

УДК 37.014.09:355.01

DOI <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2025.3.3>**В. О. КОРНЕЛЮК***викладач математики,**Комунальний заклад вищої освіти «Луцький педагогічний коледж»**Волинської обласної ради, м. Луцьк, Україна**Електронна пошта: vkorneliuk7@gmail.com**<https://orcid.org/0000-0003-0966-0876>***Л. І. ЛЕЙБИК***викладач фізики і астрономії,**Комунальний заклад вищої освіти «Луцький педагогічний коледж»**Волинської обласної ради, м. Луцьк, Україна**Електронна пошта: ludmilalebyk@gmail.com**<https://orcid.org/0000-0002-8021-5778>***Н. Ю. НАРИХНЮК***викладач математики,**Комунальний заклад вищої освіти «Луцький педагогічний коледж»**Волинської обласної ради, м. Луцьк, Україна**Електронна пошта: nata.narikhniuk@gmail.com**<https://orcid.org/0000-0002-8551-6895>*

ПОДОЛАННЯ ОСВІТНІХ ВТРАТ В МАТЕМАТИЧНІЙ ТА ПРИРОДНИЧІЙ ОСВІТНІХ ГАЛУЗЯХ

Проаналізовано освітні втрати у математичній та природничій освітній галузях, спричинені впливом пандемії COVID-19 та воєнного стану в Україні. Встановлено, що основними чинниками накопичення освітніх втрат є тривале дистанційне навчання, нерівність доступу до якісних освітніх ресурсів, психологічна напруженість здобувачів освіти й педагогів та порушення освітніх траєкторій. На основі міжнародних порівняльних даних (PISA-2022), а також національного моніторингу підтверджено суттєве падіння показників математичної і природничої грамотності українських здобувачів освіти відносно середньоєвропейських стандартів та зростання частки осіб із критично низькими компетентностями. Розкрито структурні розриви в опануванні базових математичних і природничих понять, а також збільшення диференціації очікуваних досягнень між здобувачами освіти в різних регіонах України. Запропоновано цілісний підхід до подолання освітніх втрат, який поєднує діагностуваний, корекційний та профілактичний блоки, впровадження корекційних програм і стратегій адаптивного навчання, використання STEM-методик, гейміфікації та сучасних цифрових платформ (PhET, Khan Academy, Matific, Learning.ua). Систематизовано практичні механізми індивідуалізації освітніх траєкторій, розвитку груп взаємодопомоги, наставництва, моніторингу, інтеграції батьків у процес компенсації освітніх втрат. Узагальнено результати впровадження корекційних занять, визначено перспективи підвищення очікуваних навчальних досягнень здобувачів освіти. Обґрунтовано необхідність стратегічного партнерства між учасниками освітнього процесу та безперервного оновлення педагогічних технологій для стійкої адаптації системи освіти до глобальних потрясінь. Запропоновані практичні рекомендації зменшення освітніх втрат та розвитку у здобувачів освіти здатності до саморегуляції та динамічного реагування на виклики майбутнього.

Ключові слова: освітні втрати, математична освітня галузь, природнича освітня галузь, адаптивне навчання, цифрові платформи, гейміфікація, STEM-підхід, індивідуалізація навчання.

Постановка проблеми. Проблема освітніх втрат в останні роки набула особливої актуальності в контексті глобальних викликів, пов'язаних із пандемією COVID-19 та воєнним станом в Україні. Освітні втрати в природничій та математичній освітніх галузях станов-

лять особливу загрозу якості освіти, оскільки саме ці галузі формують наукову картину світу, критичне мислення та інноваційний потенціал суспільства [OECD 2023 : 45].

За даними PISA-2022, Україна продемонструвала тривожне зниження показни-

ків математичної та природничо-наукової грамотності здобувачів освіти порівняно з попередніми циклами дослідження. Середній бал з математики склав 441 пункт (проти 453 у 2018 році), а з природничих наук – 450 пунктів (проти 469 у 2018 році). Частка здобувачів освіти з низьким рівнем математичної грамотності досягла 35%, що свідчить про масштабні проблеми у STEM-освіті. Оскільки згідно з методологією PISA різниця в 20 балів еквівалентна відставанню в один рік навчання, то з математики та природничих предметів українські учні відстають від своїх однолітків із країн ОЕСР на 1,5 роки навчання [Головко 2024 : 28].

