

DOI <https://doi.org/10.32782/academ-ped.psyh-2026-10.01>

УДК 378.147:517:004.9

Олена БУРЦЕВА

кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри математики і фізики,

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

elena.burtseva19@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9644-2839

Ксенія ЛИСЕНКО

PhD, старший викладач кафедри математики і фізики,

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Lysenko_Kseniya@mspu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3047-6352

ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. У статті розкрито дидактичний потенціал цифрових технологій у процесі навчання математичного аналізу здобувачів вищої освіти. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації математичної підготовки майбутніх фахівців, підвищення наочності та доступності навчального матеріалу, активізації пізнавальної діяльності здобувачів і формування в них умінь критично сприймати, аналізувати, інтерпретувати та створювати медіаконтент. Інтеграція цифрових технологій також створює умови для розвитку математичної, цифрової та медійної компетентностей, удосконалення навичок самостійної роботи й організації інтерактивної взаємодії під час навчання. Метою статті є теоретичне та практичне обґрунтування можливостей використання цифрових технологій під час вивчення основних понять і тем математичного аналізу. **Методологія** дослідження ґрунтується на системному, компетентнісному, діяльнісному, особистісно орієнтованому та технологічному підходах, що забезпечують цілісне використання цифрових технологій у навчанні математичного аналізу. Їх застосування сприяє формуванню математичної, цифрової та медійної компетентностей, активізації пізнавальної діяльності й урахуванню індивідуальних потреб здобувачів освіти. **Наукова новизна** полягає в обґрунтуванні комплексного використання Google Slides, Desmos і GeoGebra для візуалізації математичних понять, дослідження графіків функцій, моделювання процесів та організації інтерактивної навчальної діяльності. **Висновки.** Експериментальну перевірку проведено за допомогою Google Forms. Результати засвідчили підвищення навчальних досягнень і зацікавленості здобувачів освіти. Статистичний аналіз підтвердив ефективність використання цифрових технологій у навчанні математичного аналізу. Подальшого розвитку набули положення щодо використання цифрових технологій для підвищення пізнавальної активності здобувачів, формування їхньої математичної, цифрової та медійної компетентностей.

Ключові слова: візуалізація, дидактичний потенціал, здобувачі освіти, математичний аналіз, пізнавальна активність, цифрові технології.

Olena BURTSEVA

Candidate of Pedagogical Sciences,

Associate Professor at the Department of Mathematics and Physics,

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University

elena.burtseva19@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9644-2839

Ksenia LYSENKO

PhD, Senior Lecturer at the Department of Mathematics and Physics,

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University

Lysenko_Kseniya@mspu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3047-6352

© О. Бурцева, К. Лисенко, 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



DIDACTIC POTENTIAL OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TEACHING MATHEMATICAL ANALYSIS

Abstract. The article reveals the didactic potential of digital technologies in the process of teaching mathematical analysis to higher education students. The relevance of the study is due to the need to modernize the mathematical training of future specialists, increase the visibility and accessibility of educational material, activate the cognitive activity of students and form in them the skills to critically perceive, analyze, interpret and create media content. The integration of digital technologies also creates conditions for the development of mathematical, digital and media competencies, improving the skills of independent work and organizing interactive interaction during training. **The purpose** of the article is to theoretically and practically substantiate the possibilities of using digital technologies when studying the basic concepts and topics of mathematical analysis. **The research methodology** is based on systemic, competency-based, activity-based, personally oriented and technological approaches that ensure the integrated use of digital technologies in teaching mathematical analysis. Their use contributes to the formation of mathematical, digital and media competencies, the activation of cognitive activity and taking into account the individual needs of students. **The scientific novelty** lies in the justification of the comprehensive use of Google Slides, Desmos and GeoGebra for the visualization of mathematical concepts, the study of function graphs, process modeling and the organization of interactive educational activities. **Conclusions.** Experimental testing was carried out using Google Forms. **Conclusions.** The results showed an increase in educational achievements and interest of students. Statistical analysis confirmed the effectiveness of the use of digital technologies in teaching mathematical analysis. The provisions on the use of digital technologies to increase the cognitive activity of students, the formation of their mathematical, digital and media competencies were further developed.

Key words: visualization, didactic potential, students, mathematical analysis, cognitive activity, digital technologies.

