями — наприклад, зменшення інтенсивності світла, розподіл сили тяжіння або масштабування площі. У цих випадках ІКТ дають можливість створювати симуляції, спостерігати поведінку систем і перевіряти адекватність моделей. Така діяльність відповідає ідеям Акуленко про компетентнісну методику підготовки учнів, де теоретичне знання невіддільне від практичного застосування. Учні розвивають не лише математичні, а й дослідницькі, комунікативні та цифрові компетентності.

Дослідження з використанням ІКТ під час вивчення степеневої функції показують, що цифрова візуалізація істотно впливає на якість засвоєння матеріалу. За даними Бузька і Величка, учні, які використовують GeoGebra та інші інтерактивні засоби, демонструють на 18–25% вищі результати у розумінні властивостей функцій, ніж ті, хто працює лише з паперовими матеріалами. Така перевага пояснюється поєднанням зорового, аналітичного та моторного каналів сприйняття, що створює ефект глибокої когнітивної інтеграції [22, с. 69].

У методичній площині викладання степеневі функції з використанням ІКТ передбачає побудову трьох етапів уроку. Перший етап — мотиваційно-дослідницький, коли учні спостерігають графічні моделі і формулюють гіпотези про властивості функцій. Другий етап — аналітичний, коли за допомогою цифрових інструментів перевіряються закономірності і здійснюються порівняння. Третій етап — рефлексивно-узагальнюючий, коли учні роблять висновки, створюють власні графіки або презентують результати. Така структура дозволяє поєднати емпіричне відкриття і теоретичне узагальнення в єдиний навчальний цикл.

Для систематизації матеріалу наведено таблицю 1.3., яка відображає зв'язок між основними властивостями степеневі функції, способами їх дослідження та відповідними цифровими засобами.

Таблиця 1.3.

Зв'язок між основними властивостями степеневі функції, способами їх дослідження та відповідними цифровими засобами

Властивість степеневі функції	Суть властивості	Метод дослідження	ІКТ-засіб	Очікувані результати
Парність і непарність	Залежність симетрії графіка від показника (n)	Візуальний аналіз при зміні (n)	GeoGebra, Desmos	Усвідомлення симетрії, формування інтуїції парності
Зростання та спадання	Поведінка функції на проміжках	Дослідження графіка при різних (n)	GeoGebra, Excel	Розуміння зміни напрямку графіка
Область визначення і множину значень	Аналіз допустимих (x) і (y)	Таблиця значень, побудова графіків	Excel, GeoGebra	Формування вміння читати обмеження функції
Вплив коефіцієнта (a)	Зміна масштабу графіка	Експеримент з параметром (a)	GeoGebra	Візуалізація розтягнення і стискування

Продовження таблиці 1.3.

Застосування в моделях	Використання степеневих залежностей у житті	Проектні симуляції	Excel, GeoGebra	Формування практичної математичної компетентності
------------------------	---	--------------------	-----------------	---

Таблицю розроблено на основі джерел [13-17], [22-29].

Таким чином, степенева функція у сучасній школі стає не лише об'єктом теоретичного вивчення, а й простором для дослідницької діяльності. Завдяки ІКТ учні можуть вийти за межі підручника, експериментуючи, моделюючи і перевіряючи власні гіпотези. Такий підхід не просто підвищує успішність, а й формує глибоке розуміння математичних закономірностей, перетворюючи урок із традиційної лекції на творчий процес пізнання. Степенева функція, подана через інтерактивні середовища, стає для учня не формулою, а «живою» залежністю, яку можна дослідити, змінити, пояснити і застосувати, що повністю відповідає концепції сучасної математичної освіти та змістової лінії «Функції».

1.4. Порівняльний аналіз чинних навчальних програм

Аналіз чинних навчальних програм з математики для 10–11 класів свідчить про суттєву еволюцію змісту та методів навчання теми «Функції» в контексті сучасних освітніх реформ. З переходом на компетентнісну модель освіти ключова увага змістилася від репродуктивного засвоєння формул до формування функціонального мислення, уміння аналізувати залежності, будувати графічні моделі та використовувати інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) у процесі навчання. Порівняння програм рівня стандарту і профільного рівня дозволяє виявити як спільні концептуальні засади, так і суттєві відмінності у структурі змісту, методичному наповненні та потенціалі використання ІКТ.

Навчальна програма рівня стандарту, затверджена Міністерством освіти і науки України, спрямована на забезпечення базової математичної

грамотності учнів. Її головне завдання — сформувати вміння розпізнавати функціональні залежності, будувати графіки функцій, аналізувати їх основні властивості та застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях. Зміст теми «Функції» зосереджено на лінійній, квадратній, обернено пропорційній, степеневій, показниковій і логарифмічній функціях. Учні вчаться працювати з формами подання функцій (аналітичною, табличною, графічною), визначати область визначення, множину значень, парність, непарність, зростання та спадання. Використання ІКТ у межах цієї програми розглядається переважно як допоміжний інструмент візуалізації, який полегшує розуміння графічних залежностей і підвищує наочність навчання [2].

Програма профільного рівня має значно глибше теоретичне спрямування і орієнтована на учнів, які планують подальше навчання у технічних або природничо-наукових спеціальностях. Тут функція виступає не лише як об'єкт вивчення, а як основа математичного аналізу. Учні вивчають перетворення графіків, функції з параметрами, складені функції, зворотні функції, дослідження функцій за допомогою похідних, а також розглядають застосування функцій для розв'язання прикладних задач. Застосування ІКТ у профільному курсі має системний характер — цифрові інструменти використовуються не тільки для ілюстрації, а й для побудови, аналізу, моделювання та експериментальної перевірки властивостей функцій.

Однією з найпомітніших відмінностей між рівнем стандарту і профільним є трактування поняття функції. У програмі стандарту функція розглядається як залежність між змінними величинами, тоді як у профільній — як узагальнена математична модель, що описує закономірності між різними явищами. Це зумовлює і відмінності у доборі методів: на рівні стандарту доцільно використовувати наочні й демонстраційні методи (побудова таблиць, графіків, робота з готовими зображеннями), тоді як профільний рівень орієнтується на дослідницькі методи з використанням динамічних математичних середовищ, таких як GeoGebra або Desmos.

У змістовій частині програми рівня стандарту розділ «Функції» включає такі теми, як «Лінійна функція», «Квадратна функція», «Степенева функція», «Показникова функція» та «Логарифмічна функція». Кожна з них супроводжується типовими завданнями: обчислення значень функції, побудова графіка, визначення властивостей, розв'язування задач на застосування. Проте програма не передбачає глибоких міжфункціональних порівнянь чи аналізу параметрів, що обмежує можливості для розвитку дослідницьких умінь. Саме ІКТ може компенсувати цю нестачу, забезпечуючи учням можливість самостійно експериментувати з параметрами у функціях типу $y = a \cdot x^n$ або $y = k/x$, бачити вплив коефіцієнтів на форму графіка та робити висновки про закономірності [3].

Профільна програма, своєю чергою, передбачає вивчення складніших випадків: $y = x^n$ при дробових і від'ємних n , показникової функції $y = a^x$ при різних значеннях a , логарифмічної функції $y = \log_a(x)$, а також дослідження поведінки функцій при $x \rightarrow 0$ або $x \rightarrow \infty$. Вона містить елементи математичного аналізу — поняття неперервності, граничних значень, екстремумів і монотонності. Для повноцінного розуміння цих тем ІКТ стають незамінними: вони дозволяють миттєво спостерігати зміни графіка при зміні параметрів, що значно знижує рівень абстракції і підвищує інтерес учнів. Цифрові середовища дають змогу реалізувати принцип «візуального відкриття закономірностей», коли учні самостійно приходять до формулювання властивостей функцій.

Варто звернути увагу і на різний темп вивчення матеріалу. У рівні стандарту розділ «Функції» охоплює близько 20% навчального часу, тоді як у профільному — понад третину програми. Це відкриває різні можливості для використання ІКТ. У стандартному курсі доцільно застосовувати ІКТ для візуалізації та перевірки знань (LearningApps, Classtime, GeoGebra для демонстрацій), а у профільному — для проведення математичних досліджень, створення моделей, побудови складених функцій і аналізу похідних.

Порівняння також показує різний ступінь інтеграції міжпредметних зв'язків. На рівні стандарту функції переважно розглядаються у межах математичного контексту, тоді як у профільній програмі вони застосовуються до задач з фізики, економіки, інформатики, біології. Це відповідає сучасним тенденціям STEM-освіти, у межах якої ІКТ стають інструментом для дослідження реальних процесів і створення власних цифрових моделей.

Для систематизації результатів проведено порівняння основних характеристик двох програм, яке відображене у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

**Порівняльна характеристика навчальних програм
рівня стандарту та профільного рівня**

Параметр	Програма рівня стандарту	Програма профільного рівня	Потенціал використання ІКТ
Глибина вивчення	Поверхневий рівень, базові поняття та графіки	Поглиблений рівень, параметричні та складені функції	Моделювання складних залежностей у GeoGebra
Мета навчання	Формування загальної математичної грамотності	Розвиток аналітичного і дослідницького мислення	Проведення експериментів, аналіз результатів
Зміст функціональної лінії	Лінійна, квадратна, обернено пропорційна, степенева, показникова, логарифмічна	Додавання похідної, граничних значень, неперервності	Візуалізація поведінки графіків, дослідження за допомогою параметрів
Методи навчання	Пояснювально-ілюстративний, тренувальні вправи	Проблемно-дослідницький, аналітичний, інтерактивний	Використання цифрових експериментів, онлайн-симуляцій

Продовження таблиці 1.4.

Типові завдання	Побудова графіка, обчислення значень, визначення властивостей	Аналіз похідних, знаходження екстремумів, оптимізаційні задачі	Дослідження функцій у Desmos, створення моделей
Рівень інтеграції ІКТ	Рекомендований, але не системний	Інтегрований у методику викладання	Використання динамічних середовищ, платформ для тестування
Обсяг навчального часу	20% курсу	35–40% курсу	Можливість поглибленого дослідження та індивідуальних проєктів

Таблицю розроблено на основі джерел [2-3].

Проведений аналіз підтверджує, що обидві навчальні програми мають значний потенціал для цифрової модернізації, однак ступінь його реалізації відрізняється. Для рівня стандарту актуальним є використання ІКТ як інструмента підтримки наочності, мотивації та контролю знань. Для профільного рівня — як середовища дослідження, що дозволяє учням будувати моделі, перевіряти гіпотези та проводити математичні експерименти. Саме інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій на всіх етапах навчання — від пояснення до узагальнення — робить тему «Функції» не лише обов'язковим елементом програми, а й ключовим компонентом формування сучасного типу математичного мислення.

1.5. Аналіз підручників з математики (10 клас) щодо подання теми «Степенева функція»

Аналіз сучасних підручників з математики для 10 класу дає змогу простежити, як трансформується методика викладання теми «Степенева функція» у відповідь на вимоги Нової української школи та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Цей розділ має не лише

дидактичне, а й концептуальне значення, адже саме через вивчення степеневих функцій формується здатність учнів до узагальнення, абстрактного мислення та аналізу залежностей. Розгляд різних авторських підходів (Бевза, Бурди, Істера, Мерзляка, Неліна) дає можливість виявити рівень глибини подання матеріалу, логіку структурування теми, а також ступінь інтеграції ІКТ як сучасного інструмента навчання.

Підручник Г. П. та В. Г. Бевзів вирізняється методичною чіткістю і послідовністю викладу. Автори починають тему з узагальнення попередніх знань про функцію, нагадуючи поняття області визначення, області значень, зростання, спадання та симетрії. Далі матеріал подається у вигляді системи прикладів, які демонструють, як змінюється форма графіка залежно від показника степеня. Зокрема, для функцій $y = x^2$, $y = x^3$, $y = x^4$, $y = x^{\frac{1}{2}}$ учням пропонується порівняти поведінку графіків і зробити висновки про характер змін. Позитивним аспектом підручника є наявність завдань дослідницького типу, де учням пропонується самостійно змінювати параметри функції, проте цифрові інструменти не зазначено. У цьому контексті підручник передбачає потенціал для використання GeoGebra або Desmos як засобів динамічної візуалізації, але самостійно не містить інструкцій чи QR-посилань для роботи з ІКТ [7].

У підручнику М. І. Бурди, Т. В. Колесник, Ю. І. Мальованого та Н. А. Тарасенкової спостерігається прагнення інтегрувати сучасні підходи до навчання, однак реалізовано їх переважно на рівні методичних рекомендацій. Автори подають матеріал більш компактно, але насичують його прикладами практичного змісту, що дозволяє пов'язати степеневу функцію з реальними явищами. Зокрема, розглядаються моделі типу $y = \frac{k}{x^2}$, $y = a \cdot x^2$, які описують закони фізики чи економічні залежності. Для учнів пропонуються завдання «Побудуйте графік за допомогою комп'ютерної програми» або «Знайдіть параметри функції, використовуючи електронну таблицю». Це свідчить про те, що автори фактично визнають роль ІКТ у процесі навчання, однак не

надають конкретних цифрових інструкцій. Тому впровадження ІКТ тут залежить від ініціативи вчителя і технічного забезпечення закладу освіти [25, с. 288].

