

**КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В
ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ**

Зміст

ПРЕАМБУЛА	4
1. ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ7	
1.1. Сучасні освітні виклики та потреби цифровізації.....	7
1.2. Методичні підходи до використання технологій віртуальної та доповненої реальності в освітньому процесі	9
1.3. Підходи до педагогічного дизайну VR/AR-контенту	15
2. ПРИНЦИПИ ІНТЕГРАЦІЇ VR/AR У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ДЛЯ НУ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	25
2.1. Особливості імплементації технологій віртуальної та доповненої реальності в навчальний процес.....	25
2.2. Можливості VR/AR для освітнього процесу НУ «Чернігівська політехніка»	29
2.3. Освітні переваги та цінність імерсивних технологій в освітньому процесі	36
3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКА МОДЕЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС	40
3.1. Система адміністративного забезпечення впровадження VR/AR-технологій в освітній процес	40
Роль ключових підрозділів університету у впровадженні VR/AR.....	41
3.2. Роль науково-педагогічних працівників в контексті використання VR/AR в НУ «Чернігівська політехніка»	45
3.3. Підготовка науково-педагогічних працівників до роботи з новими технологіями в НУ «Чернігівська політехніка»	47
3.4. Психологічні та педагогічні особливості навчання в середовищі VR/AR в НУ «Чернігівська політехніка»	48
3.5. Етичні питання та безпека впровадження VR/AR-технологій у навчальний процес НУ «Чернігівська політехніка»	50
4. ЕТАПИ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС	55
5. РОЛЬ ПАРТНЕРСТВА В ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (VR/AR) В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	61

6. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА».....	67
6.1. Розвиток університету.....	67
6.2. Освітні переваги.....	70
7. РИЗИКИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС.....	76
7.1 Потенційні виклики при впровадженні впровадженні VR/AR-технологій в освітній процес.....	76
7.2. Загальна модель мінімізації ризиків та ключові передумови для ефективної реалізації концепції.....	82

Преамбула

У сучасному світі динамічний розвиток цифрових технологій кардинально змінює парадигми освітньої діяльності, висуваючи нові вимоги до змісту, форм і методів навчання. Віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR) в сукупності представляють собою імерсивні технології, які дозволяють створювати інтерактивні освітні середовища з високим рівнем залучення, гнучкості та персоналізації навчального досвіду. Їх впровадження в освітній процес відкриває нові можливості для розвитку професійних компетентностей, критичного мислення та креативності студентів у віртуально збагаченому середовищі. В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та змін у форматах навчального процесу, використання віртуальної та доповненої реальності стає вкрай актуальним. Ці технології пропонують нові можливості для навчання, що суттєво змінюють традиційні підходи до освіти. Завдяки VR/AR студенти можуть отримувати знання не лише з теорії, а й через практичний досвід у віртуальних симуляціях, наближених до реальних умов. Технології VR та AR дозволяють створювати занурюючі та візуально насичені навчальні середовища, що значно підвищують мотивацію та інтерес студентів до навчання. Інтерактивність, гейміфікація, можливість дослідження складних об'єктів і процесів у динаміці – все це стимулює до активного пізнання. Особливо це важливо в контексті зменшення ефективності традиційних педагогічних практик у середовищі багатоканального споживання інформації.

У контексті Четвертої промислової революції і викликів постпандемічної доби та воєнного періоду, імерсивні технології виступають одним із ключових векторів цифрової трансформації освіти. Вони дозволяють моделювати складні явища, створювати навчальні симуляції та реконструювати історичні, природничі чи інженерні сценарії, які в традиційних аудиторіях є обмежено доступними або навіть неможливими. В умовах необхідності забезпечення якісної дистанційної та гібридної освіти VR/AR пропонують інноваційні рішення, які забезпечують ефективну комунікацію, зворотний зв'язок і глибоку інтеракцію між учасниками освітнього процесу.

Згідно з міжнародними аналітичними звітами UNESCO, OECD та Horizon Reports, імерсивні технології входять до числа ключових інноваційних трендів у сфері освіти. Провідні університети світу, такі як Stanford University, Massachusetts Institute of Technology, University of Oxford та інші, інтегрують VR/AR у викладання природничих, технічних, медичних та гуманітарних дисциплін. Платформи Labster, ClassVR, VictoryXR створюють масштабовані продукти для освітнього ринку, які інтегруються з LMS та слугують інструментами персоналізованого навчання. Такий досвід є орієнтиром для впровадження подібних технологій в освітньому просторі України. Традиційні педагогічні моделі все частіше демонструють свою обмеженість у контексті вимог цифрової епохи. VR/AR дозволяють перейти від пасивного засвоєння інформації до активного дослідження, вирішення проблемних ситуацій, моделювання та співтворчості. Це сприяє впровадженню конструктивістського підходу до навчання, в якому студент виконує роль активного дослідника, а

викладач – фасилітатора процесу навчання. Подібний підхід дає змогу глибше засвоювати зміст і розвивати навички, релевантні до викликів ринку праці та міждисциплінарної взаємодії.

У цьому контексті Національний університет “Чернігівська політехніка” виступає ініціатором впровадження VR/AR в освітній процес через діяльність Центру імерсивних технологій. Цей центр є структурною одиницею університету, яка забезпечує платформу для розробки, адаптації та використання передових імерсивних рішень. Університет, спираючись на свій досвід у цифровій трансформації освіти, зокрема в межах інженерно-технічних, економічних та гуманітарних дисциплін, формує сприятливе середовище для системного впровадження VR/AR у навчальні програми.

Метою цієї Концепції є створення стратегічної рамки для інтеграції VR/AR-технологій у навчальний процес НУ “Чернігівська політехніка”, що дозволить підвищити якість викладання, мотивацію до навчання, міждисциплінарну взаємодію, академічну мобільність та інноваційний потенціал здобувачів вищої освіти. Концепція орієнтована на створення інноваційного освітнього середовища в Національному університеті «Чернігівська політехніка», орієнтованого на інтерактивне навчання, розвиток цифрових компетентностей здобувачів вищої освіти та підвищення якості освітніх послуг за рахунок системного впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності (VR/AR). Такий підхід узгоджується з місією університету щодо інтеграції освіти, науки та інновацій і відповідає стратегічним пріоритетам розвитку закладу в умовах цифрової трансформації та глобальної конкуренції.

