

УДК: 004.4:51:371.3

ОГЛЯД ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Таблер Т.І.,

Tabler_Tetyana@mspu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5489-3874*Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького (м. Запоріжжя, Україна)*

У статті здійснено огляд та класифікацію сучасних онлайн-сервісів, які використовуються для підтримки процесів математичного моделювання в освітньому середовищі. Обґрунтовано актуальність використання онлайн-калькуляторів у контексті цифрової трансформації освіти та впровадження компетентнісного підходу до навчання математики. Систематизовано понад двадцять онлайн-сервісів за функціональними можливостями, орієнтацією на користувача (учень, вчитель, студент, науковець) та потенціалом до моделювання. Виокремлено чотири основні групи сервісів: для інженерного та наукового моделювання; для використання у закладах загальної середньої освіти та закладах вищої освіти; мобільні помічники (зокрема фотокалькулятори); сервіси для самонавчання з поясненнями. З кожної групи сервісів виокремлено засіб та наведено приклад його використання в освіті. Maple – як середовище для створення математичних моделей і 3D-візуалізацій складних об'єктів; Desmos – як інтерактивного графічного конструктора функцій і інструменту дослідницької діяльності; Photomath – як мобільного помічника з розпізнаванням прикладів і поетапними поясненнями; MathDF – як покрокового калькулятора для вивчення матриць, комплексних чисел, інтегралів та рівнянь. Наведено приклади завдань, ілюстрації та сценарії використання зазначених ресурсів на уроках математики, з урахуванням сучасних підходів до викладання, таких як проєктне навчання та STEM-орієнтація. Зроблено висновок про доцільність поетапної інтеграції цифрових сервісів у шкільну та вищу освіту як засобу розвитку математичних компетентностей, критичного мислення та цифрової грамотності учнів. Окреслено перспективи розробки методичних рекомендацій для педагогів з прикладами вправ, адаптованих до навчальних програм різного рівня, а також визначено можливості інтеграції цифрових рішень у систему підвищення кваліфікації вчителів. Підкреслено важливість поєднання технологічної інфраструктури з педагогічною доцільністю та стратегією сталого розвитку цифрової освіти в Україні.

Ключові слова: математичне моделювання, онлайн-калькулятори, цифрові освітні інструменти, комп'ютерні засоби навчання; MathDF, Photomath, Maple, Desmos, графіки функцій, мобільні застосунки,

покрокові рішення, STEM, проєктне навчання, математичні компетентності, цифрова трансформація освіти, математична візуалізація, інструменти аналізу.

Постановка проблеми. Сучасні комп'ютерні засоби навчання займають вагоме місце в освітньому процесі, особливо в умовах цифровізації освіти та впровадження компетентнісного підходу. У сфері математичної освіти цифрові інструменти, зокрема онлайн-калькулятори, відіграють важливу роль як засоби підтримки процесу навчального моделювання. Широке впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у шкільну практику, а також зростаюча кількість доступних онлайн-сервісів створюють потребу в їх систематизації та аналізі ефективності застосування в навчальному процесі.

Онлайн-калькулятори дедалі частіше використовуються не лише для базових обчислень, але й для розв'язування складних математичних задач, побудови графіків, статистичних аналізів, що дозволяє розглядати їх як інструменти для моделювання математичних процесів у навчальному середовищі. Тому важливим є визначення їх потенціалу саме в контексті навчального моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У численних дослідженнях, зокрема роботах таких науковців, як Н. В. Морзе [4], С. О. Семеріков [2], В.В. Лапінський [3], В.Г. Ремень, В.Ю. Биков, О.І. Ляшенко, С.Г. Литвинова, В.І. Луговий [5] та інші висвітлено важливість інтеграції цифрових ресурсів у процес навчання та окреслено потенціал комп'ютерних засобів у формуванні предметних компетентностей учнів. Особливу увагу приділяється цифровим інструментам для вивчення математики, включно з динамічними математичними середовищами, візуалізаційними платформами, системами комп'ютерної алгебри (GeoGebra, Desmos, WolframAlpha, Symbolab, Mathway та ін.).