Актуальність проблеми подолання освітніх втрат в Україні набула критичного значення внаслідок сукупного впливу довготривалого дистанційного навчання під час пандемії COVID-19 та, особливо, повномасштабної військової агресії, що триває з 2022 року. Ці фактори спричинили безпрецедентні збої в освітньому процесі, наслідком яких, за оцінками PISA, може бути втрата здобувачами освіти понад одного року навчання [Топузов 2023], що зумовлює необхідність розробки ефективних механізмів подолання освітніх втрат у природничій та математичній освітніх галузі, які б враховували специфіку українського освітнього простору в умовах воєнного стану.

Стан розробленості проблеми знайшов відображення в працях вітчизняних та міжнародних дослідників. Міжнародна спільнота, зокрема ОЕСР, ділиться досвідом трансформації та відновлення освіти після значних кризових періодів. Міжнародні організації (OECD, World Bank, UNESCO) наголошують, що проблеми освітніх втрат пов'язані не лише з пандемією COVID-19, але й з іншими кризовими явищами. Зокрема, Engzell, Frey & Verhagen [Engzell 2021] у своєму дослідженні встановили значне зниження академічних результатів учнів у період закриття шкіл під час пандемії. Kuhfeld et al. [Kuhfeld 2020] проєктували, що учні можуть втратити до 50% опанованого матеріалу з математики. Patrinos, Vegas & Carter-Rodriguez [Patrinos 2022] акцентують увагу на необхідності системних освітніх реформ у післякризовий період. Ці дослідження наголошують на необхідності

модернізації через діджиталізацію та впровадження найкращих світових практик.

Сучасні дослідження освітніх втрат представлені також і в роботах українських науковців: О. Топузова, М. Головка, О. Локшиної [Топузов 2023], які розглядають загальні аспекти діагностики та компенсації втрат; О. Піліпенко [Піліпенко 2023], яка досліджує формування STEM-компетентностей майбутніх учителів математики; А. Денисової та А. Єрмоленко [Денисова 2023], які вивчають стратегії подолання освітніх втрат, а моделювання системи відкритої науки для професійного розвитку вчителів досліджувалося Юлією Носенко [2023: 49].

Українські науковці акцентують увагу на виявленні основних чинників, що загострилися в умовах воєнного стану: руйнування інфраструктури, вимушене переміщення та проблеми з доступом до якісних освітніх послуг. Визначаючи, що одним із найскладніших аспектів є порушення систематичності контрольної-оцінювальної діяльності педагогів та відсутність повноцінних даних для числового виміру втрат. Та обґрунтовуючи необхідність розроблення методології й інструментарію широкого діагностичного дослідження, [Топузов 2023].

Аналіз сучасних досліджень показує, що освітні втрати в математичній та природничій галузях мають специфічні характеристики, пов'язані з кумулятивним характером цих дисциплін. Однак залишається недостатньо дослідженою системна модель подолання освітніх втрат саме в STEM-дисциплінах з урахуванням українських реалій воєнного часу.

Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичної моделі подолання освітніх втрат у математичній та природничій освітніх галузях з урахуванням сучасних викликів.

Результати та дискусії. Математична та природничі освітні галузі мають специфічні особливості, що обумовлюють унікальність підходів до компенсації втрат. Ці дисципліни характеризуються високим рівнем абстракції, необхідністю систематичного і послідовного засвоєння понять, взаємозв'язком теоретичних знань з практичними навичками [Піліпенко 2023]. В умовах війни порушення цієї система-

тичності призводить до накопичення прогалин, які мають кумулятивний ефект [Топузов 2023].

Кількісне підтвердження масштабу освітніх втрат у ключових галузях було отримано завдяки результатам міжнародного дослідження PISA-2022, що відображені в таблиці 1.