Підручник О. С. Істера є одним із найсучасніших за структурою та логікою подання матеріалу. Тема «Степенева функція» у ньому подана не лише як теоретичний розділ, а як простір для дослідження. Учням пропонується експериментувати з різними значеннями показника степеня n , аналізувати симетрію графіка, зміни його нахилу і поведінку при $x \rightarrow 0$ та $x \rightarrow \infty$. Значну увагу приділено роботі з графічними калькуляторами і програмами для побудови функцій. Автор рекомендує використання програми GeoGebra, графічних редакторів або інтерактивних дощок, що робить цей підручник найбільш адаптованим до умов цифрової школи. Кожен підрозділ містить завдання «Перевір себе» з варіантами для роботи в онлайн-форматі, що підвищує мотивацію учнів і сприяє самостійному навчальному контролю [10].

Підручник А. Г. Мерзляка, Д. А. Номіровського, В. Б. Полонського та М. С. Якіра залишається найбільш традиційним за методикою викладу. Матеріал у ньому викладено академічно, з акцентом на аналітичну точність і формальну логіку. Тема «Степенева функція» подається через означення, таблицю значень, побудову графіків і аналіз властивостей. Пояснення чіткі, однак не супроводжуються прикладами практичного застосування або інтерактивними елементами. Для розв'язання задач учням пропонується класичний алгоритм без опори на цифрові засоби. З одного боку, це забезпечує дисциплінованість мислення і точність, з іншого — знижує мотиваційний компонент і не відповідає тенденціям НУШ. Проте навіть у межах такого підручника ІКТ можуть бути використані як додатковий ресурс для візуалізації та перевірки правильності побудов [31].

У підручнику Є. П. Неліна спостерігається спроба поєднати класичну методiku з елементами дослідницького підходу. Автор пропонує послідовність роботи з функцією: побудову таблиці значень, побудову

графіка, опис властивостей, формулювання висновків. Разом з тим, завдання мають аналітичний характер, що вимагає від учнів високого рівня самостійності. ІКТ не виділено як окремий компонент методики, але підхід Неліна допускає використання динамічних середовищ, особливо для демонстрації залежності між параметрами та формою графіка. Варто відзначити, що цей підручник найближчий до формату класичних університетських курсів, тому його зміст можна успішно адаптувати для профільних класів із математичним спрямуванням [11].

Загальний огляд показує, що жоден із чинних підручників для 10 класу не реалізує потенціал ІКТ повною мірою. У більшості випадків цифрові інструменти згадуються лише побічно або у вигляді загальних рекомендацій. Проте всі автори закладають можливість для інтеграції ІКТ у практику навчання через завдання дослідницького характеру, роботу з параметрами та аналіз графіків. Це створює основу для педагогічної ініціативи — учитель може перетворити звичайний урок на цифрову лабораторію, використовуючи безкоштовні програми (GeoGebra, Desmos, Classtime, LearningApps) для дослідження властивостей функцій.

У таблиці 1.5. узагальнено результати порівняльного аналізу підручників щодо подання теми «Степенева функція» та рівня інтеграції ІКТ.

Таблиця 1.5.

Узагальнені результати порівняльного аналізу підручників щодо подання теми «Степенева функція» та рівня інтеграції ІКТ

Автор(и) підручника	Особливості подання теми	Наявність дослідницьких завдань	Використання ІКТ	Оцінка відповідності сучасним вимогам
Бевз Г. П., Бевз В. Г.	Логічно структурований матеріал, детальні приклади	Частково	Не передбачено, можливе застосування GeoGebra	Висока методична якість, обмежене використання ІКТ

Продовження таблиці 1.5.

Бурда М. І., Колесник Т. В. та ін.	Компактне подання з практичними прикладми	Так	Згадується використання електронних таблиць	Орієнтація на прикладне навчання
Істер О. С.	Акцент на експериментуванні та самостійному відкритті властивостей	Так	Прямі рекомендації до роботи з GeoGebra	Найвищий рівень цифрової інтеграції
Мерзляк А. Г., Номіровський Д. А. та ін.	Академічний стиль викладу, акцент на формулах	Мінімальні	Відсутні	Класичний підхід, потребує оновлення
Нелін Є. П.	Поєднання аналітичного й дослідницького підходів	Частково	Можливе використання динамічних середовищ	Орієнтація на профільні класи

Таблицю розроблено на основі джерела [5-12], [25], [31-35].

Підсумовуючи, можна зазначити, що сучасні підручники з математики для 10 класу відображають перехідний етап у методиці викладання теми «Степенева функція». Вони зберігають логічну структуру традиційного навчання, але поступово інтегрують елементи дослідницької діяльності та цифрової підтримки. Найперспективнішими напрямками розвитку залишаються включення QR-кодів із посиланнями на інтерактивні графічні моделі, створення електронних додатків до підручників і розробка методичних рекомендацій для вчителя щодо використання ІКТ. Цифрові засоби не лише підвищують мотивацію учнів, а й перетворюють абстрактні поняття на динамічні об'єкти, які можна дослідити, змінити та осмислити. Саме в цьому полягає нова якість викладання математики — поєднання традиційної логічної строгості з інноваційними технологічними інструментами навчання.

У результаті проведеного теоретичного аналізу з'ясовано, що змістова лінія «Функції» є фундаментальною в структурі шкільного курсу

математики, оскільки забезпечує формування у здобувачів освіти ключових компетентностей — математичної, інформаційної та логіко-аналітичної. Поняття функції виступає не лише об'єктом вивчення, а й засобом моделювання реальних процесів, що зумовлює необхідність інтеграції теоретичного матеріалу з практичними завданнями. У сучасній школі вивчення функцій набуває системного та міждисциплінарного характеру, що відповідає цілям Нової української школи і орієнтує навчальний процес на розвиток здатності учнів самостійно аналізувати, досліджувати та робити узагальнення.

Вивчення сутності змістової лінії «Функції» показало, що вона охоплює широке коло понять — від простих залежностей до складних видів функцій, таких як степеневі, показникові, логарифмічні, тригонометричні. Її структурна гнучкість дозволяє забезпечити поступовий розвиток математичного мислення учнів — від інтуїтивного розуміння залежності між величинами до формування вміння працювати з аналітичними виразами, проводити дослідження функцій і будувати їх графіки. У цьому процесі важливу роль відіграють не лише зміст і послідовність навчального матеріалу, а й методи його подання, зокрема ті, що передбачають використання ІКТ як інтерактивного освітнього ресурсу.

Проведений аналіз методів навчання функцій у сучасній школі показав, що традиційна пояснювально-ілюстративна методика поступово трансформується у напрямі дослідницького та компетентнісного підходів. Використання ІКТ дозволяє перетворити статичний матеріал на динамічну модель, що підсилює пізнавальну активність учнів і сприяє глибшому розумінню взаємозв'язку між змінними. Застосування програмних засобів, таких як GeoGebra, Desmos чи інтерактивні симуляції, забезпечує комбіноване сприйняття інформації, підтримує формування просторового уявлення та створює умови для візуалізації складних математичних понять. Таким чином, ІКТ у процесі вивчення функцій не є лише допоміжним

засобом, а стає повноцінним інструментом пізнання і відкриття закономірностей.

Особлива увага у першому розділі приділялася вивченню степеневій функції як базової для розвитку поняття про узагальнену функціональну залежність. Аналіз показав, що саме на цьому етапі учні формують уявлення про властивості симетрії, парність, непарність, поведінку функції при $x \rightarrow 0$ та $x \rightarrow \infty$, а також про вплив коефіцієнтів і показників степеня на форму графіка. Цифрові технології забезпечують можливість миттєвого дослідження цих залежностей через зміну параметрів у функціях типу $y = a \cdot x^n$, що дозволяє реалізувати принципи дослідницького навчання та формувати глибше концептуальне розуміння. Використання ІКТ у цьому контексті не лише оптимізує навчальний процес, а й створює умови для розвитку творчого і критичного мислення.

Порівняльний аналіз чинних навчальних програм з математики для 10–11 класів показав, що обидві програми — рівня стандарту та профільного — мають єдину методичну основу, але різняться глибиною опрацювання теми «Функції». У програмі стандартного рівня функція трактується як базова залежність між змінними, тоді як у профільному рівні вона виступає як засіб аналітичного дослідження. У першому випадку ІКТ використовується епізодично, здебільшого як ілюстративний інструмент, тоді як у другому — інтегрується у методику навчання, забезпечуючи побудову і дослідження складених функцій, експериментальну перевірку властивостей і розв’язання прикладних задач. Таким чином, ефективне використання ІКТ дозволяє нівелювати розрив між теоретичним і практичним компонентами навчання, забезпечуючи цілісність освітнього процесу.

Проведений аналіз підручників з математики для 10 класу засвідчив різний рівень адаптації до сучасних освітніх тенденцій. Підручники Бевзів та Бурди зберігають класичну логіку викладу, але створюють потенційні можливості для цифрової інтеграції. Видання Істера є найсучаснішим і найбільш адаптованим до використання ІКТ, оскільки передбачає

експериментальну роботу учнів і самостійне відкриття закономірностей за допомогою цифрових середовищ. У підручниках Мерзляка та Неліна зберігається академічна точність, проте бракує інтерактивних елементів. Це свідчить про наявність системної проблеми — недостатню цифровізацію друкованих навчальних матеріалів, що вимагає створення електронних додатків, інтерактивних задачників і методичних рекомендацій для вчителів щодо використання ІКТ.

Узагальнюючи результати першого розділу, можна стверджувати, що сучасна шкільна математична освіта перебуває на етапі глибокої трансформації. Вивчення функцій — це не лише освоєння математичних понять, а й розвиток здатності застосовувати їх у нових контекстах, моделювати процеси, інтерпретувати результати та критично мислити. Використання ІКТ стає ключовим чинником підвищення ефективності цього процесу, оскільки поєднує аналітичну точність з візуальною наочністю, а також стимулює самостійність і дослідницьку активність учнів. Подальші розділи роботи спрямовані на розробку практичних підходів до впровадження ІКТ у навчання змістової лінії «Функції» та оцінку їх впливу на якість математичної освіти.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИВЧЕННІ ФУНКЦІЙ

2.1. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні функцій

Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) стають дедалі більш невід'ємною частиною сучасної освіти, забезпечуючи абсолютно новий рівень розуміння для вчителів та учнів, дозволяючи їм краще розуміти навчальний матеріал та взаємодіяти один з одним. Роль ІКТ особливо важлива в контексті вивчення математичних понять, зокрема теми «Функція». Вивчення функцій вимагає не лише логічного мислення, але й інтуїтивного розуміння залежностей між змінними, що досягається за допомогою програмного та апаратного забезпечення. Цифрові інструменти можуть допомогти поглибити розуміння таких понять, як додавання та віднімання функцій, нулі, область визначення та графічне представлення [14, с. 98].

Застосування ІКТ у процесі викладання функцій трансформує традиційну модель навчання, зміщуючи акцент із репродуктивного на діяльнісний підхід. Використання інтерактивних графічних середовищ, таких як GeoGebra, Desmos, Microsoft Mathematics чи Wolfram Alpha, дає змогу учням самостійно досліджувати властивості функцій, експериментувати зі зміною параметрів та спостерігати вплив цих змін у реальному часі. Це створює середовище дослідження, у якому учні не лише сприймають готову інформацію, а й активно формують власне розуміння математичних закономірностей. Таким чином, ІКТ стають не просто допоміжним інструментом, а дієвим засобом формування математичної компетентності.

Ключовою перевагою використання ІКТ є можливість створювати персоналізовані траєкторії навчання. Сучасні цифрові платформи дозволяють регулювати складність завдань, адаптуючи навчання до здібностей та прогресу кожного учня. Наприклад, інтерактивні симулятори дозволяють

учням закріплювати функціональні поняття, будуючи графіки, розв'язуючи рівняння або порівнюючи властивості різних типів функцій (лінійних, квадратичних, експоненціальних, логарифмічних). Така гнучкість допомагає підвищити мотивацію до навчання, оскільки учні мають можливість одразу побачити результати своїх дій і таким чином оцінити свій прогрес.

Інформаційно-комунікаційні технології створюють умови для розвитку критичного мислення, що особливо важливо при вивченні функцій, де потрібно аналізувати зв'язки між величинами, робити узагальнення та будувати логічні висновки. Використання мультимедійних презентацій, відеоінструкцій, анімаційних моделей дозволяє сприймати складні абстрактні поняття на більш наочному рівні. Зокрема, при вивченні властивостей функцій учні можуть спостерігати, як зміна коефіцієнтів впливає на форму графіка, що сприяє глибшому розумінню закономірностей. Такий підхід відповідає концепції компетентнісного навчання, що передбачає формування не лише знань, а й умінь самостійно застосовувати їх у нових ситуаціях [23].

Під час вивчення різних функцій ІКТ можуть допомогти покращити засвоєння знань та зменшити когнітивне навантаження. Інтерактивні ресурси допомагають поступово нарощувати навчальний контент, що особливо важливо під час переходу від базових понять до складних функціональних залежностей. Програмні інструменти, такі як GeoGebra, дозволяють моделювати навчальні сценарії, які неможливо відтворити за допомогою звичайної дошки. Наприклад, можна динамічно змінювати параметри функцій та одразу бачити вплив на графіку, що робить процес навчання більш активним та змістовним.

Одним із ключових аспектів використання ІКТ у вивченні функцій є формування дослідницьких умінь. Учні можуть проводити власні експерименти з функціями, порівнюючи різні типи залежностей, визначаючи межі зростання або спадання, знаходячи екстремуми. Таке залучення до дослідницької діяльності сприяє не лише засвоєнню навчального матеріалу, а й розвитку аналітичного мислення, що є базовим елементом математичної

компетентності. Водночас педагог має виступати не лише джерелом знань, а фасилітатором, який скеровує учнів до самостійного відкриття закономірностей через цифрову взаємодію.