Основними завданнями Концепції є:

- визначення пріоритетних напрямів використання VR/AR у навчанні;
- розробка організаційних, технічних та методичних моделей впровадження;
- формування міжфакультетських VR/AR-ініціатив;
- оцінка впливу VR/AR на якість навчання;
- підвищення цифрової компетентності викладачів і студентів;
- сприяння розвитку партнерств із розробниками освітнього контенту та обладнання.

Серед основних завдань реалізації Концепції визначено підвищення якості освітніх послуг шляхом створення і використання VR/AR-контенту, що підсилює практичну складову освітнього процесу, сприяє глибшому засвоєнню складних понять і явищ завдяки візуалізації та моделюванню, а також забезпечує нові формати взаємодії між студентами й викладачами через імерсивні освітні платформи. Друге завдання стосується розвитку нових форм навчання на основі VR/AR, зокрема – інтеграції цих технологій у змішане, дистанційне та гібридне навчання. Це передбачає формування педагогічних сценаріїв, заснованих на імерсивному досвіді (наприклад, проблемно-орієнтоване навчання, навчання через досвід), а також впровадження практико-орієнтованих симуляцій у підготовці фахівців з фізичної терапії, інженерії, економіки, дизайну, психології та інших галузей. Важливим завданням є формування цифрових компетентностей як серед здобувачів вищої освіти, так і серед академічного персоналу. Йдеться про підготовку викладачів до ефективного використання

VR/AR-технологій у навчальному процесі, підвищення цифрової грамотності студентів у рамках навчальних дисциплін, а також організацію спеціалізованих тренінгів, воркшопів і внутрішніх освітніх програм на базі Центру імерсивних технологій.

Концепція також передбачає активізацію академічної мобільності та інтернаціоналізації освітнього процесу. Зокрема, розробка VR-контенту, адаптованого до міжнародних стандартів, сприятиме реалізації віртуальної академічної мобільності, спільного навчання студентів з різних університетів, а також забезпечить доступ до освітніх ресурсів для іноземних студентів та партнерських установ через цифрові платформи. Окремо варто виокремити необхідність підтримки міждисциплінарної інтеграції, що передбачає створення навчального контенту, який поєднує знання з кількох галузей. Йдеться, зокрема, про розробку міжфакультетських курсів із використанням VR/AR, організацію спільних проєктів студентів з різних освітніх програм та формування міжгалузевих навчальних кейсів, що стимулюють розвиток командної роботи, критичного мислення та креативного підходу до вирішення прикладних проблем.

Реалізація даної Концепції безпосередньо корелює з пріоритетами стратегічного розвитку Національного університету «Чернігівська політехніка», визначеними у Стратегії розвитку університету, затвердженій на 2021-2027 роки. Однією з ключових цілей університету є інноваційне оновлення освітнього процесу, орієнтоване на створення сучасного цифрового середовища, впровадження технологій Industry 4.0, розвиток цифрових компетентностей здобувачів вищої освіти та викладачів. Місія НУ «Чернігівська політехніка», задекларована на офіційному сайті університету, полягає у формуванні інтелектуального потенціалу суспільства на основі інтеграції освіти, науки та інновацій. У цьому контексті використання VR/AR-технологій є не лише інструментом технологічного оновлення навчального процесу, а й способом реалізації інноваційної місії університету через трансформацію змісту та форм навчання відповідно до вимог цифрової епохи.

Крім того, Концепція сприяє реалізації стратегічних завдань університету у сфері:

- формування відкритого інноваційного простору (через діяльність Центру імерсивних технологій);
- забезпечення конкурентоспроможності випускників на національному та міжнародному ринку праці;
- підтримки міждисциплінарного підходу в освіті;
- посилення інтеграції освіти, науки та бізнесу через проєктну діяльність і співпрацю з ІТ-компаніями.

Таким чином, впровадження VR/AR у навчальний процес НУ «Чернігівська політехніка» є не лише технологічним нововведенням, а й стратегічним кроком у реалізації місії університету як осередку інноваційної освіти, що відповідає викликам сучасного світу та запитам академічної і професійної спільноти.

1. ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. Сучасні освітні виклики та потреби цифровізації

Сучасна вища освіта функціонує в умовах глибокої трансформації, що спричинена комплексом факторів – від швидкої цифровізації суспільства до глобальних викликів пандемії та зростання вимог ринку праці. Одним із головних викликів є необхідність переосмислення традиційної моделі освіти, яка базується переважно на лекційних формах і пасивному засвоєнні знань. Такий підхід дедалі менше відповідає потребам сучасного студента – представника покоління, яке зростало в умовах доступу до інтернету, інтерактивного контенту та цифрових пристроїв.

Згідно з аналітичними даними Європейської Комісії (Digital Education Action Plan 2021–2027), цифровізація освіти повинна охоплювати не лише використання електронних засобів навчання, але й переосмислення освітніх стратегій із урахуванням принципів доступності, персоналізації, інтерактивності та міждисциплінарності. В Україні ці процеси також стають пріоритетними, що зафіксовано у концептуальних документах, таких як «Цифрова трансформація освіти і науки України» (2021) та проєкт «Освіта 4.0: український вимір».

Серед актуальних викликів для української системи вищої освіти – потреба в підвищенні якості навчання в умовах змішаного та дистанційного форматів, необхідність модернізації інфраструктури, а також розвиток цифрової педагогічної компетентності викладачів. Особливої актуальності набуває завдання забезпечення ефективної візуалізації та симуляції навчального матеріалу для тих галузей знань, де складно забезпечити повноцінну практичну підготовку в традиційних умовах. У цьому контексті технології віртуальної та доповненої реальності розглядаються як інструменти, що можуть надати якісно новий рівень засвоєння навчального матеріалу, дозволяючи моделювати складні або небезпечні процеси, занурювати студентів у контекстні сценарії, а також сприяти розвитку soft skills.