Постановка проблеми. Цифрові зміни в освіті як в Україні, так і у світі істотно трансформували підходи до змісту, засобів, форм і методів навчання. У рекомендаціях Ради Європейського Союзу щодо ключових компетентностей для навчання впродовж життя математична та цифрова компетентності визначаються як пріоритетні, із наголосом на використанні цифрових технологій для розвитку критичного мислення, дослідницьких навичок і здатності розв'язувати практичні завдання. Це особливо важливо під час вивчення математичного аналізу, оскільки його поняття є абстрактними та потребують ефективних засобів візуалізації, моделювання й перевірки математичних припущень. Концепція «Нова українська школа» спрямовує освітній процес на реалізацію компетентнісного, діяльнісного та особистісно орієнтованого підходів, інтеграцію цифрових технологій, а також розвиток самостійності й пізнавальної активності учнів, тому в підготовці майбутніх вчителів математики – це головна мета при викладанні. Необхідність формування вмінь працювати з інформацією, критично її оцінювати, взаємодіяти та самостійно здобувати знання зумовлює потребу в оновленні методики викладання елементів математичного аналізу, зокрема тем, пов'язаних із функціями, похідними, первісними та інтегралами.

Важливим орієнтиром виступає також програма ЮНЕСКО з медійної та інформаційної грамотності, яка підкреслює

доцільність інтеграції цифрових і медіаосвітніх ресурсів у навчальний процес [4]. У контексті викладання математичного аналізу це відкриває можливості для застосування інтерактивних моделей, динамічних графіків, інфографіки, навчальних відео, електронного тестування та спеціалізованих цифрових середовищ. Пандемія COVID-19 і повномасштабна війна в Україні сприяли активному впровадженню дистанційного та змішаного навчання, що посилило потребу в цифрових інструментах, здатних забезпечити доступність освіти, підтримати мотивацію учнів, індивідуалізувати навчальний процес і забезпечити швидкий зворотний зв'язок. Сучасні дослідження підтверджують ефективність використання цифрових технологій у математичній освіті, водночас наголошуючи на необхідності їх обґрунтованого педагогічного добору та методично грамотного застосування [1]. Таким чином, спостерігається суперечність між значним потенціалом цифрових технологій у навчанні та недостатнім рівнем розробленості методичних підходів до їх комплексного використання під час вивчення математичного аналізу. Це зумовлює потребу в дослідженні можливостей таких цифрових інструментів, як Google Slides, Desmos і GeoGebra, для візуалізації навчального матеріалу, активізації пізнавальної діяльності та підвищення результативності навчання.

Аналіз джерел та останніх досліджень. Останнім часом, у зв'язку із широким

упровадженням цифрових технологій в освітній процес, проблематика модернізації навчання математичного аналізу набула особливої актуальності. Можливості застосування систем комп'ютерної математики, інтерактивних математичних середовищ, цифрових навчальних платформ, засобів дистанційної взаємодії та штучного інтелекту висвітлено у працях Я. В. Крупського, О. І. Тютюнник, І. А. Клеопи, В. А. Петрук, Т. В. Поліщук, С. В. Музиченко, Л. Г. Філон, І. Шапочки, Н. А. Марчук, І. М. Мушеник та інших українських дослідників [2]. Автори розглядають цифрові засоби як інструменти візуалізації функцій, похідних та інтегралів, організації математичного експерименту, автоматизації обчислень, забезпечення самоконтролю й індивідуалізації навчання.

Мета статті – теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка дидактичного потенціалу цифрових технологій у навчанні математичного аналізу, зокрема визначення їхнього впливу на візуалізацію математичних понять, активізацію пізнавальної діяльності здобувачів освіти, розвиток дослідницьких умінь і підвищення результативності навчання.

Виклад основного матеріалу. Для системного аналізу дидактичного потенціалу цифрових технологій у навчанні математичного аналізу доцільно класифікувати їх відповідно до функцій, які вони виконують у навчальному процесі. Такий підхід узгоджується із сучасними дослідженнями в галузі цифровізації математичної освіти, у яких наголошується, що ефективність цифрового засобу визначається не стільки його технічними характеристиками або типом платформи, скільки характером навчальної діяльності, яку він підтримує, та відповідністю поставленим дидактичним цілям [3].

Візуалізаційно-дослідницькі цифрові технології. До цієї групи належать системи динамічної математики та цифрові середовища для побудови й дослідження математичних моделей, зокрема GeoGebra, Desmos, PhET, Maple, Mathematica, Wolfram Alpha. Їх використання дає змогу представляти абстрактні поняття математичного аналізу у графічній, числовій та аналітичній формах, змінювати параметри математичних об'єктів у режимі реального часу, здійснювати обчислювальні

експерименти та перевіряти сформульовані припущення.