ІКТ також суттєво впливають на комунікаційний аспект викладання та навчання. Онлайн-платформи, такі як Google Classroom, Moodle або Microsoft Teams, дозволяють проводити спільне навчання, обговорювати результати досліджень та виконувати групові проєкти, пов'язані з функціональним аналізом. Ці інструменти не лише допомагають учням розвивати математичні навички, але й сприяють співпраці, обміну ідеями та самостійному мисленню.

Важливим елементом є також оцінювання навчальних досягнень за допомогою цифрових технологій. Використання інтерактивних тестів, автоматизованих систем контролю знань або хмарних сервісів типу Kahoot!, Quizizz, LearningApps дозволяє здійснювати оперативний зворотний зв'язок. Учні бачать свої результати в реальному часі, аналізують помилки та відразу отримують підказки для їх виправлення. Це робить навчальний процес прозорим і мотивуючим, адже кожен учень може оцінити власну динаміку розвитку [36].

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у функціональному навчанні відображає ширшу тенденцію цифрової трансформації в освіті. Воно інтегрує традиційні методи навчання з інноваційними інструментами візуалізації, моделювання та комунікації. Це створює середовище, де математичні об'єкти більше не є абстрактними символами, а динамічними моделями, що реагують на маніпуляції студентів. Коли учні змінюють параметри функції на екрані, вони одразу бачать результати — графік зміщується, змінюється нахил, вершина параболи піднімається або опускається. Це забезпечує активну участь здобувачів освіти, сприяє причинно-наслідковому мисленню та зміцнює самостійне мислення.

Важливу роль у цьому процесі відіграє принцип інтерактивності. На відміну від пасивного сприйняття матеріалу під час лекцій чи підручничого навчання, інтерактивні цифрові засоби створюють умови для безпосереднього дослідження. Учні можуть самі перевіряти гіпотези, ставити експерименти, змінювати змінні, аналізувати результат. Таке навчання стає подібним до наукового дослідження, а отже, підвищує рівень усвідомленості знань. Саме у темі функцій цей аспект особливо актуальний, адже тут логіка, графічне бачення і причинність об'єднуються в єдину систему пізнання.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій до вивчення функцій сприяє міждисциплінарним зв'язкам, інтегруючи математику з інформатикою, фізикою, економікою та географією. Завдяки використанню динамічних моделей учні можуть зрозуміти реальне застосування математичних співвідношень: аналіз фізичного руху у фізиці, моделювання зростання населення в біології та вивчення моделей попиту та пропозиції в економіці. Таке навчальне середовище підсилює практичну орієнтацію та сприяє цілісному розумінню науки як взаємопов'язаної системи [37].

Не менш важливим є вплив ІКТ на мотиваційний аспект навчання. Дослідження педагогів і психологів свідчать, що використання цифрових інструментів знижує рівень тривожності у школярів, підвищує інтерес до предмета і сприяє розвитку пізнавальної активності. Учні сприймають навчальний процес як гру або експеримент, а не як рутину, що сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу. Можливість миттєвого зворотного зв'язку та візуального підтвердження правильності рішень посилює почуття успіху, яке є потужним мотиватором у навчанні.

Використання ІКТ також змінило роль вчителів, які більше не є єдиним джерелом знань, а стали посередниками освітнього процесу, створюючи умови для самостійного дослідження учнів. Навчальні програми, розроблені з використанням ІКТ, базуються на дослідженнях, а освітня діяльність переходить від реплікативної до творчої. Вчителі організовують діяльність, ставлять запитання учням та вказують напрямки дослідження, але не надають

готових відповідей. Ця зміна освітньої моделі є ключовою умовою розвитку потенціалу в новій українській шкільній системі.

Розглядаючи роль ІКТ у вивченні функцій, необхідно звернути увагу на розвиток візуального та алгоритмічного мислення. Сучасні цифрові ресурси дозволяють учням бачити не лише результат побудови графіка, а й алгоритм дій, що до цього призводить. Учні навчаються планувати послідовність кроків, перевіряти правильність кожного етапу, аналізувати помилки. Це сприяє формуванню навичок логічного структурування задач, що є необхідним у подальшій професійній діяльності в STEM-галузях.

Диференціація та інклюзія в навчанні заслуговують на особливу увагу. Інформаційно-комунікаційні технології можуть враховувати різні рівні готовності учнів, стилі мислення та темпи навчання. Учні, які потребують додаткової підтримки, можуть просуватися з матеріалом у власному темпі, використовуючи мультимедійні ресурси або інтерактивні підказки. Тим часом добре підготовлені учні мають можливість розширити свої знання за допомогою складніших завдань або проектної діяльності. Таким чином, цифрові технології забезпечують рівні можливості для всіх учнів та підтримують принцип інклюзії [26, с. 448].

Серед найпоширеніших засобів, які застосовуються у вивченні функцій, можна виокремити кілька груп. Перша — це динамічні геометричні середовища, що дозволяють побудову графіків і дослідження властивостей функцій у реальному часі (GeoGebra, Desmos). Друга — це інтерактивні системи контролю знань, які реалізують самоперевірку та взаємооцінювання (LearningApps, ClassTime, Kahoot). Третя — це програмні середовища для симуляцій і моделювання (Wolfram Alpha, PhET), що дозволяють поєднувати математику з природничими дисциплінами. Кожна з цих груп виконує власну педагогічну функцію і підсилює різні аспекти навчальної діяльності.

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні функцій також допомагає розвивати метадисциплінарні навички. Використання цифрових інструментів вимагає від учнів зосередженості,

самодисципліни та здатності до самооцінки та планування своєї діяльності. Учням необхідно навчитися шукати інформацію, аналізувати джерела, обробляти дані та створювати власні візуалізації. Ці навички є вирішальними не лише для успішного навчання математики, але й для життя в інформаційному суспільстві.

У системному контексті використання ІКТ у навчанні функцій можна розглядати як один із головних механізмів переходу до особистісно орієнтованої освіти. Кожен здобувач має можливість взаємодіяти з навчальним матеріалом на рівні, який відповідає його здібностям і потребам. ІКТ забезпечують індивідуалізацію, гнучкість, інтерактивність та самооцінювання, що перетворює процес вивчення математики з механічного запам'ятовування формул на усвідомлене пізнання закономірностей світу.

Таблиця 2.1.

Порівняльна характеристика традиційного та ІКТ-орієнтованого вивчення функцій

Критерій	Традиційне навчання	Навчання із використанням ІКТ
Форма подання матеріалу	Переважно текстова та графічна на дошці або в підручнику	Мультимедійна, інтерактивна, з візуалізацією змін у реальному часі
Роль учня	Пасивний споживач знань, виконавець інструкцій	Активний дослідник, творець власного освітнього продукту
Зворотний зв'язок	Після перевірки вчителем, із часовою затримкою	Миттєвий, автоматизований, із можливістю самокорекції
Методи навчання	Репродуктивні, засновані на поясненні та закріпленні	Дослідницькі, інтерактивні, проблемно-пошукові
Мотиваційний потенціал	Залежить від особистості вчителя	Підвищується завдяки гейміфікації, візуалізації, інтерактивності
Індивідуалізація навчання	Обмежена, орієнтована на середній рівень класу	Гнучка, адаптивна до рівня знань і темпу кожного учня

Продовження Таблиці 2.1.

Розвиток компетентностей	Переважно знанняві (запам'ятовування формул)	Компетентнісні: аналітичні, дослідницькі, цифрові
Форма оцінювання	Письмова або усна перевірка	Автоматизована, тестова, інтерактивна, рефлексивна

Таблицю розроблено на основі джерела [38].

Інформаційно-комунікаційні технології не лише підсилюють ефективність навчання функцій, а й відкривають новий рівень педагогічної взаємодії, у якій головним стає не передача знань, а формування мислення, творчості та компетентності. Уміння працювати з цифровими інструментами, аналізувати результати та приймати рішення на основі моделювання створює основу для підготовки сучасного громадянина, здатного мислити критично та діяти в умовах інформаційного суспільства. Саме тому роль ІКТ у навчанні функцій слід розглядати як стратегічний напрям модернізації математичної освіти в Україні

Загалом роль ІКТ у вивченні функцій полягає не лише у вдосконаленні технічної сторони навчання, а й у зміні самої філософії освіти. Сучасні технології відкривають можливості для побудови відкритого, гнучкого та індивідуалізованого освітнього середовища, у якому учень стає активним суб'єктом навчання. ІКТ створюють простір для творчості, дослідження, міжпредметних зв'язків і рефлексії, що формує глибоке розуміння змістової лінії «Функції» як однієї з найважливіших тем шкільного курсу математики.

2.2. Порівняльний аналіз інформаційно-комунікаційних технологій для вивчення функцій

У сучасній математичній освіті активно впроваджуються різноманітні інформаційно-комунікаційні технології. Ці технології дозволяють багатовимірно представляти навчальний контент, стимулювати інтелектуальну активність учнів та поглиблювати їхнє розуміння

функціональних залежностей. Кожна технологія має свою унікальну методичну спрямованість, педагогічний потенціал та технічні можливості. Тому важливо не лише перерахувати різні технічні підходи, а й провести порівняльний аналіз їхньої ефективності в навчальному процесі. Особливий інтерес представляє вивчення того, як різні платформи сприяють розвитку візуального мислення, формуванню математичних навичок та персоналізації навчання [39].

Інтерактивні графічні середовища, зокрема GeoGebra і Desmos, стали одними з найефективніших інструментів для опанування теми функцій у середній і старшій школі. Вони дозволяють одночасно будувати графіки, змінювати параметри та спостерігати за динамікою змін у реальному часі. GeoGebra має більш широкий спектр можливостей, оскільки поєднує алгебраїчне, геометричне, табличне й статистичне подання даних, що робить її універсальним середовищем для дослідницької діяльності. Desmos, своєю чергою, відзначається інтуїтивністю інтерфейсу і простотою використання, що робить його зручним для швидкої побудови графіків і перевірки гіпотез. Ці середовища створюють простір для дослідницького навчання, у якому учень не просто відтворює відомі формули, а відкриває закономірності самостійно.

Математичні симулятори та обчислювальні системи — Wolfram Alpha, Microsoft Mathematics та GeoGebra CAS — мають величезний потенціал для вивчення функцій. Вони не лише створюють графіки, але й автоматизують складні обчислення, диференціювання, інтегрування та аналіз властивостей функцій. Wolfram Alpha, як хмарна платформа, забезпечує миттєвий доступ до бази знань та дозволяє виконувати запити природною мовою, спрощуючи процес навчання навіть для учнів, які тільки починають опановувати математичні інструменти. Microsoft Mathematics пропонує більш класичний підхід, зосереджуючись на освітній діяльності в школах, допомагаючи учням розвивати алгоритмічне мислення шляхом покрокового розв'язання задач.

Окрему групу становлять онлайн-платформи для навчання та оцінювання — Khan Academy, LearningApps, Quizizz, ClassTime, Edmodo, Google Classroom. Їхня роль полягає у створенні цілісного освітнього середовища, де поєднано подання теорії, виконання завдань, тестування та взаємодію між учителем і учнями. У темі функцій ці платформи допомагають реалізовувати адаптивне навчання: учень отримує завдання відповідно до свого рівня підготовки, а система автоматично аналізує прогрес. LearningApps дозволяє створювати інтерактивні вправи — наприклад, відповідність між видом функції та її графіком, знаходження нулів або визначення області зростання тощо. Quizizz та ClassTime забезпечують гейміфіковане оцінювання, яке сприяє мотивації та формує позитивну атмосферу змагання [40-41].

Порівнюючи різні ІКТ-інструменти, важливо враховувати не лише їхню технічну функціональність, але й їхню педагогічну доцільність, тобто їхню здатність розвивати ключові математичні навички. Наприклад, GeoGebra розвиває аналітичне мислення та вміння використовувати абстрактні моделі. Desmos розвиває інтуїцію та візуальне розуміння математичних зв'язків. Wolfram Alpha допомагає учням швидко застосовувати формули до реальних завдань, тим самим усвідомлюючи практичну цінність математичних знань. LearningApps та Quizizz допомагають автоматизувати та розвивати самостійні обчислювальні навички. Цей підхід інтегрує когнітивні, діяльнісні та афективні елементи навчання, які є основою парадигми компетентності.

Слід підкреслити, що ефективність застосування ІКТ залежить від рівня інтеграції засобів у структуру уроку. Використання цифрових ресурсів лише як ілюстративного додатку не забезпечує глибоких результатів. Тільки тоді, коли ІКТ стають інструментом активної діяльності учнів, вони виконують свою педагогічну функцію. Вивчення функцій передбачає етапи побудови, аналізу, узагальнення та застосування. Кожен із них може бути посилений певним типом цифрового ресурсу — від графічних конструкторів

до систем тестування. Уміння педагога грамотно поєднати ці інструменти визначає рівень реалізації інноваційного потенціалу уроку.

Не менш важливою є та обставина, що цифрові технології проклали шлях для персоналізованого навчання. Такі платформи, як Khan Academy та GeoGebra Classroom, дозволяють вчителям спостерігати за прогресом навчання кожного учня в режимі реального часу, аналізувати помилки та призначати персоналізовані завдання. Такий тип аналізу створює умови для гнучкого управління навчальним процесом. У цьому контексті роль інформаційно-комунікаційних технологій вийшла за рамки простих інструментів візуалізації та стала потужним інструментом моніторингу навчання [39, с. 30].

