

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

РАШЕВСЬКА Наталя Василівна



УДК 37.091.3:004:373.5:(51+53+54+57)

**МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ
ПРЕДМЕТІВ УЧНІВ АКАДЕМІЧНИХ ЛІЦЕЇВ**

13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті

РЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Київ – 2026

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Інституті цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, м. Київ.

Науковий консультант: доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України
Литвинова Світлана Григорівна,
Інститут цифровізації освіти НАПН України,
заступник директора з наукової роботи, м. Київ.

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор
Кузьмінська Олена Геронтіївна,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри інформаційних систем
і технологій, м. Київ;

доктор педагогічних наук, професор
Трифорова Олена Михайлівна,
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка,
завідувач кафедри інформаційних та цифрових
технологій, м. Кропивницький;

доктор педагогічних наук, доцент
Потапчук Ольга Ігорівна,
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка,
професор кафедри комп'ютерних технологій,
м. Тернопіль.

Захист відбудеться «24» вересня 2026 р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.459.01 Інституту цифровізації освіти НАПН України за адресою: 04060, м. Київ, вул. М. Берлінського, 9, 2-й поверх, зала засідань Вченої ради, каб. 205.

Із дисертацією можна ознайомитись на сайті (iitlt.gov.ua) та у відділі аспірантури і докторантури Інституту цифровізації освіти НАПН України за адресою: 04060, м. Київ, вул. М. Берлінського, 9, 2-й поверх, каб. 209.

Реферат розісланий 20 серпня 2026 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради  **Марія ШИШКІНА**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Сучасні умови розвитку загальної середньої освіти України, зумовлені наслідками пандемії COVID-19 та воєнного стану, загострили проблему забезпечення доступності та якості освітнього процесу. Перехід до дистанційного й змішаного форматів навчання, перебої з енергопостачанням, нестабільний доступ до інтернету та поширення асинхронного навчання ускладнили організацію освітнього процесу й спричинили освітні втрати, особливо під час вивчення природничо-математичних дисциплін. За таких умов особливого значення набуває пошук інноваційних підходів до організації навчання природничо-математичних предметів, здатних забезпечити його наочність, інтерактивність, дослідницьку спрямованість та доступність незалежно від формату навчання.

Необхідність широкого використання цифрових технологій в освіті визначена сучасною державною політикою цифрової трансформації, що знайшла віддзеркалення в Законі України «Про освіту», Концепції Нової української школи, Концепції розвитку цифрових компетентностей, Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року та інших нормативно-правових і стратегічних документах. Реалізація цих положень набуває особливої актуальності в академічних ліцеях, де профільне навчання потребує використання цифрових технологій, здатних забезпечити не лише доступність навчання, а й високу якість засвоєння складного природничо-математичного змісту.

Водночас наявні цифрові технології навчання, зокрема хмарні сервіси та системи штучного інтелекту, попри їхній значний педагогічний потенціал, не повною мірою забезпечують інтерактивну просторову візуалізацію, моделювання й відтворення складних процесів і явищ, необхідних для ефективного засвоєння природничо-математичних дисциплін. Це зумовлює потребу у впровадженні цифрових технологій, здатних поєднати високий рівень наочності, інтерактивності та практичної взаємодії учнів із навчальним матеріалом.

У зв'язку з цим одним із перспективних напрямів розвитку цифрових технологій навчання є використання імерсивних технологій, що поєднують можливості віртуальної, доповненої та змішаної реальностей, тривимірного моделювання й інтерактивної візуалізації. Їхнє застосування дає змогу моделювати складні процеси, проводити віртуальні експерименти, організовувати дослідницьку діяльність учнів та індивідуалізувати освітню траєкторію. Поєднання візуальних, просторових і діяльнісних форм взаємодії з навчальним матеріалом сприяє глибшому осмисленню природничо-математичних понять і закономірностей, переходу від репродуктивного засвоєння знань до їх практичного застосування та підвищенню ефективності навчання.

Теоретико-методологічні засади цифрової трансформації освіти й науки України, розвиток комп'ютерно орієнтованого та цифрового освітнього

середовища розкрито у працях В. Бикова, О. Бурова, Т. Вакалюк, В. Кременя, С. Литвинової, М. Мар'єнко, М. Лещенко, О. Овчарук, К. Осадчої, О. Пінчук, С. Семерікова, О. Соколюк, О. Спіріна, М. Шишкіної, А. Яцишин та ін. Теоретичні й методологічні засади використання імерсивних технологій в освіті висвітлено у працях Н. Сениці, Г. Скрипки, А. Сухіх, О. Трифоновой, І. Удовиченко, О. Хмельницької, Д. Федасюка, Т. Цимбалюк та інших учених. У їхніх дослідженнях розкрито особливості організації освітнього процесу в імерсивному середовищі, визначено дидактичні умови його реалізації та запропоновано методичні рекомендації щодо використання імерсивних технологій. У закордонних дослідженнях здійснено систематичний аналіз використання імерсивної віртуальної реальності в освіті, узагальнено її переваги, обмеження та чинники ефективного застосування.

Психолого-педагогічні аспекти використання імерсивних технологій досліджували українські вчені О. Гриб'юк, С. Литвинова, Ю. Носенко, Н. Сороко, Н. Яремчук та ін. Ці вчені розкрили питання педагогічно виваженого використання VR/AR-технологій, формування готовності учнів до роботи в імерсивному середовищі, підтримки навчальної мотивації та організації змішаного навчання. Закордонні дослідники Дж. Бакстер (G. Baxter), Т. Гейні (T. Haine), В. Хуанг (W. Huang), Дж. Свеллер (J. Sweller), Дж. Санг (J. Sung), Б. Вітмер (B. Witmer), М. Сінгер (M. Singer) та інші обґрунтували значення імерсивних технологій для моделювання реальних умов діяльності, формування професійних умінь, підвищення залученості учнів та врахування когнітивного навантаження в цифрових середовищах.

Важливе місце посідають дослідження моделей імерсивного навчання. Зокрема, когнітивно-афективна модель Г. Макранскі (G. Makransky) та Г. Петерсена (G. Petersen), а також дослідницька модель Дж. Мак-Говіна (G. McGowin) пояснюють механізми навчання у віртуальній реальності на основі принципів командного навчання та втіленого пізнання. У роботах українських дослідників – Ю. Богачкова, О. Бурова, М. Давидюк, С. Литвинової, О. Пащенко, О. Пінчук, О. Соколюк, П. Уханя та інших розглянуто принципи побудови імерсивного середовища, концепцію імерсивного синтетичного простору та інтеграцію VR/AR-технологій у сучасні освітні практики.

Питання методики застосування імерсивних технологій у навчанні висвітлено у працях В. Босої, Ю. Бохан, Ю. Ботузової, В. Гнатюк, Н. Ількевич, Р. Кузьминської, Т. Лещенко, Д. Мацокіна, І. Пахомової, О. Потапчук, І. Сальник, О. Слободяник, Т. Форостовської, Ю. Шафорост, Д. Шепелева та інших дослідників. Водночас аналіз наукових праць засвідчив, що більшість із них присвячена загальнотеоретичним, психолого-педагогічним або окремим методичним аспектам використання імерсивних технологій, тоді як питання їх системної інтеграції у навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв, побудови цілісної методичної системи та наукового обґрунтування умов її ефективного функціонування залишаються недостатньо дослідженими. У практиці закладів загальної середньої освіти використання

імерсивних технологій має переважно фрагментарний характер, що не забезпечує повною мірою реалізацію їхнього дидактичного потенціалу.

Узагальнення результатів аналізу наукових досліджень і сучасної освітньої практики дало змогу виявити низку **суперечностей** між:

- дидактичним потенціалом імерсивних технологій для навчання природничо-математичних предметів та фрагментарністю і несистемністю їхнього використання в практиці академічних ліцеїв;

- потребою інтеграції імерсивних технологій у навчання природничо-математичних предметів та недостатньою розробленістю теоретико-методологічних засад їхнього педагогічно доцільного використання;

- потребами профільного навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях у системному використанні імерсивних технологій та недостатньою розробленістю цілісної методичної системи використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв;

- потребою педагогічної практики в науково підтвердженій ефективності використання імерсивних технологій та недостатньою експериментальною перевіркою методичних рішень щодо їхнього системного застосування у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв.

Отже, актуальність проблеми та необхідність пошуку теоретико-методичних шляхів подолання виявлених суперечностей зумовили вибір теми дослідження: **«Методична система використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв».**

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям дослідження ґрунтується на результатах науково-дослідної роботи Інституту цифровізації освіти НАПН України як складової колективних наукових досліджень, виконавцем яких була автор: «Проектування навчального середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти» (ДР № 0121U107689, 2021-2023 рр.), «Система використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти» (ДР № 0124U000648, 2024-2025 рр.) та «Комплексне наукове дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик» (2025-2026 рр.).

Тему затверджено на засіданні Вченої ради Інституту цифровізації освіти НАПН України 29 жовтня 2024 року (протокол № 19).

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити ефективність методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнями академічних ліцеїв.

Відповідно до мети визначено такі **завдання**:

1. Здійснити аналіз понятійно-категоріального апарату дослідження, розкрити сутність та класифікацію імерсивних технологій як педагогічного засобу навчання природничо-математичних предметів, визначити стан,

переваги й обмеження їх упровадження у вітчизняній та закордонній освітній практиці.

2. Обґрунтувати дидактичні, технологічні та організаційно-педагогічні принципи, методичні підходи та психолого-педагогічні умови ефективного використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів.

3. Розробити структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів та обґрунтувати процедурну, інструктивно-діяльнісну та функціонально-мотиваційну моделі організації навчання учнів академічних ліцеїв із використанням імерсивного середовища.

4. Обґрунтувати критерії та розробити процедуру добору імерсивних освітніх ресурсів для навчання природничо-математичних предметів в академічному ліцеї.

5. Розробити модель та методичну систему використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв.

6. Здійснити експериментальну перевірку ефективності розробленої методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів, оцінити результати навчальних досягнень та рівень розвитку просторового мислення учнів академічних ліцеїв і розробити методичні рекомендації для вчителів.

Об'єкт дослідження – процес навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв.

Предмет дослідження – методична система використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань та досягнення мети дослідження використано комплекс взаємопов'язаних теоретичних, емпіричних, експериментальних методів і методів математичної статистики:

– *теоретичні методи*: аналіз, синтез, порівняння, систематизація, класифікація, узагальнення та інтерпретація психолого-педагогічної, науково-методичної літератури, нормативних документів і результатів сучасних досліджень застосовано для визначення стану розробленості проблеми, уточнення понятійного апарату дослідження, обґрунтування теоретичних засад використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів та розроблення методичної системи. Метод моделювання використано для побудови моделі методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв та структурно-компонентної моделі імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів;

– *емпіричні методи*: спостереження, анкетування, опитування, бесіди, аналіз педагогічного досвіду застосовано для вивчення стану використання імерсивних технологій у закладах загальної середньої освіти, визначення готовності педагогів до їхнього використання, оцінювання якості розробленої

методичної системи та виявлення особливостей її впровадження;

– *експериментальні методи* використано для перевірки ефективності розробленої методичної системи. Педагогічний експеримент охоплював констатувальний, формувальний і узагальнювальний етапи та був спрямований на визначення динаміки результатів навчання учнів академічних ліцеїв;

– *методи математичної статистики* застосовано для кількісного опрацювання, аналізу й інтерпретації результатів педагогічного експерименту, перевірки статистичної значущості отриманих результатів та підтвердження ефективності розробленої методичної системи.

Наукова новизна та теоретичне значення результатів дослідження полягають у тому, що *вперше*:

– запропоновано авторське трактування понять «імерсивні технології навчання», «імерсивне середовище навчання»; здійснено класифікацію імерсивних освітніх ресурсів за педагогічним потенціалом та їхню систематизацію за функціональним призначенням у структурі методичної системи, що забезпечує перехід від розгляду імерсивних технологій як технологічного інструментарію до їх використання як педагогічно орієнтованих освітніх ресурсів;

– визначено та обґрунтовано систему психолого-педагогічних умов організації навчання природничо-математичних предметів в імерсивному середовищі, що забезпечують реалізацію інноваційно-трансформаційної концептуальної рамки та ефективне функціонування методичної системи використання імерсивних технологій;

– теоретично обґрунтовано та розроблено модель методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв; структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів; моделі організації навчання на основі інтеграції імерсивного середовища в процес навчання природничо-математичних предметів: інструктивно-діяльнісну, процедурну та функціонально-мотиваційну;

– обґрунтовано цільово-дидактичний, когнітивно-діяльнісний, психолого-мотиваційний, технологічно-імерсивний, організаційно-методичний і безпеково-етичний критерії добору імерсивних освітніх ресурсів, визначено систему показників їх оцінювання та розроблено процедуру педагогічно обґрунтованого добору для організації навчання природничо-математичних предметів;

– *уточнено* етапи становлення педагогічних технологій імерсивного навчання та методологічні критерії їхньої ефективності; зміст понять «імерсивне навчання», «технологічна інтеграція», «інтеграція імерсивних технологій»; характеристики імерсивного середовища навчання; методичні підходи до організації процесу навчання з використанням імерсивних технологій, що сприяють формуванню ключових і предметних компетентностей;

– *набули подальшого розвитку* теорія та методика застосування апаратних і

програмних засобів інформатизації освіти: системний аналіз процесів впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освіту; теоретико-методичні засади створення й розвитку комп'ютерно орієнтованого навчального середовища в частині, що стосується імерсивних середовищ навчання.

