УДК 37.091.64:004(477+100)
DOI: https://doi.org/10.32342/3041-2196-2025-2-30-8

С.В. ШОКАЛЮК,
кандидат педагогічних наук, доцент,
кафедра інформатики та прикладної математики,
Криворізький державний педагогічний університет
(м. Кривий Ріг, Україна)
https://orcid.org/0000-0003-3774-1729

О.В. ВІХРОВА,
кандидат педагогічних наук, доцент,
кафедра математики та методики її навчання,
Криворізький державний педагогічний університет
(м. Кривий Ріг, Україна)
https://orcid.org/0000-0003-3046-0801

А.О. КАВЕЦЬКИЙ,
студент,
Криворізький державний педагогічний університет
(м. Кривий Ріг, Україна)
https://orcid.org/0009-0002-7076-6813

ЦИФРОВА ІНКЛЮЗІЯ У ШКІЛЬНІЙ ІНФОРМАТИЧНІЙ І МАТЕМАТИЧНІЙ ОСВІТІ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Стаття присвячена дослідженню цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики учнів під час надзвичайних ситуацій крізь призму компаративної педагогічної перспективи.

Метою дослідження є здійснення компаративного педагогічного аналізу підходів до цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики під час надзвичайних ситуацій та визначення педагогічно доцільних напрямів удосконалення цифрових освітніх середовищ.

Завданнями дослідження є: аналіз концептуальних засад цифрової інклюзії в контексті навчання точних наук; виявлення критеріїв оцінювання інклюзивності цифрових освітніх середовищ; компаративний аналіз зарубіжного досвіду організації цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики; дослідження українських практик забезпечення цифрової доступності освітніх ресурсів; обґрунтування напрямів удосконалення цифрових освітніх середовищ для навчання математики та інформатики в умовах надзвичайних ситуацій.

Методологічною основою дослідження є компаративна педагогіка, що передбачає зіставлення освітніх підходів різних країн з урахуванням соціокультурних, нормативних і технологічних чинників. Використано методи порівняльного аналізу освітніх систем, контент-аналізу нормативних документів і цифрових платформ, узагальнення та педагогічної інтерпретації зарубіжного й українського досвіду.

Результати дослідження засвідчують, що ефективні цифрові освітні середовища ґрунтуються на принципах універсального дизайну навчання, мультимодальності подання навчальної інформації та підтримки асистивних технологій.

Компаративний аналіз виявив успішні національні моделі цифрової інклюзії у Польщі, Німеччині, Чехії, Великій Британії та Естонії, що характеризуються створенням централізованих освітніх платформ, дотриманням стандартів вебдоступності та системною підтримкою учнів-біженців.

© С.В. Шокалюк, О.В. Віхрова, А.О. Кавецький, 2025.
Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0)

В українському контексті визначено позитивні напрацювання щодо формування цифрового освітнього простору, зокрема платформи «Всеукраїнська школа онлайн», «ДистОсвіта», «ІТ-книга», «ІТ-студії» тощо, а також впровадження нормативних вимог до інклюзивності е-додатків до підручників.

Водночас виявлено потребу у формуванні національної стратегії цифрової інклюзії, розвитку адаптивних освітніх середовищ та підвищенні цифрової компетентності педагогів у сфері інклюзивної онлайн-дидактики.

Ключові слова: *цифрова інклюзія, вебдоступність, цифрові освітні середовища, навчання математики та інформатики, надзвичайні ситуації, компаративна педагогіка, універсальний дизайн у навчанні*

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку освіти характеризується посиленням ролі цифрових технологій у забезпеченні безперервності навчання, особливо в умовах надзвичайних ситуацій. Пандемія COVID-19, воєнні дії, масові переміщення населення, техногенні та природні катастрофи суттєво трансформували освітній простір, актуалізувавши проблему рівного доступу до якісної освіти для всіх категорій учнів. У цих умовах особливого значення набуває цифрова інклюзія як системна відповідь освіти на виклики кризового характеру.

Навчання математики та інформатики в умовах надзвичайних ситуацій потребує спеціальних педагогічних рішень, оскільки ці предмети відзначаються високим рівнем абстрактності, необхідністю поетапного формування понять і умінь, а також активного зворотного зв’язку між учнем і вчителем. За відсутності належно організованого цифрового освітнього середовища ризики освітніх втрат, навчальної дезадаптації та соціальної ізоляції учнів зростають.

З огляду на це, доцільним є звернення до компаративної педагогічної перспективи, що дозволяє проаналізувати підходи різних країн до реалізації цифрової інклюзії, виявити ефективні моделі підтримки навчання математики та інформатики й обґрунтувати можливості їх адаптації до українського освітнього контексту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цифровізація освіти та впровадження інклюзивного навчання є ключовими трендами розвитку сучасних освітніх систем. Однак забезпечення ефективності інклюзивного навчання математики та інформатики в умовах використання цифрових технологій викликає певні труднощі.

За даними ЮНЕСКО, понад 240 мільйонів дітей з інвалідністю мають обмежений доступ до якісної освіти, причому найбільший розрив спостерігається у STEM-дисциплінах, зокрема, математики й інформатики [Global education monitoring report, 2024].

Цифровізація освіти виявила системні прогалини у забезпеченні доступності онлайн-навчання: особи з особливими освітніми потребами (ООП) мають на 45% нижчий рівень цифрової грамотності та на 63% менші шанси на працевлаштування у STEM-галузях [Ростока, 2024; Nichuhovska, Nikolenko, Bondarenko, Motorina, & Prykhodko, 2024].