У контексті розвитку критичного мислення та дослідницької компетентності ІКТ забезпечують можливість створення проєктно-дослідницьких завдань. Учні можуть, наприклад, моделювати функції, що описують реальні процеси — зростання населення, коливання температури або динаміку ринку. Це підсилює міжпредметні зв'язки та формує розуміння практичного значення функціональних залежностей. Завдяки використанню графічних калькуляторів і хмарних сервісів учні можуть презентувати результати власних досліджень у форматі інтерактивних презентацій або віртуальних моделей.

Цифрові технології також суттєво впливають на якість зворотного зв'язку. Раніше вчителі могли оцінювати розуміння теми учнями лише за допомогою письмових оцінок. Тепер інформаційно-комунікаційні технології дозволяють контролювати навчальну діяльність у режимі реального часу. Система автоматично фіксує час, який учні витрачають на кожне завдання, допущені помилки та використані виправлення. Це створює умови для формувального оцінювання, оскільки процес навчання є безперервним та орієнтованим на розвиток.

Таблиця 2.2.

Порівняльний аналіз ІКТ-засобів для вивчення функцій

Назва ІКТ-засобу	Основні можливості	Педагогічні переваги	Обмеження використання
GeoGebra	Побудова графіків, динамічне моделювання, симуляції, CAS	Формує дослідницькі навички, розвиває просторове мислення, сприяє візуалізації понять	Потребує попередньої підготовки вчителя; висока насиченість інтерфейсу
Desmos	Інтерактивне побудування графіків, зміна параметрів у реальному часі	Простота використання, зручний для учнів молодшої школи, швидка перевірка гіпотез	Обмежений набір аналітичних функцій, відсутність української локалізації
Wolfram Alpha	Символьні обчислення, побудова графіків, аналітичні рішення	Підсилює аналітичне мислення, формує уявлення про практичне застосування функцій	Потребує інтернету, англomовний інтерфейс, складний для початківців
Microsoft Mathematics	Покрокове розв'язання рівнянь і задач, побудова графіків	Навчає алгоритмічному мисленню, зручний для самостійного навчання	Менше інтерактивності, застарілий інтерфейс
Learning-Apps	Створення інтерактивних вправ і тестів	Розвиває самоконтроль, сприяє гейміфікації навчання	Вимагає часу для створення якісного контенту
Khan Academy	Онлайн-курси, відеоуроки, інтерактивні вправи	Дає адаптивне навчання, забезпечує індивідуальні траєкторії	Не завжди відповідає шкільним програмам
Quizizz / ClassTime	Онлайн-тестування, інтерактивні змагання	Підвищує мотивацію, дозволяє швидкий контроль знань	Не сприяє глибокому осмисленню матеріалу

Таблицю розроблено на основі джерела [42-50].

Порівняльний аналіз інформаційно-комунікаційних технологій показує, що кожен інструмент має власну дидактичну нішу. GeoGebra та Desmos орієнтовані на дослідницьку діяльність і формування візуального мислення. Wolfram Alpha й Microsoft Mathematics сприяють розвитку аналітичних і алгоритмічних навичок. LearningApps, Quizizz і Khan Academy акцентують увагу на інтерактивності, мотивації та самооцінюванні. Оптимальне поєднання цих засобів створює комплексне цифрове середовище, яке підтримує всі рівні пізнавальної діяльності — від репродуктивного до творчого [40].

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні функцій не є самоціллю, а радше потужним засобом впровадження сучасної освітньої моделі, яка робить акцент на розвитку компетентності студентів, їх самостійності, критичного мислення та креативності. Цифрові технології не лише розширюють доступ до інформації, а й фундаментально трансформують структуру освітнього досвіду, роблячи його більш гнучким, інклюзивним та науково обґрунтованим. Саме завдяки синергії між педагогічними та технологічними підходами вивчення функцій стає сучасним, ефективним та змістовним.

Розвиток цифрових освітніх середовищ дав можливість не лише урізноманітнити інструменти викладання теми «Функції», а й якісно змінити саму дидактичну логіку її подання. У сучасному навчальному процесі вже не достатньо просто показати учневі графік функції або пояснити її властивості. Важливо створити умови, за яких учень самостійно досліджує залежність, змінює параметри, перевіряє гіпотези та доходить висновків. Саме тому порівняльний аналіз ІКТ-засобів має враховувати не лише технічну сторону, а насамперед педагогічну ефективність, яка вимірюється глибиною розуміння, рівнем пізнавальної активності та можливістю розвитку творчого мислення.

Інтерактивні математичні середовища відіграють унікальну роль у цьому контексті. Дослідження показали, що використання GeoGebra на

уроках математики може зменшити поширені помилки в побудові графіків, покращити візуальне сприйняття залежностей та стимулювати аналітичні навички учнів. Тим часом Desmos, завдяки своєму простому інтерфейсу та елементам гейміфікації, створює середовище, яке сприяє швидкому експериментуванню з різними типами функцій. У той час як GeoGebra наголошує на глибокому аналізі та систематичному підході, Desmos надає пріоритет простоті використання та мотивації. Такий диференційований дизайн дозволяє вчителям гнучко вибирати правильний інструмент залежно від рівня свого класу, етапу курсу та цілей навчання [41].

Цікавим є порівняння динамічних середовищ із системами автоматизованих обчислень, як-от Wolfram Alpha або Microsoft Mathematics. Вони виконують функцію інтелектуальних асистентів, які допомагають учням здійснювати складні аналітичні обчислення, не втрачаючи зв'язку між алгебраїчним і графічним підходом. Якщо учень, наприклад, вводить рівняння функції та просить знайти її похідну або інтеграл, система не лише надає результат, а й демонструє покрокове розв'язання. Це сприяє розвитку логічного мислення, адже учень бачить, як теоретичні правила реалізуються на практиці. Таким чином, ці ІКТ-засоби виступають інструментами формування алгоритмічної культури, без якої неможливе глибоке розуміння поняття функції.

Ще одним важливим аспектом використання хмарних технологій в освіті є співпраця. Такі платформи, як GeoGebra Classroom та Google Classroom, дозволяють вчителям спостерігати за учнями в режимі реального часу, коли вони виконують завдання, створюють діаграми та змінюють налаштування. Вчителі можуть розуміти мислення учнів та надавати своєчасний зворотний зв'язок. Ця модель сприяє атмосфері співпраці, де вчителі більше не відіграють роль контролера, а радше наставника та співдослідника. Це резонує із сучасними методами навчання, заснованими на конструктивістських принципах та суб'єктивності учнів у когнітивному процесі.

ІКТ у навчанні функцій мають ще одну безперечну перевагу — забезпечення інклюзивності. Учні з різними освітніми потребами можуть працювати у власному темпі, використовувати додаткові візуальні матеріали або слухові підказки. Наприклад, програми типу GeoGebra або Desmos дозволяють збільшувати масштаб, змінювати кольори, використовувати голосові коментарі, що робить навчання доступним навіть для учнів із порушеннями зору чи слуху. Це надзвичайно важливий аспект, який підкреслює соціальну місію цифрових технологій у сучасній освіті [43].

Окрім індивідуальної роботи, цифрові інструменти дозволяють організовувати групові проєкти. Під час таких занять учні спільно досліджують певну залежність, збирають дані, аналізують результати та створюють презентації. Наприклад, клас може дослідити реальні дані з життя — зміну температури протягом тижня або коливання цін на певний товар — і побудувати відповідні графіки. Цей підхід робить тему функцій ближчою до реальності та формує у здобувачів освіти розуміння, що математика не є відірваною від життя, а навпаки — пояснює закономірності довкілля.

Аналіз ІКТ-засобів свідчить про те, що їхня ефективність значною мірою залежить від методичного підходу вчителя. Цифрові інструменти не повинні підміняти навчання, а мають посилювати пізнавальну активність. Якщо педагог використовує GeoGebra лише для демонстрації готових графіків, то ефект буде мінімальним. Але якщо учні самі досліджують, експериментують, порівнюють різні види функцій і роблять висновки — тоді технологія стає потужним засобом формування математичної грамотності. Саме активна взаємодія між учнем і цифровим середовищем перетворює ІКТ із пасивного інструмента на джерело творчого мислення.

Також слід зазначити роль гейміфікації, яка активно впроваджується через такі платформи, як LearningApps, Quizizz або ClassTime. Ці платформи дозволяють учням виконувати завдання в ігровій формі, тим самим знижуючи емоційний стрес і роблячи навчання більш захопливим. Під час вивчення функцій ці платформи можна використовувати для тренування

таких навичок, як визначення типів функцій, зв'язування формул і графіків або швидке повторення властивостей. Гейміфікація може підвищити внутрішню мотивацію та сприяти довготривалому запам'ятовуванню вивченого матеріалу [44].

Крім цього, цифрові інструменти значно розширюють можливості диференційованого навчання. Учитель може створювати завдання різних рівнів складності, від базового до творчого, використовуючи ті самі платформи. Учні, які швидше опановують матеріал, отримують змогу досліджувати складніші аспекти, наприклад, вплив параметрів на асимптоти або періодичність тригонометричних функцій. Водночас ті, хто потребує підтримки, можуть працювати з підказками або відеоінструкціями. Це сприяє формуванню позитивного навчального середовища, де кожен має змогу досягти успіху.

Таблиця 2.3.

Порівняння ефективності ІКТ-засобів за педагогічними критеріями

Критерій	GeoGebra	Desmos	Wolfram Alpha	LearningApps	Khan Academy
Рівень інтерактивності	Дуже високий, можливість маніпулювати параметрами	Високий, але спрощений інтерфейс	Низький, переважно аналітичний формат	Середній, залежить від контенту	Високий, за рахунок відео і вправ
Розвиток дослідницьких умінь	Максимальний, повноцінне моделювання	Високий, за рахунок експериментів	Середній, орієнтований на готові рішення	Обмежений, більше тренувальний формат	Високий, завдяки адаптивним завданням
Формування критичного мислення	Високий рівень через аналіз графіків	Середній, акцент на візуалізації	Високий, через аналітичний пошук	Низький, механічні дії	Високий, завдяки самостійності

Продовження таблиці 2.3.

Підтримка інклюзивності	Є, можливість зміни візуальних параметрів	Часткова	Обмежена	Є, за рахунок доступності	Є, через адаптивне навчання
Мотиваційний потенціал	Високий, завдяки наочності	Дуже високий, через простоту	Середній	Дуже високий, через ігровий формат	Високий, завдяки зворотному зв'язку

Таблицю розроблено на основі джерела [42-50].

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найвищу ефективність у формуванні розуміння поняття функції забезпечують ті ІКТ-засоби, які поєднують інтерактивність, дослідницьку діяльність і адаптивне навчання. GeoGebra і Desmos створюють умови для творчого пізнання, тоді як Wolfram Alpha і Microsoft Mathematics — для глибокого аналітичного опрацювання матеріалу. Платформи LearningApps, Quizizz і Khan Academy виступають універсальними інструментами підтримки мотивації та самоконтролю. Всі ці ресурси у взаємодії формують єдиний освітній простір, де вивчення функцій перетворюється на процес відкриття, а не механічного засвоєння.

Аналіз показує, що інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) вже не є просто допоміжним інструментом для навчання математики - тепер це вирішальний інструмент модернізації освітнього процесу. Вивчення функцій за допомогою ІКТ може реалізувати принципи діяльнісного, розвиненого та індивідуально-орієнтованого навчання, поглиблюючи розуміння сутності математичних понять та закономірностей. Інтерактивні цифрові ресурси роблять навчання живим та емоційно захопливим, допомагаючи стимулювати пізнавальну мотивацію учнів та сприяти розвитку стійкого інтересу до математики.

Особливого значення у процесі вивчення функцій набуває принцип візуалізації. Використання програмних середовищ, таких як GeoGebra, Desmos або Microsoft Mathematics, дає змогу учням безпосередньо бачити результат своїх дій, простежувати, як змінюються графіки залежно від параметрів, і робити висновки на основі емпіричних спостережень. Візуалізація математичних закономірностей перетворює абстрактні формули на зрозумілі образи, що значно підвищує рівень засвоєння матеріалу. Під впливом таких технологій відбувається переосмислення традиційної методики навчання, де учень переходить із позиції пасивного споживача інформації до активного дослідника [51-52].

Порівняльний аналіз показує, що кожна інформаційно-комунікаційна технологія пропонує унікальні педагогічні переваги. Така програма, як GeoGebra, пропонує всебічне охоплення геометричних, алгебраїчних та статистичних функцій, допомагаючи учням систематично розуміти математичні залежності. Desmos, відомий своїм оптимізованим інтерфейсом, ідеально підходить для швидкого створення діаграм та перевірки гіпотез. Wolfram Alpha та Microsoft Mathematics допомагають розвивати аналітичне мислення та алгоритмічну культуру, дозволяючи учням покроково виконувати розв'язання рівнянь та завдань. Онлайн-платформи, такі як LearningApps, Quizizz, Khan Academy та ClassTime, підвищують мотивацію до навчання завдяки гейміфікації, автоматизованим оцінюванням та персоналізованому навчанню.