Окремі автори проводили класифікацію освітніх цифрових ресурсів за функціональними можливостями, педагогічними цілями та інтерактивністю (А.А. Дробін А. А. [1], І. Хутченко І.[6], Т.Г. Крамаренко, В.В. Корольський С.О. Семеріков, С.В. Шокалюк [2] та інші). Проте у більшості випадків увага зосереджувалась на загальному огляді цифрових засобів без акценту на онлайн-калькуляторах як специфічному інструменті математичного моделювання.

Незважаючи на наявність численних досліджень у сфері цифрової трансформації освіти, проблема систематизації саме онлайн-калькуляторів як інструментів навчального моделювання залишається недостатньо розкритою. Не розроблено уніфікованої класифікації таких засобів відповідно до їх функціонального призначення у навчанні математики. Бракує також аналітичних оглядів, які розглядали б ці сервіси через призму можливостей моделювання математичних процесів різного рівня складності.

Формулювання цілей статті. Метою статті є класифікація та огляд сучасних онлайн-калькуляторів, що можуть бути використані на уроках математики як інструменти навчального моделювання. У межах дослідження планується визначити основні напрями використання онлайн-калькуляторів у навчальному процесі; проаналізувати функціональні особливості популярних онлайн-сервісів; запропонувати класифікацію онлайн-калькуляторів.

Основна частина. З огляду на розмаїття онлайн-калькуляторів, які активно використовуються в освітньому процесі, постає необхідність у їх систематизації за чіткими критеріями. Така класифікація дозволяє не лише краще орієнтуватися в наявних цифрових інструментах, а й ефективніше добирати їх відповідно до цілей навчального моделювання та розвитку математичних компетентностей учнів. Для здійснення аналізу було враховано функціональне призначення сервісів, рівень їхньої інтерактивності, наявність методичних супровідних матеріалів, а також орієнтацію на різні категорії користувачів – учнів, учителів, студентів чи широкі коло користувачів.

У межах дослідження буде представлено класифікацію онлайн-калькуляторів за категоріями призначення та типами користувачів, з акцентом на ті сервіси, які мають найбільший потенціал для формування математичних компетентностей учнів і реалізації навчального моделювання математичних задач.

Онлайн сервіси призначені для інженерів та науковців (Таблиця 1). Ці інструменти призначені для моделювання складних технічних і математичних задач.

Таблиця 1

Онлайн сервіси для інженерів та науковців

Програма	Опис	Основні можливості	Вартість
PTC Mathcad	це програмне забезпечення, яке використовується для інженерних розрахунків, аналізу та документування. Воно дозволяє інженерам і науковцям створювати інтерактивні документи, що містять математичні вирази, обчислення, графіки та текст, з можливістю візуалізації результатів.	Інженерні документи з одиницями, обчислення, текст, графіки	\$779/рік
Matlab graphic calculator	калькулятор з графіками. Графічний калькулятор MATLAB використовується для візуалізації та аналізу	Android-калькулятор з графіками.	Free; Pro ≈ \$9,99 (одноразово)

	математичних функцій, побудови графіків, а також для обчислень, які потребують графічного представлення		
MATLAB / MathWorks	розробляє програмне забезпечення для математичних обчислень та комп'ютерного моделювання	Матричні обчислення, Simulink, розширення	\$99 студентська
Maple	це комерційна система комп'ютерної алгебри, яка використовується для математичних обчислень, моделювання та візуалізації. Вона дозволяє розв'язувати математичні задачі, виконувати символьні та чисельні розрахунки, створювати графіки та проводити моделювання.	Символьна математика, покрокові рішення	\$35–239
Wolfram Alpha	це обчислювальний знаннєвий двигун (computational knowledge engine), який надає доступ до великої бази знань та обчислювальних алгоритмів. Він відрізняється від звичайних пошукових систем тим, що не просто видає перелік посилань, а намагається надати конкретну відповідь на запит, обчислюючи її на основі вбудованих знань. ; Обов'язкова реєстрація (Wolfram ID); Покрокові рішення, фото-ввід, обмежений обсяг файлів.		Basic – free; Pro Student £4.50/mic
SageMath	це система комп'ютерної алгебри, яка використовується для розв'язання математичних задач, включаючи алгебру, комбінаторику,	Open-source CAS, Python API	Безплатно / CoCalc від \$14/mic

	обчислювальну математику, математичний аналіз та багато іншого.		
GNU Octave	система для виконання математичних розрахунків, що надає інтерпретовану мову, багато в чому сумісну з Matlab	Альтернатива MATLAB, сумісна мова	Безплатно
Jupyter Notebook	це веб-додаток з відкритим кодом, який дозволяє спеціалістам з обробки даних створювати та ділитися документами, що містять живий код, рівняння та інші мультимедійні ресурси.	Програмування + візуалізація (Python, R)	Безплатно

Наведемо приклад використання програми Maple. Завдання: Побудувати приклади перерізу гіперboloїда однієї порожнини площиною. Будуємо гіперboloїд однієї порожнини та робимо різні перетини його площиною, щоб переріз був колом, гіперboloю та еліпсом (Рис.1).