Університети, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними в глобальному освітньому просторі, мають забезпечити інтеграцію інноваційних цифрових рішень у свою діяльність. У цьому контексті VR/AR виступають не просто технологічним доповненням, а невід’ємним компонентом цифрової трансформації навчального середовища, що підвищує його ефективність, інклюзивність і привабливість для різних груп здобувачів освіти. Імерсивні технології, що об’єднують VR (virtual reality), AR (augmented reality) та MR (mixed reality), на сьогоднішній день визнаються одними з найперспективніших напрямів цифрової інновації у вищій освіті. Згідно зі щорічними звітами *Horizon Report* (Educause), VR/AR стабільно входить до переліку технологій, які в найближчі роки суттєво впливатимуть на зміну форм і змісту навчання. У доповідях *UNESCO* та *OECD* наголошується, що XR-технології (extended reality)

мають великий потенціал для розширення доступу до якісної освіти, особливо в контексті розвитку дистанційного та інклюзивного навчання.

Віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR) є інноваційними технологіями, які значно змінюють підходи до навчання і взаємодії з інформацією в освітньому процесі. У Національному університеті “Чернігівська політехніка” їх використання може суттєво підвищити ефективність навчання, адаптуючи традиційні методи до вимог сучасності.

Віртуальна реальність (VR) – це технологія, що дозволяє створювати повністю комп’ютерно згенеровані середовища, в яких користувач може взаємодіяти з об’єктами та сценами у реальному часі. Застосування VR у навчанні, зокрема в технічних спеціальностях, може включати створення віртуальних лабораторій, де студенти можуть виконувати експерименти, не виходячи з аудиторії. Наприклад, студенти комп’ютерних спеціальностей можуть використовувати VR для моделювання складних алгоритмів, а студенти спеціальностей напряму архітектури та будівництва – для візуалізації своїх проєктів в тривимірному просторі. Доповнена реальність (AR), з іншого боку, надає можливість накладати цифрову інформацію на реальний світ. Це може бути реалізовано через мобільні пристрої або спеціальні окуляри. У “Чернігівській політехніці” AR може використовуватися для інтерактивних навчальних матеріалів, що дозволяє студентам вивчати складні концепції, наприклад, в механіці або електроніці, шляхом візуалізації теоретичних аспектів у реальному часі. Студенти можуть сканувати QR-коди, що відкривають доступ до додаткових ресурсів, 3D-моделей або анімацій, що демонструють принципи роботи різних механізмів. Обидві технології відкривають нові горизонти для навчання, дозволяючи створювати інтерактивні та занурюючі освітні середовища, які відповідають потребам сучасних студентів. В освітньому процесі НУ “Чернігівської політехніки”, впровадження VR і AR може стати важливим елементом у підготовці фахівців, які зможуть ефективно використовувати новітні технології у своїй професійній діяльності. Крім того, використання VR та AR може сприяти розвитку міждисциплінарних проєктів, де студенти різних спеціальностей можуть працювати разом над спільними завданнями, що підсилює їх командну роботу та креативність. Це також може включати спільні дослідження з іншими університетами чи промисловими партнерами, що дозволить студентам НУ “Чернігівської політехніки” отримувати практичний досвід у використанні сучасних технологій у реальному світі.

Отже, зазначене вище свідчить про значущість технологій віртуальної та доповненої реальності та потенціал для вдосконалення освітнього процесу в Національному університеті “Чернігівська політехніка”, забезпечуючи студентам доступ до сучасних методів навчання та підготовки до викликів, які постають у їхній професійній діяльності. Глобальні тенденції засвідчують, що VR/AR-технології перестають бути експериментом і набувають системного характеру в стратегіях розвитку освітніх установ. Для НУ «Чернігівська політехніка» врахування цих тенденцій дозволить не лише осучаснити навчальний процес, а й вивести університет на новий рівень цифрової

конкурентоспроможності. Впровадження VR/AR також стає інструментом для віртуальної мобільності – спільного навчання студентів із різних країн у цифрових просторах, де бар'єри фізичної присутності долаються за допомогою імерсивних технологій. Це створює нові формати кооперації між університетами, сприяє інтернаціоналізації освітнього процесу та формує цифрову компетентність у глобальному вимірі.

1.2. Методичні підходи до використання технологій віртуальної та доповненої реальності в освітньому процесі

Використання технологій віртуальної та доповненої реальності в освітньому процесі ґрунтується на інтеграції сучасних педагогічних концепцій, які забезпечують глибоке розуміння природи навчання в цифровому середовищі та визначають ефективні методи його організації. Теоретичне підґрунтя концепції становлять такі ключові наукові підходи: теорії імерсивного навчання, когнітивно-візуальної взаємодії, змішаного навчання (blended learning), а також конструктивістська парадигма освіти.

Теорія імерсивного навчання

Основою для впровадження VR/AR у навчальний процес є теорія імерсивного навчання (Immersive Learning Theory), яка розглядає занурення (immersion) як фактор, що посилює емоційне та когнітивне залучення студента до освітньої діяльності. Віртуальні та доповнені середовища сприяють активній участі, самостійній побудові знань, підвищенню рівня мотивації та концентрації уваги. Згідно з цією теорією, високий ступінь занурення досягається через інтерактивність, тривимірну візуалізацію, сенсорну стимуляцію, а також релевантність завдань реальному чи професійному контексту. Це дозволяє студенту не лише отримувати знання, а й формувати навички в умовах, максимально наближених до практики.

Теорія імерсивного навчання (Immersive Learning Theory) сформувалась на перетині когнітивної психології, нейроосвіти, освітніх технологій та педагогічної інноватики. Центральне поняття цієї теорії – занурення (immersion) – визначається як глибоке психофізіологічне включення суб'єкта в ситуацію навчання, при якому формується ефект присутності (presence), посилюється емоційна залученість, а пізнавальні процеси активізуються через стимуляцію декількох сенсорних каналів одночасно. На відміну від традиційних форм навчання, де інформація передається лінійно та у стандартизованому вигляді, імерсивне навчання ґрунтується на створенні індивідуалізованого, інтерактивного та контекстуально значущого освітнього досвіду. Навчальне середовище, побудоване з використанням VR/AR, виступає не лише простором презентації знань, а динамічною системою взаємодії, в якій студент стає активним агентом змін, а не пасивним реципієнтом інформації.