В Україні війна спричинила зростання кількості осіб з інвалідністю з 2,7 млн до 3,4 млн, причому 28% нових випадків – діти та молодь 5-25 років. Основні порушення: опорно-рухового апарату (42%), психоневрологічні (31%), зору (14%), слуху (9%), комплексні (4%). З 253 тис. дітей з ООП інклюзивним навчанням охоплено лише 61,3%, а 32% навчаються вдома через відсутність доступної інфраструктури [Hurenko et al., 2024].

У працях [Clark-Wilson, Robutti, & Thomas, 2020; Kallia et al., 2021; Tikva & Tambouris, 2021] розкрито технологічні та дидактичні аспекти цифровізації математичної й інформатичної освіти, однак питання їх інклюзивної адаптації в онлайн-середовищі залишаються фрагментарно висвітленими.

Педагогічні умови впровадження інклюзивного навчання висвітлено у роботі [Han & Lei, 2024]. Досвід адаптації цифрових освітніх ресурсів для студентів з вадами зору та слуху описано у роботах [Papadopoulos et al., 2025; Rutledge, 2025] відповідно. Водночас бракує комплексних досліджень щодо забезпечення якості та доступності інформатично-математичної онлайн-освіти в інклюзивному середовищі.

Важливим внеском у розуміння глобальних тенденцій інклюзивної освіти є доповідь Організації економічного співробітництва та розвитку [OECD, 2025], яка наголошує на необ-

хідності розвитку цифрової компетентності здобувачів освіти на всіх етапах навчання, особливо у критичні періоди розвитку (раннє дитинство, підлітковий вік). Документ підкреслює важливість створення безбар'єрного освітнього середовища, яке забезпечує рівний доступ до якісної освіти незалежно від індивідуальних особливостей учнів.

В умовах воєнного стану проблема інклюзивності інформатично-математичної освіти загострилася через неможливість стабільної очної комунікації педагогів з учнями з ООП, відсутність спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення для дистанційного навчання цієї категорії здобувачів освіти.

Формулювання цілей статті. Метою статті є здійснення компаративного педагогічного аналізу підходів до цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики під час надзвичайних ситуацій та визначення педагогічно доцільних напрямів удосконалення цифрових освітніх середовищ.

Методи дослідження. Методологічною основою дослідження є компаративна педагогіка, яка передбачає зіставлення освітніх підходів різних країн з урахуванням соціокультурних, нормативних і технологічних чинників. У роботі використано методи порівняльного аналізу, контент-аналізу нормативних документів і цифрових платформ, узагальнення та педагогічної інтерпретації.

Виклад основного матеріалу дослідження. У межах даного дослідження *цифрова інклюзія* розглядається як процес і результат створення умов для рівної участі всіх учнів у цифровому освітньому середовищі незалежно від їхніх індивідуальних можливостей, соціального статусу та зовнішніх обмежень, спричинених надзвичайними ситуаціями. При цьому принциповим є розмежування понять:

– *цифрова доступніс*ть – властивість будь-якого цифрового ресурсу (файлу, програмного забезпечення, операційної системи) бути придатним для використання людьми з фізіологічними порушеннями за допомогою асистивних технологій;

– *вебдоступність* – технічна відповідність вебсайтів та застосунків міжнародним стандартам WCAG;

– *інклюзивність цифрового освітнього середовища* – педагогічна та організаційна стратегія, що поєднує технічну доступність із принципами універсального дизайну в навчанні (різноманітність способів представлення навчального матеріалу, варіативність діяльності учнів та гнучкі форми оцінювання навчальних досягнень) для забезпечення ефективного навчального досвіду кожного користувача.

Надзвичайні ситуації істотно змінюють умови функціонування освітніх систем, обмежуючи можливості традиційного очного навчання та актуалізуючи потребу в дистанційних і гібридних формах освіти. У таких умовах загострюються проблеми цифрового розриву, нерівного доступу до технічних засобів і якісних освітніх ресурсів.

Для учнів, які вивчають математику та інформатику, надзвичайні ситуації створюють додаткові бар'єри, пов'язані зі зниженням навчальної мотивації, порушенням логіки засвоєння навчального матеріалу та обмеженими можливостями отримання індивідуальної допомоги. Учні з особливими освітніми потребами, а також ті, хто перебуває в умовах вимушеного переміщення, є найбільш уразливими до негативних наслідків таких ситуацій.

Для здійснення компаративного аналізу цифрової інклюзії доцільно виокремити систему критеріїв, що відображають педагогічні та технологічні аспекти цифрових освітніх середовищ. До таких критеріїв належать доступність цифрових ресурсів, адаптивність навчального контенту, мультимодальність подання інформації, підтримка асистивних технологій, наявність інструментів формувального оцінювання та організація педагогічного супроводу.

Застосування цих критеріїв дозволяє оцінити не лише технічні характеристики цифрових платформ, а і їхній потенціал для забезпечення інклюзивного навчання математики та інформатики у кризових умовах.

Так, у *Польщі* функціонує єдина державна освітня платформа *«Zintegrowana Platforma Edukacyjna»* [Ministerstwo Edukacji Narodowej, n. d.], що містить безкоштовні е-підручники та інтерактивні ресурси з усіх предметів, включно із математикою та інформатикою. У відповідь на міграційну кризу на платформі було оперативно створено розділ «Школа для вас» (див. рис. 1) з україномовними версіями навчальних матеріалів, що дозволило українським дітям не переривати навчання та поступово інтегруватися в польську систему.