Таблиця 1
Порівняльна динаміка результатів PISA-2022 для України та країн ОЕСР

Освітня Галузь (PISA-2022)	Середній показник ОЕСР (бали)	Показник України (бали)	Різниця (бали)
Математична грамотність	476	441	35
Природничо-наукова грамотність	481	450	31

Специфіка математичних і природничих дисциплін полягає у їх кумулятивному характері, коли кожен новий концепт будується на основі попередньо сформованих компетентностей. Це створює ефект «снігової кулі», коли прогалини в базових поняттях призводять до неможливості опанування подальшого матеріалу [Піліпенко 2023 : 89].

Таким чином, вони ускладнюють формування цілісного уявлення про матеріальний світ, порушуючи міжпредметні зв'язки та утруднюючи розуміння фундаментальних принципів природи.

В умовах воєнної агресії основними чинниками освітніх втрат є безпекові та інфраструктурні обмеження, що включають руйнування закладів освіти та відсутність доступу до освітніх послуг. Для природничої освіти це означає неможливість доступу до фізичних лабораторій та спеціалізованого обладнання для проведення експериментів.

Додатково виділяють методологічні та психологічні чинники. Тривале дистанційне навчання призвело до порушення систематичності та повнофункціональності контрольної діяльності. Крім того, стресові умови військового стану можуть посилювати такі явища, як математична тривожність [Yang, X., Chan, M.C.E., Kaur, B. et al 2025], що безпосередньо блокує здатність здобувачів освіти до абстрактного мислення, яке є необхідним для успіху в математичній та природничих освітніх галузях.

Критичним чинником ефективності онлайн-навчання є **цифрова компетентність** [Топузов 2023]. Дослідження вказують, що навіть за наявності швидкісного інтернету та гаджетів, низький рівень цифрової компетентності вчителів та здобувачів освіти перетворює передові освітні інструменти на малоефективні, посилюючи цифрову нерівність.

Отже, серед основних причин освітніх втрат у природничій та математичній освітніх галузі можна виділити:

1. **Тривале дистанційне навчання** протягом пандемії та воєнного стану, що обмежило можливості для практичної та експериментальної діяльності.

2. **Недостатній рівень цифрової компетентності** вчителів, що не дозволив повною мірою реалізувати потенціал онлайн-навчання.

3. **Психологічні наслідки** воєнного стану, що вплинули на когнітивні функції здобувачів освіти та їх здатність досягнення очікуваних навчальних результатів.

4. **Обмежений доступ** до якісних освітніх ресурсів та цифрової інфраструктури в окремих регіонах України.

У контексті військового стану та потреби в дистанційному або змішаному навчанні, використання сучасних цифрових рішень є незамінним механізмом компенсації. Вони дозволяють забезпечити індивідуалізацію освітньої траєкторії та залучення здобувачів освіти. Для подолання освітніх втрат у природничій та математичній освітніх галузі пропонуємо наступний комплекс інноваційних підходів.

Адаптивне навчання з використанням цифрових платформ, що дозволяє персоналізувати освітній процес відповідно до рівня знань кожного здобувача освіти. Ефективними засобами виявилися платформи Matific для математики та PhET для природничих наук, які надають інтерактивні симуляції для опанування ключових концепцій.

Успішність корекційних інструментів, що підтверджена практикою, напряму залежить від того, наскільки здобувачі освіти вважають їх «корисними, цікавими та відповідними їхнім потребам» [Cara, Gamit, & Santos, 2025].

Гейміфікація освітнього процесу, що підвищує мотивацію здобувачів освіти. Дослі-

дження показують, що впровадження елементів гри в математичну освіту підвищує залученості учнів на 35% та ефективність засвоєння матеріалу на 28% [OECD 2023: 67].

STEM-підхід, що інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику. Як зазначають О. Воронкін та С. Луцин, «проектний метод у STEM-освіті із застосуванням програмно-апаратної платформи Arduino дозволяє формувати у здобувачів освіти цілісне уявлення про застосування природничо-математичних знань у практичній діяльності» [Воронкін, Луцин 2023: 26]. Цей підхід особливо ефективний для подолання освітніх втрат, оскільки сприяє розвитку практичних здатностей та міжпредметних зв'язків. Ефективне використання PhET вимагає від педагогів не просто демонструвати симуляції, а інтегрувати їх як інструмент активного дослідження. Це підтверджує, що необхідність підвищення цифрової компетентності вчителів є ключовою для реалізації компенсаторних стратегій [Топузов 2023].