Імерсивне навчання базується на кількох фундаментальних компонентах:

- Інтерактивність, тобто можливість студента впливати на освітнє середовище, змінювати його структуру, обрати траєкторії пізнання, що

сприяє формуванню навичок прийняття рішень, аналітичного мислення та гнучкості поведінки;

- Сенсорна стимуляція, яка активізує візуальні, аудіальні, кінестетичні та інші канали сприйняття, що дозволяє ефективніше засвоювати складні абстрактні концепти;
- Контекстуальна релевантність, завдяки якій навчальний контент набуває практичної значущості: студенти не просто вивчають теоретичний матеріал, а виконують завдання, змодельовані під реальні професійні ситуації;
- Тривимірна візуалізація, що дозволяє просторово уявити об'єкти, процеси або явища, які неможливо або складно відтворити у фізичному навчальному середовищі (наприклад, внутрішня будова організму, технічні механізми, культурно-історичні артефакти тощо).

Дослідження в галузі когнітивної науки доводять, що імерсивне навчання сприяє збільшенню тривалості концентрації уваги, емоційному залученню та покращенню довготривалого запам'ятовування. Крім того, воно забезпечує умови для автономного навчання, в якому студент самостійно конструює знання через експеримент, рефлексію, дослідження та взаємодію з динамічним середовищем. З позиції освітнього дизайну імерсивне навчання реалізує концепцію “learning by doing” – тобто навчання через досвід. Це особливо ефективно в підготовці спеціалістів прикладних галузей: реабілітологів, інженерів, економістів, фахівців соціальних сервісів тощо, де важливо не лише володіння теорією, а й уміння діяти у складних або нестандартних ситуаціях.

У вищій освіті занурення в освітнє середовище VR/AR сприяє підвищенню академічної мотивації, стимулює метапізнання, формує м'які навички (soft skills), такі як командна взаємодія, комунікація, адаптивність. Це особливо актуально у підготовці сучасних випускників, які мають відповідати не лише професійним стандартам, а й вимогам цифрової економіки, гнучкого мислення та самостійного навчання протягом життя.

Таким чином, теорія імерсивного навчання є теоретико-методологічним каркасом для розробки освітніх VR/AR-рішень у контексті трансформації навчального середовища Національного університету «Чернігівська політехніка». Її реалізація у навчальних програмах дозволяє поєднати технічні можливості віртуалізації з педагогічними принципами ефективного і глибокого засвоєння знань.

Теорія когнітивно-візуальної взаємодії

Теорія когнітивної навантаженості (Cognitive Load Theory) та модель мультимодального навчання (Multimedia Learning Theory, Mayer) обґрунтовують важливість балансу між візуальним, аудіальним і текстовим контентом у навчальному середовищі. У контексті VR/AR ці підходи вказують на необхідність оптимального структурування інформації, уникнення надмірної сенсорної стимуляції та чіткої організації сценаріїв взаємодії. Використання VR/AR має сприяти не перевантаженню, а навпаки – полегшенню когнітивної обробки складної інформації шляхом візуального моделювання, симуляцій і просторової навігації.

Теорія когнітивної навантаженості (Cognitive Load Theory, CLT), розроблена Джоном Свеллером (Sweller, 1988), а також мультимодальна теорія навчання (Multimedia Learning Theory), сформульована Річардом Маєром (Mayer, 2001), становлять критично важливе підґрунтя для ефективного використання VR/AR у навчальному процесі. Обидві теорії фокусуються на тому, як людський мозок обробляє та засвоює інформацію в умовах мультимедійної взаємодії. Згідно з CLT, когнітивна система людини має обмежений обсяг робочої пам'яті, який одночасно може оперувати лише невеликою кількістю інформаційних одиниць (chunk'ів). Освітнє середовище, перенасичене візуальними, аудіальними або текстовими стимулами, може викликати перевантаження когнітивної системи, що призводить до зниження ефективності навчання. З іншого боку, добре структурована взаємодія, яка оптимально дозує інформаційні потоки, сприяє ефективному переносу знань до довготривалої пам'яті та формуванню узагальнених понять.

У VR/AR-середовищах ці принципи набувають особливої актуальності, оскільки імерсивні технології передбачають паралельну активізацію візуального, слухового, кінестетичного та іноді навіть тактильного каналів сприйняття. Саме тому ключовим завданням педагогічного дизайну є оптимізація когнітивного навантаження: контент має бути не лише привабливим, а передусім структурованим таким чином, щоб не перевантажувати сприйняття студента. Наприклад, тривимірна модель технічного пристрою повинна супроводжуватися лаконічними поясненнями у вигляді голосового супроводу або коротких текстових підказок, а не одночасно всім – щоб уникнути явища когнітивного конфлікту між каналами.

Теорія мультимедійного навчання Маєра акцентує увагу на необхідності узгодження контенту з двоканальною природою когнітивної обробки: візуально-просторовий і вербальний канали працюють паралельно, однак їхній потенціал обмежений. У цьому контексті найбільш ефективними є такі принципи мультимодального дизайну:

- принцип когерентності: виключення зайвої інформації, яка не сприяє досягненню освітньої мети;
- принцип сигналізації: виокремлення ключових елементів контенту через колір, рух або звукове підкреслення;
- принцип модальності: поєднання графіки з озвученим текстом (а не візуальним) забезпечує кращі результати засвоєння;
- принцип сегментації: поділ навчального контенту на короткі, логічно завершені етапи, які дозволяють студенту самостійно контролювати темп навчання.

Застосування цих принципів у VR/AR передбачає розробку сценаріїв взаємодії, в яких студент має змогу зосередитися на одному завданні за раз, спостерігати динамічну зміну об'єктів із поясненнями, самостійно управляти навчальним середовищем, повертатися до попередніх етапів або обирати індивідуальну траєкторію вивчення.

Особливе значення в когнітивно-візуальному дизайні VR/AR-контенту має просторова навігація. Правильно спроектована віртуальна локація повинна мати

логічну структуру, орієнтири, які полегшують орієнтацію в середовищі, і підтримку у вигляді інструкцій, що не відволікають від основного змісту. Це особливо важливо в освітньому середовищі, де просторове ускладнення може як стимулювати пізнання, так і ускладнювати когнітивну активність у разі надмірної деталізації або відсутності зрозумілої логіки навігації.