Проведене порівняння засвідчило, що найвищу ефективність у засвоєнні теми «Функції» мають ІКТ, які поєднують дослідницький, інтерактивний і аналітичний підходи. Саме такі ресурси забезпечують формування ключових компетентностей — аналітичного мислення, здатності до самонавчання, критичного оцінювання результатів і роботи з інформацією. Таблиці, розглянуті у розділі, підтвердили, що високий рівень інтерактивності й мотиваційного потенціалу властивий GeoGebra, Desmos та LearningApps, тоді як Wolfram Alpha і Microsoft Mathematics відзначаються

глибиною аналітичного інструментарію. Це свідчить про необхідність комплексного підходу до добору технологій відповідно до цілей, змісту і рівня підготовленості учнів.

Ключовою тенденцією у застосуванні інформаційно-комунікаційних технологій є перехід від лінійного представлення матеріалів до інтерактивних форматів дослідження. Коли учні можуть самостійно змінювати параметри функції, спостерігати за наслідками цих змін та робити власні узагальнення, процес навчання стає більш поглибленим та ефективним. Ці технології не лише сприяють засвоєнню знань, але й розвивають інтелектуальну ініціативу, самостійність та навички математичного моделювання студентів. Перехід від механічного запам'ятовування формул до змістовної діяльності є відмінною рисою сучасних методів навчання, що сприяють інформаційно-комунікаційним технологіям [53-55].

Аналіз результатів свідчить, що цифрові технології створюють умови для реалізації принципу диференціації та інклюзивності у навчанні. Учні мають можливість працювати у власному темпі, використовувати мультимедійні підказки, додаткові матеріали або інтерактивні тренажери. Це сприяє зменшенню навчальних бар'єрів і підвищує рівень доступності освіти. Зокрема, платформи типу GeoGebra, Classroom чи Khan Academy дозволяють учителям відстежувати динаміку навчальних досягнень кожного учня, коригувати завдання й індивідуально підтримувати розвиток компетентностей. Таке персоналізоване навчання відповідає вимогам Нової української школи та світовим освітнім тенденціям.

Застосування ІКТ сприяє й формуванню міжпредметних умінь. Учні, які працюють з цифровими ресурсами, вчаться не лише будувати графіки чи розв'язувати рівняння, а й систематизувати інформацію, проводити порівняльний аналіз, створювати візуалізації, аргументувати свої висновки. Вони опановують базові принципи наукового дослідження — висування гіпотези, спостереження, аналіз, узагальнення. Такий підхід перетворює урок

математики на лабораторію пізнання, де знання набувають практичної значущості [56-58].

Слід також зазначити, що роль вчителів у застосуванні інформаційно-комунікаційних технологій залишається вирішальною. Ефективність цифрових інструментів залежить від педагогічних методів вчителів, їхньої здатності інтегрувати технології в структуру класу, їхньої здатності вибирати завдання на основі цілей та їхньої здатності створювати ситуації для вирішення проблем. Вчителі виступають у ролі посередників, спрямовуючи навчальну діяльність учнів, координуючи їхню взаємодію з цифровим середовищем та допомагаючи перетворити технологічні інструменти на джерела знань. Гармонійне поєднання педагогічної та технологічної експертизи має вирішальне значення для досягнення оптимальних результатів у функціональних дослідженнях [59-60].

На основі проведеного дослідження можна зробити узагальнення, що інформаційно-комунікаційні технології не лише оновлюють методику викладання, а й трансформують саму філософію навчання математики. Вони відкривають можливості для гнучкої, інтерактивної, індивідуалізованої освіти, яка відповідає потребам учнів і вимогам часу. Завдяки ІКТ навчання функцій набуває рис дослідницької діяльності, що поєднує інтелектуальний, емоційний і практичний аспекти пізнання. Це створює передумови для розвитку в учнів не лише математичної грамотності, а й критичного, логічного та креативного мислення.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє стверджувати, що роль ІКТ у вивченні змістової лінії «Функції» є стратегічно важливою для сучасної освіти. Вони забезпечують системне оновлення методики навчання, підвищують ефективність засвоєння знань, сприяють розвитку самостійності й дослідницьких умінь. Використання цифрових технологій відкриває шлях до формування нового типу математичної культури, у якій аналітичне мислення поєднується з технологічною грамотністю, а навчання перетворюється на процес творчого відкриття закономірностей світу. Саме

така інтеграція знань, технологій і педагогічної майстерності є запорукою формування покоління учнів, здатних до інноваційного мислення й ефективного застосування математичних знань у реальному житті.

РОЗДІЛ 3. ПЕДАГОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІКТ ПРИ ВИВЧЕННІ ФУНКЦІЙ

3.1. Організація та етапи педагогічного експерименту

Проведення педагогічних експериментів є вирішальним етапом будь-якого наукового та освітнього дослідження, оскільки експериментальна перевірка дозволяє оцінити ефективність запропонованих методів та практично продемонструвати ефективність розроблених підходів до навчання [61]. У рамках цієї магістерської роботи експеримент мав на меті перевірити доцільність та вплив використання інформаційно-комунікаційних технологій у шкільних програмах з математики на якість навчання з теми «Функції».

Це дослідження було проведено у 2025/2026 навчальному році в Башликівському опорному закладі освіти Цуманської селищної ради Луцького району Волинської області серед учнів 10-х класів, де вивчався розділ «Степеневі функції» на основі чинних стандартів навчальної програми з математики для десятого класу. В експерименті взяли участь 32 учні, об'єднаних у дві групи - у експериментальну та контрольну. Учні старших класів було обрано суб'єктами дослідження, оскільки вони мають достатню математичну базу, здатні свідомо використовувати інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) у навчальній діяльності, а також мають відносно зрілі когнітивні інтереси та самостійність.

Основною ідеєю даного педагогічного експерименту є те, що інформаційно-комунікаційні технології – це не лише технічний засіб, а й навчальний ресурс; вони можуть візуалізувати абстрактні поняття та підвищувати інтерактивність і автономність навчання.

Навчальний експеримент мав на меті дослідити ефективність інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчанні функцій (особливо степеневих функцій) у старших класах середньої школи. Для досягнення цієї мети ми ставимо такі завдання:

- з'ясувати рівень сформованості базових знань, умінь і навичок учнів з теми «Функції» на початку експерименту;
- визначити, як учні ставляться до застосування ІКТ у процесі вивчення математики;
- апробувати авторську методику вивчення степеневих функцій із використанням цифрових технологій;
- здійснити порівняльний аналіз результатів навчання учнів контрольної та експериментальної груп;
- окреслити педагогічні умови, що сприяють підвищенню ефективності навчання завдяки інтеграції ІКТ.

Цей навчальний експеримент зосереджений на процесі викладання математики у старшій школі та вивчає вплив використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на навчальний контекст поняття «Функція» [62].

У дослідженні висувається гіпотеза: якщо інформаційно-комунікаційні технології використовувати цілеспрямовано та систематично у навчальних функціях, і цей процес здійснюватиметься з відповідним методичним забезпеченням, поетапно та при взаємодії між вчителями та учнями, то це сприятиме покращенню якості математичних знань, розвитку навичок логічного мислення та розвитку числових здібностей учнів.

Методологічною основою цього експерименту є конструктивістська теорія навчання, яка постулює, що знання не передаються в готовій формі, а формуються через позитивну взаємодію між учнями та навчальним середовищем. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) забезпечує реалізацію цього підходу, створюючи динамічний освітній простір, у якому учні виступають дослідниками, аналітиками та творцями знань.

Теоретичною базою дослідження стали праці провідних науковців, які досліджували питання використання ІКТ у математичній освіті (О. Спірін, Н. Морзе, Л. Петухова, В. Биков, І. Роберт, Л. Гладка, С. Семеріков, І.

Теплицький). У своїх роботах вони підкреслюють, що цифрові технології підсилюють когнітивну активність учнів, сприяють візуальному розумінню абстрактних математичних понять та формують ключові компетентності XXI століття [63-69].

Цей навчальний експеримент організовано в три етапи: етап дослідження, етап формування та етап підсумовування. Кожен етап має свої цілі, логіку, завдання та методичну основу. Етап дослідження має на меті визначити початкову готовність учнів до навчання та умови для впровадження експериментальних методів. Етап формування безпосередньо впроваджує інформаційно-комунікаційні технології в навчальний процес, тоді як етап підсумовування узагальнює та аналізує результати, щоб відобразити ступінь сформованості знань та навичок учнів.

Педагогічний експеримент, організований у межах цього дослідження, став логічним продовженням теоретичних положень, викладених у попередніх розділах. Його результати мають засвідчити ефективність застосування інформаційно-комунікаційних технологій як важливого чинника формування якісних знань і сучасних компетентностей учнів старшої школи під час опанування змістової лінії «Функції».

Особливе місце в експерименті приділилося дотриманню освітньої етики та створенню психологічно комфортного середовища для учнів. Участь школярів була добровільною, а всі отримані дані використовувалися виключно в дослідницьких цілях. Персональна інформація учасників зберігалася з дотриманням вимог конфіденційності.

Експеримент проводився під керівництвом учителя математики, який виконував функції координатора процесу. На підготовчому етапі було організовано консультації з педагогами щодо вибору цифрових інструментів, програмного забезпечення, методичних матеріалів та створення необхідного електронного контенту.

В основі організації дослідження лежала система принципів, що забезпечували наукову цілісність експерименту. Принцип наукової

обґрунтованості гарантував використання актуальних методів сучасної педагогічної науки. Принцип системності забезпечував узгоджене поєднання традиційних і цифрових технологій у рамках єдиної методичної моделі. Принципи візуалізації, інтерактивності, ініціативності, а також рефлексивного навчання сприяли підвищенню ефективності опанування матеріалу та розвитку самостійності учнів у цифровому середовищі [70].

Методична структура експерименту поєднувала якісні й кількісні методи дослідження. Для збирання емпіричних даних застосовувалися тестування, анкетування, спостереження, аналіз результатів навчання та статистична обробка. Задля підвищення достовірності було використано порівняльний метод, який охоплював аналіз динаміки показників контрольної та експериментальної груп.

Сутність експерименту полягала не лише у перевірці навчальних результатів. Особливу увагу було зосереджено на вивченні змін у ставленні учнів до предмета, розвитку їхньої пізнавальної мотивації та формуванні навичок роботи з цифровими ресурсами. У такий спосіб експеримент постає як динамічна взаємодія між учителем, учнями та цифровим освітнім середовищем, у межах якої формується нова культура навчання.

Усі плани-конспекти уроків, використаних під час проведення експерименту, розміщено у додатках до роботи (ДОДАТКИ А-В). Вони становлять практичну реалізацію описаної методики й можуть бути використані у подальшій педагогічній практиці для вдосконалення навчання функцій засобами ІКТ.

3.2. Методика впровадження ІКТ у процес вивчення функцій

Тема «Степеневі функції» була вибрана для дослідження тому, що вона займає ключове місце в шкільному курсі алгебри й дозволяє найповніше реалізувати можливості цифрових засобів під час порівняння властивостей функцій та побудови їхніх графічних моделей. Сам навчальний експеримент

охоплював три взаємопов'язані рівні роботи: первинне ознайомлення, поглиблене опрацювання та підсумкове узагальнення матеріалу [64].

Перший етап навчання передбачав відновлення базових знань про функціональні залежності та принципи взаємозв'язку між змінними. Для мотивації учнів використовувалися короткі відеоматеріали, інтерактивні вправи LearningApps та презентації з використанням динамічних можливостей GeoGebra. Вчитель на цьому етапі виконував роль консультанта і сприяв переходу від теоретичного ознайомлення до практичних досліджень [65-66].

На етапі поглибленого опрацювання увага була зосереджена на властивостях степеневих функцій. Учні працювали з GeoGebra та Desmos, самостійно змінюючи параметри та відстежуючи, як це впливає на форму графіка. Таким чином, цифрові симулятори сприяли формуванню навичок математичного моделювання, розвитку логічного мислення та здатності аргументувати власні висновки. Паралельно виконувалися індивідуальні онлайн-завдання в Google Classroom, що супроводжувалися коментарями вчителя та активним обговоренням складних питань.

Завершальний етап був спрямований на узагальнення і практичне застосування вивченого матеріалу. Підсумкова діагностика здійснювалась через Google Forms, а також шляхом виконання творчих мініпроектів. Учні створювали графічні ілюстрації, аналізували поведінку функцій та представляли власні висновки у форматі коротких презентацій. Така форма роботи дозволяла оцінити не лише засвоєння змісту теми, але й розвиток комунікативних, аналітичних та презентаційних умінь [64], [67].

Запропонована методика навчання була сформована з урахуванням результатів експериментальної фази роботи та повністю узгоджувалась з вимогами чинної програми з математики для 10 класу. Її концептуальна основа полягає в інтеграції цифрових інструментів у традиційні підходи до викладання, що дозволяє підсилити наочність, забезпечити інтерактивність і створити умови для дослідницького навчання. Ключовою метою методики є

розвиток у старшокласників аналітичних здібностей, творчого мислення та вміння працювати з цифровими ресурсами в контексті вивчення математики.

Загальна схема впровадження ІКТ у процес навчання функцій подана у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

**Структура та етапи реалізації методики використання ІКТ у навчанні
теми «Степенева функція»**

Етап навчання	Мета етапу	Форми роботи	ІКТ-інструменти
Ознайомлення	Формування базових уявлень про поняття функції, створення мотивації	Перегляд відео, колективне обговорення, робота з презентацією	YouTube, PowerPoint, LearningApps
Поглиблене опрацювання	Засвоєння властивостей степеневі функції, побудова графіків	Практична робота з програмами, аналіз змін параметрів	GeoGebra, Desmos, Google Classroom
Узагальнення	Закріплення знань, перевірка розуміння та аналітичних умінь	Онлайн-тестування, творчі проєкти, самооцінювання	Google Forms, Canva, Jamboard

Таблицю розроблено на основі власних досліджень

Використання інформаційно-комунікаційних технологій суттєво розширило можливості навчального процесу, підсилюючи його наочність, динамічність і варіативність. Завдяки цифровим ресурсам учні отримали змогу самостійно досліджувати математичні залежності, експериментувати з функціями, порівнювати їхні графічні моделі та прогнозувати зміни результатів. Така діяльність сприяє зростанню мотивації та формує стійкий інтерес до предмета.