Практичне значення результатів дослідження полягає в тому, що:

розроблено: методику використання імерсивних технологій навчання геометрії, методику використання імерсивних технологій навчання алгебри, методику використання імерсивних технологій навчання фізики, методику використання імерсивних технологій навчання хімії, методику використання імерсивних технологій навчання біології та методику використання імерсивних технологій навчання географії; навчально-методичне забезпечення для вчителів природничо-математичних предметів «Імерсивні платформи та застосунки для організації навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв» (<https://surl.li/oesaqq>); методичні рекомендації у співавторстві «Використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти» (<https://surl.li/chzohz>);

здійснено добір імерсивних освітніх ресурсів, які доцільно використовувати для організації процесу навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв;

створено навчально-методичний ресурс «Імерсивні сервіси для допомоги вчителям природничо-математичних предметів», реалізований у формі тематичного блогу (<https://surl.li/sztall>).

Результати дослідження можуть бути використані: у закладах загальної середньої освіти під час організації навчання природничо-математичних предметів із використанням імерсивних технологій; у закладах вищої, передвищої та післядипломної педагогічної освіти під час підготовки, перепідготовки й підвищення кваліфікації педагогічних працівників; у діяльності наукових установ та центрів післядипломної педагогічної освіти при розробленні методичних рекомендацій, освітніх програм і навчально-методичного забезпечення; у подальших наукових дослідженнях, присвячених розвитку методичних систем навчання та впровадженню імерсивних технологій в освіті.

Упровадження результатів дослідження. Результати дослідження впроваджено в освітній процес Комунального закладу освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ» Дніпропетровської обласної ради» (довідка № 63 від 07.04.2026 р.), Криворізького Покровського ліцею Криворізької міської ради (довідка № 03/63 від 09.04.2026 р.), Криворізького природничо-наукового ліцею (довідка № 206 від 06.04.2026 р.), Криворізького ліцею № 129 Криворізької міської ради (довідка № 98 від 14.04.2026 р.), Криворізького ліцею № 77 Криворізької міської ради (довідка № 258 від 22.05.2026 р.), Криворізького ліцею № 71 Криворізької міської ради (довідка № 43 від 07.05.2026 р.), Криворізького державного педагогічного університету (довідка № 08-265/3 від 12.05.2026 р.), Комунального закладу «Кіровоградський обласний інститут

післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського» (довідка № 283/08-09 від 12.05.2026 р.), Криворізького фахового коледжу Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»» (довідка № 530/д від 21.05.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача конкретизовано таким чином: у методичному посібнику [3] підготовлено розділ 4.2; у методичних рекомендаціях [4] – розділ 4.1; в аналітичних матеріалах [2] розроблено рекомендації для вчителів математики щодо доцільності використання штучного інтелекту в процесі організації навчання; у бібліографічному покажчику [5] виконано добір наукових статей з проблематики дослідження. У статтях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: розроблення концепції та логіки проведення дослідження [32; 35; 36; 60; 61; 62; 63]; обґрунтування та проектування моделей середовища навчання учнів [11; 24], а також визначення змістового компонента імерсивного навчання [14]; виявлення особливостей імерсивного змішаного навчання [19; 41] та імерсивного мобільного навчання в закладах освіти [26; 27]; підготовка методичних рекомендацій для вчителів щодо використання імерсивних технологій у процесі вивчення інтегрованих природничих предметів [13]. Крім того, здобувачеві належать: філософський аналіз феномену імерсивності [25]; обґрунтування концептуальних засад організації мобільного навчання в закладах освіти [33; 39]; аналіз стану розробленості проблеми організації навчання в ЗЗСО з використанням технологій штучного інтелекту та хмарних сервісів [8; 10; 28; 29]; розроблення концепції організації навчального середовища учня на основі інноваційних технологій [34]; узагальнення та систематизація педагогічного досвіду використання ІКТ у процесі навчання математики [37; 38; 42; 64; 67]; визначення особливостей інтеграції мобільних сервісів у навчальний процес [43]; обґрунтування концепції конструювання знань учнями за допомогою застосунків доповненої реальності [30; 31]. Автору належать визначення понять «імерсивне середовище навчання», «імерсивні технології навчання».

Наукові положення та результати кандидатської дисертації «Мобільні інформаційно-комунікаційні технології навчання вищої математики студентів вищих технічних навчальних закладів» у докторській дисертації не використані.

Обґрунтованість і достовірність результатів дослідження забезпечено репрезентативністю експериментальної вибірки, використанням валідного діагностичного інструментарію, статистичною обробкою результатів педагогічного експерименту, а також апробацією та впровадженням результатів дослідження.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертаційної роботи були представлені на низці науково-практичних конференцій різного рівня: *міжнародних* – III Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2026)» (м. Київ, 2026); III Міжнародна науково-практична конференція «Цифрова компетентність вчителя 2026: стратегії та

практики навчання зі штучним інтелектом» (м. Київ, 2026); Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні трансформації педагогічної освіти: проблеми теорії і практики» (м. Запоріжжя, 2026); XX Міжнародна наукова конференція імені академіка Михайла Кравчука (м. Київ, 2025); Міжнародна науково-практична конференція «Імерсивні технології в освіті» (м. Київ, 2024, 2025); II Міжнародна науково-практична конференція «Цифрова компетентність вчителя 2025: формуючи майбутнє освіти» (м. Київ, 2025, 2026); III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті та науці» (м. Запоріжжя, 2023); IV Міжнародна науково-практична конференція «Авіація, промисловість, суспільство» (м. Кременчук, 2023); Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (м. Черкаси, 2020); Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг, 2019); *всеукраїнських* – Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми математики, економіки та менеджменту» (м. Кропивницький, 2026); IV Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Сучасний освітній простір – досвід, пошук, результат» (м. Суми, 2025); звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України (м. Київ, 2024–2026); II Всеукраїнська науково-практична конференція «Теорія і практика використання інформаційних технологій в умовах цифрової трансформації освіти» (м. Київ, 2024); V Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці» (м. Умань, 2023); Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих вчених «Фундаментальні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів ЗВО і молодих учених: творчий розвиток ідей» (м. Харків, 2021, 2023); «Класичні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти» (м. Харків, 2020); Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця» (м. Суми, 2016); *регіональних* – «Сучасний науково-педагогічний досвід при викладанні фундаментальних дисциплін у закладах освіти» (м. Кривий Ріг, 2022, 2023); обласний науково-методичний семінар для вчителів «Інноваційні технології навчання математики» (м. Дніпро, 2022); міський семінар школи педагогічного зростання вчителів математики (м. Кривий Ріг, 2021).

Публікації. Основні результати дослідження відображено у 67 наукових і науково-методичних працях авторки (з них 32 – одноосібні). Із них 10 праць індексуються в наукометричних базах Web of Science і Scopus; 19 статей опубліковано в наукових фахових виданнях України; створено 2 методичні рекомендації (1 – у співавторстві); у співавторстві підготовлено 1 методичний посібник, 1 бібліографічний покажчик і 1 збірник аналітичних матеріалів; представлено 10 статей в інших наукових виданнях України та 24 тези доповідей у матеріалах наукових конференцій.

Структура роботи. Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів і висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел (590 найменувань, серед яких 369 – іноземними мовами), 22 додатків на 105 сторінках. Робота містить 46 таблиць і 67 рисунків. Загальний обсяг дисертації – 575 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, представлено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, вказано використані методи дослідження, розкрито наукову новизну, теоретичне і практичне значення одержаних результатів, відображено впровадження та апробацію результатів дослідження, особистий внесок здобувача в роботи, опубліковані у співавторстві, публікації, наведено відомості щодо обсягу та структури дисертації.

У першому розділі **«Теоретичні засади використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв»** проаналізовано понятійно-категоріальний апарат дослідження, особливості організації освітнього процесу в академічних ліцеях та сучасний стан використання імерсивних технологій у вітчизняній і закордонній освітній практиці.

Встановлено міждисциплінарну природу імерсивності, що поєднує технологічні можливості цифрового середовища, особливості суб'єктивного досвіду користувача, навчальний зміст і діяльнісну взаємодію. Це дало змогу обґрунтувати її педагогічне трактування як дидактично значущої характеристики сучасного освітнього процесу.

Систематизовано розвиток імерсивних технологій та визначено їх основні освітні можливості. Обґрунтовано, що технології віртуальної, доповненої, змішаної та розширеної реальності забезпечують візуалізацію складних об'єктів і процесів, підтримують активну взаємодію учнів із навчальним змістом, сприяють дослідницькій діяльності та формуванню предметних і ключових компетентностей, що дало змогу визначити педагогічні можливості їх використання у навчанні природничо-математичних предметів.

Уточнено зміст поняття *«імерсивне навчання»* як інтерактивного педагогічного процесу, що реалізується у спроектованому імерсивному середовищі на основі імерсивних технологій та передбачає організацію активної навчальної діяльності здобувачів освіти в умовах занурення, спрямованої на досягнення визначених результатів навчання і формування компетентностей.

Запропоновано авторські трактування понять: *«імерсивні технології навчання»* як сукупності цифрових технологій і програмно-апаратних рішень (зокрема технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальностей, інтерактивних симуляцій і тривимірних моделей), які забезпечують створення і функціонування імерсивного середовища навчання та організацію інтерактивної підтримки навчальної діяльності здобувачів освіти та *«імерсивне*

середовище навчання» як різновиду освітнього середовища, у якому засобами імерсивних технологій створюється педагогічно організована, цілісна система технологічних, змістових, організаційних і психолого-педагогічних умов для здійснення навчальної діяльності в умовах занурення. Таке середовище забезпечує інтерактивну взаємодію здобувачів освіти з навчальним змістом, цифровими об'єктами та іншими учасниками освітнього процесу, створюючи умови для реалізації цілей і досягнення результатів навчання, що дало змогу конкретизувати місце імерсивних технологій у системі цифрової освіти та сформувати понятійно-категоріальну основу дослідження.

Виокремлено чотири етапи становлення педагогічних технологій імерсивного навчання, які відображають трансформацію педагогічної взаємодії та зміну характеру пізнавальної діяльності учнів в умовах цифрового середовища. Визначено експериментальний етап (середина XX століття), пов'язаний із використанням імерсивних технологій переважно як засобу демонстрації та тренування; комп'ютеризований етап (кінець XX століття), що характеризується появою перших інтерактивних віртуальних середовищ; мережевий етап (2000-2010-ті рр.), у межах якого навчальна взаємодія набуває соціального характеру завдяки розвитку багатокористувацьких цифрових середовищ; мобільний і персоналізований етап (із 2010-х рр.), для якого характерними є інтеграція мобільних технологій, доповненої реальності та систем штучного інтелекту, що забезпечують індивідуалізацію навчання й підтримку дослідницької діяльності учнів.

Обґрунтовано дидактичний потенціал імерсивних технологій, який полягає в забезпеченні візуалізації абстрактних понять і моделей, моделюванні складних процесів, активізації пізнавальної та дослідницької діяльності учнів, розвитку просторового мислення, підтримці індивідуалізації навчання і формуванні предметних та ключових компетентностей. Встановлено, що ефективність їхнього використання залежить від рівня цифрової інфраструктури закладів освіти, методичного забезпечення та професійної готовності педагогів, що стало підґрунтям для визначення психолого-педагогічних умов їхнього ефективного використання.

Проаналізовано закордонний досвід використання імерсивних технологій у закладах освіти, міжнародні ініціативи, освітні проєкти та практики інтеграції технологій віртуальної, доповненої й змішаної реальності. Встановлено, що ефективність їхнього впровадження визначається педагогічно обґрунтованими моделями інтеграції, підготовкою педагогічних працівників, відповідністю освітнім стандартам і якістю навчально-методичного забезпечення. З'ясовано, що найбільшого поширення імерсивні технології набули в природничій освіті, STEM-підготовці, медицині та професійній освіті. Водночас встановлено, що в закордонній практиці накопичено значний досвід їхнього системного педагогічного використання, тоді як в Україні їхнє впровадження відбувається переважно в межах окремих освітніх проєктів і локальних ініціатив, що обґрунтувало необхідність розроблення методичної системи використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів

академічних ліцеїв.

Визначено, що організаційні особливості академічних ліцеїв і специфіка навчання природничо-математичних предметів створюють сприятливі передумови для педагогічно доцільної інтеграції імерсивних технологій. Показано, що профільне навчання, підтримка індивідуальних освітніх траєкторій, поєднання різних форм організації навчальної діяльності, дослідницька та проєктна діяльність узгоджуються з можливостями імерсивних технологій щодо візуалізації абстрактних понять, моделювання процесів, організації експериментальної діяльності та розвитку просторового і наукового мислення учнів, що стало підставою для проєктування методичної системи.

Узагальнення результатів першого розділу стало теоретичною основою для обґрунтування концептуальних засад використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів, розроблення структурно-компонентної моделі імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів та подальшого проєктування методичної системи.

У другому розділі дисертації **«Методологічні та психолого-педагогічні засади використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів»** описано загальну методику дослідження; обґрунтовано методологічні та психолого-педагогічні засади використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв; визначено методичні підходи, психолого-педагогічні умови та принципи інтеграції імерсивних технологій у процес навчання; розроблено структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів; визначено етичні та безпекові аспекти використання імерсивних технологій.

Концепція дослідження ґрунтується на положенні, що використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів в академічних ліцеях має бути педагогічно обґрунтованим і узгодженим зі змістом навчання, особливостями пізнавальної діяльності учнів та умовами організації освітнього процесу. У концепції імерсивні технології розглянуто як засіб візуалізації, інтерактивної взаємодії та дослідження об'єктів і процесів, недоступних для безпосереднього спостереження, що сприяє активізації пізнавальної діяльності учнів і розширенню можливостей навчання природничо-математичних предметів. Концепція передбачає цілеспрямований добір змісту, методів, форм і засобів навчання з використанням імерсивних технологій, організацію відповідного середовища навчання та оцінювання результатів навчання в умовах їхнього системного використання в академічному ліцеї.