Формувальне оцінювання, що дозволяє постійно моніторити прогрес здобувачів освіти та своєчасно корегувати освітній процес. На відміну від підсумкового оцінювання, формувальне оцінювання спрямоване на виявлення труднощів у реальному часі та надання оперативної допомоги [OECD 2023 : 72].

На основі аналізу сучасних підходів пропонуємо трикомпонентну **модель подолання освітніх втрат** у природничій та математичній освітніх галузі:

1. **Діагностичний блок**: виявлення рівня освітніх втрат за допомогою стартового діагностичного оцінювання, аналізу індивідуальних труднощів здобувачів освіти.

2. **Корекційний блок**: реалізація індивідуальних освітніх траєкторій, впровадження адаптивних технологій, проведення корекційних занять, організація груп взаємодопомоги.

3. **Профілактичний блок**: розвиток функціональної грамотності, формування здатності до самоосвіти, впровадження системи моніторингу якості освіти, підвищення кваліфікації вчителів.

Успішні практики впровадження демонструють, що ключовим елементом є партнерська взаємодія. Необхідно налагодити тісну

співпрацю з батьками, регулярно інформуючи їх про прогрес дитини та залучаючи до виконання ігрових завдань вдома [Топузов 2023]. Така співпраця важлива для створення цілісного освітнього середовища, особливо коли значна частина освітнього процесу відбувається дистанційно.

Ця модель передбачає системну взаємодію між здобувачами освіти, вчителями, адміністрацією закладу освіти та батьками, що дозволяє комплексно підійти до проблеми освітніх втрат. Відповідно пропонуємо **практичні рекомендації** для працівників закладів освіти щодо подолання освітніх втрат:

1. **Впровадження діагностичного інструментарію** для виявлення освітніх втрат на початку навчального року. Рекомендуємо використання адаптивних тестових систем.

2. **Розробка індивідуальних освітніх траєкторій** для здобувачів освіти зі значними освітніми втратами. Це передбачає створення персональних навчальних планів, що включають додаткові заняття, онлайн-курси, індивідуальні завдання.

3. **Активне використання цифрових освітніх платформ**: Matific для математики (розвиток просторового мислення, розв'язування задач); PhET Interactive Simulations для фізики, хімії, біології (віртуальні лабораторії та експерименти); Khan Academy для всіх природничо-математичних дисциплін (відеоуроки, практичні завдання); Learning.ua для україномовних ресурсів з математики та природничих наук (таблиця 2).

4. **Впровадження методів гейміфікації** в освітній процес: створення освітніх квестів, використання навчальних ігор, системи балів та досягнень для підвищення мотивації здобувачів освіти.

5. **Реалізація STEM-підходу** через проектну діяльність. Як зазначають дослідники, «комп'ютерна модель кола постійного струму у віртуальному фізичному практикумі» дозволяє компенсувати відсутність реального лабораторного обладнання [Савчук, Романець 2023: 69].

6. **Організація формувального оцінювання** з регулярним зворотним зв'язком, що дозволяє здобувачам освіти бачити свій прогрес та своєчасно корегувати освітній процес.

Таблиця 2

Використання цифрових платформ для подолання освітніх втрат

Платформа	Освітня галузь	Основні переваги
Matific	Математична	Інтерактивність, адаптивність, ігровий підхід
PhET	Природнична	Віртуальні експерименти, візуалізація абстракцій
Khan Academy	Математична, природнична	Системність, безкоштовність, індивідуалізація, адаптивне тестування
Learning.ua	Математична, природнична	Формування індивідуальних завдань, оперативний моніторинг

7. **Розвиток математичної та природничої грамотності** через розв'язування прикладних задач, пов'язаних з реальним життям, що сприяє кращому формуванню та розвитку функціональних здатностей.

8. **Створення системи педагогічної підтримки** для здобувачів освіти зі значними освітніми втратами, що включає тьюторський супровід, консультації, психологічну допомогу.