Під час формувального етапу експериментальної роботи було використано декілька підходів до інтеграції ІКТ у навчання, які обиралися відповідно до визначених дидактичних завдань. Основними з них стали такі моделі:

- демонстраційна модель, яка використовує цифрові ресурси для пояснення нових знань;
- інтерактивна модель, яка дозволяє студентам самостійно створювати графіки, моделі або маніпулювати віртуальними об'єктами;
- рефлексивна модель, яка використовує ІКТ для перевірки розуміння, проведення самооцінювання та виправлення помилок.

Ми оцінювали ефективність кожної моделі, використовуючи такі критерії: залученість студентів, точність виконання завдань, глибина аналізу та здатність до узагальнення. Дані оцінювання наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Оцінювання ефективності моделей використання ІКТ у процесі навчання

Модель використання ІКТ	Рівень активності учнів, %	Точність виконання завдань, %	Глибина аналізу та узагальнення, %
Демонстраційна	78	85	70
Інтерактивна	92	88	83
Рефлексивна	86	91	89

Таблицю розроблено на основі власних досліджень

Відповідно до даних таблиці 3.2, найбільшу активність учнів та найглибше опрацювання матеріалу забезпечили саме інтерактивні та рефлексивні моделі навчання. Це підтверджує, що справжнє розуміння змісту формують безпосередня робота здобувачів освіти з цифровими ресурсами та подальше усвідомлення отриманих результатів. Демонстраційні моделі, попри їхню користь для наочного представлення матеріалу, не гарантують достатньої повноти знань без можливості практичного опрацювання. [71].

Після завершення циклу занять було проведено підсумкове тестування з теми «Степенева функція». Отримані результати дали можливість оцінити динаміку навчальних досягнень учнів контрольної та експериментальної груп, що наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Порівняльна характеристика навчальних досягнень учнів (у %)

Група	Високий рівень	Достатній рівень	Середній рівень	Початковий рівень
Контрольна	21	39	30	10
Експериментальна	44	42	12	2

Таблицю розроблено на основі власних досліджень

Спостереження та аналіз навчального процесу показали, що інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) позитивно вплинула не лише на рівень знань учнів, а й на їхню активність та зацікавленість. Здобувачі освіти стали частіше брати участь в обговореннях, самостійно шукати додаткову інформацію та проявляти ініціативу у вивченні матеріалу в цифровому форматі. Вчителі також відзначили зменшення кількості пасивних учнів і зростання їхньої ініціативності.

Результати експерименту засвідчили суттєве збільшення частки учнів з високими навчальними досягненнями у експериментальній групі, водночас кількість учнів із середнім і низьким рівнем значно зменшилася. Це свідчить про те, що впровадження ІКТ сприяло не лише підвищенню інтересу до предмета, а й безпосередньо вплинуло на якість навчання. Крім того, учні показали зростання впевненості у використанні графічних програм і покращили вміння самостійно робити висновки та інтерпретувати закономірності змін функцій.

Отже, розроблена методика навчання пройшла валідацію у педагогічній практиці та підтвердила свою ефективність. Використання ІКТ створює сучасне, гнучке та мотивуюче освітнє середовище, де учні не лише опановують знання, а й набувають навичок, необхідних для життя в

інформаційному суспільстві. Цифрові ресурси демонструють свою цінність як потужний інструмент розвитку мислення, дослідницьких компетентностей та когнітивної самостійності здобувачів освіти.

3.3. Аналіз результатів

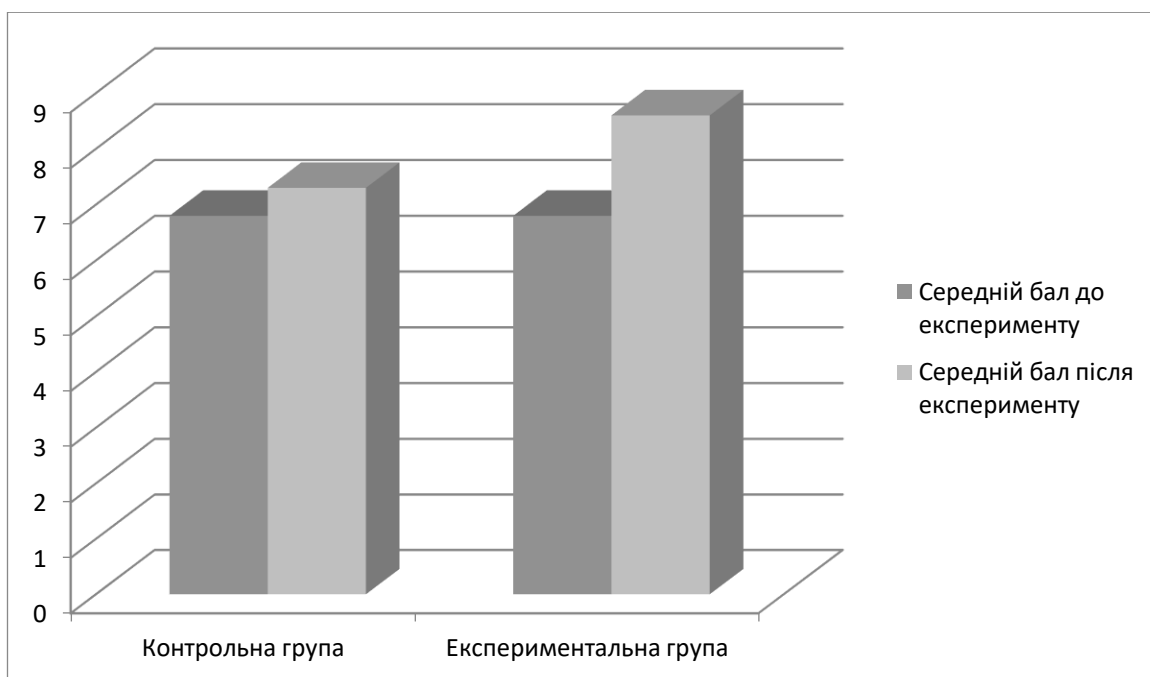
Після завершення формувальної фази навчального експерименту ми провели комплексну оцінку результатів, щоб визначити ефективність інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у процесі навчання «функціонального» змісту. Аналіз даних охоплював різні аспекти: академічну успішність, засвоєння концепцій, розвиток аналітичних навичок, а також ентузіазм та участь здобувачів освіти у пізнавальній діяльності [64]. Порівняльні результати контрольного тестування показали значну позитивну зміну в успішності експериментальної групи. На початку експерименту середній рівень знань контрольної та експериментальної груп був однаковим (6,8 балів) (таблиця 3.4.). Після впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) середній бал контрольної групи зріс до 7,3 балів, тоді як середній бал експериментальної групи зріс до 8,6 балів. Це демонструє реальне покращення ефективності навчання та підтверджує ефективність використання цифрових інструментів для функціонального навчання.

Таблиця 3.4.

Динаміка середніх показників навчальних досягнень учнів за результатами експерименту

Група	Середній бал до експерименту	Середній бал після експерименту	Приріст, %
Контрольна	6,8	7,3	+7,3
Експериментальна	6,8	8,6	+26,5

Таблицю розроблено на основі власних досліджень



Діаграма 3.1. Динаміка середніх показників навчальних досягнень учнів за результатами експерименту

Як видно з таблиці 3.4. та діаграми 3.1., середнє покращення балів в експериментальній групі було значно вищим, ніж у контрольній групі, що демонструє тривалий вплив інформаційно-комунікаційних технологій на якість навчання. Цей результат головним чином пояснюється тим, що використання цифрових ресурсів поглибило розуміння учнями взаємозв'язку між параметрами функцій та їх графіками, а також стимулювало їхню здатність до самостійного навчання в процесі опрацювання навчальних матеріалів.

Крім того, ми провели якісний аналіз рівня розвитку ключових компетентностей. Вони відображаються не лише в рівні знань, але й у здатності аналізувати, робити висновки та застосовувати знання в нових ситуаціях. Під час процесу оцінювання ми визначили п'ять основних критеріїв: розуміння поняття функції, вміння будувати графіки функцій, вміння аналізувати властивості функцій, вміння використовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення задач та рівень

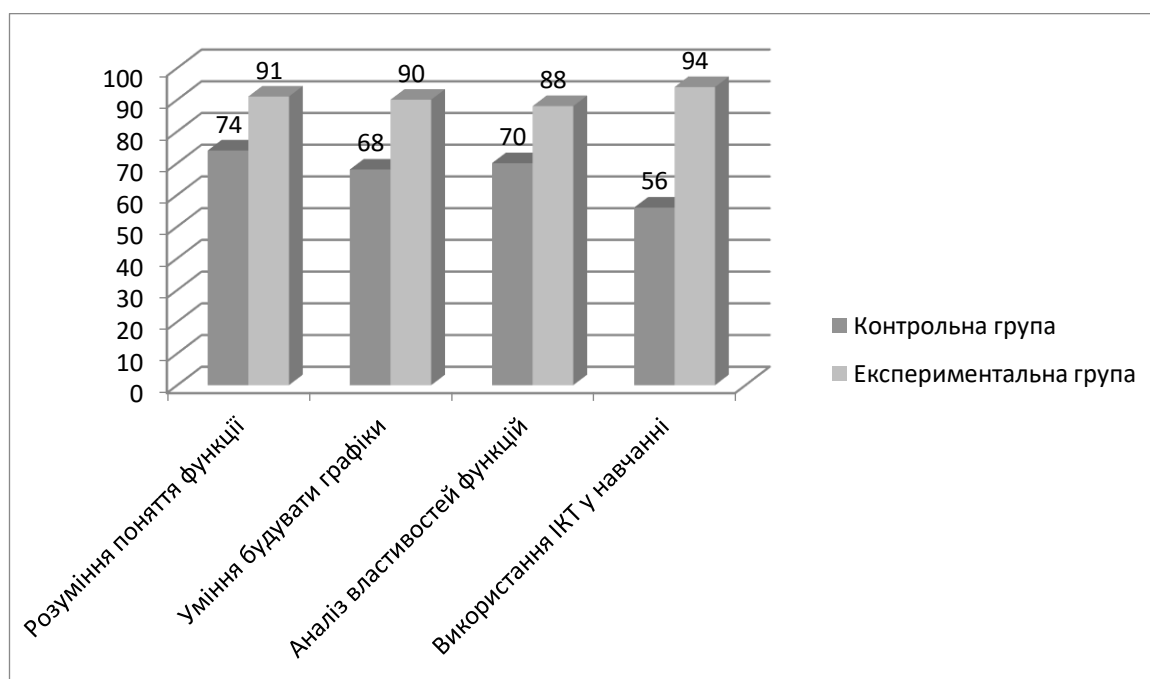
мотивації навчання. Результати наведено в таблиці 3.5. та показано на діаграмі 3.2.

Таблиця 3.5.

Порівняльні показники сформованості математичних компетентностей учнів після експерименту (у %)

Критерій	Контрольна група	Експериментальна група	Різниця, %
Розуміння поняття функції	74	91	+17
Уміння будувати графіки	68	90	+22
Аналіз властивостей функцій	70	88	+18
Використання ІКТ у навчанні	56	94	+38

Таблицю розроблено на основі власних досліджень



Діаграма 3.2. Динаміка середніх показників навчальних досягнень учнів за результатами експерименту

З діаграми 3.2. видно, що показник використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) зазнав найбільшого зростання, досягнувши

38%, що свідчить про те, що учні активно опановують цифрові навички та покращують свою інформаційну грамотність. Крім того, мотивація до навчання та навички створення діаграм також суттєво покращилися, що підтверджує, що подання навчальних матеріалів у візуально інтерактивній формі робить навчання доступнішим для розуміння та легшим для сприймання.

Дослідження підтверджує, що впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальний процес не лише допомагає покращити якість засвоєння знань, але й культивує новий дослідницький спосіб мислення. Здобувачі освіти, які навчаються в цифровому середовищі, демонструють більшу гнучкість у вирішенні проблем, маючи змогу самостійно перевіряти правильність формул, змінювати параметри функцій та прогнозувати результати. Така модель навчання допомагає розвивати критичне мислення, оскільки кожна дія, яку виконує учень, візуально підтверджується у графічній формі.

Важливим компонентом аналізу було анкетування здобувачів освіти, проведене після експерименту. Це опитування дозволило нам зрозуміти суб'єктивне ставлення учнів до використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на уроках математики. Результати наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Результати анкетування учнів експериментальної групи щодо використання ІКТ у навчанні (у % від загальної кількості респондентів)

Питання	Так	Частково	Ні
Використання ІКТ допомогло краще зрозуміти матеріал	92	8	0
Цифрові засоби зробили уроки цікавішими	96	4	0
Ви хотіли б і надалі навчатися з використанням ІКТ	84	14	2
ІКТ допомагають розвивати самостійність у навчанні	88	10	2
Використання ІКТ сприяло підвищенню оцінок	79	18	3

Таблицю розроблено на основі власних досліджень

Результати опитування показують, що учні загалом позитивно ставляться до цифрових інновацій. Переважна більшість здобувачів освіти зазначили, що інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) допомагають їм глибше розуміти навчальний матеріал, стимулюють їхній інтерес до навчання та покращують їхні здібності до самостійного навчання. Особливо варто відзначити, що 84% респондентів висловили бажання продовжувати використовувати цифрові ресурси для навчання, що відображає їхнє незмінне позитивне ставлення до інноваційних методів навчання.