У підсумку, ефективне використання VR/AR у навчальному процесі передбачає не лише технологічне, а й когнітивне проектування. Розуміння когнітивної природи сприйняття і навчання дозволяє створювати VR/AR-досвід, який сприяє не перевантаженню, а навпаки – підтримці пізнавальної активності, ефективному засвоєнню знань та розвитку навичок в умовах високої взаємодії.

Змішане навчання та трансформація освітнього середовища

Концепція змішаного навчання (blended learning), як один з провідних підходів до цифровізації освіти, передбачає поєднання традиційних методів викладання з цифровими технологіями, зокрема VR/AR. Імерсивні технології забезпечують додатковий рівень гнучкості в організації навчального процесу: вони можуть бути використані як у синхронному (під час занять), так і в асинхронному режимі (через окремі цифрові модулі), адаптуючись до індивідуальних потреб і темпу навчання студентів. Концепція змішаного навчання (blended learning) є однією з найбільш адаптивних моделей організації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації. Її сутність полягає у поєднанні переваг традиційного (очного) навчання з гнучкістю, персоналізацією та доступністю цифрових технологій. У сучасній педагогіці змішане навчання розглядається не як компроміс, а як стратегія, яка дозволяє реалізувати потенціал активного, самостійного та контекстуально орієнтованого пізнання.

Інтеграція VR/AR-технологій у модель змішаного навчання суттєво розширює її можливості, створюючи умови для занурення студента в навчальне середовище, в якому відбувається не лише передача знань, а й формування досвіду, рефлексії та міжособистісної взаємодії. Імерсивні технології дозволяють організувати освітній процес таким чином, що окремі елементи навчання реалізуються в реальному класі, інші – у віртуальному просторі, а третій блок – у вигляді самостійної роботи через цифрові симулятори або мобільні AR-додатки.

VR/AR контент може бути ефективно інтегрований як у синхронні формати навчання, коли студенти одночасно працюють з викладачем у комп'ютерному класі або VR-лабораторії, так і в асинхронному режимі, коли навчальні модулі доступні на цифровій платформі (LMS) і можуть опрацьовуватися індивідуально у зручний час. Така гнучкість особливо важлива для індивідуалізації навчання – з урахуванням рівня підготовки, темпу опрацювання матеріалу, стилю навчання, а також психофізіологічних особливостей студентів. Окремо варто підкреслити, що VR/AR дозволяють створювати гіперреалістичні симуляції для розвитку професійних навичок. Наприклад, фахівець з фізичної терапії може у віртуальному середовищі відпрацьовувати алгоритми роботи з пацієнтом, реабілітолог – проходити сценарії клінічних ситуацій, а майбутній інженер – моделювати технічні системи та тестувати їх у безпечному режимі. Усі ці модулі можуть стати складовими

змішаного курсу – поряд із лекційними заняттями, практичними роботами та самостійною діяльністю в онлайн-середовищі.

Змішане навчання з використанням VR/AR забезпечує середовище постійного зворотного зв'язку, адже імерсивні технології дозволяють інтегрувати в контент системи оцінювання, трекінгу прогресу, аналітики взаємодії та адаптивного коригування складності завдань. Це, у свою чергу, забезпечує більш глибоку рефлексію студента над результатами навчання, а також підвищує його мотивацію через елемент гейміфікації та реалістичності. Важливим аспектом є трансформація освітнього середовища – не лише фізичного, а й педагогічного. Використання VR/AR-модулів вимагає переосмислення ролі викладача: він переходить від функції передавача знань до ролі наставника, координатора навчальної активності, дизайнера освітнього досвіду. З іншого боку, студенти набувають більшої автономії, що відповідає концепції студентоцентричного підходу, передбаченого сучасними освітніми стандартами Європейського простору вищої освіти.

Таким чином, включення VR/AR у модель змішаного навчання не лише оптимізує процес подачі й засвоєння навчального матеріалу, а й сприяє глибокій трансформації освітньої парадигми – у напрямку створення персоналізованого, інтерактивного, гнучкого та інклюзивного цифрового освітнього середовища, що повністю відповідає стратегії розвитку Національного університету «Чернігівська політехніка».

Конструктивістський підхід в освіті

Використання VR/AR також базується на конструктивістській теорії навчання, згідно з якою знання формуються не через пасивне засвоєння інформації, а через активну побудову смислів у процесі взаємодії з середовищем. Імерсивне навчання реалізує цю ідею через занурення в автентичні ситуації, проблемно-орієнтоване навчання, експерименти, дослідницькі завдання та рольові моделі поведінки. У таких умовах студент виступає не об'єктом викладання, а активним агентом пізнання, який через взаємодію з віртуальним середовищем формує власну освітню траєкторію. Конструктивістський підхід до навчання, сформований у працях Ж. Піаже, Л. Виготського, Дж. Брунера та подальших педагогічних теоретиків, виходить з принципу, що знання не передаються безпосередньо від викладача до студента, а конструюються самим студентом у процесі активної взаємодії з інформацією, середовищем та іншими учасниками освітнього процесу. Цей підхід кардинально змінює уявлення про роль студента у навчанні – він більше не є пасивним слухачем, а стає активним суб'єктом пізнавальної діяльності, який самостійно формує зміст знань, осмислює їх значення та застосовує в реальних або змодельованих контекстах.

Використання VR/AR-технологій повністю узгоджується з конструктивістськими принципами, оскільки імерсивне навчальне середовище забезпечує активну, контекстну, автентичну та цілеспрямовану взаємодію студента з навчальними об'єктами. Віртуальні простори дозволяють моделювати ситуації, максимально наближені до реального середовища майбутньої професійної діяльності, у яких студент має змогу приймати рішення, діяти,

аналізувати наслідки й адаптуватися до умов. Таким чином, навчання стає процесом створення знань через досвід, експеримент, помилку та рефлексію.