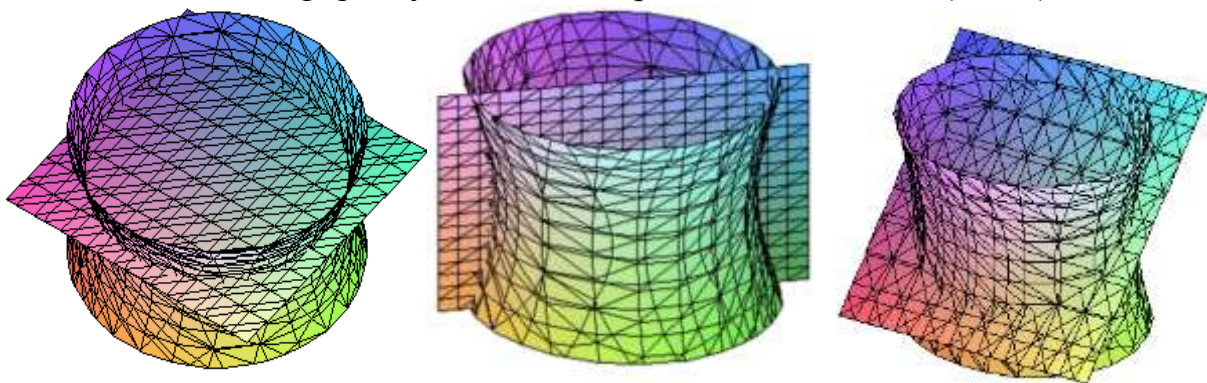


Рис.1. Приклад використання програми Maple

Наведемо код побудови, де в перерізом є коло:

```
> implicitplot3d({(x^2/7^2)+(y^2/7^2)-(z^2/7^2)=1,z=1}, x=-8..8, y=-8..8,z=-4..4,title='Гіперboloїд однієї порожнини в перерізі коло',style=patch).
```

Цей приклад чудово демонструє, як Maple може використовуватись на заняттях з математики, також його можна використовувати для побудови складних моделей, таких, як графік демпфованих коливань сигналу тощо. Інтегруючи код, візуалізацію і пояснення в одному середовищі, що дозволяє здобувачам глибоко занурюватися в математичні моделі.

Онлайн сервіси для викладання в закладах загальної середньої освіти та в закладах вищої освіти (таблиця 2). Найкращі інструменти для учнів, вчителів, створення уроків.

Таблиця 2

Онлайн сервіси для викладання

Програма	Опис	Основні можливості	Вартість
GeoGebra	це динамічне математичне програмне забезпечення для всіх рівнів освіти, яке об'єднує геометрію, алгебру, електронні таблиці, графіки, статистику та обчислення в одне ціле. Крім того, GeoGebra пропонує онлайн-платформу з понад 1 мільйоном безкоштовних ресурсів, створених багатомовною спільнотою.	Інтерактивні моделі, CAS, класи	безплатно
Desmos	це безкоштовний онлайн-сервіс, який використовується для візуалізації математичних функцій та побудови графіків. Він дозволяє швидко і просто будувати графіки функцій, а також створювати анімовані зображення, динамічну наочність та швидко створювати скріншоти з формулами та функціями. Desmos також підходить для навчання математики, оскільки надає можливість створювати власні графіки та взаємодіяти з ними, а також має велику кількість навчальних ресурсів	Графіки, уроки, аналітика	безплатно
PhET	безкоштовна платформа інтерактивних симуляцій для навчання, розроблена Університетом Колорадо. Вона використовується для віртуального моделювання та дослідження в галузях фізики, хімії, математики та	STEM-симуляції (фізика/математика)	безплатно