Провідна ідея дослідження полягає в тому, що ефективне використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв потребує не фрагментарного застосування окремих цифрових засобів, а їхньої цілеспрямованої інтеграції в освітній процес на основі авторської науково обґрунтованої методичної системи, яка забезпечує педагогічно доцільне поєднання змісту, методів, форм і засобів навчання

відповідно до освітніх потреб учнів та сучасних вимог до якості освіти.

Провідна ідея дослідження відображена в *гіпотезі*, яка ґрунтується на припущенні, що впровадження методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях сприятиме підвищенню рівня навчальних досягнень учнів та розвитку їхнього просторового мислення.

Відповідно до завдань дослідження обґрунтовано систему системного, діяльнісного, особистісно орієнтованого, когнітивного, диференційованого та міждисциплінарного підходів як методологічне підґрунтя організації імерсивного навчання природничо-математичних предметів. На основі їхнього синтезу запропоновано інноваційно-трансформаційну концептуальну рамку організації навчання, яка забезпечує цілісну взаємодію та узгодженість реалізації визначених підходів в імерсивному середовищі навчання.

Визначено комплекс психолого-педагогічних умов ефективної організації імерсивного навчання природничо-математичних предметів, згрупованих в організаційно-методичний, технологічно-когнітивний та особистісно-мотиваційний блоки. Обґрунтовано, що їх комплексна реалізація забезпечує підтримання оптимального емоційно-когнітивного стану учнів, активізацію пізнавальної діяльності, педагогічно доцільну взаємодію з імерсивним середовищем та створює умови для формування предметних і міжпредметних компетентностей.

Уточнено поняття *«технологічна інтеграція»* як системний процес включення цифрових технологій у структуру освітнього процесу, що передбачає узгодження цілей, змісту, методів і засобів навчання для забезпечення їх педагогічно доцільного використання. На цій основі уточнено сутність *інтеграції імерсивних технологій* як інноваційного рівня технологічної інтеграції, що постає педагогічно обґрунтованим процесом включення VR/AR/MR-засобів у процес навчання, забезпечує інтерактивну взаємодію, ефект присутності та можливість моделювання навчального змісту. Обґрунтовано систему принципів інтеграції імерсивних технологій, яка охоплює дидактичні, технологічні та організаційно-педагогічні принципи.

Розроблено структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів, побудовану відповідно до сформульованих педагогічних, технологічних, психологічних і розвивальних вимог, визначених шляхом узагальнення сучасних моделей імерсивних освітніх середовищ та з урахуванням специфіки навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях (рис. 1). Модель відображає цілісне узгодження цілей, змісту, форм організації, методів і засобів навчання, взаємодії учасників освітнього процесу та механізмів оцінювання результатів навчальної діяльності в умовах використання імерсивних технологій.

Модель охоплює взаємопов'язані цільовий, змістово-методичний, комунікаційно-організаційний та оцінювально-результативний компоненти, що визначають логіку проєктування і функціонування імерсивного середовища навчання. Особливістю моделі є інтеграція імерсивних освітніх ресурсів із

можливостями адаптивних технологій штучного інтелекту, що забезпечує персоналізацію навчання, підтримку індивідуальних освітніх траєкторій та підвищення ефективності навчальної взаємодії в імерсивному середовищі.

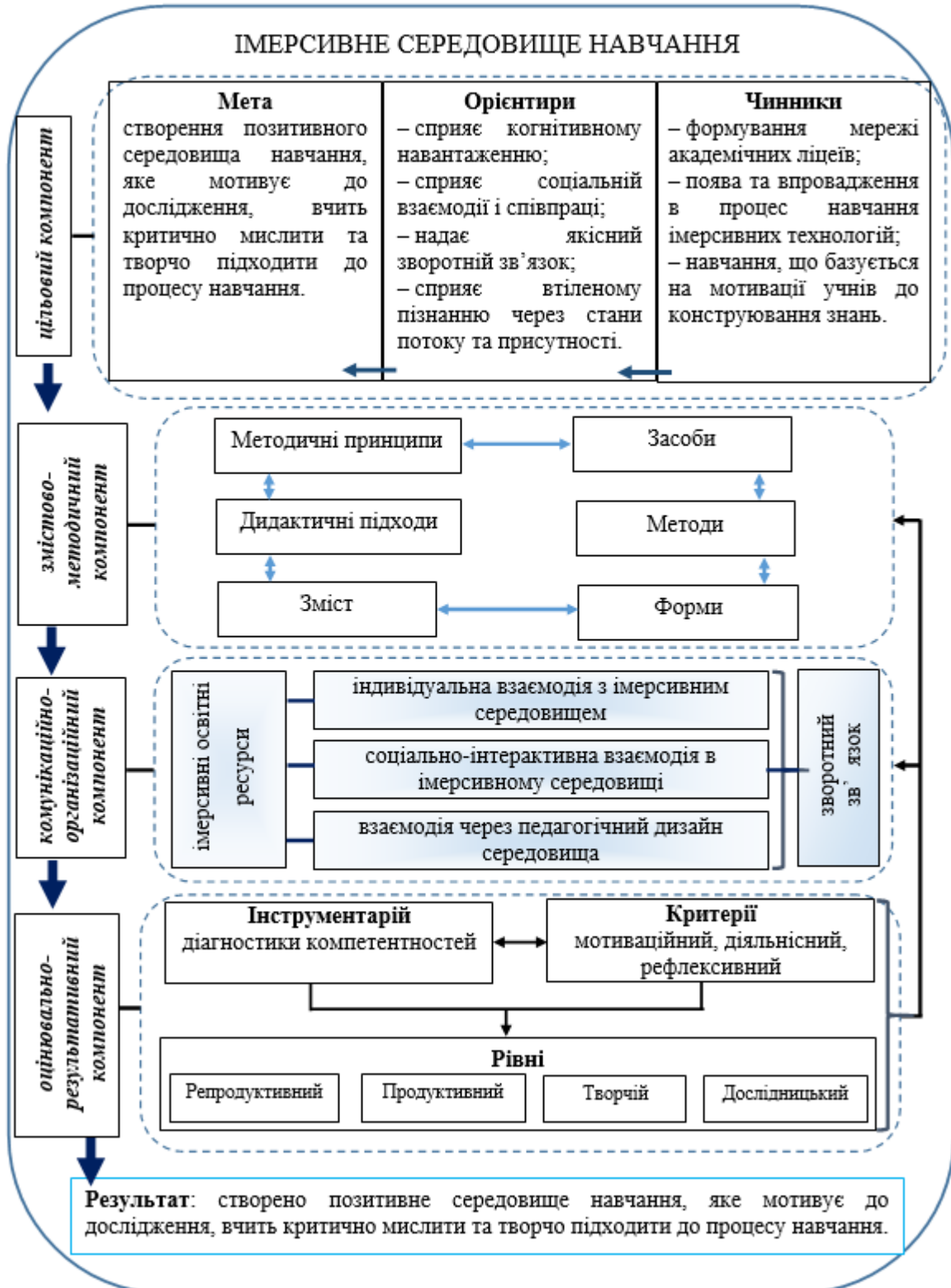


Рис. 1. Структурно-компонентна модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів

Обґрунтовано етичні та безпекові аспекти використання імерсивних технологій. Показано, що ефективність імерсивного навчання залежить від

рівня імерсивної компетентності вчителя, здатного забезпечити педагогічно доцільне використання технологій, запобігати когнітивному перевантаженню, сенсорній втомі та соціальній ізоляції учнів. Обґрунтовано доцільність застосування імерсивної змішаної моделі навчання, яка поєднує можливості цифрового занурення з традиційною фундаментальною підготовкою та забезпечує гнучкість освітнього процесу.

Встановлено, що отримані у другому розділі результати конкретизують теоретико-методологічні засади дослідження, визначають умови ефективного використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв і становлять теоретичне підґрунтя для розроблення та експериментальної перевірки методичної системи.

У третьому розділі **«Методична система використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв»** теоретично обґрунтовано та розроблено авторську методичну систему використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв, яка ґрунтується на визначених теоретико-методологічних засадах, враховує психолого-педагогічні особливості навчання в імерсивному середовищі та забезпечує цілісну інтеграцію імерсивних технологій у процес навчання. Методична система спрямована на формування предметних компетентностей учнів та визначає концептуальні засади педагогічно доцільного використання імерсивних технологій в академічному ліцеї.

Розроблено авторську модель методичної системи (рис. 2), яка відображає її структуру, внутрішні взаємозв'язки, механізми функціонування та взаємодію всіх компонентів. Обґрунтовано, що модель забезпечує узгодження цілей, змісту, форм організації, методів, засобів навчання, педагогічної взаємодії та оцінювання результатів у межах імерсивного середовища навчання. Встановлено, що відкритість, динамічність і варіативність моделі забезпечують можливість її адаптації до різних профілів навчання, освітніх потреб учнів та умов використання імерсивних технологій.

Обґрунтовано структуру методичної системи, що охоплює п'ять взаємопов'язаних компонентів: цільовий, змістовий, технологічний, комунікаційно-організаційний та оцінювально-результативний. Встановлено, що імерсивне середовище не виокремлюється як самостійний компонент, а виступає наскрізною умовою та інтеграційним простором функціонування всієї системи, що забезпечує її цілісність та системний характер реалізації.

Обґрунтовано цільовий компонент методичної системи, у якому конкретизовано мету, завдання та систему навчальних цілей використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів. Метою визначено формування предметних компетентностей учнів академічних ліцеїв, зокрема дослідницьких і просторових умінь, засобами імерсивних технологій.

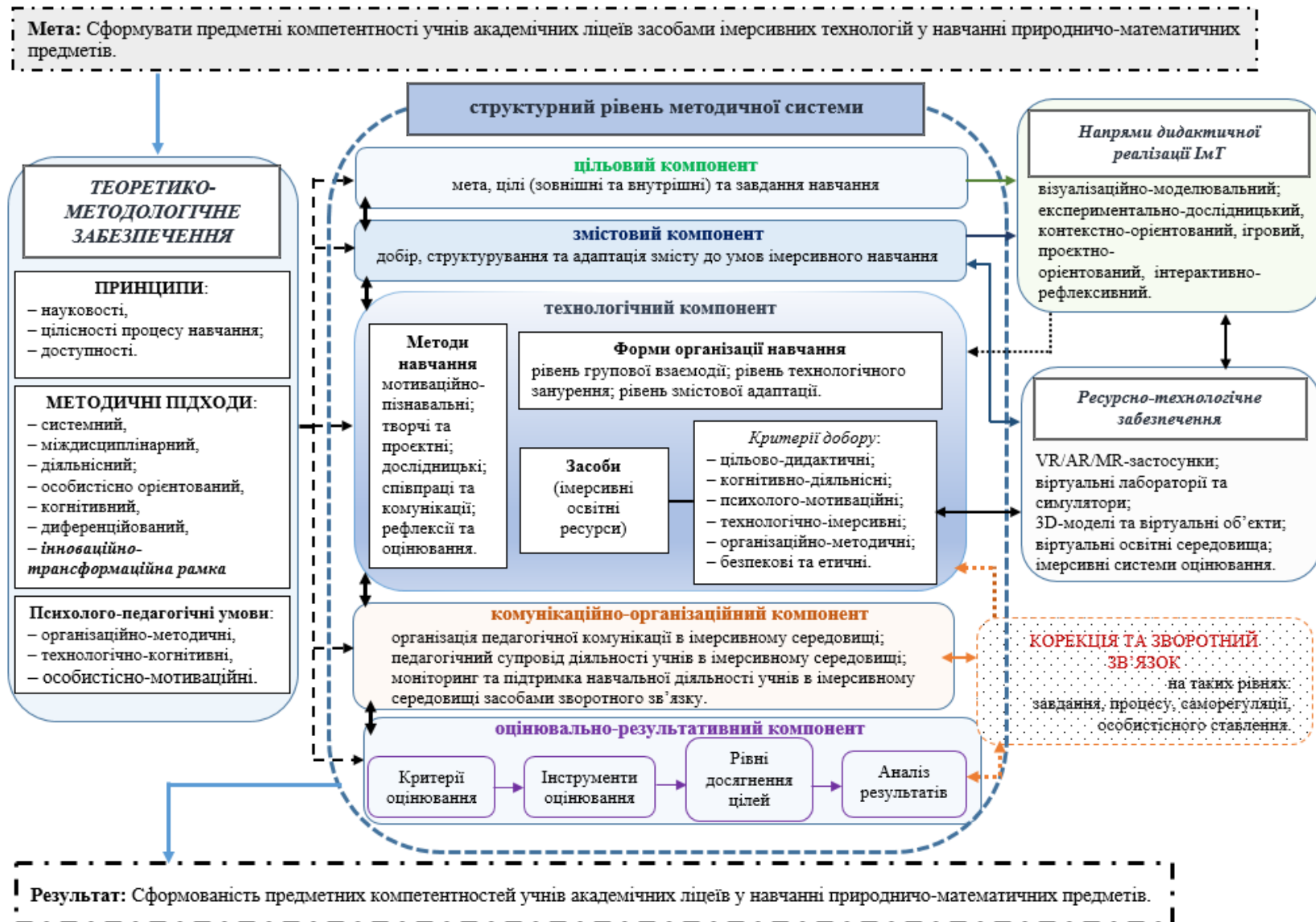


Рис. 2. Модель методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів

Встановлено диференціацію навчальних цілей на зовнішні, що забезпечують відповідність вимогам державних освітніх стандартів, та внутрішні, спрямовані на розвиток пізнавального інтересу, навчальної мотивації й дослідницької діяльності учнів.

Обґрунтовано підходи до добору та структурування змісту навчання з урахуванням міжпредметної інтеграції, профільної спрямованості та можливостей імерсивного середовища. Розроблено систему напрямів дидактичної реалізації імерсивних технологій (візуалізаційно-моделювальний, експериментально-дослідницький, контекстно-орієнтований, ігровий, проєктно-орієнтований, інтерактивно-рефлексивний), що забезпечує педагогічно доцільне використання імерсивних технологій відповідно до змісту навчальних програм.