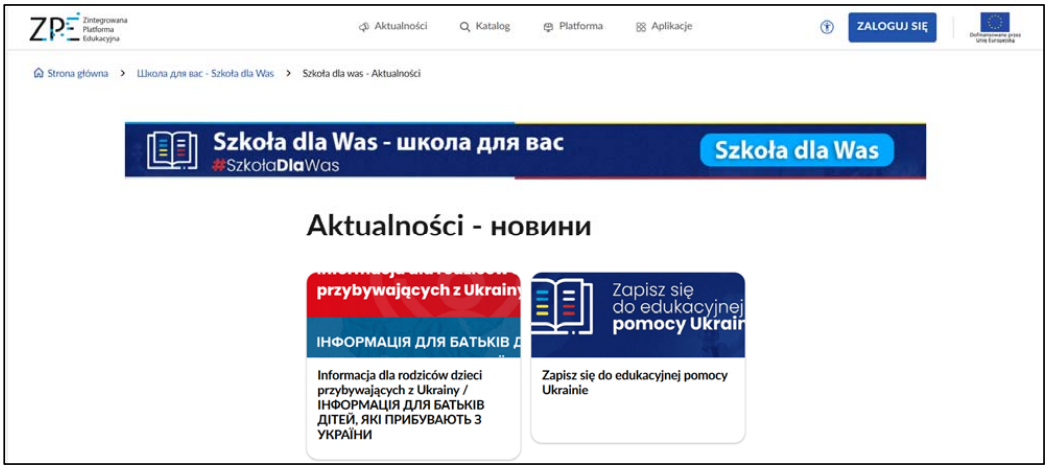

Рис. 1. Сторінка Zintegrowana Platforma Edukacyjna (Інтегрована освітня платформа, Польща)

У *Німеччині*, попри федеративний устрій освіти, успішним прикладом національної ініціативи є платформа / медіапортал «*Mundo*» (див. рис. 2), що агрегує відкриті освітні ресурси, перевірені експертами на відповідність стандартам інклюзії та безпеки. Платформа [Die offene Bildungsmediathek der Länder, n. d.] надає можливість вчителям добирати різнорівневі завдання, зокрема, із математики та інформатики, що є критично важливим для організації диференційованого підходу в класах зі змішаним складом учнів, зокрема біженців.

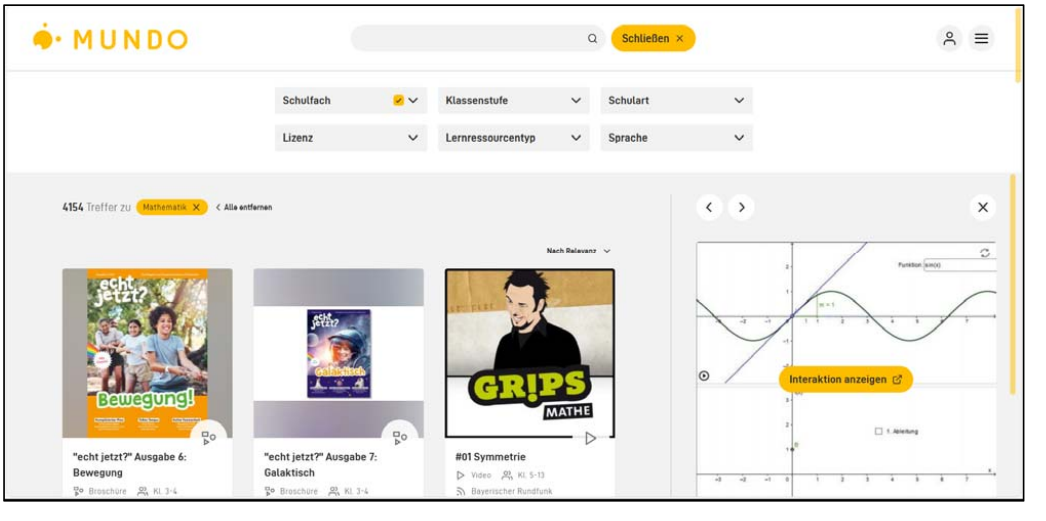

Рис. 2. Сторінка медіапорталу Mundo (Німеччина)

У *Чехії* [Národní pedagogický institut České republiky, 2025] акумулює ресурси на порталі ***«edu.cz»,*** який став центральним хабом методичної підтримки під час кризи. Окрім того, широко використовується платформа освітнього проєкту [Česká televize, n.d.] (див. рис. 3), що пропонує тисячі коротких відеоуроків, прив'язаних до шкільних тем. Для українських школярів було створено спеціальні адаптаційні курси та перекладено ключові математичні тренажери, що знизило мовний бар'єр при вивченні точних наук.

У *Великій Британії* еталоном організації національного цифрового середовища стала «*Oak National Academy*». Створена як оперативна відповідь на пандемію, платформа [Oak National Academy, n. d.] трансформувалася у постійну державну інституцію, що забезпечує вільний доступ до тисяч структурованих відеоуроків та методичних матеріалів. Ключовою

відмінністю британського підходу є суворе дотримання стандартів вебдоступності та інклюзії: контент адаптовано для учнів із особливими освітніми потребами, включно із наявністю сурдоперекладу та спеціальних візуальних налаштувань. Для підтримки українських дітей на платформі Oak National Academy розміщено перекладені українською мовою близько 10 000 уроків, що дозволило учням-біженцям продовжувати навчання за звичними алгоритмами, мінімізуючи стрес від занурення в англомовне середовище.