У межах конструктивістської парадигми ключовими умовами ефективного навчання є:

по-перше, проблемно-орієнтоване навчання (problem-based learning), яке реалізується в середовищах VR/AR шляхом занурення студента в проблемну ситуацію, що потребує аналізу, формулювання гіпотез, планування дій і критичного мислення;

по-друге, проєктна діяльність, яка в імерсивному середовищі може реалізовуватися через створення або реконструкцію віртуальних об'єктів, процесів чи сценаріїв у груповій чи індивідуальній формі;

по-третє, соціальна взаємодія – основа для спільного конструювання знань, яка забезпечується через колаборативні платформи доповненої або віртуальної реальності.

Імерсивне навчання, як продовження конструктивістської логіки, також сприяє розвитку метапізнавальних умінь – студент вчиться не тільки засвоювати матеріал, а й керувати власним навчанням: усвідомлювати, як він мислить, які стратегії застосовує, де помиляється і як може вдосконалити свої дії. Віртуальне середовище в цьому контексті виступає як простір рефлексії та самонавчання, що надзвичайно актуально в умовах вимог до формування здатності до навчання впродовж життя (lifelong learning). Роль викладача в конструктивістській моделі змінюється з інструктора на фасилітатора – людину, яка організовує, модерує та підтримує навчальний процес, але не диктує студенту, як мислити. У VR/AR-середовищі ця роль набуває особливої ваги, оскільки викладач супроводжує студента у складному середовищі, допомагає йому орієнтуватися, формує запитання, які провокують на аналіз і пошук власних рішень.

У прикладному вимірі для НУ «Чернігівська політехніка» конструктивістський підхід дозволяє:

- розробляти VR-кейси для навчання фахівців з фізичної терапії, де студент взаємодіє з віртуальним пацієнтом, обирає метод втручання та оцінює результати;

- створювати дизайн-проєкти у тривимірному AR-просторі для спеціальностей, пов'язаних із графічним і промисловим дизайном;

- реалізовувати інженерні симуляції, де студенти тестують технічні рішення у віртуальних лабораторіях без ризику втрати обладнання;

- моделювати економічні чи соціальні процеси, які дозволяють вивчати складні взаємозв'язки на рівні макро- і мікроекономіки в безпечному експериментальному просторі.

Таким чином, VR/AR є не просто інструментом візуалізації, а фундаментом реалізації конструктивістського підходу в сучасній освіті, який дозволяє створювати освітнє середовище, де знання не передаються, а набуваються через досвід, взаємодію, помилки та усвідомлення.

1.3. Підходи до педагогічного дизайну VR/AR-контенту

Педагогічний дизайн імерсивного навчального контенту має ґрунтуватися на принципах дидактичної доцільності, когнітивної ергономіки та функціональної інтеграції в освітній процес. Розробка VR/AR-модулів повинна передбачати:

- контекстуалізацію завдань, тобто їхню прив'язку до реальних або професійно значущих ситуацій;
- чітке структурування навчального сценарію, із логічним поділом на фази введення в ситуацію, активного дослідження, рефлексії та оцінки;
- адаптивність контенту до різних рівнів підготовки та індивідуальних особливостей студентів;
- інтерактивність і зворотний зв'язок, які забезпечують безперервну участь студента та корекцію його дій під час навчального процесу;
- інклюзивність – створення таких умов взаємодії, які будуть доступні для студентів з різними освітніми потребами;
- оцінювання ефективності – розробку чітких критеріїв вимірювання навчальних результатів, що досягаються завдяки використанню VR/AR.

Контекстуалізація завдань – це педагогічний принцип, згідно з яким навчальні дії повинні бути вплетені в реальні, соціально або професійно релевантні ситуації, які відображають зміст майбутньої діяльності здобувача освіти. У середовищах віртуальної та доповненої реальності цей принцип набуває особливої актуальності, оскільки саме ці технології надають змогу моделювати реалістичні сценарії, у яких студент не лише засвоює знання, а й використовує їх у значущому контексті, максимально наближеному до професійного. Контекстуалізація у VR/AR передбачає побудову навчального процесу як серії практичних, проблемно орієнтованих завдань, що мають ознаки автентичності. Це означає, що студент не просто спостерігає навчальний контент, а діє в умовах симуляції, які відтворюють реальні обставини – як за змістом, так і за структурою процесу прийняття рішень.

Прикладом контекстуалізації є сценарій для майбутнього фахівця з фізичної терапії, який у VR-середовищі працює з віртуальним пацієнтом із конкретним клінічним випадком (наприклад, порушення рухливості після інсульту). Завданням студента є оцінка стану пацієнта, постановка короткострокової реабілітаційної мети, вибір методів втручання та спостереження результатів втручання в динаміці. Вся ця діяльність відбувається не у вигляді абстрактної задачі, а в імітації повноцінної клінічної ситуації, що відтворює повний цикл прийняття рішень у професійній практиці.

Контекстуалізоване завдання для інженера може полягати в тому, щоб у VR-модулі відтворити аварійну ситуацію на виробництві, виявити її причину, провести діагностику обладнання та реалізувати рішення щодо усунення несправностей. Для студентів економічних або управлінських спеціальностей можливим варіантом є моделювання функціонування малого підприємства у віртуальному середовищі з аналізом ринкових змін, розробкою фінансової

стратегії або веденням переговорів із партнерами в умовах непередбачуваних сценаріїв.

Педагогічна цінність контекстуалізації полягає в тому, що вона активує трансфер знань, тобто здатність студента переносити засвоєну інформацію в нові або незнайомі ситуації. Завдяки зануренню в проблемну ситуацію, яка наближена до реальності, формуються складні когнітивні структури, що забезпечують міцне, функціональне та придатне до використання знання. Також контекстуалізація сприяє розвитку метапізнання, оскільки студент змушений постійно оцінювати власні дії в умовах змінного середовища та приймати відповідальні рішення. У VR/AR середовищі контекстуалізація повинна супроводжуватися моделюванням причинно-наслідкових зв'язків, тобто студент повинен мати можливість не лише діяти, а й бачити наслідки власних рішень, оцінювати ефективність дій, змінювати стратегії й удосконалювати їх на основі досвіду.