Розроблено технологічний компонент методичної системи, у межах якого систематизовано імерсивні освітні ресурси та запропоновано їхню авторську класифікацію за педагогічним потенціалом і функціональним призначенням (рис. 3). Обґрунтовано систему критеріїв і показників оцінювання імерсивних освітніх ресурсів, що охоплює цільово-дидактичний, когнітивно-діяльнісний, психолого-мотиваційний, технологічно-імерсивний, організаційно-методичний і безпеково-етичний аспекти. Розроблено процедуру педагогічно обґрунтованого добору імерсивних освітніх ресурсів, яка забезпечує їхню відповідність навчальним цілям, змісту навчального матеріалу, особливостям діяльності учнів та умовам організації освітнього процесу.

Обґрунтовано трирівневу структуру форм організації навчання, розроблено авторську систему категорій методів використання імерсивних технологій та визначено типи інтерактивності імерсивного середовища, що забезпечують педагогічно доцільне проєктування навчальної діяльності.

Розкрито комунікаційно-організаційний компонент методичної системи, який визначає механізми педагогічної взаємодії, координації навчальної діяльності та педагогічного супроводу в імерсивному середовищі. Визначено комунікаційний та організаційний складники компонента, охарактеризовано взаємодію між учителем, учнями та імерсивним середовищем, зокрема взаємодію «учень – імерсивне середовище». Виокремлено напрями реалізації компонента, що охоплюють організацію педагогічної комунікації, педагогічний супровід діяльності учнів, а також моніторинг і підтримку навчальної діяльності засобами зворотного зв'язку. Розкрито механізми координації, педагогічного супроводу та підтримки навчальної діяльності, які забезпечують узгоджене функціонування інших компонентів методичної системи в імерсивному середовищі.

Розроблено оцінювально-результативний компонент методичної системи, у межах якого визначено критерії, рівні та інструменти оцінювання досягнення навчальних цілей. Обґрунтовано механізм використання результатів оцінювання для корекції навчального процесу, педагогічної підтримки учнів та підвищення ефективності функціонування методичної системи.



Рис. 3. Багаторівнева схема формування та систематизації іммерсивних освітніх ресурсів

Обґрунтовано систему забезпечення функціонування методичної системи, яка охоплює теоретико-методологічне, дидактичне та ресурсно-технічне забезпечення. Встановлено, що їхня узгоджена взаємодія забезпечує перехід від

концептуальних засад до практичної реалізації методичної системи та створює умови для педагогічно доцільного використання імерсивних технологій.

Встановлено, що розроблена методична система є концептуальною основою побудови моделей організації імерсивного навчання та предметно-орієнтованих методик використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів, забезпечуючи їхню методичну цілісність, варіативність і можливість практичного впровадження в освітній процес академічного ліцею.

У четвертому розділі «**Предметно-орієнтовані методики навчання з використанням імерсивних технологій**» розроблено та теоретично обґрунтовано систему предметної реалізації авторської методичної системи використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. На її основі обґрунтовано три взаємодоповнювальні моделі організації навчання з використанням імерсивного середовища (процедурну, інструктивно-діяльнісну та функціонально-мотиваційну), розроблено предметно-орієнтовані методики навчання алгебри, геометрії, фізики, хімії, біології та географії, а також методичні рекомендації щодо педагогічно доцільного проектування й використання імерсивного середовища в освітньому процесі.

Встановлено, що виокремлені моделі відображають різні способи педагогічної інтеграції імерсивного середовища залежно від дидактичної мети, характеру навчальної діяльності, рівня навчальної автономії учнів і функцій учителя, забезпечуючи варіативну реалізацію єдиної методичної системи.

Розроблено *процедурну модель* організації навчання, в якій імерсивне середовище використовується як інструмент підтримки засвоєння навчального матеріалу, його візуалізації та формування процедурних умінь. Встановлено, що модель забезпечує поетапне формування процедурних знань на основі попереднього засвоєння декларативних знань, оптимізацію когнітивного навантаження та ефективне перенесення теоретичних знань у практичну діяльність, що визначає доцільність її використання для закріплення, відпрацювання й корекції способів навчальних дій.

Розроблено *інструктивно-діяльнісну модель* організації навчання, у якій імерсивне середовище виконує функцію регуляції навчальної діяльності через систему інструктивної підтримки з її поступовим згортанням. Встановлено, що модель забезпечує поетапне формування способів виконання навчальних дій, розвиток навчальної автономії, зниження когнітивного навантаження та створює методичні передумови для переходу до самостійної дослідницької діяльності учнів.

Розроблено *функціонально-мотиваційну модель* організації навчання, побудовану на адаптації мотиваційної моделі ARCS-V до умов профільного навчання в академічному ліцеї, у якій імерсивне середовище функціонує як наскрізний освітній простір організації навчальної діяльності. Встановлено, що інтеграція когнітивних, мотиваційних, емоційних і діяльнісних механізмів забезпечує формування внутрішньої мотивації, розвиток навчальної автономії,

саморегуляції та дослідницької активності учнів, розширюючи дидактичні можливості використання імерсивних технологій.

Доведено, що запропоновані моделі організації навчання утворюють цілісну систему педагогічної інтеграції імерсивного середовища, забезпечуючи послідовний перехід від керованого виконання навчальних дій до автономної дослідницької діяльності учнів. Їхнє застосування відображає зміну функцій імерсивного середовища – від інструмента підтримки навчання до цілісного освітнього простору, а також трансформацію ролі вчителя від організатора та інструктора до наставника і проєктувальника освітнього процесу. Основні відмінності запропонованих моделей узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика моделей організації навчання з використанням імерсивного середовища

Критерій	Процедурна модель	Інструктивно-діяльнісна модель	Функціонально-мотиваційна модель
<i>Педагогічне призначення.</i>	Формування процедурних умінь і способів виконання навчальних дій.	Формування способів навчальної діяльності та поступовий перехід до самостійного їх виконання.	Формування навчальної автономії та здатності до самостійної дослідницької діяльності.
<i>Статус імерсивного середовища.</i>	Інструмент підтримки навчальної діяльності.	Простір організації навчальної діяльності.	Наскрізний освітній простір.
<i>Рівень автономії учня.</i>	Частково керована діяльність.	Поступове зростання навчальної автономії.	Високий рівень навчальної автономії та саморегуляції.
<i>Основний освітній результат.</i>	Сформованість процедурних умінь.	Сформованість способів навчальної діяльності.	Розвиток навчальної автономії та саморегуляції.

На основі запропонованих моделей організації навчання розроблено предметно-орієнтовані методики використання імерсивних технологій, зокрема у навчанні алгебри, геометрії, фізики, хімії, біології та географії, які реалізують єдині методичні засади з урахуванням специфіки предметного змісту, провідних видів навчальної діяльності та особливостей формування предметних компетентностей учнів академічних ліцеїв. Методики відрізняються дидактичним призначенням і способами педагогічної інтеграції імерсивного середовища: у навчанні алгебри, геометрії та фізики пріоритетними є просторова візуалізація, моделювання процесів і формування процедурних умінь; у навчанні хімії та біології – організація дослідницької взаємодії з моделями об'єктів і явищ; у навчанні географії – віртуальне

дослідження природних і просторових систем, аналіз територіальних взаємозв'язків та моделювання географічних процесів.

Розроблення предметно-орієнтованих методик підтвердило можливість варіативної предметної реалізації авторської методичної системи з урахуванням специфіки природничо-математичних дисциплін. Їхнє упровадження забезпечило експериментальну перевірку методичної системи в реальних умовах профільного навчання та підтвердило її ефективність щодо підвищення результативності навчання та розвитку предметних компетентностей.

Розроблено методичні рекомендації щодо педагогічно доцільного використання імерсивних технологій у процесі профільного навчання природничо-математичних предметів, які систематизують підходи до проектування імерсивного середовища, вибору моделей організації навчання, добору цифрових засобів і педагогічного супроводу навчальної діяльності залежно від дидактичної мети, предметного змісту, рівня навчальної автономії учнів та особливостей педагогічної взаємодії. Рекомендації охоплюють напрями використання імерсивних технологій у природничо-математичній освіті, а також етапи підготовки, інтеграції та рефлексивно-аналітичного супроводу навчальної діяльності в імерсивному середовищі.

У п'ятому розділі **«Ефективність методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв»** експериментально підтверджено ефективність розробленої методичної системи та її позитивний вплив на рівень навчальних досягнень і розвиток просторового мислення учнів академічних ліцеїв. Описано організацію, етапи та методи педагогічного експерименту, а також здійснено статистичну перевірку результативності впровадження розробленої методичної системи.

Педагогічний експеримент проводився упродовж 2023-2026 років і охоплював констатувальний, формувальний та узагальнювальний етапи. Його метою була перевірка гіпотези дослідження щодо ефективності розробленої методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв.

Експериментальною базою дослідження були: Комунальний заклад освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ» Дніпропетровської обласної ради», Криворізький Покровський ліцей Криворізької міської ради, Криворізький природничо-науковий ліцей, Криворізький ліцей № 71 Криворізької міської ради, Криворізький ліцей № 77 Криворізької міської ради та Криворізький ліцей № 129 Криворізької міської ради. У педагогічному експерименті взяли участь 324 учні, з яких 170 навчалися в експериментальній та 154 – у контрольній групі. Організація експерименту забезпечила зіставність груп, репрезентативність вибірки та можливість поширення отриманих результатів на заклади профільної середньої освіти.

На констатувальному етапі проаналізовано сучасний стан використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів, оцінено готовність педагогів і закладів освіти до впровадження розробленої

методичної системи та здійснено діагностику початкових показників навчальних досягнень і розвитку просторового мислення учнів. За результатами анкетування встановлено, що більшість учителів обізнані з основними видами імерсивних технологій і позитивно оцінюють їхній потенціал у навчанні, водночас потребують спеціалізованої методичної підготовки, систематизованих навчально-методичних матеріалів та добірки якісних імерсивних ресурсів. Підтверджено також наявність у більшості закладів освіти необхідних матеріально-технічних та організаційно-педагогічних передумов для впровадження розробленої методичної системи. Результати констатувального етапу були враховані під час організації формуального експерименту та оцінювання ефективності методичної системи.

На формуальному етапі здійснено впровадження авторської методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів, що передбачало реалізацію авторських моделей організації навчання, предметно-орієнтованих методик, цифрових імерсивних ресурсів і відповідного методичного забезпечення під час навчання алгебри, геометрії, фізики, хімії, біології та географії.

Результативність методичної системи оцінювали шляхом порівняння показників контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень і сформованості просторового мислення із застосуванням кутового перетворення Фішера.

На констатувальному етапі статистично підтверджено однорідність контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень з алгебри, геометрії, хімії, біології та географії. Лише з фізики експериментальна група характеризувалася статистично нижчим початковим рівнем навчальних досягнень, що було враховано під час подальшої інтерпретації результатів експерименту.

Результати формуального етапу засвідчили статистично значущу перевагу експериментальної групи за часткою учнів, які досягли достатнього та високого рівнів навчальних досягнень з алгебри, геометрії, хімії, біології та географії. З фізики статистично значущих відмінностей між групами не виявлено, однак зафіксовано виражену позитивну динаміку результатів експериментальної групи: частка учнів із достатнім і високим рівнями навчальних досягнень зросла з 14,0% до 72,1%, тоді як у контрольній групі – з 32,6% до 55,8%. З урахуванням нижчого початкового рівня підготовки учнів експериментальної групи це свідчить про компенсаторний потенціал розробленої методичної системи та її здатність забезпечувати позитивну динаміку навчальних досягнень незалежно від стартового рівня підготовки.

Критичне значення для рівня статистичної значущості $\alpha = 0,05$ становить $\varphi_{кр} = 1,64$.

Для алгебри на початку експерименту $\varphi_{емп} = 0,169 < \varphi_{кр}$, після формуального етапу $\varphi_{емп} = 1,688 > \varphi_{кр}$ (рис. 4).

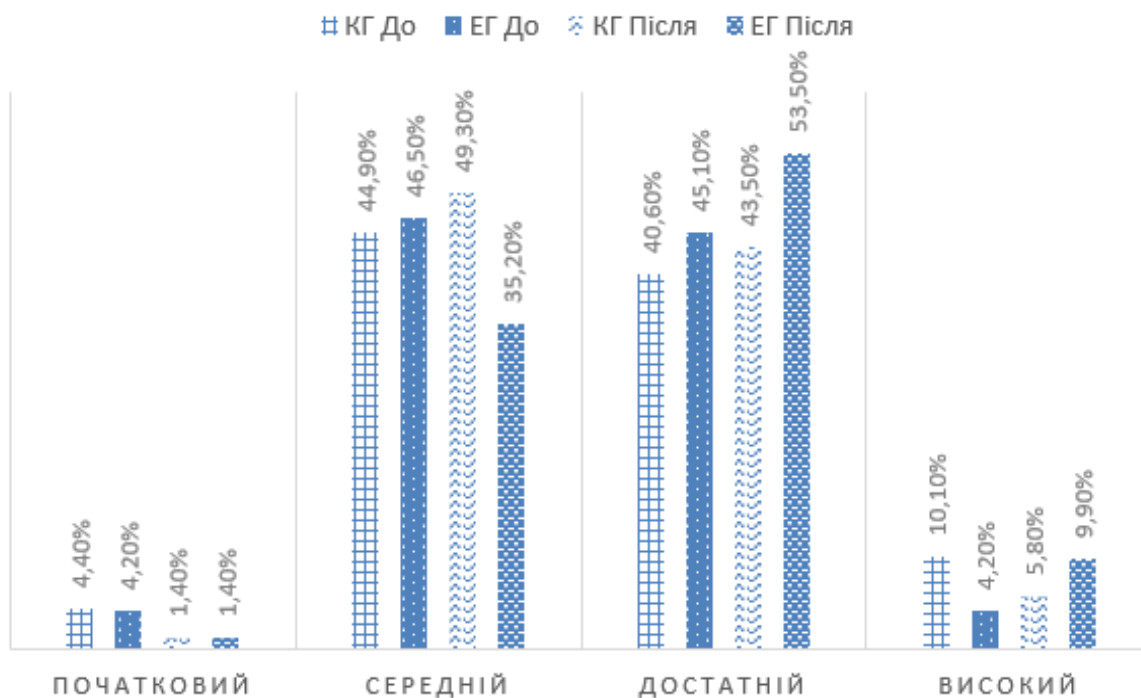


Рис. 4. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з алгебри

Для геометрії на початку експерименту $\varphi_{\text{емп}} = 1,016 < \varphi_{\text{кр}}$, після формувального етапу $\varphi_{\text{емп}} = 1,939 > \varphi_{\text{кр}}$ (рис. 5).