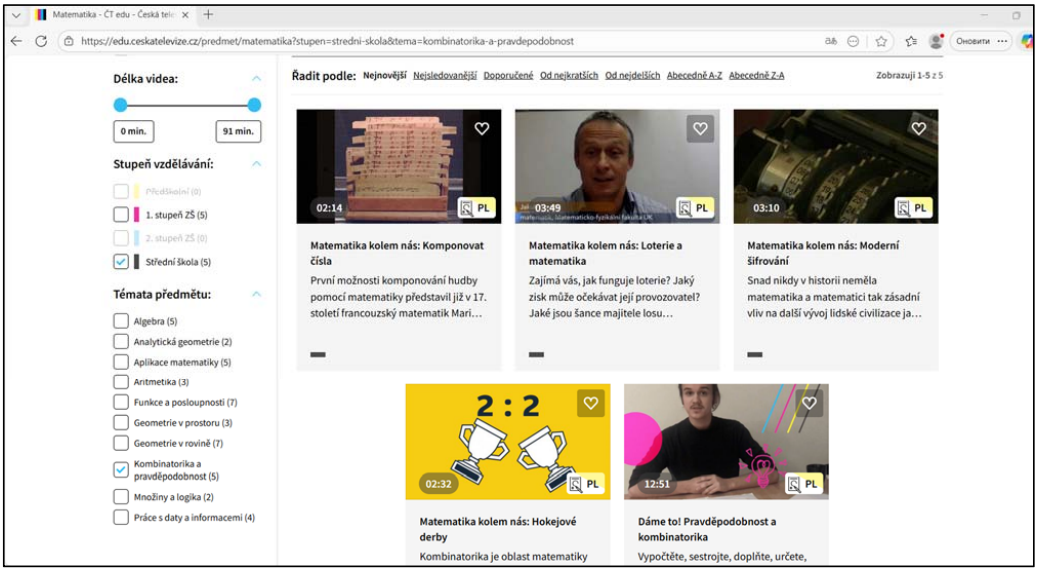

Рис. 3. Сторінка відеуроків з математики на чеському телебаченні (Česká televize)

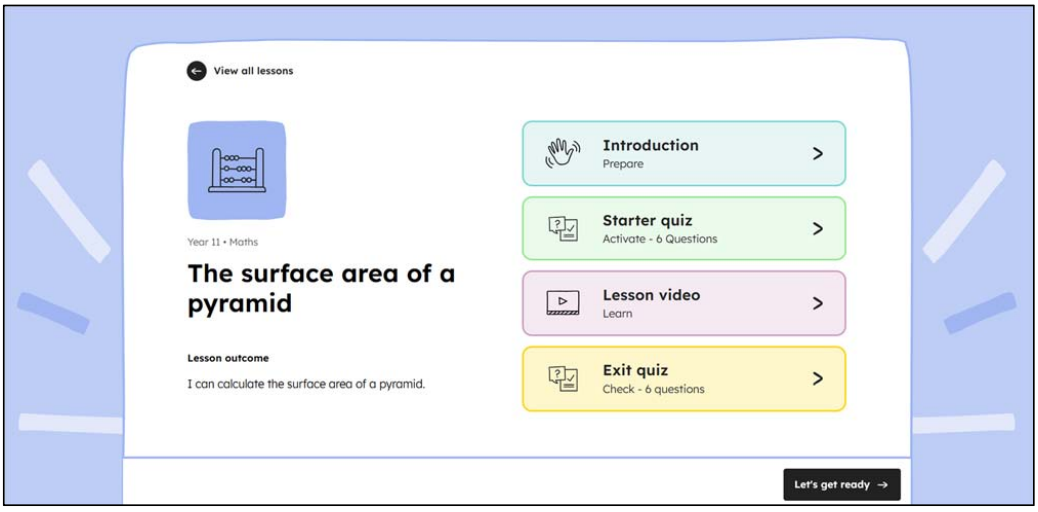

Рис. 4. Сторінка ресурсу на Oak National Academy (Велика Британія)

В *Естонії*, яка є лідером цифрової трансформації, ключову роль відіграють екосистема «*e-Kool*» [eKool, n. d.] та платформа цифрових підручників «*Opiq*» [Opiq, n. d.]. Особливістю естонського підходу є повна сумісність цифрового контенту з державною програмою та наявність інструментів для дітей із особливими освітніми потребами (аудіосупровід текстів, налаштування шрифтів). Платформа *Opiq* надала українським учням безкоштовний доступ до комплектів навчальних матеріалів, адаптованих для двомовного навчання (див. рис. 5).

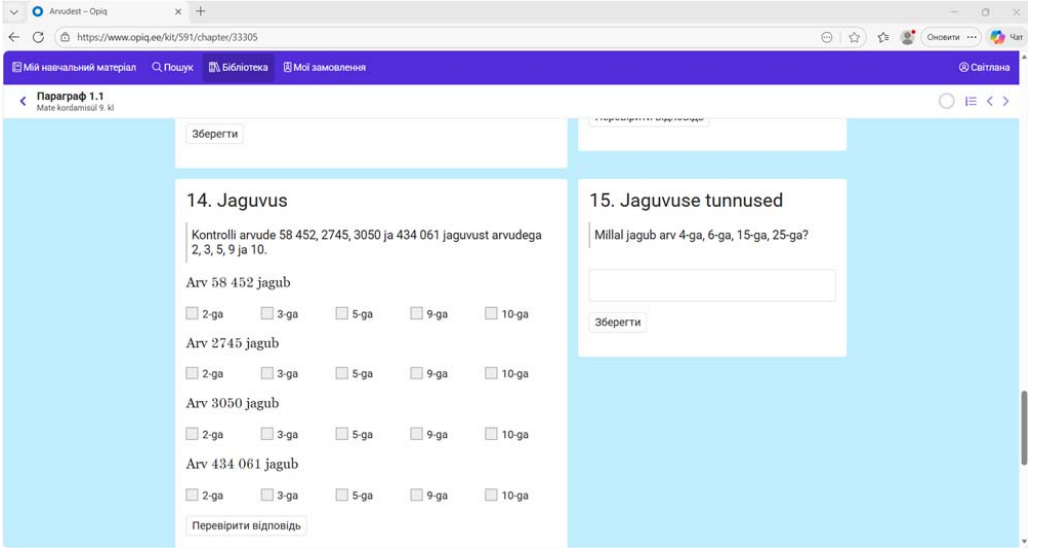

Рис. 5. Сторінка ресурсу для ознайомлення на платформі Opiq (Естонія)

Аналіз зарубіжного досвіду засвідчує, що країни з високим рівнем цифрової зрілості освіти приділяють значну увагу створенню національних цифрових платформ, орієнтованих на інклюзивне навчання. У таких системах поєднуються стандарти вебдоступності, інструменти персоналізації навчання та методична підтримка вчителів.