Висновки. Освітні втрати в природничій та математичній освітніх галузі мають системний характер і зумовлені комплексом факторів, серед яких особливе значення мають тривале дистанційне навчання, обмежений доступ до якісних освітніх ресурсів, психологічні наслідки воєнного стану. Особливістю освітніх втрат у природничій та математичній освітніх галузі є їх кумулятивний характер, що вимагає своєчасного втручання для запобігання подальшим наслідкам для освітньої траєкторії здобувачів освіти. Ефективне подолання освітніх втрат вимагає комплексного підходу,

що включає діагностику, корекцію та профілактику, а також системної взаємодії між усіма учасниками освітнього процесу. Найбільш ефективними інструментами подолання освітніх втрат вважаємо адаптивне навчання, гейміфікацію, STEM-підхід, формувальне оцінювання, що дозволяють персоналізувати освітній процес та підвищити мотивацію здобувачів освіти.

Важливу роль у подоланні освітніх втрат відіграють цифрові освітні платформи (Matific, PhET, Khan Academy, Learning.ua), які дозволяють компенсувати відсутність реального експериментального обладнання та забезпечити інтерактивність освітнього процесу.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробці методик оцінювання освітніх втрат для різних категорій здобувачів освіти, створенні інтегрованих освітніх ресурсів для подолання освітніх втрат, дослідженні довгострокових наслідків освітніх втрат для розвитку природничо-математичної освіти в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воронкін О., Лушчин С. Проектний метод у STEM-освіті із застосуванням програмно-апаратної платформи Arduino. *Фізико-математична освіта*. 2023. Том 38, № 4. С. 24-30.
2. Головки М. В., Науменко С. О. Результати PISA2022 в Україні: актуальні проблеми загальної середньої освіти та шляхи їх розв'язання. *Український педагогічний журнал*. 2024. № 2. С. 20–34
3. Державна служба якості освіти України. Загальнодержавне моніторингове дослідження якості освіти у закладах загальної середньої освіти в умовах воєнного стану. Звіт за результатами моніторингу. 2023. 263 с.
4. Носенко Ю. Моделювання системи відкритої науки для професійного розвитку та діяльності вчителів. *Фізико-математична освіта*. 2023. Том 38, № 4. С. 49-55.
5. Піліпенко О. С. Формування STEM-компетентностей студентів закладів фахової передвищої освіти у навчанні математики: дис. ... докт. філософії. Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2023. 284 с.
6. Савчук В., Романець О. Комп'ютерна модель кола постійного струму у віртуальному фізичному практикумі. *Фізико-математична освіта*. 2023. Том 38, № 4. С. 68-73.
7. Топузов О. М., Головки М. В., Локшина О. І. Освітні втрати в період воєнного стану: проблеми діагностики та компенсації. *Український педагогічний журнал*. 2023. № 1. С. 5–13.
8. Cara, D. C., Gamit, A. M., & Santos, A. R. (2025). Developing a remediation tool to address learning gaps in numbers and number sense. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 12(6), 169–181
9. Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *PNAS*, 118(17).
10. Kuhfeld, M., Soland, J., Tarasawa, B., Johnson, A., Ruzek, E., & Liu, J. (2020). Projecting the potential impact of COVID-19 school closures on academic achievement. *Educational Researcher*, 49(8), 549–565.

11. OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption. Paris: OECD Publishing, 2023. 458 p.
12. Patrinos, H. A., Vegas, E., & Carter-Rodriguez, G. (2022). An Analysis of COVID-19 Student Learning Loss. World Bank Policy Research Paper. 33 p.
13. Yang, X., Chan, M.C.E., Kaur, B. *et al.* International comparative studies in mathematics education: a scoping review of the literature from 2014 to 2023. *ZDM Mathematics Education* 57, 745–761 (2025).