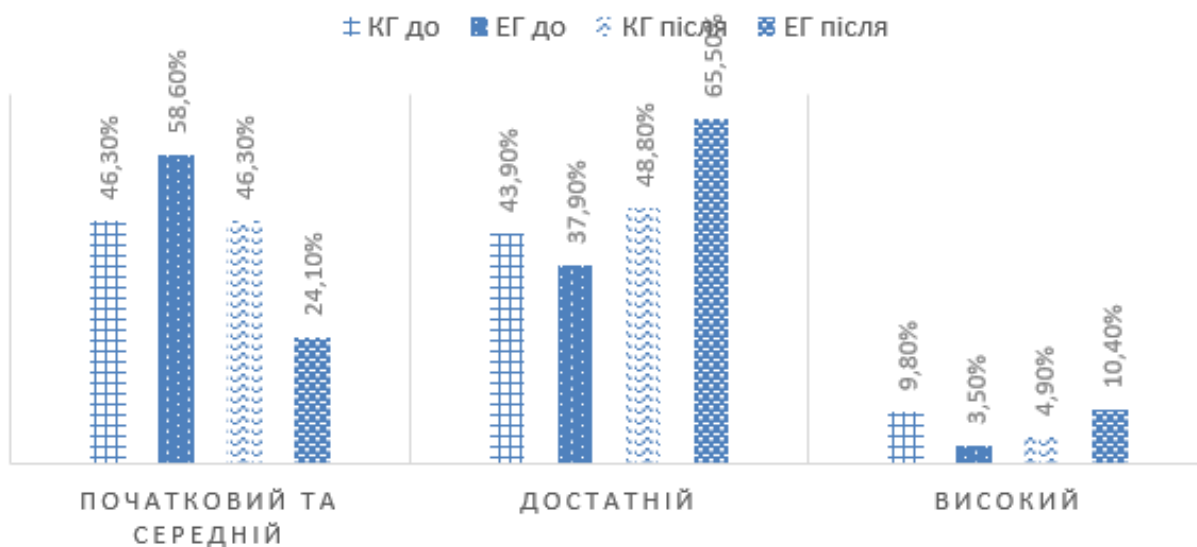


Рис. 5. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з геометрії

Для фізики на початку експерименту $\varphi_{\text{емп}} = 2,081 > \varphi_{\text{кр}}$, після формувального етапу $\varphi_{\text{емп}} = 1,582 < \varphi_{\text{кр}}$ (рис. 6).

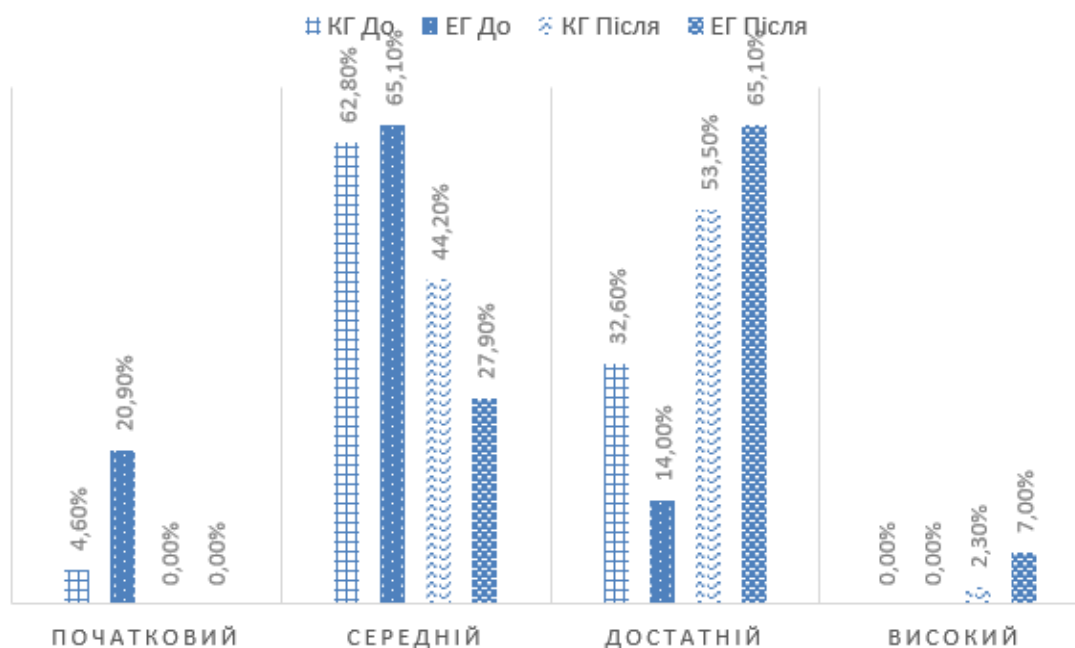


Рис. 6. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з фізики

Для хімії на початку експерименту $\phi_{\text{емп}} = 0,125 < \phi_{\text{кр}}$, після формувального етапу $\phi_{\text{емп}} = 1,828 > \phi_{\text{кр}}$ (рис. 7).

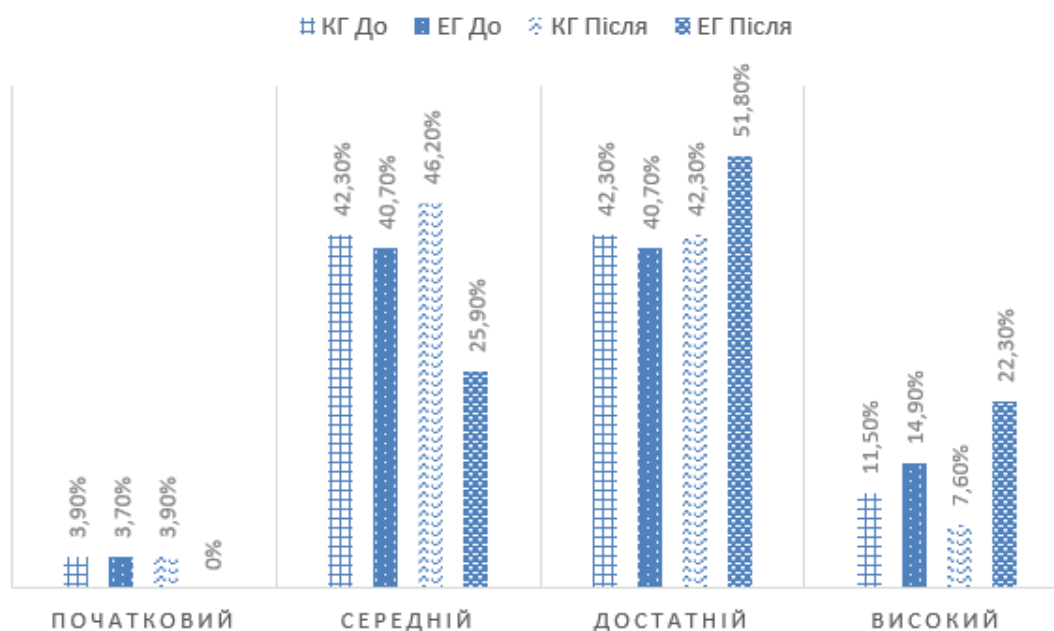


Рис. 7. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з хімії

Для біології на початку експерименту $\phi_{\text{емп}} = 0,14 < \phi_{\text{кр}}$, після формувального етапу $\phi_{\text{емп}} = 1,802 > \phi_{\text{кр}}$ (рис. 8).

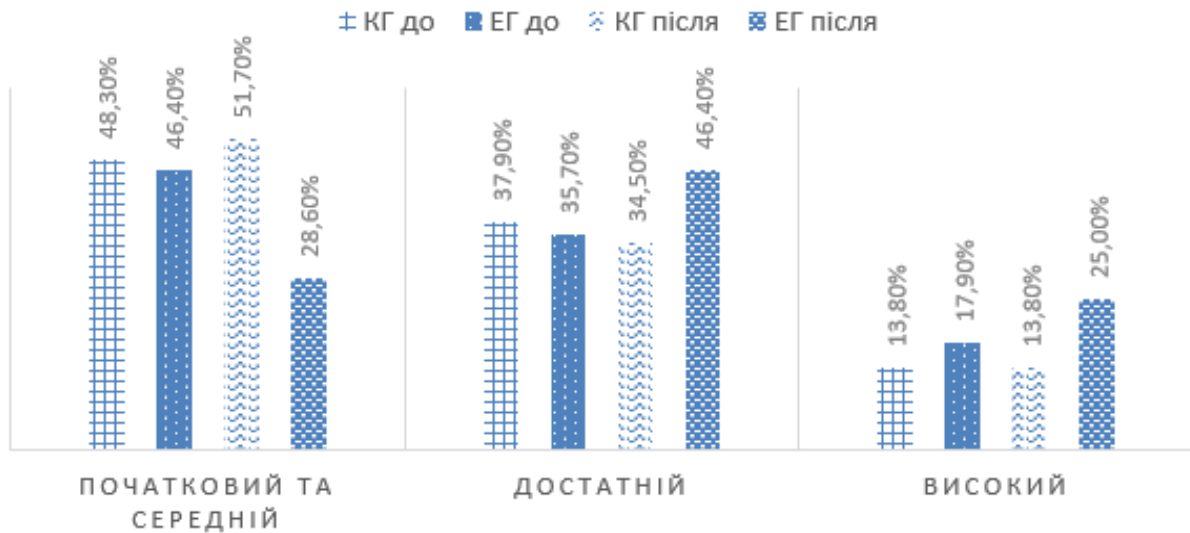


Рис. 8. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з біології

Для географії на початку експерименту $\phi_{\text{емп}} = 0,26 < \phi_{\text{кр}}$, після формувального етапу $\phi_{\text{емп}} = 2,14 > \phi_{\text{кр}}$ (рис. 9).

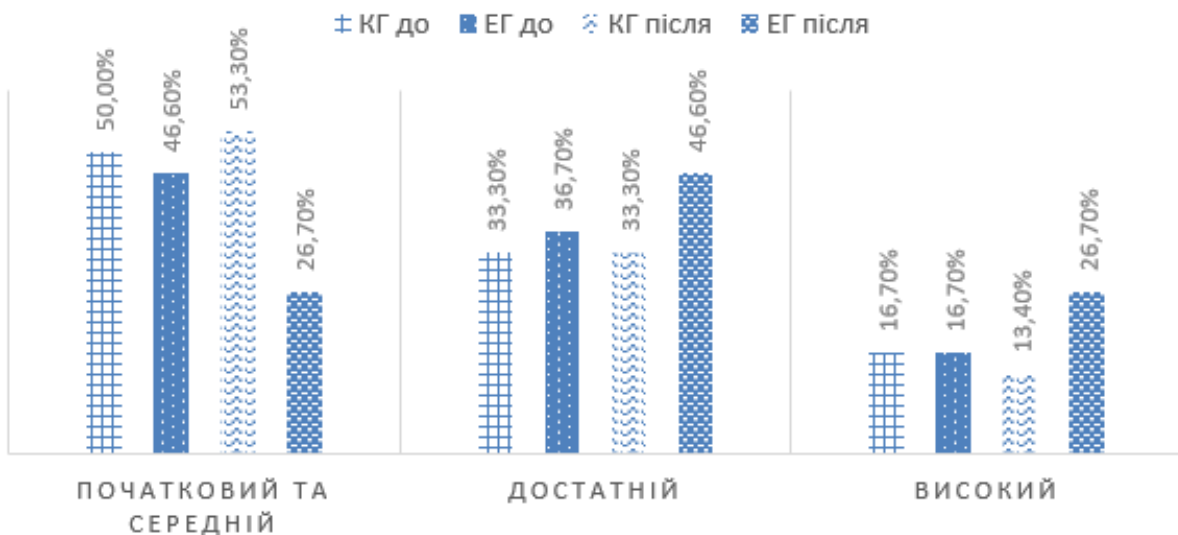


Рис. 9. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями навчальних досягнень з географії

Ефективність розробленої методичної системи підтверджено також результатами оцінювання розвитку просторового мислення учнів. На початку експерименту статистично значущих відмінностей між контрольною та експериментальною групами не виявлено ($\phi_{\text{емп}} = 0,051 < \phi_{\text{кр}}$), що підтвердило їхню однорідність. Після завершення формувального етапу зафіксовано статистично значущу перевагу експериментальної групи за часткою учнів із достатнім і високим рівнями сформованості просторового мислення ($\phi_{\text{емп}} = 1,992 > \phi_{\text{кр}}$), що свідчить про позитивний вплив використання іммерсивних технологій на розвиток просторових уявлень учнів (рис. 10).