Особливістю зарубіжних підходів є інтеграція цифрових ресурсів із навчальними програмами з математики та інформатики, а також системна підтримка учнів у кризових ситуаціях через онлайн-консультування, адаптивні завдання та гнучкі форми оцінювання.

В Україні процес формування цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики зазнав суттєвих трансформацій під впливом екстремальних умов. Цей процес, що активізувався на межі 2019-2020 років внаслідок пандемії COVID-19, набув особливої гостроти та масштабів в умовах воєнного стану, що спричинило масовий перехід закладів освіти до дистанційного та змішаного форматів роботи.

У контексті забезпечення безперервності навчання та гарантування рівного доступу до якісної освіти доцільно виокремити провідні цифрові середовища, що стали технологічним фундаментом для підтримки учнів. До таких належать платформи освітніх проєктів *«Prometheus», «EdEra»* та *«Всеукраїнська школа онлайн» (ВШО)*. Останню було впроваджено у 2020 році як державну ініціативу Міністерства освіти і науки України у співпраці з Міністерством цифрової трансформації та Українським інститутом розвитку освіти. Вагомою характеристикою [Всеукраїнська школа онлайн, б. д.] є її спрямованість на забезпечення цифрової інклюзії та реалізацію стратегії безбар'єрності. Архітектура платформи та навчальний контент розроблені з урахуванням міжнародних стандартів вебдоступності. Для забезпечення когнітивної та сенсорної доступності матеріалів для здобувачів освіти з особливими освітніми потребами відеоуроки супроводжуються сурдоперекладом, субтитрами та елементами аудіодискрипції. Крім того, наявність мобільних застосунків дозволяє нівелювати технічні обмеження доступу, створюючи інклюзивний освітній простір незалежно від місця перебування чи технічного забезпечення користувача.

Вагомим спеціалізованим ресурсом на підтримку шкільної інформатичної освіти є проєкт **«***ДистОсвіта – дистанційне навчання інформатики»*, започаткований Оксаною Пасічник ще у 2003 році як вебсторінка для вивчення HTML. З 2013 року проєкт ДистОсвіта трансформувався у повноцінну платформу дистанційного навчання [Інформатика – ДистОсвіта, 2025], що демонструє еволюцію від авторської розробки до системного освітнього інструменту.

Вагомим складником системи підтримки вивчення інформатики (для учнів 4-11 класів) у змішаному або дистанційному форматі є платформа проєкту *«IT-книга».* Ця ініціатива,

започаткована Ігорем Завадським у 2015 році як інтерактивний підручник, еволюціонувала у повноцінне освітнє середовище [ІТ-книга, б.д.]. На сьогодні вона охоплює 11 навчальних курсів, які комплексно замінюють традиційний підручник, робочий зошит, тренажери та систему тестування, забезпечуючи повний цикл навчальної взаємодії.

Сучасний етап розвитку цифрової інклюзії, починаючи з 2024-2025 навчального року, позначився впровадженням інтерактивних електронних додатків (е-додатків) до підручників 8-го класу Нової української школи. Ці ресурси [Істер, 2025; Коршунова, Завадський, 2025; Тріщук, Лазарець, 2025] репрезентують нове покоління цифрових середовищ, створених на засадах універсального дизайну. Вони розширюють можливості вивчення базових дисциплін, зокрема математики та інформатики, адаптуючи навчальний контент до потреб різних категорій здобувачів освіти».

Нормативне закріплення стандартів якості таких ресурсів відбулося у квітні 2024 року із затвердженням наказом МОН України технічних і функціональних вимог до е-додатків. Цей документ став важливим кроком до уніфікації цифрового освітнього простору. Серед ключових загальних вимог до розробників визначено: кросплатформність (підтримка Windows, Android, iOS, ChromeOS через браузер або клієнт), адаптивність інтерфейсу до різних екранів, можливість офлайн-роботи із завантаженим контентом, а також вільний доступ до мультимедіа без обов’язкової реєстрації та встановлення додаткових плагінів [Міністерство освіти і науки України, 2024].

Особливої значущості у контексті інклюзії набуває окремий розділ наказу, що регламентує вимоги до адаптації контенту для осіб з особливими освітніми потребами (порушеннями зору, слуху, мовлення, інтелектуального розвитку). Документ фактично зобов’язує забезпечувати:

– масштабування тексту та зображень;
– сумісність із програмами екранного доступу (скрінрідерами) та навігацію клавіатурою;
– супровід графічних елементів альтернативним текстом;
– наявність субтитрів та контроль швидкості відтворення для аудіо- й відеоматеріалів.

Взірцем імплементації цих принципів на державному рівні є проєкт *«ІТ-студії»* на платформі [Дія.Освіта, б. д.], який позиціюється як інноваційне середовище для навчання інформатики учнів 1–11(12) класів. Ресурс містить інтерактивні матеріали, спроєктовані з суворим дотриманням стандартів вебдоступності, що нівелює технічні та територіальні бар’єри, гарантуючи рівний доступ до якісної освіти кожному учневі.

Державні цифрові ініціативи спрямовані на забезпечення доступу до освітніх ресурсів, однак питання інклюзивності цифрових освітніх середовищ потребує подальшого розвитку.