	наук про Землю. PhET допомагає зробити навчання більш захопливим та наочним, дозволяючи учням і студентам досліджувати та експериментувати з різними явищами.		
Cabrilog	Cabrilog – універсальний набір інструментів для моделювання.	Геометрія 2D/3D, побудови	160 € постійна ліцензія; 50 €/рік
Cinderella	це програмне забезпечення для виконання геометричних завдань на комп'ютері, розроблене як математично надійне та просте у використанні	Геометрія 2D/3D, побудови	одноразова плата ($\approx$ €50)
Dr. Geo	це інтерактивна геометрична програма, яка дозволяє створювати та маніпулювати геометричними фігурами, враховуючи їхні властивості та обмеження. Вона може бути використана для навчання у школах, а також для розробки динамічних моделей у фізиці.	Геометрія 2D/3D, побудови	безплатна
Kig	інтерактивне математичне програмне забезпечення для вивчення і викладання геометрії. За його допомогою можна вивчати математичні фігури та поняття на комп'ютері. Також програма може слугувати для створення креслень до геометричних задач. Побудови можна здійснювати на основі точок, векторів, ліній та багатокутників	Геометрія 2D/3D, побудови	безплатно
Sketchometry	це інший вид програмного забезпечення для динамічної математики. Інструмент для малювання та відкриття.	Геометрія 2D/3D, побудови	безплатно

	Інтуїтивні жести замість складної структури меню. Спеціально адаптований до вимог викладання та навчання. Легко навчатися крок за кроком.		
--	---	--	--

Розглянемо більш детально Desmos – це потужне онлайн-середовище для побудови графіків і дослідження функцій. Для прикладу розглянемо завдання з візуалізації квадратичної функції (Рис.2). Учень вводить формулу, наприклад, квадратичної функції, після чого програма миттєво будує графік та дозволяє взаємодіяти з параметрами через повзунки.