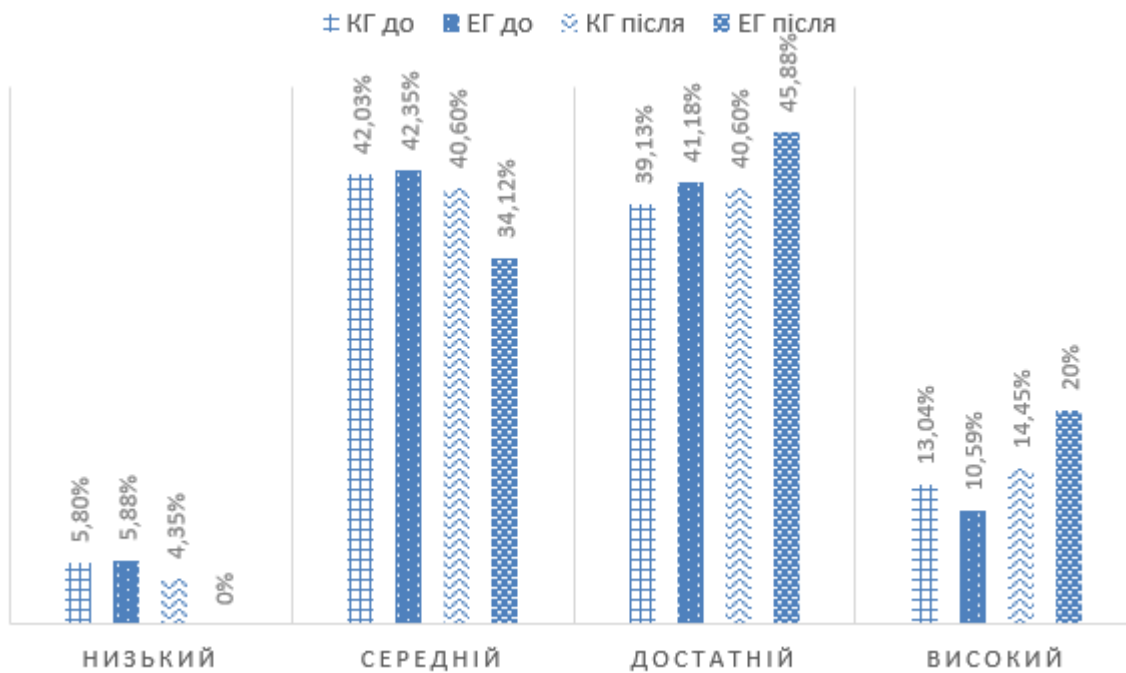


Рис. 10. Розподіл учнів КГ та ЕГ за рівнями сформованості просторового мислення

Таким чином, результати педагогічного експерименту статистично підтвердили ефективність розробленої методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв щодо підвищення рівня навчальних досягнень і розвитку просторового мислення учнів. Отримані результати підтвердили висунуту гіпотезу дослідження та засвідчили доцільність упровадження розробленої методичної системи в практику профільної природничо-математичної освіти.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дало змогу теоретично узагальнити й обґрунтувати нове розв'язання наукової **проблеми** використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. Відповідно до поставленої мети та завдань дослідження з проблеми використання імерсивних технологій у процесі навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв отримано такі **основні результати**: здійснено аналіз понятійно-категоріального апарату дослідження, розкрито сутність та класифікацію імерсивних технологій як педагогічного засобу навчання природничо-математичних предметів, визначено стан, переваги й обмеження їх упровадження у вітчизняній та закордонній освітній практиці; обґрунтовано дидактичні, технологічні та організаційно-педагогічні принципи, методичні підходи та психолого-педагогічні умови ефективного використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів; розроблено структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів та обґрунтовано процедурну, інструктивно-діяльнісну та функціонально-мотиваційну моделі

організації навчання учнів академічних ліцеїв із використанням імерсивного середовища; обґрунтовано критерії та розроблено процедуру добору імерсивних освітніх ресурсів для навчання природничо-математичних предметів в академічному ліцеї; розроблено методичну систему використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв та побудовано її модель; здійснено експериментальну перевірку ефективності розробленої методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів, оцінено результати навчальних досягнень учнів академічних ліцеїв та розроблено методичні рекомендації для вчителів.

Узагальнення результатів виконаного теоретичного й експериментального дослідження підтвердило вірогідність положень загальної та часткових гіпотез і дало підстави для таких **висновків**:

1. Обґрунтовано сутність імерсивних технологій як педагогічних засобів навчання природничо-математичних предметів, дидактичний потенціал яких полягає у забезпеченні візуалізації складних і абстрактних об'єктів і процесів, підтримці дослідницької діяльності, розвитку просторового мислення, активізації пізнавальної діяльності та створенні умов для формування предметних, міжпредметних і ключових компетентностей учнів академічних ліцеїв. Це дало змогу обґрунтувати використання імерсивних технологій не лише як засобів візуалізації, а як складника сучасного освітнього процесу, орієнтованого на досягнення результатів профільного навчання.

Уточнено етапи становлення педагогічних технологій імерсивного навчання та систематизовано їхній розвиток від експериментального використання апаратних засобів до сучасної інтеграції з технологіями штучного інтелекту, що дало можливість виявити основні тенденції розвитку цього напрямку та обґрунтувати закономірність переходу від використання окремих технологічних рішень до створення педагогічно організованого імерсивного середовища навчання.

Запропоновано авторське трактування понять «імерсивні технології навчання» та «імерсивне середовище навчання», відповідно до якого імерсивні технології розглядаються як педагогічно організований комплекс цифрових технологічних засобів і програмно-апаратних рішень, спрямованих на забезпечення інтерактивної взаємодії з навчальним змістом та формування компетентностей здобувачів освіти, а імерсивне середовище навчання – як цілісна система взаємопов'язаних технологічних, змістових, організаційних і психолого-педагогічних компонентів, що забезпечує узгодженість цілей, змісту, способів взаємодії та результатів навчання. Уточнено зміст понять «імерсивне навчання», «технологічна інтеграція» та «інтеграція імерсивних технологій», що дало змогу конкретизувати понятійно-категоріальний апарат дослідження та забезпечило теоретичне підґрунтя для подальшого розроблення методичної системи використання імерсивних технологій.

Здійснено класифікацію імерсивних технологій за типом технологічної реалізації, рівнем занурення, педагогічним призначенням та характеристиками

імерсивного середовища, що дало можливість систематизувати їх за педагогічно значущими ознаками та визначити доцільні напрями використання у навчанні природничо-математичних предметів.

Аналіз і узагальнення закордонного досвіду засвідчили, що в країнах із високим рівнем цифровізації освіти використання імерсивних технологій має системний характер і підтримується на державному та інституційному рівнях, тоді як в Україні їх упровадження здійснюється переважно в межах окремих освітніх ініціатив і локальних проєктів. Це дало підстави визначити основні переваги використання імерсивних технологій – підвищення наочності навчання, розвиток дослідницьких умінь, підтримку індивідуалізації навчання та активізацію пізнавальної діяльності учнів, а також встановити чинники, що стримують їхнє широке впровадження, зокрема недостатній рівень матеріально-технічного забезпечення, потребу у спеціальній підготовці педагогів і недостатність методичного супроводу. Отримані результати обґрунтовують доцільність подальшої інтеграції імерсивних технологій у профільне навчання природничо-математичних предметів як чинника розвитку просторового мислення, дослідницької діяльності та індивідуалізації навчання.

2. Обґрунтовано теоретико-методологічні засади організації імерсивного навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцях, відповідно до яких ефективність інтеграції імерсивних технологій потребує поєднання технологічних можливостей із педагогічно виваженим проєктуванням процесу навчання. Розроблено систему принципів використання імерсивних технологій, що охоплює дидактичні (педагогічної доцільності та відповідності цілям навчання, узгодженості з традиційними методами навчання, наукової коректності моделювання), технологічні (інтерактивності та мультисенсорності, аналітичності та зворотного зв'язку, технологічної безпеки й етичності) та організаційно-педагогічні (системності, поступового впровадження, доступності та персоналізації) принципи, що дало змогу визначити орієнтири педагогічно обґрунтованої інтеграції імерсивних технологій у навчання природничо-математичних предметів.

Структуровано інноваційно-трансформаційну концептуальну рамку організації імерсивного навчання, яка визначає методологічну основу розробленої методичної системи та забезпечує цілісне проєктування освітнього процесу на засадах системного, діяльнісного, особистісно орієнтованого, когнітивного, диференційованого та міждисциплінарного підходів. Її застосування дало змогу інтегрувати зазначені підходи в єдину систему наукових положень, що стало теоретичною основою проєктування ефективного імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів.

Визначено й теоретично обґрунтовано систему психолого-педагогічних умов організації навчання природничо-математичних предметів в імерсивному середовищі, що охоплює організаційно-методичну, технологічно-когнітивну та особистісно-мотиваційну групи умов і забезпечує реалізацію інноваційно-трансформаційної концептуальної рамки та ефективне функціонування методичної системи використання імерсивних технологій. Показано, що їхня

комплексна реалізація створює умови для підвищення ефективності навчальної діяльності, активізації пізнавальних процесів, підтримки внутрішньої мотивації учнів та педагогічно доцільної організації імерсивного навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях.

3. Теоретично обґрунтовано та розроблено структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання природничо-математичних предметів, необхідність створення якої зумовлена тим, що наявні моделі відображають окремі аспекти організації навчання в імерсивному середовищі, проте не забезпечують його цілісного представлення. Визначено педагогічні, технологічні, психологічні та розвивальні вимоги побудови імерсивного середовища навчання, що дало змогу сформулювати концептуальну основу його проектування. Розроблена модель охоплює цільовий, змістово-методичний, комунікаційно-організаційний та оцінювально-результативний компоненти, забезпечуючи узгодження цілей, змісту, способів педагогічної взаємодії та результатів навчання в імерсивному середовищі.

Встановлено, що структурно-компонентна модель орієнтована на активізацію пізнавальної діяльності учнів, організацію їхньої навчальної взаємодії, індивідуалізацію навчання засобами імерсивних освітніх ресурсів та створення умов для реалізації дослідницької діяльності, що розширює можливості педагогічно доцільної організації навчання природничо-математичних предметів.

Обґрунтовано взаємопов'язану систему моделей організації навчання з використанням імерсивного середовища, що включає процедурну, інструктивно-діяльнісну та функціонально-мотиваційну моделі. Процедурна модель характеризує способи інтеграції імерсивного середовища на окремих етапах навчання та відображає його інструментально-підтримувальну роль; інструктивно-діяльнісна модель репрезентує логіку поетапної організації навчальної діяльності від відтворення до самостійного виконання навчальних дій і визначає структурно-утворювальну роль імерсивного середовища; функціонально-мотиваційна модель відображає взаємозв'язок мотиваційних, діяльнісних і рефлексивних механізмів навчання та розкриває концептуально-організаційну роль імерсивного середовища. Взаємодоповнювальне використання запропонованих моделей забезпечує реалізацію різних стратегій організації навчальної діяльності відповідно до дидактичної мети, рівня підготовки учнів і характеру навчальних завдань, створюючи методичні передумови для розвитку навчальної автономії, дослідницької активності та досягнення цілей навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях.

4. Визначено систему критеріїв педагогічно доцільного добору імерсивних освітніх ресурсів для навчання природничо-математичних предметів в академічному ліцеї, що охоплює цільово-дидактичний, когнітивно-діяльнісний, психолого-мотиваційний, технологічно-імерсивний, організаційно-методичний та безпеково-етичний критерії. Визначено систему показників їхнього оцінювання, що дало змогу забезпечити комплексний аналіз відповідності

імерсивних освітніх ресурсів цілям навчання, особливостям навчальної діяльності учнів, умовам організації освітнього процесу та вимогам педагогічної доцільності.

Розроблено процедуру педагогічно обґрунтованого добору імерсивних освітніх ресурсів, що передбачає послідовне визначення педагогічних умов і дидактичну мету їх використання, попередній добір, комплексне оцінювання за визначеною системою критеріїв, проєктування інтеграції в освітній процес та аналіз результативності застосування. Реалізація запропонованої процедури забезпечує методично обґрунтований добір імерсивних освітніх ресурсів відповідно до цілей навчання, змісту навчального матеріалу, особливостей навчальної діяльності учнів та умов організації освітнього процесу.

Здійснено класифікацію імерсивних освітніх ресурсів за педагогічним потенціалом та систематизовано їх за функціональним призначенням у структурі методичної системи навчання природничо-математичних предметів, що створило підґрунтя для переходу від розгляду імерсивних технологій як сукупності технічних засобів до їх педагогічно обґрунтованого використання як освітніх ресурсів. Виокремлено візуалізаційно-інтерактивні, експериментально-дослідницькі, сюжетно-ігрові, інтерактивно-комунікативні та адаптивно-індивідуалізовані групи ресурсів, а також встановлено, що класифікація за педагогічним потенціалом відображає їхні дидактичні можливості, тоді як функціональна систематизація дає змогу визначати роль кожної групи ресурсів у реалізації компонентів методичної системи та організації навчальної діяльності учнів.

5. Теоретично обґрунтовано та розроблено методичну систему використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв та побудовано її модель, яка інтегрує розроблені теоретико-методологічні засади організації імерсивного навчання, структурно-компонентну модель імерсивного середовища, моделі організації навчання, систему добору імерсивних освітніх ресурсів і предметно орієнтовані методики їхнього використання в єдину систему організації освітнього процесу. Це забезпечило педагогічно цілісну інтеграцію імерсивних технологій у навчання природничо-математичних предметів, орієнтовану на формування предметних, міжпредметних і ключових компетентностей учнів академічних ліцеїв.

Встановлено, що методична система реалізується через взаємодію цільового, змістового, технологічного, комунікаційно-організаційного та оцінювально-результативного компонентів, кожен із яких виконує визначені функції, а їхній взаємозв'язок забезпечує цілісність проєктування, організації та оцінювання навчального процесу з використанням імерсивних технологій. Технологічний компонент забезпечує реалізацію розроблених методик використання імерсивних технологій під час навчання геометрії, алгебри, фізики, хімії, біології та географії, що забезпечує її практичну реалізацію під час навчання природничо-математичних предметів в академічному ліцеї.