З технічної точки зору контекстуалізація реалізується через:

- створення віртуальних або доповнених просторів, які відповідають реальним робочим середовищам (кабінети, лабораторії, виробничі об'єкти, соціальні простори тощо);
- написання сценаріїв, які включають реалістичні виклики, часові обмеження, ризики, взаємодію з іншими суб'єктами;
- побудову нелінійних траєкторій навчання, де студент може змінювати хід подій на основі прийнятих рішень.

Таким чином, контекстуалізація завдань у VR/AR є не лише інструментом підвищення мотивації та реалістичності, а й глибоким педагогічним механізмом, який забезпечує системну інтеграцію знань, розвиток критичного мислення, професійну готовність та здатність до самостійного прийняття рішень.

Педагогічний дизайн VR/AR-контенту також має враховувати *міждисциплінарний підхід*, тобто орієнтуватися на потреби кількох освітніх програм одночасно, забезпечуючи універсальність та масштабованість навчального ресурсу. На практиці це означає, що одна віртуальна симуляція може бути використана в навчанні фахівців з фізичної терапії, психологів, інженерів чи дизайнерів, адаптуючись до їхнього фахового контексту через зміну сценарію чи мети занурення.

Інтерактивність та зворотний зв'язок (feedback) є одними з центральних принципів педагогічного дизайну віртуального та доповненого навчального середовища. У контексті використання VR/AR у вищій освіті ці два компоненти не лише посилюють залученість студента, а й виступають механізмами постійної саморегуляції, рефлексії та корекції пізнавальної діяльності. Інтерактивність у VR/AR-середовищі розуміється як динамічна взаємодія користувача з віртуальними об'єктами, просторами та процесами, яка дозволяє не лише спостерігати, а й активно змінювати сценарії, впливати на середовище, експериментувати з параметрами та безпосередньо досліджувати об'єкти пізнання. Така взаємодія може мати різні рівні складності – від простих дій (наприклад, вибору предмета чи запуску анімації) до складних комбінацій рішень у симуляціях, що відтворюють багатоетапні професійні задачі.

У VR/AR освітньому дизайні передбачається, що студент не є лише глядачем або слухачем, а учасником навчального процесу, який приймає рішення, виконує завдання, аналізує їхні наслідки та моделює нові ситуації. Це сприяє залученню в навчання на рівні активного когнітивного процесу, що відповідає принципам активного та проблемно-орієнтованого навчання.

Інтерактивність особливо важлива в контексті формування професійних компетентностей. Наприклад, студент-реабілітолог у віртуальному модулі може досліджувати реакцію пацієнта на різні методики фізичної терапії, змінювати параметри навантаження, аналізувати динаміку показників, отримувати підказки або порівнювати результати з еталонними протоколами. У подібних симуляціях студент не просто “проходить сценарій”, а навчається приймати професійні рішення та нести за них відповідальність у безпечному середовищі.

Невіддільним від інтерактивності є принцип зворотного зв'язку, який виконує функцію миттєвого інформування студента про правильність, ефективність або доцільність його дій. У VR/AR-середовищах зворотний зв'язок може бути:

- візуальним (зміна кольору об'єкта, виведення оцінки, діаграма прогресу);
- аудіальним (сигнали, голосові підказки, коментарі віртуального інструктора);
- аналітичним (автоматичні звіти про виконані дії, порівняння з еталонним алгоритмом, динаміка навчального прогресу).

Якісний зворотний зв'язок у VR/AR має бути своєчасним, чітким, диференційованим і конструктивним. Його мета – не лише оцінити, а й навчити. Зворотний зв'язок повинен надавати студенту можливість усвідомити помилку, зрозуміти її причини, а також запропонувати шляхи виправлення або вдосконалення дій. Крім того, системи зворотного зв'язку в VR/AR-середовищах мають слугувати інструментом самонавчання та самоменеджменту. Наприклад, студент отримує доступ до персонального кабінету з аналітикою виконаних дій, звітами про ефективність, рекомендаціями щодо подальших кроків, що сприяє підвищенню автономії та відповідальності в навчальному процесі. Інтерактивність і зворотний зв'язок також сприяють реалізації гейміфікаційних елементів, які, у поєднанні з реалістичним дизайном, суттєво підвищують мотивацію студентів, залучення до навчання, конкуренцію або співпрацю (залежно від сценарію), а також створюють позитивне навчальне середовище.

Таким чином, інтерактивність і зворотний зв'язок у VR/AR-середовищах є не лише технічними властивостями, а педагогічними інструментами, що забезпечують глибоке засвоєння, розвиток професійних навичок і формування вміння приймати рішення в умовах наближених до реальних. Їх інтеграція є необхідною умовою ефективного навчального дизайну в цифровій трансформації освіти.

Чітке структурування навчального сценарію: логіка та фазовість VR/AR-досвіду. Структурування навчального сценарію – це дидактичний принцип, що полягає в логічному поділі освітньої активності на етапи, кожен з яких виконує специфічну когнітивну та методологічну функцію. У VR/AR-середовищах цей підхід особливо важливий, оскільки дозволяє уникнути фрагментарного,

хаотичного або перевантаженого сприйняття інформації, забезпечити когнітивну послідовність, а також підтримати студента в навігації через складну систему віртуальної взаємодії.

Типовий і ефективний навчальний сценарій у VR/AR розподіляється на чотири основні фази:

- 1) Введення в ситуацію,
- 2) Активне дослідження,
- 3) Рефлексія,
- 4) Оцінка результатів.

1. Введення в ситуацію (інтродукція). Цей етап має функцію орієнтації – студент отримує базову інформацію про контекст завдання, цілі симуляції, попередні умови, настанови та інструкції. У VR/AR-середовищі введення реалізується через короткий відеоінструктаж, візуалізовану презентацію або інтерактивну “розминку”, яка знайомить користувача з інтерфейсом і середовищем. Наприклад, перед виконанням клінічного сценарію фахівець з фізичної терапії знайомиться з віртуальним кабінетом, біографічними даними пацієнта та інструкцією щодо протоколу дій. Важливо, щоб ця частина була короткою, структурованою та спрямованою на формування очікувань і мотивації.