Під час вивчення функцій, границь, похідних, первісних та визначених інтегралів такі середовища забезпечують динамічне представлення математичних залежностей і сприяють встановленню зв'язків між символічним записом та його геометричною інтерпретацією. Зокрема, у процесі опрацювання теми «Первісна і невизначений інтеграл. Методи інтегрування» цифрові інструменти дають можливість наочно представити сімейство первісних, дослідити вплив довільної сталої (C) на розташування графіків, а також сформувати уявлення про первісну як функцію, похідна якої дорівнює заданій функції. Ключова дидактична функція цієї групи технологій полягає в забезпеченні концептуального розуміння математичних понять через візуалізацію, експериментування, моделювання та перевірку гіпотез.

Інформаційно-пояснювальні цифрові технології. До цієї групи належать електронні підручники, інтерактивні презентації, відеолекції, цифрові конспекти, навчальні анімації та мультимедійні демонстрації. Вони забезпечують структуроване подання теоретичного матеріалу, поєднання тексту, формул, графіків, схем і відеофрагментів, а також дають змогу пояснювати складні математичні поняття через послідовне розкриття етапів міркування. У навчанні математичного аналізу ці засоби можуть використовуватися для демонстрації геометричного змісту похідної та визначеного інтеграла, пояснення переходу від різницевого відношення до границі, розкриття алгоритмів диференціювання й інтегрування. Їх дидактичний потенціал полягає в підвищенні наочності навчального матеріалу, його логічному структуруванні та забезпеченні можливості багаторазового самостійного опрацювання.

Оцінювально-діагностичні цифрові технології. Цю групу становлять інструменти поточного, формувального та підсумкового оцінювання, зокрема Google Forms, Quizizz, Kahoot!, LearningApps, Moodle та інші системи електронного тестування. Вони забезпечують оперативний зворотний зв'язок, автоматизовану перевірку результатів, виявлення типових помилок і відстеження індивідуальної динаміки навчальних досягнень здобувачів освіти. Під час вивчення математичного аналізу такі

технології можуть застосовуватися для перевірки засвоєння означень і теорем, правил диференціювання та інтегрування, умінь знаходити границі, похідні, первісні й визначені інтеграли. З позицій теорії формульованого оцінювання цифрові інструменти сприяють регуляції навчальної діяльності, своєчасному коригуванню помилкових уявлень і підвищенню усвідомленості здобувачів освіти щодо власних результатів.

Комунікативно-продуктивні цифрові технології. До цієї категорії належать сервіси для спільної роботи, створення та презентації навчального контенту: Google Slides, Canva, Padlet, інтерактивні дошки, хмарні документи, скринкастингові програми та навчальні платформи. Вони забезпечують організацію групової взаємодії, обговорення способів розв'язування задач, спільне створення математичних моделей, презентацій, відеопояснень та цифрових навчальних матеріалів. Використання таких засобів у навчанні математичного аналізу сприяє реалізації діяльнісного підходу, оскільки здобувач освіти переходить від пасивного сприймання готової інформації до самостійного конструювання, пояснення й представлення математичного змісту. Наприклад, здобувачі можуть створювати інтерактивні презентації про застосування похідної, записувати пояснення алгоритму інтегрування, розробляти графічні моделі сімейства первісних або представляти результати дослідження поведінки функції. Така діяльність формує вміння математично аргументувати, інтерпретувати одержані результати та використовувати різні форми їх подання.

Тренувально-практичні цифрові технології. До цієї групи належать цифрові тренажери, інтерактивні вправи, системи комп'ютерної алгебри та платформи з адаптивним доббором завдань. Їх використання дає змогу організувати багаторазове виконання математичних операцій, поступове ускладнення завдань, самостійну перевірку результатів і коригування помилок.

У курсі математичного аналізу такі технології доцільно застосовувати для формування навичок обчислення границь, знаходження похідних, дослідження функцій, визначення первісних та інтегрування. Водночас цифрові засоби не повинні замінювати усвідомлене

виконання математичних перетворень. Їх застосування має поєднувати автоматизовані обчислення з поясненням способу розв'язання, аналізом отриманого результату та перевіркою його математичної коректності.