Аналіз даних підтверджує, що інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальний процес не лише позитивно впливає на засвоєння знань, але й позитивно впливає на мотивацію до навчання та емоційне благополуччя учнів. Учні більш активно залучені до навчального процесу, із задоволенням взаємодіють один з одним, обмінюються результатами навчання та отримують задоволення від своїх успіхів. Цифрові технології сприяють атмосфері співпраці, дозволяючи кожному учню навчатися у власному темпі, що особливо важливо в контексті диференційованого навчання.

Подальший аналіз педагогічних спостережень показав, що учні експериментальної групи продемонстрували високий самоконтроль, організаторські здібності для навчальної діяльності та здатність самостійно виявляти та виправляти помилки. Це свідчить про розвиток у них так званої «цифрової автономії», тобто учні можуть не лише отримувати інформацію, а й критично аналізувати її та використовувати для досягнення навчальних цілей. Ця риса є ознакою зрілих цифрових здібностей і є цифровою грамотністю, яку сучасні заклади освіти повинні розвивати в учнів.

Порівняльний аналіз результатів показує, що позитивний вплив впровадження ІКТ відображається у трьох взаємопов'язаних вимірах: когнітивному, мотиваційному та активному. Когнітивно користувачі

продемонстрували покращене розуміння функціональних залежностей та покращену здатність застосовувати знання до практичних завдань. Мотиваційно користувачі виявили підвищений інтерес та більш позитивне ставлення до навчання. З точки зору діяльності, користувачі розвинули здатність самостійно знаходити рішення та змогли використовувати цифрові інструменти для аналізу та моделювання.

Результати цього навчального експерименту демонструють, що запропонований метод застосування інформаційно-комунікаційних технологій для функціонального навчання є ефективним з освітньої, психологічної та педагогічної точок зору. Він піднімає освітній процес на новий рівень, поєднуючи логічну точність математичних знань з креативністю сучасних цифрових інструментів. Здобувачі освіти, які брали участь у цій моделі навчання, не лише досягли кращих академічних результатів, але й розвинули важливі навички, такі як аналітичне мислення, критична оцінка інформації, креативне мислення та здібності до самоврядування.

Отже, проведений аналіз результатів підтвердив, що використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення змістової лінії «Функції» підвищує ефективність навчання, розвиває пізнавальну активність і сприяє становленню особистості сучасного учня як суб'єкта освітнього простору, здатного до самонавчання, саморозвитку та інтелектуальної ініціативи.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи проаналізовано сучасний стан використання інформаційно-комунікаційних технологій у шкільній математичній освіті. З'ясовано, що цифровізація навчального процесу є об'єктивною вимогою часу, яка потребує переосмислення традиційних підходів до викладання математики. Доведено, що впровадження ІКТ сприяє підвищенню якості засвоєння знань, розвитку пізнавальної активності, формуванню критичного мислення й здатності до самостійного навчання.

У цій магістерській роботі аналізувались зміст і структура розділу «Функція», ключового компонента шкільної програми з математики. Досліджувалось педагогічне значення теми та визначалась її роль у формуванні системного математичного мислення. Дослідження показують, що поняття функції слугує єдиною основою для вивчення різних розділів алгебри та вступних знань з аналізу, тому необхідні сучасні навчальні матеріали. Висновок вказує на те, що використання цифрових ресурсів може зробити процес вивчення функцій більш інтуїтивним, гнучким та практичним.

Досліджено методи навчання в сучасних школах, проаналізовано можливості традиційних та інноваційних методів навчання (особливо проблемного навчання, навчання на основі діяльності та навчання на основі компетентностей). Дослідження показало, що поєднання традиційних лекційних методів з інтерактивними технологіями, які забезпечують активну участь учнів у пізнавальній діяльності та стимулюють розвиток їхніх дослідницьких здібностей, може досягти ефективного навчання.

Проаналізовано зміст дослідження та методи оцінки степеневих функцій, зокрема їхні властивості, зображення та зв'язки з іншими типами функцій. Дослідження показало, що ця тема допомагає здобувачам освіти самостійно будувати моделі функціональних зв'язків, спостерігати за змінами параметрів та досліджувати закономірності. Крім того, дослідження

демонструє, що візуалізація функцій за допомогою графічних редакторів може покращити розуміння учнями теоретичних знань та розвинути їхні навички аналітичного мислення.

Проаналізовано чинні навчальні програми з математики для старшої школи. Досліджено структуру, змістові акценти та рівень інтеграції цифрових компонентів у вивченні теми «Функції». Встановлено, що хоча сучасні програми орієнтуються на формування компетентностей, вони потребують більш системного впровадження цифрових засобів для реалізації принципів наочності, дослідності та інтерактивності.

Досліджено підручники з математики для 10 класу та проведено їх методичний аналіз. Проаналізовано, наскільки ефективно в них представлено матеріал щодо степеневих функцій, які можливості вони створюють для розвитку візуального мислення та самостійності учнів. Встановлено, що підручники переважно орієнтуються на репродуктивний стиль навчання, тому потребують доповнення за рахунок інтеграції ІКТ-завдань, онлайн-практикумів і динамічних моделей.

Проаналізовано педагогічні засади використання ІКТ у процесі навчання функцій. Досліджено їхній вплив на пізнавальні процеси учнів і роль у створенні сучасного освітнього середовища. З'ясовано, що цифрові інструменти дають змогу індивідуалізувати навчання, урізноманітнити форми діяльності, підвищити рівень самоконтролю й відповідальності учнів. Встановлено, що ІКТ сприяють реалізації принципів інтерактивності, візуалізації, диференціації та безперервного зворотного зв'язку.

Проведено порівняльний аналіз освітніх цифрових ресурсів для вивчення функцій. Досліджено можливості GeoGebra, Desmos, LearningApps, Google Classroom, Kahoot та інших платформ. Встановлено, що найбільш ефективними є інструменти, які забезпечують інтерактивність, візуалізацію та миттєвий зворотний зв'язок. Проаналізовано переваги й обмеження кожного інструменту, визначено педагогічні умови їх оптимального використання в освітньому процесі.

Організовано та проведено педагогічний експеримент, спрямований на перевірку ефективності впровадження ІКТ у навчання змістової лінії «Функції». Досліджено його структуру, мету, завдання, етапи й методологічну основу. Встановлено, що експериментальна робота, проведена серед учнів 10–х класів Башликівського ОЗО, забезпечила можливість об'єктивно оцінити зміни у навчальних досягненнях і ставленні учнів до предмета.

Розроблено методику впровадження ІКТ у процес вивчення функцій, що поєднує демонстраційні, інтерактивні та рефлексивні моделі навчання. Проаналізовано етапи реалізації методики, описано використані цифрові ресурси, форми організації діяльності та критерії оцінювання результатів. Досліджено, що завдяки ІКТ підвищується якість розуміння функціональних залежностей, зростає рівень мотивації та самостійності учнів. Встановлено, що ефективність цифрового навчання підтверджується зростанням середнього балу та позитивними результатами анкетування школярів.

Проаналізовано результати педагогічного експерименту, у ході якого виявлено суттєве покращення показників навчальної успішності та пізнавальної активності учнів. Досліджено динаміку середніх балів, рівень сформованості компетентностей і зміну ставлення до навчання. Встановлено, що приріст показників в експериментальній групі становив понад 26%, тоді як у контрольній — лише близько 7%. Проаналізовано результати анкетування, які свідчать, що понад 90% учнів сприймають цифрові засоби як зручний, цікавий і ефективний інструмент навчання. Доведено, що ІКТ забезпечують позитивний вплив на когнітивний, мотиваційний і діяльнісний аспекти навчання.

Узагальнення проведеного дослідження дозволило підтвердити гіпотезу про те, що системне впровадження ІКТ у процес вивчення функцій є дієвим чинником підвищення якості математичної освіти. Проаналізовано педагогічні умови ефективності цифрового навчання, зокрема методичну підготовку вчителя, технічне забезпечення, доступ до ресурсів і наявність

навчальних матеріалів. Встановлено, що впровадження ІКТ формує в учнів цифрову культуру, навички самоосвіти, вміння аналізувати дані та працювати з математичними моделями.

Підсумовуючи результати, можна стверджувати, що використання ІКТ у процесі вивчення змістової лінії «Функції» є важливим кроком до модернізації математичної освіти. Досліджено й доведено, що поєднання традиційних методів із цифровими технологіями створює нову педагогічну реальність, у якій навчання стає гнучким, інтерактивним і дослідницьким. Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення методики викладання математики, підготовки майбутніх педагогів і розвитку цифрової компетентності учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Свіргун І. В., Падалко Н. Й. Використання інформаційно-комунікаційних технологій для вивчення змістової лінії «Функції». Збірник тез доп. XIV міжнародної науково-практичної конференції "МАТЕМАТИКА. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ОСВІТА", (13–15 черв. 2025 р., Луцьк – Світязь). Луцьк, 2025. С. 239–241.
2. Навчальна програма з математики (алгебра і початки аналізу та геометрія) для учнів 10–11 класів. Рівень стандарту. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
3. Навчальна програма з математики для 10–11 класів. Профільний рівень. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
4. Акуленко І. А. Деякі аспекти практичної частини компетентісно орієнтованої методичної підготовки майбутнього вчителя математики профільної школи. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2014. Vol. II(8), Issue 16. P. 33–37.
5. Бевз Г. П.; Бевз В. Г.; Владімірова Н. Г. Алгебра і початки аналізу. Профільний рівень : підручник для 10 кл. Київ : Освіта, 2018. 336 с.
6. Бевз Г. П.; Бевз В. Г. Математика: Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підручник для 10 кл. Київ : Освіта, 2018. 288 с. : іл.
7. Бевз Г. П.; Бевз В. Г. Математика: Алгебра і початки аналізу та геометрія. Рівень стандарту : підручник для 11 кл. Київ : Освіта, 2019. 272 с. : іл.
8. Істер О. С.; Єргіна О. В. Алгебра і початки аналізу : профільний рівень : підручник для 10 кл. Київ : Генеза, 2018. 448 с. : іл.
9. Істер О. С.; Єргіна О. В. Алгебра і початки аналізу : профільний рівень : підручник для 11 кл. Київ : Генеза, 2019. 416 с. : іл.

10. Істер О. С. Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підручник для 10 кл. Київ : Генеза, 2018. 384 с. : іл.
11. Нелін Є. П. Алгебра і початки аналізу : підручник для 10 кл. (академ. рівень). Харків : Гімназія, 2010. 416 с. : іл.
12. Нелін Є. П.; Долгова О. Є. Алгебра. 11 клас : підручник (академ. і проф. рівні). Харків : Гімназія, 2011. 448 с. : іл.
13. Биков В. Ю. Сучасні завдання інформатизації освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2010. № 1(15). URL: <http://journal.iitta.gov.ua> (дата звернення: 06.10.2025).
14. Жук Ю. О. Планування навчальної діяльності з урахуванням використання засобів ІКТ. Інформаційні технології і засоби навчання. 2005. С. 96–99.
15. Жук Ю. О. Системні особливості освітнього середовища як об'єкту інформатизації. Післядипломна освіта в Україні. 2002. № 2. С. 35–37.
16. Гуревич Р.; Кадемія М. Смарт-освіта – нова парадигма сучасної системи освіти. Теорія і практика управління соціальними системами. 2016. № 4. С. 71–78.
17. Гуржій А. М.; Гуревич Р. С.; Коношевський Л. Л.; Коношевський О. Л. Мультимедійні технології та засоби навчання : навч. посіб. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. 556 с.
18. Галецький С. М. Історія розвитку дистанційної освіти у світі. Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. 2018. Вип. 1. С. 11–16.
19. Жевакіна Н. З історії дистанційної освіти. Вісник Львівського університету. Серія педагогічна. 2003. Вип. 17. С. 135–141.
20. Бриф за результатами дослідження якості організації дистанційного навчання у закладах загальної середньої освіти України. Лютий 2022. URL: https://sqe.gov.ua/wpcontent/uploads/2022/08/Brief_distance_learning_SQE_SUR_Ge_30.08.2022.pdf.

21. Державна служба якості освіти завершила вивчення організації дистанційного навчання у школах – результати дослідження. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/derzhavna-sluzhba-yakosti-osviti-zavershila-vivchennya-organizaciyi-distancijnogo-navchannya-u-shkolah-rezultati-doslidzhennya>.

22. Бузько В. Л.; Величко С. П. Дистанційна освіта в загальноосвітній школі у процесі вивчення природничо-математичних дисциплін. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. 2014. № 20. С. 68–70.

23. Даниленко Л. В. Мультимедійні презентації на уроках виробничого навчання. Професійно-технічна освіта. 2014. № 1. С. 32–35.

24. Дистанційне навчання: теорія та практика : монографія / Гриценко В. І. та ін. Київ : Наукова думка, 2004. 376 с.

25. Бурда М. І.; Колесник Т. В.; Мальований Ю. І.; Тарасенкова Н. А. Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підручник для 10 кл. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 288 с. : іл.