Аналіз практики засвідчує наявність як позитивних напрацювань, так і суттєвих обмежень, пов’язаних із нерівними технічними можливостями, недостатньою підготовкою педагогів і фрагментарністю методичного забезпечення.

Подальший розвиток цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики в умовах надзвичайних ситуацій потребує системних рішень на рівні державної освітньої політики, педагогічної науки та практики. Передусім актуалізується необхідність формування національної стратегії цифрової інклюзії, яка б інтегрувала підходи універсального дизайну навчання, принципи вебдоступності та механізми підтримки учнів із особливими освітніми потребами.

Перспективним напрямом є розроблення й упровадження адаптивних цифрових освітніх середовищ для навчання математики та інформатики, що враховують індивідуальні освітні траєкторії учнів, їхній когнітивний стиль, темп навчання та функціональні обмеження. Такі середовища мають поєднувати автоматизовану діагностику навчальних досягнень, формувальне оцінювання та персоналізовані рекомендації.

Окремої уваги потребує розвиток цифрової компетентності педагогів у сфері інклюзивної онлайн-дидактики. У компаративній перспективі доцільним є запозичення європейського досвіду мікрокваліфікацій, онлайн-курсів і практикоорієнтованих програм підвищення кваліфікації для вчителів математики та інформатики.

У контексті надзвичайних ситуацій важливим є створення резервних та автономних цифрових рішень, здатних функціонувати за умов обмеженого доступу до інтернету чи електроенергії. Це включає офлайн-доступ до навчальних матеріалів, локальні серверні рішення та мобільні застосунки з інклюзивним інтерфейсом.

Важливим напрямом подальших досліджень є оцінювання ефективності цифрових інклюзивних практик у навчанні математики та інформатики на основі емпіричних даних, зокрема результатів навчальних досягнень, рівня залученості учнів та показників їхнього психологічного благополуччя.

Висновки. У межах дослідження здійснено компаративний аналіз підходів до реалізації цифрової інклюзії у навчанні математики та інформатики під час надзвичайних ситуацій. Узагальнення українського та зарубіжного досвіду дозволяє зробити такі висновки:

1. Цифрова інклюзія є ключовою умовою забезпечення освітньої безперервності та справедливості у навчанні математики й інформатики в умовах кризових ситуацій.

2. Ефективні цифрові освітні середовища ґрунтуються на принципах універсального дизайну навчання, мультимодальності та підтримки асистивних технологій.

3. Компаративна педагогічна перспектива дозволяє виявити трансферні практики цифрової інклюзії та адаптувати їх до українського освітнього контексту.

4. Розвиток цифрової інклюзії потребує системної підготовки педагогів, нормативної підтримки та міжсекторальної співпраці.

Перспективними напрямами подальших наукових розвідок є: розроблення критеріїв оцінювання інклюзивності цифрових освітніх середовищ; експериментальна перевірка ефективності адаптивних платформ у навчанні математики та інформатики; дослідження психолого-педагогічного супроводу учнів з ООП в умовах тривалого дистанційного навчання; аналіз ролі штучного інтелекту у забезпеченні цифрової інклюзії під час надзвичайних ситуацій.

Список використаних джерел

Всеукраїнська школа онлайн. (б. д.). *Національна платформа для змішаного та дистанційного навчання*. Відновлено з https://lms.e-school.net.ua/

Дія. Освіта. (б. д.). *ІТ-студії*. Відновлено з https://it-osvita.diia.gov.ua/

Інформатика – ДистОсвіта. (2025). *ДистОсвіта – дистанційне навчання інформатики*. Відновлено з https://dystosvita.org.ua/

Істер, О. (2025). *Електронний додаток до підручника «Алгебра» для 8-го класу закладів загальної середньої освіти*. Відновлено з https://sites.google.com/view/alhebra-8klas/

ІТ-книга. (б. д.). *Інтерактивний підручник з інформатики*. Відновлено з https://itknyga.com.ua/

Коршунова, О., Завадський, І. (2025). *Електронний додаток до підручника «Інформатика» для 8-го класу закладів загальної середньої освіти*. Відновлено з https://smarttextbook.com.ua/informatyka/

Міністерство освіти і науки України. (2024). *Про затвердження Вимог до інтерактивного електронного додатка до підручника* (Наказ № 548). Відновлено з https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0656-24#Text

Ростока, М. Л. (Ред.). (2024). *Аналітичний вісник у сфері освіти й науки*. Вінниця: ТВОРИ, Вип. 19. doi:https://doi.org/10.33407/lib.NAES.741210

Тріщук, І. В., Лазарець, О. Ю. (2025). *Електронний додаток до підручника «Інформатика» для 8-го класу закладів загальної середньої освіти*. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан. Відновлено з https://edodatok.com/8987-6/

Česká televize. (n.d.). *ČT edu*. Retrieved from https://edu.ceskatelevize.cz/

Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Thomas, M. (2020). Teaching with digital technology. *ZDM Mathematics Education*, 52(7), 1223–1242. doi:https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0

Die offene Bildungsmediathek der Länder. (n. d.). Retrieved from https://mundo.schule/

EdEra. (б. д.). *Студія онлайн-освіти*. Відновлено з https://ed-era.com/

eKool. (n. d.). *eKool is the ultimate educational platform*. Retrieved from https://www.ekool.eu/en/home

Global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms? (2024). Paris: UNESCO Publ. doi:https://doi.org/10.54676/UZQV8501

Han, C., & Lei, J. (2024). Teachers' and students' beliefs towards universal design for learning framework: a scoping review. *Sage Open*, 14(3). doi:https://doi.org/10.1177/21582440241272032