Рефлексивно-аналітичні цифрові технології. Ця група охоплює онлайн-анкети, електронні щоденники, цифрові журнали спостережень, форуми, інтерактивні дошки для аналізу помилок та інші засоби організації навчальної рефлексії. Вони підтримують метакогнітивні процеси, допомагаючи здобувачам освіти усвідомлювати використані стратегії, оцінювати ефективність обраного способу розв'язання та визначати причини допущених помилок. Рефлексивний компонент має особливе значення у навчанні математичного аналізу, оскільки сприяє переходу від механічного виконання обчислювальних процедур до усвідомлення математичних закономірностей і логіки доведень. Обговорення альтернативних способів знаходження границі, похідної або інтеграла, аналіз типових помилок і порівняння аналітичного та графічного результатів сприяють формуванню глибшого розуміння математичних понять.

Таким чином, цифрові технології у навчанні математичного аналізу доцільно розглядати як багатофункціональну систему засобів, що підтримує всі основні етапи освітнього процесу: подання теоретичного матеріалу, візуалізацію математичних об'єктів, дослідження залежностей, виконання практичних завдань, оцінювання навчальних результатів, комунікацію та рефлексію. Запропонована класифікація створює теоретичне підґрунтя для цілеспрямованого добору цифрових інструментів відповідно до змісту навчального матеріалу, очікуваних результатів і характеру навчальної діяльності.

Особливо виразний дидактичний ефект під час вивчення теми «Первісна і невизначений інтеграл. Методи інтегрування» забезпечують системи динамічної математики GeoGebra та Desmos. Їх принципова перевага полягає в тому, що здобувачі освіти отримують можливість одночасно спостерігати ціле сімейство первісних і досліджувати вплив параметра (C) у режимі реального часу. Використання інтерактивного повзунка перетворює статичний запис $(F(x)+C)$ на динамічний об'єкт

дослідження. Вертикальне переміщення графіка наочно демонструє, що всі первісні заданої функції відрізняються одна від одної на сталу, а загальний розв'язок становить нескінченну множину функцій, а не окрему формулу. Це дає змогу поєднати символічне, графічне та змістове розуміння поняття первісної й створює умови для його більш усвідомленого засвоєння (рис. 1).

Експериментальне дослідження проводився на другому курсі при вивченні теми «**Визначений інтеграл**». В експерименті приймали участь 15 здобувачів. Полягав він в тому, що проводилися заняття, одне з них було традиційне, а в іншому – матеріал пояснювався за допомогою цифрових технологій, а саме онлайн-сервісу Desmos (пояснення визначеного інтегралу). Також був проведений

формульовальний міні-квіз у Google Forms (миттєвий фідбек) (рис. 2). Наприкінці цих практичних занять було проведено самостійну роботу. В підсумку, порівнюються бали (максимум 10 балів) здобувачів з кожного заняття, використовується статистичний критерій знаків G та робиться висновок про те, яка технологія дає кращі результати.

Мотивація вибору U-критерію Манна-Уїтні. Вибірка невелика ($n = 15$ у кожній умові), припускати нормальність недоречно; критерій U порівнює ранги двох незалежних вибірок і коректний при зв'язаних рангах (таблиця 1).

Нульова та альтернативна гіпотези.

H_0 : розподіли результатів рівнозначні (істотної різниці немає).

H_1 : результати після заняття з використанням цифрових технологій вищі.



Рис. 1. Приклад відображення властивості первісної

Рис. 2. Приклад відображення правил інтегрування

Щоб використовувати U-критерій Манна-Уїтні, треба виконати наступні кроки:

1. Об'єднати обидві вибірки в один список значень та відсортувати за зростанням (табл. 1).

2. Присвоїти ранги: найменшому значенню – ранг 1, наступному – 2 тощо; якщо є повтори, кожному повтору надається середній ранг (напр., усі «8» ділять між собою відповідні місця).

3. Розділити ранжований список назад на дві групи й підсумувати ранги всередині кожної: отримаємо R_1 і R_2 .

4. Перевірити контрольну суму рангів: для $N = n_1 + n_2$ елементів має виконуватися:

$$\sum R = \frac{N(N+1)}{2}$$

5. Обчислити статистику U для кожної групи за формулами:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1,$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2.$$

Беремо $U = \min(U_1, U_2)$.

6. Порівняти з табличним критичним значенням $U_{кр}$ для заданих n_1 , n_2 і рівня значущості α . Якщо $U_{емп} \leq U_{кр}$, нульову гіпотезу відхиляємо на користь альтернативної.

Розрахунок U-критерію Манна-Уїтні.

– Обсяг вибірок: $n_1 = n_2 = 15$, отже $N = 30$.

– Визначимо розраховану та загальну суму рангів:

$$\sum R_i = \frac{30 \cdot 31}{2} = 465, \quad \sum R_i = 136,5 + 328,5 = 465.$$

Суми збігаються.