Ефективне функціонування методичної системи забезпечується

сукупністю теоретико-методологічних, дидактичних і ресурсно-технічних умов, що створюють підґрунтя для педагогічно доцільної інтеграції імерсивних технологій у навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях.

6. Здійснено експериментальну перевірку ефективності розробленої методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. Результати педагогічного експерименту засвідчили статистично значуще підвищення навчальних досягнень учнів експериментальних груп та рівня розвитку їхнього просторового мислення порівняно з учнями контрольних груп, що підтвердило ефективність запропонованої методичної системи та загалом підтвердило гіпотезу дослідження.

Розроблено методичні рекомендації для вчителів щодо використання імерсивних технологій у навчанні природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. Рекомендації структуровано відповідно до підготовчого, інтеграційного та рефлексивно-аналітичного етапів діяльності вчителя й охоплюють питання добору імерсивних освітніх ресурсів, організації навчальної взаємодії, оцінювання результатів навчання та корекції освітнього процесу, що забезпечує педагогічно доцільне, системне й безпечне використання імерсивних технологій у практиці профільного навчання.

Виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів порушеної проблеми. Перспективними напрямками подальших наукових пошуків є розроблення адаптивних моделей використання імерсивних технологій із застосуванням технологій штучного інтелекту та аналітики навчальних даних; дослідження можливостей індивідуалізації навчання в імерсивному середовищі відповідно до індивідуальних освітніх потреб учнів; створення методичних систем використання імерсивних технологій для інших освітніх галузей, рівнів і форм здобуття освіти; розроблення інструментарію комплексного оцінювання ефективності імерсивного навчання та дослідження довготривалого впливу імерсивних технологій на результати навчання й розвиток компетентностей здобувачів освіти.

СПИСОК ПРАЦЬ, У ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

Посібники, методичні рекомендації

1. Рашевська Н. В. Імерсивні платформи та застосунки для організації навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв : метод. рек. Київ : ІЦО НАПН України, 2026. 122 с.
2. Використання генеративного штучного інтелекту для розвитку інформаційно-цифрової компетентності учнів рівня базової середньої освіти : аналітичні матеріали / Литвинова С. Г., Носенко Ю. Г., Осадча К. П., Пінчук О. П., Рашевська Н. В., Сухіх А. С. / за наук. ред. С. Г. Литвинової, Ю. Г. Носенко. Київ : ІЦО НАПН України, 2026. 100 с.

3. Імерсивні технології для підтримки змішаного навчання в закладах

загальної середньої освіти : метод. посіб. / Баценко С. В., Богачков Ю. М., Буров О. Ю., Горбаченко В. І., Коркішко І. А., Литвинова С. Г., Носенко Ю. Г., Полященко І. М., Рашевська Н. В., Савченко В. Ю., Слободяник О. В., Соколюк О. М., Сухіх А. С., Ухань П. С. / за заг. ред. Носенко Ю. Г. Київ : ІЦО НАПН України, 2025. 174 с.

4. Використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти : метод. рек. / С. Г. Литвинова, Ю. Г. Носенко, Н. В. Рашевська, О. В. Слободяник, О. М. Соколюк, Н. В. Сороко, А. С. Сухіх. / за заг. ред. Носенко Ю. Г. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 121 с.

5. Імерсивні технології в освітньому процесі. Бібліографічний показник праць науковців інституту цифровізації освіти НАПН України / С. Г. Литвинова, Ю. Г. Носенко, Н. В. Рашевська, О. М. Соколюк, О. В. Слободяник, А. С. Сухіх / за наук. ред. Ю. Г. Носенко. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 60 с.

Статті у наукових фахових виданнях України

6. Рашевська Н. В. Імерсивні освітні ресурси. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2026. Вип. 1 (58). С. 211-215. DOI : <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2026.58.211-215>

7. Рашевська Н. Моделі імерсивного середовища навчання. *Фізико-математична освіта*. 2026. Т. 41. № 1. С. 26-31. DOI : <https://doi.org/10.31110/fmo2026.v41i1-04>

8. Литвинова С. Г., Носенко Ю. Г., Осадча К. П., Пінчук О. П., Рашевська Н. В., Сухіх А. С. Перспективи та етичні виклики використання генеративного штучного інтелекту для розвитку інформаційно-цифрової компетентності учнів рівня базової середньої освіти. *Освітня аналітика України*. 2026. № 1 (38). С. 5-21. DOI : <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2026-1-89-105>

9. Рашевська Н. Імерсивне середовище навчання як педагогічний феномен у старшій профільній школі. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2026. Вип. 222. С. 391-395. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2026-1-222-391-395>

10. Литвинова С., Носенко Ю., Осадча К., Пінчук О., Рашевська Н., Сухіх А. Концептуальна модель інтеграції генеративного штучного інтелекту у процес розвитку інформаційно-цифрової компетентності учнів рівня базової середньої освіти. *Фізико-математична освіта*. 2025. Т. 40. № 5. С. 44-52. DOI : <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i5-06>

11. Рашевська Н. В., Литвинова С. Г. Процедурна модель здобуття знань учнями старшої школи в імерсивному середовищі навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2025. Т. 109. № 5. С. 49-68. DOI : <https://doi.org/10.33407/itlt.v109i5.6157> (*індексується у Web of Science*).

12. Рашевська Н. В. Функціонально-мотиваційна модель імерсивного навчання. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2025. Вип. 2 (57). С. 156-160. DOI :

<https://doi.org/10.24144/2524-0609.2025.57.156-160>

13. Литвинова С., Рашевська Н. Кейси практичного використання імерсивних технологій : рекомендації для вчителів. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2025. № 77. С. 124-141. DOI : <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-77-124-141>

14. Горбаченко В. І., Рашевська Н. В. Змістовий аспект навчання з використанням імерсивних технологій у закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип. 220. С. 172-177. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-220-172-177>

15. Рашевська Н. В. Теоретичні аспекти інтеграції імерсивних технологій у навчання природничо-математичних дисциплін в академічних ліцєях. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип. 219. С. 400-405. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-219-400-405>

16. Рашевська Н. В. Психолого-педагогічні умови імерсивного середовища навчання. *Наукові записки*. 2025. Вип. 161. С. 134-141. DOI : <https://doi.org/10.31392/NZ-udu-161.2025.15>

17. Рашевська Н. В. Інноваційно-трансформативний підхід імерсивного навчання. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2025. Вип. 1 (56). С. 192-196. DOI : <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2025.56.192-196>

18. Рашевська Н. В. Імерсивне навчання як педагогічна проблема. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип. 217. С. 168-174. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-217-168-174>

19. Баценко С. В., Рашевська Н. В. Змішане навчання: теоретичний аналіз поняття та можливості впровадження в процес навчання в закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2024. Вип. 216. С. 92-97. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-216-92-97>

20. Рашевська Н. В. Аналіз деяких систем та застосунків в моделі змішаного навчання в закладах середньої освіти. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2024. Вип. 1 (54). С. 167-172. DOI : <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2024.54.167-172>

21. Рашевська Н. В. Імерсивні технології навчання природничих дисциплін учнів старших класів закладів середньої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Вип. 213. 2024. С. 223-228. DOI : <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-222-228>

22. Рашевська Н. Використання засобів доповненої реальності у процесі вивчення планіметрії в закладах середньої освіти. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2020. Вип. 2 (47). С. 147-150. DOI : <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2020.47.147-150>

23. Рашевська Н. В. Модель формування дослідницьких компетентностей учнів на уроках математики. *Науковий вісник Ужгородського національного університету: Серія «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2017. Вип. 1 (40). С. 237-240.

24. Рашевська Н. В., Рашевська А. М. Персональне навчальне середовище учня ліцею профільного рівня як складова моделі змішаного навчання. *Вісник Черкаського університету. Серія педагогічні науки*. 2016. Вип. 7. С. 16-23.

Статті в наукових виданнях інших держав, що індексуються у наукометричній базі Scopus

25. Rashevskaya N. V., Semerikov S. O. From philosophical immersion to digital reality: A unified theoretical framework for understanding and classifying immersive technologies in education. *Computers & Education: X Reality*. 2026. Vol. 8 Art. 100147. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2026.100147> (*індексується у Scopus*).

26. Lytvynova S., Rashevskaya N. Mobile Learning by Students in the Conditions of Martial Law. *Proceedings of the 12th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2024)*. Kryvyi Rih, Ukraine, May 12, 2025. CEUR Workshop Proceedings, Vol-4043. P. 116-131. DOI : <https://doi.org/10.55056/ceur-ws.org/Vol-4043/paper02.pdf> (*індексується у Scopus*).

27. Lytvynova S., Rashevskaya N. Immersive learning tools for teaching mathematics to high school students in general secondary education institutions. *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*. Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024. CEUR Workshop Proceedings, Vol-3918. P. 29-42. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper004.pdf> (*індексується у Scopus*).

28. Kiv A. E. et al. From cloud computing to quantum informatics: Advances in educational technology at CoSinE 2024. *Proceedings of the 11th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2024) co-located with XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)*. Kryvyi Rih, Ukraine, May 15, 2024. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3820. P. 1-12. DOI : <https://doi.org/10.55056/ceur-ws.org/Vol-3820/paper000.pdf> (*індексується у Scopus*).

29. Lytvynova S., Rashevskaya N., Proskura S. The use of artificial intelligence in teaching students programming languages. *3L-Person 2024: IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT: Person-oriented Approach, co-located with the 19th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2024)* September 23, 2024, Lviv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3781. P. 10-29. URL : <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper01.pdf> (*індексується у Scopus*).

30. Rashevskaya N. V., Semerikov S. O., Zinonos N. O., Tkachuk V. V., Shyshkina M. P. Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry. *AREdu 2020. Augmented Reality in Education 2020*. Proceedings of the 3rd International Workshop on Augmented Reality in Education. Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2020. CEUR Workshop Proceedings, Vol 2731. P. 79-90. <https://doi.org/10.55056/ceur-ws.org/Vol-2731/paper03.pdf> (*індексується у Scopus*).

31. Rashevskaya N. V., Soloviev V. N. Augmented Reality and the Prospects for Applying Its in the Training of Future Engineers. *Proceedings of the 1st International*

Workshop on Augmented Reality in Education. Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018. CEUR Workshop Proceedings, Vol 2257. P. 192-197. URL : <https://ceur-ws.org/Vol-2257/paper18.pdf> (*індексується у Scopus*).

32. Kiyanovska N., Rashevskaya N. Using LMS for Supporting Training Mathematics in Higher Education. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. № 9. С. 593-598. URL : http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_9/095_Natalia-Kiyanovska.pdf (*індексується у Scopus*).

33. Rashevskaya N., Tkachuk V. Technological conditions of mobile learning at high school. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. № 3. С. 161-164. URL : https://www.researchgate.net/publication/326851756_Technological_conditions_of_mobile_learning_in_high_school (*індексується у Scopus*).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

Статті в інших наукових виданнях України

34. Semerikov S. O., Kiianovska N. M., Rashevskaya N. V. The early history of computer-assisted mathematics instruction for engineering students in the United States: 1965-1989. *Educational Technology Quarterly*. 2021. Vol. 2021. Iss. 3. P. 360-374.

35. Рашевська Н. В., Корсун А. О. Використання мобільних інформаційно-комунікаційних технологій навчання математики під час дистанційного навчання в закладах середньої освіти. *Наукові записки молодих учених*. 2021. № 8. URL : <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1875>

36. Рашевська Н. В., Бугайов Б. С. Організація навчання математики учнів загальноосвітніх навчальних закладів в умовах карантину. *Наукові записки молодих учених*. 2020. № 6. URL : <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1750>

37. Рашевська Н. В., Рашевська А. М. Модель формування дослідницьких компетентностей учнів на уроках математики засобами ІКТ. *Новітні комп'ютерні технології*. 2017. Том XV. С. 52-56.

38. Рашевська А. М., Рашевська Н. В. Аналіз використання мобільних інформаційно-комунікаційних технологій навчання учнями у процесі підготовки до ЗНО. *Новітні комп'ютерні технології*. 2016. Том XIV. С. 79-80.

39. Kiyanovska N., Rashevskaya N., Tkachuk V. Mobile technologies in education. *Metallurgical and Mining Industry*. 2016. № 5. С. 40-43.

40. Рашевська Н. В. Розвиток хмарних технологій у процесі навчання математичних дисциплін як наукова проблема. *Новітні комп'ютерні технології*. 2014. Том XII. С. 278-285.

41. Рашевська Н. В., Семеріков С. О. Моделі змішаного навчання. *Новітні комп'ютерні технології*. 2013. Вип. XI. С. 103-104.

42. Рашевська Н. В., Рашевська А. М. Інформаційно-комунікаційні технології підтримки процесу навчання математики. *Теорія та методика електронного навчання : збірник наукових праць*. 2013. Вип. IV. С. 248-253.

43. Рашевська Н. В., Цимбал С. В. Використання систем комп'ютерної математики MathPiper у процесі вивчення геометрії. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць*. 2012.

Вип. Х. Т. 1 : Теорія та методика навчання математики. С. 212-217.

Тези доповідей в матеріалах конференцій

44. Рашевська Н. В. Використання систем штучного інтелекту як засобу підтримки навчання стереометрії в академічному ліцеї. *Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2026) : збірник матеріалів III Міжнародної наукової конференції* (Київ, 7 квітня 2026 р.) / упорядники: Яцишин Анна, Яцишин Андрій. Київ : ІЦО НАПН України, 2026. С. 262-264.

45. Рашевська Н. В. Трансформація методів навчання природничо-математичних предметів в умовах цифрового середовища. *Цифрова компетентність вчителя 2026: стратегії навчання зі штучним інтелектом: збірник матеріалів III Міжнародної наукової конференції* (Київ, 31 березня 2026 р.). Київ : ІЦО НАПН України, 2026. С. 222-225.