Hurenko, O., Tsybuliak, N., Mytsyk, H., Popova, A., Lyndina, Ye., Lopatina, H., & Suchikova, Ya. (2024). Organizational adaptation for inclusive education. *Journal of Governance & Regulation*, 13(2), 339–353. doi:https://doi.org/10.22495/jgrv13i2siart10

Kallia, M., Van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: A literature informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159–187. doi:https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104

Ministerstwo Edukacji Narodowej. (n. d.). *Zintegrowana Platforma Edukacyjna*. Retrieved from https://zpe.gov.pl/

Národní pedagogický institut České republiky. (2025). Retrieved from https://edu.gov.cz/

Nichuhovska, L., Nikolenko, L., Bondarenko, Z., Motorina, V., & Prykhodko, T. (2024). Challenges and prospects of online education in the context of barrier-free access. *Multidisciplinary Reviews*, 6, 2023spe020. doi:https://doi.org/10.31893/multirev.2023spe020

Oak National Academy. (n. d.). Retrieved from https://www.thenational.academy/

OECD (2025), *Education Policy Outlook 2025: Nurturing Engaged and Resilient Lifelong Learners in a World of Digital Transformation.* Paris: OECD Publ. doi:https://doi.org/10.1787/c3f402ba-en

Opiq (n. d.). *Iga laps väärib parimaid võimalusi!* Retrieved from https://www.opiq.ee/

Papadopoulos, K., Gkatzola, A., Chronopoulou, E., & Giannouli, V. (2025). Accessibility in pictures, graphs, and maps for students with visual impairments: *British Journal of Visual Impairment*. doi:https://doi.org/10.1177/02646196251359013

Prometheus. (б. д.). *Масові відкриті онлайн-курси*. Відновлено з https://prometheus.org.ua/

Rutledge, F. (2025). Enhancing digital accessibility for deaf or hard of hearing learners-innovative strategies for inclusive education. *Developmental Disabilities Network Journal*, 5 (1), 8. doi:https://doi.org/10.59620/2694-1104.1122

Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: a conceptual model based on a systematic literature review. *Computers & Education*, 162, 104083. doi: 10.1016/j.compedu.2020.104083

References

Česká televise [Czech Television educational project]. (n.d.). Available at: https://edu.ceskatelevize.cz/ (Accessed 25 October 2025). (In Czech).

Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Thomas, M. Teaching with digital technology. *ZDM Mathematics Education*, 2020, vol. 52, no 7, pp. 1223–1242. doi:https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0

Die offene Bildungsmediathek der Länder [The open educational media library of the federal states]. (n. d.). Available at: https://mundo.schule/ (Accessed 25 October 2025). (In German).

Diia. Osvita. (n. d.). *IT-studii* [IT studios]. Available at: https://it-osvita.diia.gov.ua/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian)

EdEra. (n. d.). Online Education Studio. Available at: https://ed-era.com/ (Accessed 25 December 2025). (In Ukrainian).

eKool. (2025). *eKool* [School management system]. Available at: https://www.ekool.eu/en/home (Accessed 25 October 2025).

Global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms? (2024). Paris, UNESCO Publ., 547 p. doi:https://doi.org/10.54676/UZQV8501

Han, C., & Lei, J. Teachers' and students' beliefs towards universal design for learning framework: a scoping review. *Sage Open*, 2024, vol. 14, no 3. doi:https://doi.org/10.1177/21582440241272032

Hurenko, O., Tsybuliak, N., Mytsyk, H., Popova, A., Lyndina, Ye., Lopatina, H., & Suchikova, Ya. Organizational adaptation for inclusive education. *Journal of Governance & Regulation*, 2024, vol. 13, no 2, pp. 339–353. doi:https://doi.org/10.22495/jgrv13i2siart10

Informatyka – DistOsvita [Informatics – DistLearning]. (2025). *DistOsvita – dystantsiine navchannia informatyky* [DistLearning – distance learning of informatics]. Available at: https://dystosvita.org.ua/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Interaktyvnyi pidruchnyk z informatyky [Interactive textbook on informatics]. (n. d.). *IT-book*. Available at: https://itknyga.com.ua/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Ister, O. (2025). *Elektronnyi dodatok do pidruchnyka "Alhebra" dlia 8-ho klasu zakladiv zahalnoi serednoi osvity* [Electronic supplement to the textbook "Algebra" for 8th grade of general secondary education institutions]. Available at: https://sites.google.com/view/alhebra-8klas/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Kallia, M., Van Borkulo, S.P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. Characterising computational thinking in mathematics education: A literature informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 2021, vol. 23, issue 2, pp. 159–187. doi:https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104

Korshunova, O., & Zavadskyi, I. (2025). *Elektronnyi dodatok do pidruchnyka "Informatyka" dlia 8-ho klasu zakladiv zahalnoi serednoi osvity* [Electronic supplement to the textbook "Informatics" for 8th grade of general secondary education institutions]. Available at: https://smarttextbook.com.ua/informatyka/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Ministerstvo Edukacji Narodowej. (n. d.). *Zintegrowana Platforma Edukacyjna* [Integrated Educational Platform]. Available at: https://zpe.gov.pl/ (Accessed 25 October 2025). (In Polish).

Ministry of Education and Science of Ukraine. (2024). Order "On approval of requirements for the interactive electronic supplement to the textbook", available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0656-24#Text (Accessed 25 October 2025).

Národní pedagogický institut České republiky [National Pedagogical Institute of the Czech Republic]. (2025). Available at: https://edu.gov.cz/ (Accessed 25 October 2025). (In Czech).

Nichuhovska, L., Nikolenko, L., Bondarenko, Z., Motorina, V., & Prykhodko, T. Challenges and prospects of online education in the context of barrier-free access. *Multidisciplinary Reviews*, 2024, vol. 6, an: 2023spe020. doi:https://doi.org/10.31893/multirev.2023spe020

Oak National Academy. (n. d.). Available at: https://www.thenational.academy/ (Accessed 25 October 2025).