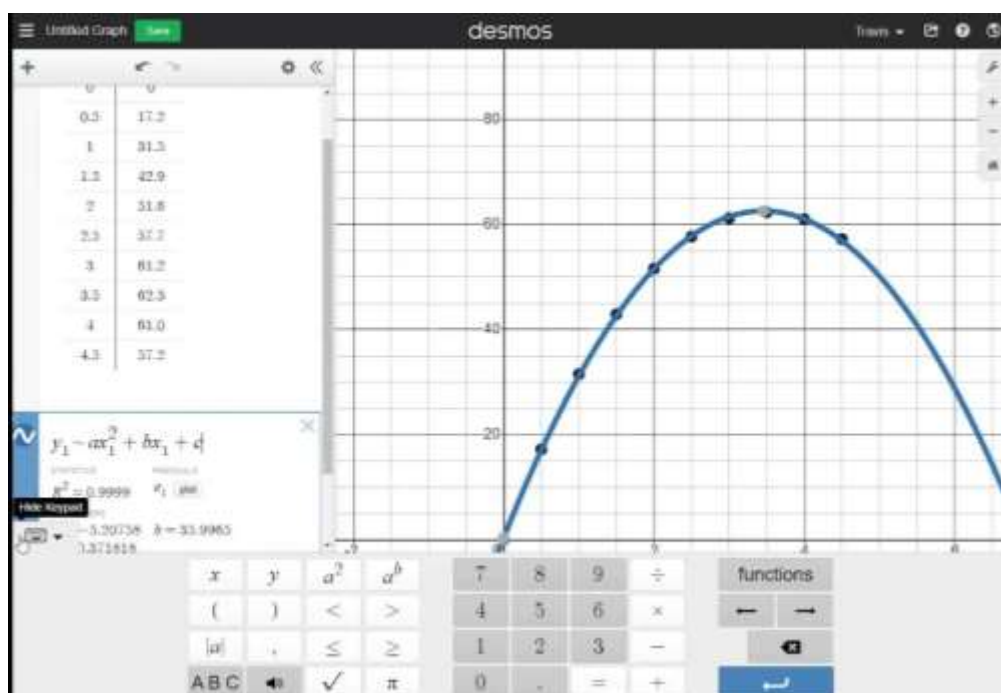


Рис. 2. Приклад використання Desmos

Учні можуть змінювати коефіцієнти a , b , c і в реальному часі спостерігати, як це впливає на форму параболи — напрям, розтягнення, зміщення. Візуальний підхід допомагає краще засвоїти концепти вершинної та канонічної форм. Вчитель може створювати власні вправи або використати готові сценарії з бібліотеки Desmos Classroom Activities. Функція «snapshots» дозволяє вчителю фіксувати відповіді учнів та обговорювати з усім класом. Здобувач працює у власному темпі, отримує миттєвий зворотний зв'язок. Таким чином, Desmos є не просто графічним калькулятором, а повноцінним освітнім середовищем для розвитку функціонального мислення, навичок дослідження та математичного аналізу, які доцільно використовувати у викладанні та навчанні.

Фото-калькулятори та мобільні помічники (таблиця 3). Ідеальні для швидкої допомоги вдома або на уроці.

Таблиця 3

Фото-калькулятори та мобільні помічники

Додаток	Опис	Основні можливості	Вартість
Photomath	це мобільний додаток, який використовує камеру вашого смартфона для розпізнавання математичних рівнянь і миттєвого надання покрокових рішень. Він слугує як інструмент для навчання, дозволяючи користувачам перевіряти домашні завдання, вивчати математику та готуватися до тестів	Камера, кроки, інтерфейс	Free / Plus \$9.99/міс
Mathway	це мобільний додаток та веб-сайт, призначений для допомоги у вирішенні математичних задач різного рівня складності. Він використовується для перевірки домашніх завдань, вивчення математики та отримання покрокових рішень.	Solver, багато тем, графіки	Free / Plus \$9.99
Microsoft Math Solver	це мобільний додаток, який допомагає розв'язувати математичні задачі, використовуючи штучний інтелект. Він може розпізнавати задачі, введені за допомогою камери або вручну, та надавати покрокові розв'язання з графіками та поясненнями.	AI, тренування, графіки	100% безкоштовно
Gauthmath	це мобільний додаток, який допомагає учням та студентам вирішувати математичні задачі. Він використовує камеру пристрою для зчитування	Камера + AI-репетитор	Free / Premium \$4.99 /тиж. або \$49.99 /рік

	математичного рівняння, а потім надає покрокові розв'язання		
Upstudy	це сервіс, який пропонує допомогу у вивченні різних предметів, включаючи математику. Він використовує фотокамеру для розв'язання математичних завдань, надаючи покрокові пояснення.	Фото, AI, пояснення, відео	3 скани безкоштовно/ Premium $\approx$ \$6.99 /тиж.
QANDA	цілодобовий помічник зі штучним інтелектом, який надає миттєві точні відповіді та покрокові рішення для всіх ваших академічних запитань	Камера + пояснення, тьютори	Freemium/ базова підписка \$1.99/міс; Plus \$5.99/міс
TutorEva	може допомогти вам вирішити будь-які проблеми з будь-якого предмету за допомогою покрокових рішень і чітких голосових і візуальних пояснень	Камера + пояснення, тьютори	Freemium; Plus від \$7.49/міс
Socratic	сканер для розв'язування математичних задач	Камера + пояснення, тьютори	Безоплатно

Наведемо приклад роботи з Photomath (рис. 3).