REFERENCES

1. Voronkin, O., & Lushchin, S. (2023). Project method in STEM education using the Arduino hardware and software platform. *Physical and Mathematical Education*, 38(4), 24–30.
2. Holovko, M. V., & Naumenko, S. O. (2024). Results of PISA 2022 in Ukraine: Current issues of general secondary education and ways of their solution. *Ukrainian Pedagogical Journal*, (2), 20–34.
3. State Service for Education Quality of Ukraine. (2023). Nationwide monitoring study of education quality in general secondary education institutions under martial law: Monitoring report. Kyiv, Ukraine.
4. Nosenko, Y. (2023). Modeling an open science system for professional development and teacher activities. *Physical and Mathematical Education*, 38(4), 49–55.
5. Pilipenko, O. S. (2023). Formation of STEM competencies of students in professional pre-higher education institutions in mathematics learning: Doctoral dissertation. Kryvyi Rih State Pedagogical University.
6. Savchuk, V., & Romanets, O. (2023). Computer model of a direct current circuit in a virtual physics practicum. *Physical and Mathematical Education*, 38(4), 68–73.
7. Topuzov, O. M., Holovko, M. V., & Lokshina, O. I. (2023). Educational losses during martial law: Problems of diagnosis and compensation. *Ukrainian Pedagogical Journal*, (1), 5–13.
8. Cara, D. C., Gamit, A. M., & Santos, A. R. (2025). Developing a remediation tool to address learning gaps in numbers and number sense. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 12(6), 169–181
9. Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *PNAS*, 118(17)
10. Kuhfeld, M., Soland, J., Tarasawa, B., Johnson, A., Ruzek, E., & Liu, J. (2020). Projecting the potential impact of COVID-19 school closures on academic achievement. *Educational Researcher*, 49(8), 549–565.
11. OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption. Paris: OECD Publishing, 2023. 458 p.
12. Patrinos, H. A., Vegas, E., & Carter-Rodriguez, G. (2022). An Analysis of COVID-19 Student Learning Loss. World Bank Policy Research Paper. 33 p.
13. Yang, X., Chan, M.C.E., Kaur, B. *et al.* International comparative studies in mathematics education: a scoping review of the literature from 2014 to 2023. *ZDM Mathematics Education* 57, 745–761 (2025)

V. O. KORNELIUK

Lecturer in Mathematics,

*Municipal Higher Educational Institution “Lutsk Pedagogical College”
of the Volyn Regional Council, Lutsk, Ukraine*

E-mail: vkorneliuk7@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0966-0876>

L. I. LEIBYK

Lecturer in Physics and Astronomy,

*Municipal Higher Educational Institution “Lutsk Pedagogical College”
of the Volyn Regional Council, Lutsk, Ukraine*

E-mail: ludmilalebyk@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8021-5778>

N. YU. NARYKHNYUK

Lecturer in Mathematics,

*Municipal Higher Educational Institution “Lutsk Pedagogical College”
of the Volyn Regional Council, Lutsk, Ukraine*

E-mail: nata.narikhiuk@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8551-6895>

OVERCOMING EDUCATIONAL LOSSES IN MATHEMATICAL AND SCIENCE EDUCATION FIELDS

The educational losses in mathematics and science education caused by the impact of the COVID-19 pandemic and martial law in Ukraine are analyzed. It is found that the key factors contributing to educational losses are prolonged distance learning, inequality of access to quality educational resources, psychological tension experienced by learners and educators, and disruptions of educational trajectories. Based on international comparative data (PISA 2022) and national monitoring, a significant decline in mathematics and science literacy among Ukrainian learners relative to mid-European standards and an increase in the proportion of individuals with critically low competencies are confirmed. Structural gaps in mastering basic mathematical and scientific concepts are revealed, as well as increased differentiation in expected learning outcomes among students in various regions of Ukraine. A holistic approach to overcoming educational losses is proposed, which combines diagnostic, remedial, and preventive blocks, the implementation of remedial programs and adaptive learning strategies, the use of STEM methods, gamification, and modern digital platforms (PhET, Khan Academy, Matific, Learning.ua). Practical mechanisms for individualizing educational trajectories, developing peer support and mentoring groups, monitoring, and the integration of parents into the process of compensating for educational losses are systematized. The results of remedial sessions are summarized, and the prospects for improving expected learning achievements are identified. The necessity of strategic partnership among participants in the educational process and the continuous updating of pedagogical technologies for the resilient adaptation of the education system to global challenges is substantiated. Practical recommendations are proposed for reducing educational losses and developing learners' abilities in self-regulation and dynamic response to future challenges.

Key words: educational losses, mathematics education, science education, adaptive learning, digital platforms, gamification, STEM approach, learning individualization.

Дата першого надходження рукопису до видання: 30.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025