26. Вороновська Л. П. Дистанційний курс у системі викладання вищої математики студентам галузі «Будівництво та архітектура». Педагогічні науки. 2018. Вип. 84, Т. 2. С. 83–87.

27. Афанасьєва О. М.; Бродський Я. С.; Павлов О. Л.; Сліпенко А. К. Математика. 10 клас : підручник. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2010. 480 с.

28. Ашиток Н. Нова освітня реальність: дистанційна освіта у вищій школі в умовах пандемії. Молодь і ринок. 2021. № 3(189). С. 11–14.

29. Бацуровська І. В. Теорія і методика навчання у масових відкритих дистанційних курсах. У: Модернізація технології навчання в умовах реформи університетської освіти : колективна монографія. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. С. 95–131.

30. Абакумова О. О. Історичний підхід до рефлексії феномена дистанційної освіти. Вісник НТУУ «КПІ». Філософія. Психологія. Педагогіка. 2012. Вип. 2'2012. С. 3–10.
31. Мерзляк А. Г.; Номіровський Д. А.; Полонський В. Б.; Якір М. С. Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підручник для 10 кл. Харків : Гімназія, 2018. 256 с. : іл.
32. Мерзляк А. Г.; Номіровський Д. А.; Полонський В. Б.; Якір М. С. Алгебра і початки аналізу : підручник для 10 кл. (академ. рівень). Харків : Гімназія, 2018. 352 с. : іл.
33. Мерзляк А. Г.; Номіровський Д. А.; Полонський В. Б.; Якір М. С. Алгебра і початки аналізу : початок вивчення на поглиб. рівні з 8 кл., проф. рівень : підручник для 10 кл. Харків : Гімназія, 2018. 512 с. : іл.
34. Мерзляк А. Г.; Номіровський Д. А.; Полонський В. Б.; Якір М. С. Алгебра і початки аналізу : профільний рівень : підручник для 10 кл. Харків : Гімназія, 2018. 400 с. : іл.
35. Мерзляк А. Г.; Номіровський Д. А.; Полонський В. Б.; Якір М. С. Алгебра і початки аналізу : профільний рівень : підручник для 11 кл. Харків : Гімназія, 2019. 352 с. : іл.
36. Заболотний В. Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики : автореф. дис. д-ра пед. наук : 13.00.02. Київ, 2010. 38 с.
37. Інноваційні педагогічні технології в цифровій школі : матеріали ІІ наук.-практ. конф. молодих учених (Харків, 14–15 травня 2020 р.). Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2020. 197 с.
38. Козяр М. М.; Зачко О. Б.; Рак Т. Є. Віртуальний університет : навч.-метод. посіб. Львів : ЛДУ БЖД, 2009. 168 с.
39. Івахнюк Г. Ю. Електронні навчально-методичні комплекси у підготовці кваліфікованих робітників. Професійно-технічна освіта. 2014. № 1. С. 30–31.

40. Кадемія М. Ю.; Козяр В. М.; Кобися В. М.; Коваль М. С. Соціальні сервіси Web 2.0 і Web 3.0 у навчальній діяльності : навч. посіб. Вінниця : Планер, 2010. 230 с.
41. Кадемія М. Ю.; Сисоєва С. О. Інтерактивні засоби навчання : навч.-метод. посіб. Вінниця : Планер, 2010. 217 с.
42. Коваль Т. І. Підготовка викладачів вищої школи: інформаційні технології у педагогічній діяльності : навч.-метод. посіб. Київ : Вид. центр НЛУ, 2009. 380 с.
43. Кадемія М. Ю.; Шахіна І. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології в навчальному процесі : навч. посіб. Вінниця : Планер, 2011. 220 с.
44. Колоток В. О.; Соколенко Л. О. Застосування онлайн-додатків у процесі дистанційного навчання функцій у старшій школі (на прикладі GEOGEBRA). Крок у науку... : зб. тез конф. Чернігів : НУЧК ім. Т. Г. Шевченка, 2022. С. 158–159.
45. Ніколаєнко М. С. Інтерактивна дошка: теорія і практика. Суми : Ніко, 2018. 94 с.
46. Кирилашук С. А. Педагогічні умови формування інженерного мислення студентів технічних університетів у процесі навчання вищої математики : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Вінниця, 2010. 20 с.
47. Колоток В. О. Використання онлайн-дошок під час навчання функціональної змістової лінії у ЗЗСО. Проблеми математичної освіти (ПМО – 2023) : матеріали конф. Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2023. С. 166–167.
48. Клочко В. І. Застосування новітніх інформаційних технологій при вивченні вищої математики у технічному виші : навч.-метод. посіб. Вінниця : ВДТУ, 1997. 300 с.
49. Пузирьов В. Є. Дистанційне навчання вищої математики: досвід ДонНУ. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2015. № 6(50). С. 283–290.

50. Козяр М. М.; Кузик А. Д. Застосування мультимедійних телекомунікаційних технологій у навчально-виховному процесі. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2006. Вип. 10. С. 240–345.
51. Мамчич Т. І.; Мамчич І. Я.; Ройко Л. Л.; Ройко О. О. Навчання методам прикладної математики за підтримки програми R. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2019. № 35. С. 37–41.
52. Махомета Т. М.; Тягай І. М. Інноваційні технології підготовки майбутніх учителів математики: сучасні тенденції та практика. Наука і техніка сьогодні. 2023. № 3(17). С. 360–369. DOI: 10.52058/2786-6025-2023-3(17)-360-369.
53. Ляшенко І. В. Перспективи розвитку дистанційного навчання у вищій школі. URL: https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=2682
54. Малярчук О. В. Розвиток дистанційної освіти у XIX–XX столітті. Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. 2008. Вип. 41. С. 126–129.
55. Мультимедійні системи як засоби інтерактивного навчання : посібник / Жалдак М. І. та ін. Київ : Педагогічна думка, 2012. 112 с.
56. Наumenко О. М. Деякі аспекти підготовки майбутніх учителів до використання засобів ІКТ. Інформаційні технології і засоби навчання. 2007. № 3(4). 11 с.
57. Пахолок З.; Миронюк Л. Методика опрацювання хмарних сервісів Google Slides та Sites... Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2020. № 38. С. 51–58.
58. Пилаєва Т. В. Історія розвитку дистанційної освіти в світі. Наукові записки (КДПУ ім. В. Винниченка). 2016. Вип. 147. С. 114–118.
59. Плющ В. М.; Равлів Ю. А. Становлення дистанційного навчання в Україні. Вісник Глухівського НПУ ім. О. Довженка. 2018. Вип. 37. С. 24–30.

60. Пшенична О. С. Інтенсифікація навчального процесу у вищій школі на основі використання ІТ. Педагогіка формування творчої особистості... 2014. Вип. 36(89). С. 590–597.
61. Співаковський О. В. Теорія і практика використання інформаційних технологій у підготовці студентів математичних спеціальностей. Херсон : Айлант, 2003. 229 с.
62. Простакова Ю. С.; Асєєва І. В. Застосування когнітивно-візуального підходу до вивчення степеневі функції. Наумовські читання : зб. тез XIX конф. Харків, 2022. С. 87–90.
63. Семеріков С. О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі : монографія. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2009. 340 с.
64. Peters O. Learning and teaching in distance education: Pedagogical analyses and interpretations in an international perspective. Hove : Psychology Press, 2001.
65. Semenikhina E.; Drushlyak M. Organization of Experimental Computing in GeoGebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. European Journal of Contemporary Education. 2015. Vol. 11, Iss. 1. P. 82–90.
66. Semenikhina E.; Proshkin V.; Naboka O. Application of Computer Mathematical Tools in University Training of Computer Science and Mathematics Pre-service Teachers. International Journal of Research in E-learning. 2020. Vol. 6(2). P. 1–23.
67. Швець Г.; Кульчицька Н. Організація навчальної діяльності учнів основної школи під час дистанційного навчання математики. Modern Information Technologies... 2020. С. 77–82. DOI: 10.31652/2412-1142-2020-58-77-82.
68. Усата О. Ю. Використання GeoGebra у вивченні математики. URL: http://eprints.zu.edu.ua/29988/1/тези_політех.PDF
69. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики : монографія. Черкаси : Брама-Україна, 2005. 400 с.

70. Педагогічний експеримент : навч.-метод. посіб. / [укладач О. Е. Жосан]. – Кіровоград : Видавництво КОІППО імені Василя Сухомлинського, 2008. – 72 с.

71. Ященко Е.; Левандовська І. Дистанційна освіта в освітній діяльності вищої школи: виклики часу. Гуманітарні студії : історія та педагогіка. 2021. № 1. С. 124–134. URL: <http://gsip.wunu.edu.ua/index.php/gsipua/article/view/2>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

План-конспект уроку з теми «Поняття степеневі функції та її графік»

Тип уроку – комбінований (вивчення нового матеріалу з елементами практичного моделювання).

Мета – сформувати поняття степеневі функції, навчити учнів будувати її графіки за допомогою цифрових ресурсів GeoGebra і Desmos; розвивати логічне мислення, аналітичні навички та інформаційну грамотність.

Очікувані результати – учні розуміють визначення «Степенева функція», уміють описувати її властивості, будувати графіки для різних показників степеня, порівнювати отримані результати; проявляють зацікавлення до навчання через ІКТ.

Обладнання – мультимедійна дошка, комп'ютери або планшети, доступ до інтернету, програми GeoGebra та Desmos.

Хід уроку

Організаційний момент. Привітання, коротка мотиваційна бесіда про роль функцій у сучасних технологіях.

Актуалізація знань. Мінітест у Google Forms для повторення понять змінної, функції та графіка.

Пояснення нового матеріалу. Учитель демонструє на екрані у GeoGebra, як змінюється форма графіка функції при різних значеннях показника n у виразі $y = x^n$. Учні повторюють дії на своїх пристроях.

Практична частина. Учні самостійно будують графіки для $y = x^2$, $y = x^3$, $y = x^{-1}$, порівнюють властивості, знаходять симетрію, досліджують, як змінюється зростання або спадання функції.

Інтерактивна вправа. У LearningApps виконання завдання «Відгадай графік за формулою».

Підсумок уроку. Обговорення, що нового дізналися учні, як ІКТ допомогли зрозуміти матеріал.

Домашнє завдання. Створити у Desmos власну колекцію графіків степеневих функцій із короткими поясненнями властивостей кожної.

ДОДАТОК Б

План-конспект уроку з теми «Порівняння властивостей різних типів функцій»

Тип уроку – практично-дослідницький.

Мета – навчити учнів аналізувати та порівнювати властивості лінійної, квадратичної та степеневої функцій; розвивати навички використання ІКТ для побудови й дослідження графіків.

Очікувані результати – учні розпізнають типи функцій за графіками, уміють аналізувати вплив коефіцієнтів на форму графіка, пояснюють відмінності між функціональними залежностями.

Обладнання – комп'ютери, мультимедійна дошка, програма GeoGebra.

Хід уроку

Мотиваційний етап. Перегляд короткого відео з YouTube «Як функції описують реальний світ».

Повторення матеріалу. Робота в групах: скласти таблицю властивостей трьох типів функцій (лінійної, квадратичної, степеневої).

Дослідницька робота. Учні в GeoGebra будують графіки $y = 2x + 1$, $y = x^2 - 3$, $y = x^3$. Порівнюють перетини з осями, зростання, спадання, симетрію, нулі функцій.

Груповий аналіз. На спільній дошці Classtime кожна група презентує свої висновки.

Обговорення результатів. Учитель підсумовує, звертає увагу на закономірності, що при зміні коефіцієнтів змінюється форма графіка.

Інтерактивне закріплення. Онлайнвікторина у Kahoot «Функції навколо нас».

Рефлексія. Учні заповнюють коротку Google-анкету, відповідаючи, наскільки легко їм було працювати з ІКТ.

Домашнє завдання. Виконати у Google Classroom практичне завдання: «Порівняй властивості лінійної та степеневої функцій на прикладі власних побудов у GeoGebra».

ДОДАТОК В

План-конспект уроку з теми «Застосування функцій у життєвих ситуаціях»

Тип уроку – узагальнюючо-проектний.

Мета – показати практичне застосування функцій у різних сферах діяльності; навчити учнів використовувати цифрові інструменти для створення власних математичних моделей.

Очікувані результати – учні вміють застосовувати знання про функції для розв’язання практичних задач, презентувати результати роботи з використанням цифрових засобів, аргументовано висловлювати висновки.

Обладнання – комп’ютери, інтернет, програми GeoGebra, Canva, PowerPoint, Google Sheets.

Хід уроку

Вступ. Обговорення питання «Де у житті ми зустрічаємо функції?». Приклади з економіки, фізики, екології.

Постановка навчальної задачі. Кожна група отримує ситуацію для моделювання:

- залежність витрат пального від швидкості автомобіля;
- залежність площі квадрата від довжини сторони;
- залежність температури від часу доби.

Практична робота. Учні у GeoGebra або Google Sheets будують графіки, визначають тенденції, обговорюють, які функції описують ситуацію.

Презентація результатів. Створення коротких презентацій у Canva або PowerPoint із графіками та висновками.

Аналіз і рефлексія. Учитель разом з учнями аналізує представлені проекти, робить акцент на точності, логічності, використанні ІКТ.

Підсумок уроку. Обговорення того, що функції є універсальним інструментом пізнання світу.

Домашнє завдання. Створити власний мініпроект «Моя життєва функція» – змодельовати будь-який процес і побудувати його графік у GeoGebra.