– Визначимо емпіричне значення U для обидвох вибірок:

$$U = 15 \cdot 15 + \frac{15(15+1)}{2} - 328,5 = 16,5$$

– Критичні значення для $n_1 = n_2 = 15$: $U_{0,05} = 72$, $U_{0,01} = 51$.

Висновок за критерієм: $U_{емп} = 16,5 < U_{0,01}$. Різниця статистично значуща на рівні $\alpha = 0,01$: відкидаємо H_0 на користь H_1 . Отже, за зібраними даними заняття з використанням цифрових технологій асоціюється з вищими результатами.

Висновки. Педагогічний експеримент, проведений у процесі викладання освітнього компонента «Математичний аналіз» із використанням онлайн-сервісів Desmos і Google Forms, підтвердив ефективність інтеграції цифрових технологій у професійну підготовку майбутніх учителів математики. Desmos забезпечив динамічну візуалізацію математичних об'єктів і дослідження функціональних залежностей, а Google Forms

Таблиця 1

Сформований список значень

№	Бал роб. 1	Ранг роб. 1	Бал роб. 2	Ранг роб. 2
1	6	4.0	8	15.5
2	6	4.0	9	21.0
3	5	1.5	7	9.0
4	5	1.5	8	15.5
5	7	9.0	9	21.0
6	8	15.5	10	27.0
7	7	9.0	10	27.0
8	8	15.5	10	27.0
9	7	9.0	8	15.5
10	7	9.0	9	21.0
11	8	15.5	10	27.0
12	7	9.0	9	21.0
13	9	21.0	10	27.0
14	6	4.0	10	27.0
15	7	9.0	10	27.0
Сума рангів		136,5		328,5

– оперативний контроль, самоконтроль і зворотний зв'язок. Результати дослідження засвідчили позитивну динаміку засвоєння навчального матеріалу, активізацію пізнавальної діяльності та підвищення навчальної мотивації здобуваачів. Дидактичний потенціал цифрових технологій реалізується через візуалізацію, інтерактивність, математичне

експериментування та формувальне оцінювання. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням вибірки, перевіркою результатів у різних закладах вищої освіти, порівнянням ефективності цифрових інструментів і розробленням методичних рекомендацій щодо їх використання у викладанні математичного аналізу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Друшляк М. Г., Шамо́ня В. Г. Засоби формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики. *Фізико-математична освіта*. 2021. Вип. 5(31). С. 28–35 <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-005>
2. Клеопа І. А., Тютюнник О. І., Крупський Я. В., Добранюк Ю. В. Особливості використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у вищій математичній освіті. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців*. 2024. Вип. 72. С. 113–124 <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2024-72-113-124>
3. Риндюк В. В. Навчання математики з використанням цифрових навчальних платформ: аналіз вітчизняного досвіду. *Дидактика математики: теорія, досвід, інновації*. 2024. № 1. С. 72–80 <https://doi.org/10.31652/3041-2277-2024-1-72-80>
4. Media and Information Literacy for Global Communication and Learning. URL: <https://www.unesco.org/en/media-information-literacy/global-communication-learning> (Дата звернення: 10.07.2026)

REFERENCES:

1. Drushliak, M. H., & Shamonina, V. H. (2021). *Zasoby formuvannia vizualno-informatsiinoi kultury maibutnikh uchyteliv matematyky ta informatyky*. [Means of forming the visual and information culture of future teachers of mathematics and computer science]. *Fizyko-matematychna osvita*, 5(31), 28–35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-005> [in Ukrainian]
2. Klieopa, I. A., Tiutiunnyk, O. I., Krupskyi, Ya. V., & Dobraniuk, Yu. V. (2024). *Osoblyvosti vykorystannia suchasnykh informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii u vyshchii matematychnii osviti*. [Features of the use of modern information and communication technologies in higher mathematical education]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv*, 72, 113–124. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2024-72-113-124> [in Ukrainian]
3. Ryndiuk, V. V. (2024). *Navchannia matematyky z vykorystanniam tsyfrovvykh navchalnykh platform: analiz vitchyznianoho dosvidu*. [Teaching mathematics using digital learning platforms: analysis of domestic experience]. *Dydaktyka matematyky: teoriia, dosvid, innovatsii*, 1, 72–80. <https://doi.org/10.31652/3041-2277-2024-1-72-80> [in Ukrainian]
4. Media and Information Literacy for Global Communication and Learning. URL: <https://www.unesco.org/en/media-information-literacy/global-communication-learning> (Data zvernennia: 10.07.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 19.10.2026