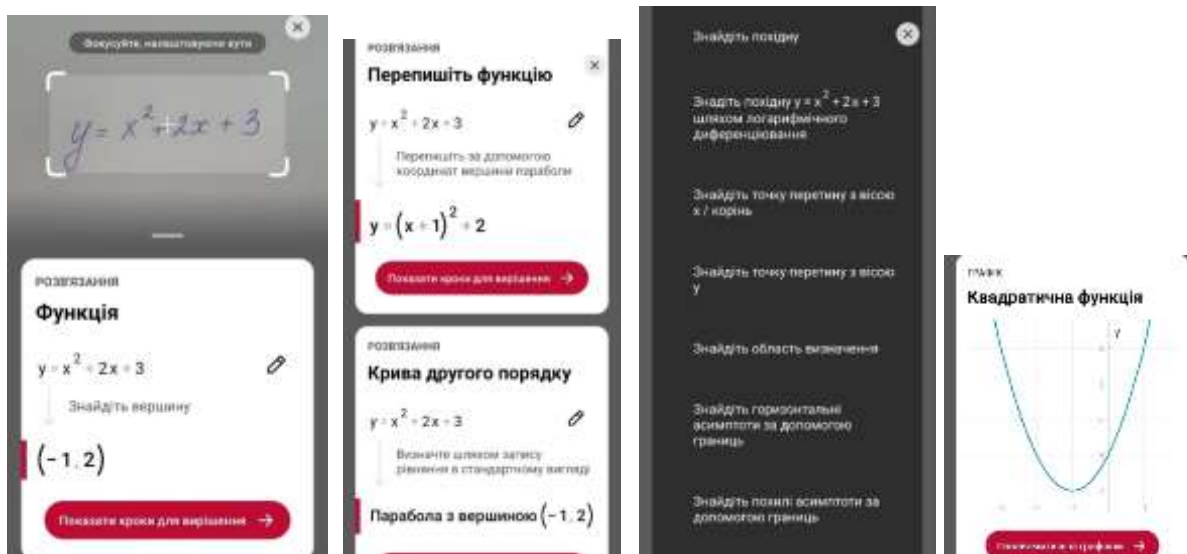


Рис. 3. Приклад роботи з Photomath

Для прикладу завантажимо рівняння квадратичної функції. На рис. 3 показано, як Photomath детально опрацьовує завдання: від спрощення виразів та побудови графіка функції – до повного аналізу її властивостей (корені, вершина, напрям віток, область визначення, парність, похідна тощо). Під час використання програми відбувається інтерактивність, оскільки учні отримують не лише відповідь, а й поетапне пояснення кожного кроку. Візуалізація: автоматична побудова графіка дозволяє краще зрозуміти поведінку функції. Також є можливість самостійного навчання, можливість використання вдома для перевірки розв'язань або самопідготовки. На уроці вчитель може використати Photomath як інструмент для порівняння різних методів розв'язання (наприклад, через формулу або добуток лінійних множників) чи для аналізу типових помилок учнів. Таким чином, Photomath можна ефективно інтегрувати в освітній процес як цифрового помічника, що сприяє формуванню навичок самоконтролю, рефлексії та глибшому розумінню математичних понять.

Онлайн-сервіси для самонавчання з поясненнями (таблиця 4). Інструменти, які навчають через покрокові рішення.

Таблиця 4

Онлайн-сервіси для самонавчання з поясненнями

Програма	Опис	Основні можливості	Вартість
Symbolab	це просунутий математичний калькулятор, який крок за кроком вирішує та пояснює все: від простих задач до складних рівнянь. Цей інструмент ідеально підходить для студентів, викладачів та професіоналів, з безкоштовними функціями та преміум-опціями для глибшого навчання.	Крок-за-кроком + вправи	Free / Pro \$9.95
Tiger Algebra	це сервіс, призначений для допомоги у вирішенні математичних завдань, зокрема, з алгебри, шляхом надання покрокових інструкцій та роз'яснень до кожного кроку. Іншими словами, він допомагає учням та студентам розібратися з математичними задачами, надаючи детальні пояснення розв'язання.	Алгебра + пояснення	Безплатно

MathDF	покроковий калькулятор, це середовище для візуальних математичних обчислень. Воно дозволяє записувати математичні вирази у вигляді, що нагадує звичний математичний запис, і виконувати обчислення з цими виразами	LaTeX, інтеграли, ліміти	Без реклами, без реєстрації
Integral calculator	Інтегральний калькулятор призначений для обчислення інтегралів, як невизначених, так і визначених. Він дозволяє знаходити первісні функції та обчислювати значення інтегралів з урахуванням меж інтегрування. Це корисний інструмент для студентів, інженерів та всіх, хто займається математичними розрахунками, пов'язаними з інтегралами.	Обчислення інтегралів з поясненнями	Безплатно
QuickMath	це мобільний додаток та веб-сервіс, призначений для допомоги у вирішенні математичних завдань. Він використовується як інструмент для перевірки домашніх завдань, швидкого отримання відповідей на математичні запитання та навчання	Миттєві відповіді, але без пояснень	Безплатно