46. Рашевська Н. В. Компонентна структура методичної системи використання імерсивних технологій у процесі навчання природничо-математичних дисциплін учнів академічних ліцеїв. *Актуальні проблеми математики, економіки та менеджменту : Всеукраїнська науково-практична конференція* (Кропивницький, 16-17 квітня 2026 р.). Кропивницький : РВВ ЦДУ ім. В. Винниченка, 2026. С. 169-172.

47. Рашевська Н. В. Інструктивно-діяльнісна модель організації навчання в імерсивному середовищі закладів загальної середньої освіти. *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» : збірник матеріалів* (Київ, 25 лютого 2026 р.). / упоряд.: О. П. Пінчук, Н. В. Вознюк. Київ : ІЦО НАПН України, 2026. С. 168-170.

48. Рашевська Н. В. Імерсивні технології як чинник трансформації методичної системи навчання природничо-математичних предметів в академічних ліцеях. *Міжнародна науково-практична конференції «Сучасні трансформації педагогічної освіти: проблеми теорії і практики»* (Запоріжжя, 29-30 січня 2026 р.) / за заг. ред. М. І. Воровки. Запоріжжя : ФОП Однорог, 2026. С. 480-483.

49. Рашевська Н. В. Застосунки доповненої реальності у навчанні математики учнів закладів загальної середньої освіти. *XX Міжнародна наукова конференція імені академіка Михайла Кравчука* (Київ, 17-20 листопада 2025 р.). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. С. 248-249.

50. Рашевська Н. В. Динаміка освітнього процесу в Україні в умовах пандемії та повномасштабного вторгнення. *Сучасний освітній простір – досвід, пошук, результат: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції* (Суми, 27 серпня 2025 р.) / упоряд., заг.ред. О. Семенов, М. Бойченко. Суми : Вид-во СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2025. С. 15-19.

51. Рашевська Н. В. Етичні та безпекові застосування імерсивних технологій у процесі навчання в закладах загальної середньої освіти. *Імерсивні технології в освіті : V Міжнародна науково-практична конференція* (Київ, 29 квітня 2025 р.). Київ : ІЦО НАПН України, 2025. С. 141-147.

52. Рашевська Н. В. Імерсивна компетентність та імерсивна грамотність

учасників процесу навчання закладів загальної середньої освіти. *Цифрова компетентність вчителя 2025: формуючи майбутнє освіти : збірник матеріалів II міжнародної науково-практичної конференції* (Київ, 18 березня 2025 р.). Київ : ІЦО НАПН України, 2025. С. 147-150.

53. Рашевська Н. В. Компоненти математичного імерсивного середовища навчання учня старших класів закладів загальної середньої освіти. *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» : збірник матеріалів* (Київ, 27 лютого 2025 р.). / упоряд.: О. П. Пінчук, Н. В. Яськова. Київ : ІЦО НАПН України, 2025. С. 142-145.

54. Рашевська Н. В. Застосунок RA AUGMENTED POLYHEDRONS для візуалізації геометричних тіл в курсі геометрії 11 класу. *Теорія і практика використання інформаційних технологій в умовах цифрової трансформації освіти: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції* (Київ, 19-20 червня 2024 р.) / упорядник: Твердохліб І. А. Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2024. С. 61-64.

55. Rashevskia N. Immersive educational technologies as a part of the immersive mathematical environment of a student. *Імерсивні технології в освіті : IV Міжнародна науково-практична конференція* (Київ, 30 квітня 2024 р.). Київ : ІЦО НАПН України, 2024. С. 36-39.

56. Рашевська Н. В. Формування деяких компетентностей учнів старшої школи в моделі змішаного навчання. *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» : збірник матеріалів* (Київ, 23 лютого 2024 р.). Київ : ІЦО НАПН України, 2024. С. 134-139.

57. Рашевська Н. В. Формування мовлення учнів старшої школи на уроках математики. *Сучасний науково-педагогічний досвід при викладанні фундаментальних дисциплін у закладах освіти : збірник тез III регіональної науково-методичної інтернет-конференції* (Кривий Ріг, 30 листопада 2023 р.). Кривий Ріг : ВСП «КРФК НАУ», 2023. С. 3-4.

58. Рашевська Н. В. Формування деяких компетентностей учнів закладів середньої освіти у процесі навчання математики. *Інформаційні технології в освіті та науці : збірник наукових праць III Міжнародної науково-практичної конференції* (Мелітополь-Запоріжжя, 25-26 травня 2023 р.). Вип. 13. Мелітополь-Запоріжжя : ФОП Однорог Т. В., 2023. С. 85-87.

59. Рашевська Н. В. Застосунок Geometria RA як засіб візуалізації геометричних тіл на уроках геометрії. *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці : збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції* (Умань, 16-17 листопада 2023 р.). Умань : УДПУ ім. П. Тичини, 2023. С. 117-119.

60. Рашевська Н. В., Земляна Т. Ю. Використання системи ONLINE TEST RAD в процесі навчання математики. *Авіація, промисловість, суспільство : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції* (Кременчук, 18 травня 2023 р.). Харків : ХНУВС, 2023. С. 329-331.

61. Рашевська Н. В., Бузинарський К. Є. Використання онлайн-сервісу TINKERCAD у процесі вивчення стереометрії учнями старших класів закладів загальної середньої освіти. *Фундаментальні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів ЗВО і молодих учених: творчий розвиток ідей : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених* (Харків, 06-07 квітня 2023 р.). Харків : ХНАДУ, 2023. С. 30-34.

62. Рашевська Н. В., Земляна Т. Ю. Використання системи тестування Kahoot в процесі навчання математики учнів старшої школи. *Сучасний науково-педагогічний досвід при викладанні фундаментальних дисциплін у закладах освіти : збірник тез II регіональної науково-методичної інтернет-конференції* (Кривий Ріг, 24 листопада 2022 р.). Кривий Ріг : ВСП «КРФК НАУ», 2022. С. 3-4.

63. Рашевська Н. В., Бугайов Б. С. Вплив позакласного часу на учнів під час навчання математики в закладах середньої освіти. *Класичні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених* (Харків, 08-09 квітня 2021 р.). Харків : ХНАДУ, 2021. С. 115-118.

64. Рашевська А. М., Рашевська Н. В. Конструкторська діяльність на уроках геометрії. *Класичні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених* (Харків, 09-10 квітня 2020 р.). Харків : ХНАДУ, 2020. С. 190-195.

65. Рашевська Н. В. Побудова персонального навчального середовища учня у процесі підготовки його до ЗНО з математики. *Розвиток промисловості та суспільства : матеріали міжнародної науково-технічної конференції* (Кривий Ріг, 22-25 травня 2019 р.). Кривий Ріг : Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2019. С. 345-347.

66. Рашевська Н. В. Формування дослідницьких компетентностей учнів на уроках математики в суспільно-гуманітарних класах. *Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2016) : матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю* (Суми, 1-2 грудня 2016 р.). Суми : ФОП Цьома С. П., 2016. Ч. 2. С. 23-26.

67. Рашевська А. М., Рашевська Н. В. Аналіз Інтернет-месенджерів, що можуть бути корисними у процесі навчання учнів старшої школи. *Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2016)* (Черкаси, 12-14 травня 2016 р.). Черкаси : ЧДТУ, 2016. С. 208-209.

АНОТАЦІЯ

Рашевська Н. В. Методична система використання імерсивних

технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті. – Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України. – Київ, 2026.

У дисертації розв'язано актуальну наукову проблему розроблення теоретико-методологічних засад і методичної системи використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв. Уточнено понятійно-категоріальний апарат дослідження, запропоновано авторські трактування понять «імерсивні технології навчання» та «імерсивне середовище навчання», обґрунтовано дидактичний потенціал імерсивних технологій і здійснено їх класифікацію.

Розроблено теоретико-методологічні засади організації імерсивного навчання, що охоплюють систему принципів використання імерсивних технологій, інноваційно-трансформаційну концептуальну рамку їх інтеграції в освітній процес і комплекс психолого-педагогічних умов ефективного функціонування імерсивного навчання.

Теоретично обґрунтовано структурно-компонентну модель імерсивного середовища навчання та вперше розроблено методичну систему використання імерсивних технологій навчання природничо-математичних предметів учнів академічних ліцеїв, яка поєднує цільовий, змістовий, технологічний, комунікаційно-організаційний й оцінювально-результативний компоненти, забезпечуючи цілісне проєктування, організацію, педагогічний супровід та оцінювання навчального процесу.

Обґрунтовано систему педагогічно доцільного добору імерсивних освітніх ресурсів, розроблено їх класифікацію за педагогічним потенціалом і процедуру оцінювання. Запропоновано три взаємодоповнювальні моделі організації навчання (процедурну, інструктивно-діяльнісну та функціонально-мотиваційну), на основі яких розроблено предметно-орієнтовані методики використання імерсивних технологій у навчанні алгебри, геометрії, фізики, хімії, біології та географії, а також методичні рекомендації щодо їх педагогічно доцільного використання.

Експериментально підтверджено ефективність розробленої методичної системи щодо підвищення навчальних досягнень учнів академічних ліцеїв і розвитку їхнього просторового мислення, що засвідчує доцільність її впровадження в практику профільної природничо-математичної освіти.

Ключові слова: імерсивні технології навчання, імерсивне середовище навчання, методична система, академічні ліцеї, природничо-математичні предмети.

ABSTRACT

Rashevskaya N. V. Methodological system of using immersive learning technologies for science and mathematics subjects in academic lyceums. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Pedagogical Sciences in the specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education. – Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. – Kyiv, 2026.

The thesis presents the results of a comprehensive theoretical, methodological, and experimental study on the use of immersive learning technologies in teaching science and mathematics subjects to students of academic lyceums. The relevance of the research is determined by the need to improve the quality of education in the context of digital transformation, modernization of profile-oriented secondary education, overcoming educational losses, and the insufficient development of holistic methodological approaches to integrating immersive technologies into the educational process of academic lyceums.

Based on the analysis of domestic and foreign scientific sources and educational practice, it was established that the use of immersive technologies in science and mathematics education remains fragmented and is limited mainly to the application of individual digital resources without systematic methodological support. A contradiction was identified between the significant didactic potential of immersive technologies and the lack of scientifically substantiated approaches to their comprehensive integration into the educational process.

The conceptual and categorical apparatus of the research was refined. In particular, “immersive learning technologies” are defined as a set of digital tools and hardware-software solutions, including virtual, augmented, and mixed reality technologies, interactive simulations, and 3D models, which ensure different levels of learner immersion in an artificially created or augmented educational environment. “Immersive learning environment” is interpreted as a type of educational environment in which digital technologies provide pedagogically organized conditions for interactive engagement with educational content, virtual objects, and other participants in the learning process. “Immersive learning” is considered an interactive pedagogical process implemented in a specially designed immersive environment that ensures deep learner engagement through active interaction with digital educational content and objects. The didactic potential of immersive technologies is substantiated through their ability to enhance visualization, interactivity, modeling of complex processes, research activity, and individualized learning.

The general methodology of the research aimed at developing a methodological system for using immersive technologies in science and mathematics education was presented. The hypothesis stated that students’ academic achievement, cognitive activity, learning motivation, and spatial thinking would improve through the purposeful implementation of the proposed methodological system. The objectives, stages, and experimental base of the pedagogical experiment were defined.

Methodological approaches to the use of immersive technologies were identified, including systemic, activity-based, learner-centered, cognitive, differentiated, and innovative-transformational approaches. Didactic, technological, and organizational-pedagogical principles of their integration were substantiated,

together with organizational-methodological, technological-cognitive, and motivational psychological-pedagogical conditions for effective implementation.

Based on the systemic approach, a structural-component model of the immersive learning environment for science and mathematics subjects was developed. The model includes target, content-methodological, technological, organizational-communicative, and evaluation-resultative components. The characteristics of the environment, including immersion level, forms of interactivity, interaction methods, and feedback mechanisms, serve as a theoretical basis for instructional design. The model is based on pedagogical, technological, psychological, and developmental criteria.

On the basis of the developed immersive learning environment model, organizational models of the educational process were identified: procedural, instructional-activity, and functional-motivational. These models reflect different strategies for integrating immersive technologies depending on educational goals, the nature of learning activity, and the level of student autonomy.

For the first time, a methodological system for using immersive technologies in teaching science and mathematics subjects to academic lyceum students was theoretically substantiated and developed. The system includes target, content, technological, organizational-communicative, and evaluation-resultative components, as well as mechanisms of their interaction within the immersive learning environment.

Approaches to selecting immersive educational resources were improved through a system of didactic, cognitive, motivational, technological, organizational, ethical, and legal criteria. A three-level structure for organizing learning in an immersive environment was proposed, including levels of group interaction, technological immersion, and content adaptation, ensuring flexibility, variability, and personalization of learning.

Subject-oriented methods for using immersive technologies in teaching mathematics, physics, chemistry, biology, and geography were developed, taking into account the specifics of the disciplines and the possibilities of immersive technologies. Methodological recommendations for teachers regarding the implementation of immersive technologies in the educational process were prepared.

The effectiveness of the proposed methodological system was experimentally verified in general secondary education institutions and academic lyceums during exploratory, ascertainment, formative, and control-generalization stages. The results demonstrated statistically significant improvements in students' academic achievement, cognitive activity, learning motivation, and spatial thinking in experimental groups compared to control groups. The findings confirm that systematic use of immersive technologies improves the quality of learning, intensifies educational and cognitive activity, and contributes to the formation of key and subject-specific competences.

Keywords: immersive learning technologies, immersive learning environment, methodological system, academic lyceums, science and mathematics subjects.

Підписано до друку 17.08.26.
Формат 60х90/16. Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1.9. Наклад 100. Зам. № 260817.

КП «Покровська друкарня» КМР
м. Кривий Ріг, вул. Федора Караманиць, 29