OECD (2025), *Education Policy Outlook 2025: Nurturing Engaged and Resilient Lifelong Learners in a World of Digital Transformation.* Paris, OECD Publ., 156 p. doi:https://doi.org/10.1787/c3f402ba-en

Opiq (n. d.). *Every child deserves the best opportunities!* Available at: https://www.opiq.ee/ (Accessed 25 October 2025).

Papadopoulos, K., Gkatzola, A., Chronopoulou, E., & Giannouli, V. Accessibility in pictures, graphs, and maps for students with visual impairments: *British Journal of Visual Impairment*, 2025. doi:https://doi.org/10.1177/02646196251359013

Prometheus. (2025). *Masovi vidkryti onlain-kursy* [Massive open online courses]. Available at: https://prometheus.org.ua/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Rostoka, M. L. (Ed.). (2024). *Analytical herald in the sphere of education and science: reference bulletin*. Vinnytsia, TVORY Publ., issue 19, 121 p. doi:https://doi.org/10.33407/lib.NAES.741210 (In Ukrainian).

Rutledge, F. (2025). Enhancing digital accessibility for deaf or hard of hearing learners-innovative strategies for inclusive education. *Developmental Disabilities Network Journal*, 2025, vol. 5, issue 1, an: 8. doi:https://doi.org/10.59620/2694-1104.1122

Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: a conceptual model based on a systematic literature review. *Computers & Education*, 2021, vol. 162, an: 104083. doi:https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083

Trishchuk, I.V., & Lazarets, O.Yu. (2025). *Elektronnyi dodatok do pidruchnyka "Informatyka" dlia 8-ho klasu zakladiv zahalnoi serednoi osvity* [Electronic supplement to the textbook "Informatics" for 8th grade of general secondary education institutions]. Ternopil, Study Book "Bohdan" Publ. Available at: https://edodatok.com/8987-6/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

Vseukrainska shkola onlain [All-Ukrainian school online]. (n. d.). Available at: https://lms.e-school.net.ua/ (Accessed 25 October 2025). (In Ukrainian).

DIGITAL INCLUSION IN SCHOOL COMPUTER SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION UNDER EMERGENCY CONDITIONS

Svitlana Shokaliuk, PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Science and Applied Mathematics, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine.
E-mail: shokalyuk@kdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-3774-1729
Olena Vikhrova, PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine.
E-mail: olena.vikhrova@kdpu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-3046-0801
Andrii Kavetskyi, student, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine.
E-mail: andrewkawetckiy777@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-7076-6813
DOI: https://doi.org/10.32342/3041-2196-2025-2-30-8

Keywords: *digital inclusion, web accessibility, digital educational environments, mathematics and computer science education, emergency situations, comparative pedagogy, universal design for learning.*

The article is devoted to the study of digital inclusion in teaching mathematics and computer science to school students during emergency situations through the lens of a comparative pedagogical perspective.

The purpose *of this article is to conduct a comparative pedagogical analysis of approaches to digital inclusion in mathematics and computer science education under emergency conditions and to identify pedagogically sound directions for improving digital educational environments. The study sought to: analyse the conceptual foundations of digital inclusion in the context of teaching the exact sciences; identify criteria for assessing the inclusiveness of digital educational environments; conduct a comparative analysis of international experience in organising digital inclusion in mathematics and computer science education; examine Ukrainian practices aimed at ensuring the digital accessibility of educational resources; and substantiate directions for improving digital educational environments for teaching mathematics and computer science under emergency conditions.*

The article employs ***methods*** *based on comparative pedagogy, which involves comparing educational approaches in different countries while taking into account sociocultural, regulatory, and technological factors. The research methods include comparative analysis of educational systems, content analysis of regulatory documents and digital platforms, as well as generalisation and pedagogical interpretation of international and Ukrainian experience.*

The research findings indicate that effective digital educational environments are grounded in the principles of Universal Design for Learning, multimodal presentation of educational content, and support for assistive technologies.

The comparative analysis revealed successful national models of digital inclusion in Poland, Germany, the Czech Republic, the United Kingdom, and Estonia, characterised by the development of centralised educational platforms, compliance with web accessibility standards, and systematic support for refugee students.

In the Ukrainian context, positive developments in the formation of a digital educational space have been identified, including platforms such as All-Ukrainian Online School, DistOsvita, IT-Book, IT Studios, among others, as well as the implementation of regulatory requirements for the inclusiveness of electronic textbook supplements.

At the same time, the study identifies the need to develop a national digital inclusion strategy, advance adaptive educational environments, and enhance teachers' digital competence in the field of inclusive online didactics.

It is concluded *that digital inclusion is a key prerequisite for ensuring educational continuity, equity, and learning effectiveness in mathematics and computer science education under emergency conditions. Effective digital educational environments should be grounded in the principles of Universal Design for Learning, multimodal representation of content, and systematic support of assistive technologies. Comparative analysis demonstrates that national digital platforms developed in Poland, Germany, the Czech Republic, the United Kingdom, and Estonia provide transferable models of inclusive digital education through centralized infrastructure, compliance with web accessibility standards, and targeted support for vulnerable learners, including refugees. In the Ukrainian context,*

despite significant progress in developing digital educational platforms and regulatory frameworks, further advancement requires a coherent national digital inclusion strategy, the development of adaptive learning environments, and continuous professional development of teachers in inclusive online didactics.

Дата надходження до редакції / Submitted: 05.04.2025
Дата прийняття до публікації / Accepted: 25.10.2025
Дата публікації / Published: 26.12.2025