Розглянемо роботу у MathDF (рис.4.), в цього покрокового онлайн-калькулятора є багато функцій: дозволяє вводити матриці (наприклад, 2×2 або 3×3) і виконувати над ними покрокові операції додавання та множення матриць, визначник, транспонування, зворотна матриця, ранг, степінь матриці тощо. Під час кожного кроку підсвічуються елементи, що беруть участь у обчисленні – це допомагає учням бачити, як саме працюють алгоритми лінійної алгебри. Також за допомогою MathDF можна працювати з комплексними числами, дозволяє вводити комплексні числа і крок за кроком переводити їх у тригонометричну форму; у експоненційну форму; знаходити корені, модуль та аргумент. Також передбачено

розв'язання інтегралів та похідних – поясненнями правил інтегрування, підстановок, табличних інтегралів. Та розв'язання диференціальних рівнянь – методом Бернуллі, Рікатті, Лагранжа, з інтегруючими множниками, з чітким поясненням кожного методу.

MathDF — це зручний онлайн-сервіс для покрокового розв'язання математичних задач, який можна ефективно інтегрувати в навчальний процес середньої та вищої школи. Його основна перевага полягає в наочності й докладному поясненні кожного етапу обчислення, що робить його особливо цінним у формуванні розуміння алгоритмів розв'язання.



Рис.4. Приклад роботи у MathDF

У самостійній або груповій роботі учні можуть використовувати MathDF для перевірки власних рішень, порівняння підходів або як підказку при виконанні домашніх завдань. Оскільки сервіс не потребує реєстрації і є безкоштовним, він доступний усім учасникам освітнього процесу без технічних бар'єрів. MathDF сприяє розвитку навичок самоконтролю, аналітичного мислення та формуванню математичних компетентностей. Це чудовий приклад того, як цифрові інструменти можуть поглиблювати розуміння математики та підтримувати учнів на кожному етапі навчання.

Онлайн-калькулятори є вагомими інструментами цифрової математичної освіти, здатними не лише автоматизувати рутинні обчислення, а й забезпечити наочне представлення математичних процесів, підтримати моделювання, аналітичну діяльність та розвиток критичного мислення учнів.

Висновки. Здійснений аналіз засвідчив різний потенціал онлайн-калькуляторів: від базових інструментів для обчислень до потужних середовищ, здатних підтримувати моделювання складних математичних

залежностей (напр., Maple, Desmos, GeoGebra, WolframAlpha та інші). Це відкриває можливості для інтеграції таких засобів у компетентісно орієнтоване навчання.

Незважаючи на широку доступність подібних сервісів, спостерігається фрагментарність у їх використанні в освітній практиці, що обумовлено відсутністю методичних рекомендацій, низькою поінформованістю вчителів та браком систематизації таких ресурсів з урахуванням дидактичної доцільності.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методик використання онлайн-калькуляторів у навчальному процесі, зокрема у контексті проєктної діяльності, STEM-освіти та формування ключових і предметних математичних компетентностей учнів.

Література:

1. Дробін А. А. Класифікація цифрових освітніх ресурсів як засіб уточнення їх практичного цільового застосування. *Педагогічні науки: зб. наук. пр. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка*, 2021. № 201. С. 77–81. DOI: 10.36550/2415-7988-2021-1-201-77-81.
2. Крамаренко Т. Г., Корольський В. В., Семеріков С. О., Шокалюк С. В. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навч. посіб. / наук. ред. М. І. Жалдак. 2-ге вид., перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2019. 444 с.
3. Лапінський В. В. Електронні освітні ресурси – дидактичні вимоги і класифікація. *Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології*, 2013. № 1 (3) (2 (50)). С. 214–218.
4. Морзе Н. В. Дистанційна технологія як основа сучасних інформаційних технологій у навчанні. Нові технології навчання : наук.-метод. зб. / кол. авт. К. : Наук.-метод. центр вищої освіти, 2001. Вип. 30. С. 32–42.
5. Ремень В. Г., Биков В. Ю., Ляшенко О. І., Литвинова С. Г., Луговий В. І., Мальований Ю. І., Пінчук О. П., Топузов О. М. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи: наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи», 18–19 листопада 2022 р. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, 2022. Т. 4, № 2. С. 1–49.
6. Хутченко І. Сучасні цифрові технології для реалізації формувального оцінювання на уроках математики. *Дидактика математики: теорія, досвід, інновації*, 2024. № 2. С. 82–94.
7. Дробін А. А. Класифікація цифрових освітніх ресурсів як засіб уточнення їх практичного цільового застосування. *Педагогічні науки: зб. наук. пр. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка*, 2021. – № 201. – С. 77–81. – DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-77-81>.

8. Давиденко Г.В. Цифрова інклюзія та доступність: соціальна діджиталізація. Вінниця : ТВОРИ, 2023. 240с. ISBN 978-617-552-348-3. DOI: 10.58521/978-617-552-348-3-2023-236.

A REVIEW AND CLASSIFICATION OF ONLINE TOOLS FOR SUPPORTING MATHEMATICAL MODELING IN EDUCATION

Tabler Tetiana

The article provides a review and classification of modern online services used to support mathematical modeling processes in educational settings. The relevance of using online calculators is substantiated in the context of the digital transformation of education and the implementation of a competency-based approach to teaching mathematics. More than twenty online services have been systematized according to their functional capabilities, user orientation (students, teachers, university students, researchers), and modeling potential. Four main groups of services are identified: for engineering and scientific modeling; for use in general secondary and higher education institutions; mobile assistants (including photo calculators); and self-learning services with explanations. For each group, a specific tool is highlighted and an example of its use in education is provided: Maple – as an environment for creating mathematical models and 3D visualizations of complex objects; Desmos – as an interactive function graphing tool and instrument for exploratory learning; Photomath – as a mobile assistant capable of recognizing problems and providing step-by-step explanations; MathDF – as a step-by-step calculator for studying matrices, complex numbers, integrals, and equations. Examples of tasks, illustrations, and usage scenarios are provided for classroom application, considering modern teaching approaches such as project-based learning and STEM orientation. The article concludes with the rationale for the gradual integration of digital services into school and higher education as a means of developing mathematical competence, critical thinking, and digital literacy among students. It outlines the prospects for developing methodological recommendations for educators with sample exercises adapted to curricula of various levels, and identifies opportunities for integrating digital tools into teacher professional development systems. The importance of aligning technological infrastructure with pedagogical appropriateness and a sustainable digital education strategy in Ukraine is emphasized.

Keywords: mathematical modeling, online calculators, digital educational tools, computer-based learning, MathDF, Photomath, Maple, Desmos, function graphing, mobile applications, step-by-step solutions, STEM, project-based

learning, mathematical competencies, digital transformation in education, mathematical visualization, analytical tools.

References

1. Drobin A. A. (2021) Classification of digital educational resources as a tool for clarifying their practical target application. *Pedahohichni nauky: zb. nauk. pr. Sumy : SumDPU imeni A. S. Makarenka*. №201. pp. 77–81. [in Ukrainian]
2. Kramarenko T. H., Korolskyi V. V., Semerikov S. O., Shokaliuk S. V. (2019). Innovative information and communication technologies for teaching mathematics: navchalnyi posibnyk. 2-he vyd., pererob. i dop. Kryvyi Rih: Kryvyi Rih State Pedagogical University. 444 p. [in Ukrainian]
3. Lapinskyi V. V. (2013). Electronic educational resources – didactic requirements and classification. *Pedahohika vyshchoi shkoly: metodolohiia, teoriia, tekhnolohii*, 1 (3) (2 (50)), pp. 214–218. [in Ukrainian]
4. Morze N. V. (2001). Distance learning technology as the basis of modern information technologies in education. *Novi tekhnolohii navchannia: naukovo-metodychnyi zbirnyk*, Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr vyshchoi osvity. Vyp. 30, pp. 32–42. [in Ukrainian]
5. Remen V. H., Bykov V. Yu., Liashenko O. I., Lytvynova S. H., Luhovyi V. I., Malovanyi Yu. I., Pinchuk O. P., Topuzov O. M. (2022). Scientific and methodological support for the digitalization of education in Ukraine: status, problems, prospects: naukova dopovid zahalnym zboram NAPN Ukrainy “Naukovo-metodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy”. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy*, 4(2), 1–49. [in Ukrainian]
6. Khutchenko I. (2024). Modern digital technologies for implementing formative assessment in mathematics lessons. *Dydaktyka matematyky: teoriia, dosvid, innovatsii*, 2, 82–94. [in Ukrainian]
7. Davydenko G.V. (2023). Digital inclusion and accessibility: social digitalization. Vinnytsia : TVORY. 240p. ISBN 978-617-552-348-3. DOI: 10.58521/978-617-552-348-3-2023-236.