2. Активне дослідження (виконання дій). Це основна фаза сценарію, в якій студент безпосередньо взаємодіє з віртуальним або доповненим середовищем, вирішує проблеми, аналізує ситуації, моделює рішення. Важливо, щоб структура цього етапу дозволяла послідовне ускладнення завдань, щоб спонукати до формування нових навичок та адаптації до складніших ситуацій. У VR-лабораторії для інженера це може бути тестування параметрів моделі, пошук несправностей, реалізація інженерних рішень. Для студента-дизайнера – створення об’єкта з можливістю перегляду у доповненій реальності. У структурованому сценарії дії розподіляються за модулями або рівнями, з поступовим нарощуванням складності та викликів.

3. Рефлексія (осмислення досвіду). Рефлексивний компонент є ключовим для переведення дій у знання. Після завершення симуляції або певного етапу, студент повинен мати змогу осмислити свої дії: що вдалося, що викликало труднощі, які були альтернативні варіанти. У VR/AR це може бути реалізовано через вбудований щоденник дій, інтерактивну аналітику, візуалізацію прогресу, а також серію запитань для самооцінки. Ця фаза розвиває метапізнавальні навички, дозволяє формувати причинно-наслідкові зв’язки між виконаними діями та результатами, а також поглиблює розуміння засвоєного матеріалу.

4. Оцінка результатів (оцінювання та корекція). На цьому етапі відбувається підсумкове оцінювання досягнутих результатів – як у формі автоматизованої аналітики системи (балів, помилок, часу виконання), так і через якісні показники: здатність до прийняття рішень, аргументацію, ефективність дій. Крім формального оцінювання, важливо передбачити можливість повернення до попередніх етапів для повторного виконання дій з урахуванням допущених помилок. Такий підхід забезпечує не лише зворотний зв’язок, а й

закріплення навичок через навчальну корекцію, що є суттю адаптивного навчання.

Переваги чітко структурованого сценарію у VR/AR-освіті наступні:

- Забезпечення логічного переходу від теорії до практики;
- Підвищення контролю студента над траєкторією навчання;
- Зменшення когнітивного навантаження через поетапність;
- Можливість створення варіативних навчальних маршрутів;
- Формування автономності, відповідальності й здатності до самонавчання.

Таким чином, структурованість навчального сценарію у VR/AR-контенті є не просто засобом організації взаємодії, а педагогічним інструментом, що забезпечує ефективне, цілеспрямоване та рефлексивне навчання, яке відповідає стандартам якості вищої освіти та стратегії цифрової трансформації навчального середовища.

Адаптивність VR/AR-контенту означає його здатність підлаштовуватися під рівень знань, когнітивні стилі, темп навчання, освітні потреби та особистісні характеристики студента. Це один із ключових принципів сучасної дидактики, що базується на концепціях персоналізованого та індивідуалізованого навчання. У VR/AR-середовищах він набуває особливої актуальності, оскільки саме імерсивні технології дозволяють реалізувати гнучкий і динамічний освітній сценарій, орієнтований на конкретного здобувача освіти. У вищій освіті студенти демонструють різний рівень теоретичної підготовки, відмінності в навичках просторового мислення, здатності до саморегуляції, швидкості сприйняття та реакції. Це особливо помітно в групах з міждисциплінарною спрямованістю або при навчанні здобувачів різних освітніх ступенів (бакалаврів, магістрів, аспірантів). Адаптивний VR/AR-контент дозволяє не стандартизувати навчання, а навпаки – створити диференційовану освітню траєкторію для кожного.

Ключові механізми реалізації адаптивності у VR/AR-середовищі:

1. Налаштування рівня складності контенту. Студент може самостійно або за результатами вхідного тестування обрати відповідний рівень складності навчального модуля. Наприклад, у віртуальному середовищі для майбутнього реабілітолога початковий рівень передбачає готові підказки щодо вибору методики втручання, а просунутий – вимагає самостійного прийняття рішень без зовнішньої допомоги.
2. Покрокова побудова завдань (scaffolding). Навчання організовується за принципом поступового нарощування складності з можливістю повернення до попередніх етапів або переходу на спрощений варіант сценарію. Це дозволяє студенту рухатися у власному темпі, зменшуючи ризик фрустрації та формуючи відчуття досяжності мети.
3. Адаптація до когнітивного стилю. Контент може бути реалізований у візуальному, аудіальному або текстовому форматі – залежно від переваг сприйняття студента. У середовищі доповненої реальності можна налаштувати тип подачі інформації: наприклад, вивід коротких текстових пояснень поруч з об'єктом, голосовий супровід або інтерактивне відео.
4. Реагування середовища на дії студента. Імерсивна система може змінювати сценарій або пропонувати альтернативи залежно від рішень, які

приймає студент. Якщо система фіксує повторювані помилки – вона може запропонувати підказку, спрощений режим або спрямувати користувача на допоміжний модуль.

5. Інклюзивність і доступність. VR/AR-технології повинні враховувати потреби студентів із різними можливостями – наприклад, забезпечення субтитрів для користувачів із порушеннями слуху, голосове керування для осіб із моторними порушеннями, адаптація інтерфейсу для людей із кольоросліпотою або когнітивними розладами. Це дозволяє зробити освітній процес інклюзивним і забезпечити рівний доступ до ресурсів.
6. Персоналізований зворотний зв'язок і рекомендації. Після завершення модуля студент отримує індивідуальний звіт з порадами для вдосконалення, доступом до додаткових матеріалів та можливістю переглянути свою траєкторію проходження – з фіксацією сильних і слабких сторін.

Освітні переваги адаптивного підходу:

- підвищення академічної успішності через зменшення когнітивного навантаження;
- формування мотивації через підтримку позитивного досвіду досягнення;
- розвиток навичок самонавчання, рефлексії та самоменеджменту;
- покращення інклюзивності й рівного доступу до знань;
- забезпечення соціальної справедливості в освітньому процесі.

Таким чином, адаптивність VR/AR-контенту дозволяє подолати обмеження “уніфікованого навчання” та забезпечує реалізацію ключового принципу Європейського простору вищої освіти – студентоцентризму. Це є важливим кроком до персоналізованого, справедливого та ефективного освітнього середовища, що повністю відповідає стратегії цифрової трансформації НУ «Чернігівська політехніка».

Інклюзивність у сфері освіти означає створення такого навчального середовища, яке забезпечує рівний доступ до знань, участі та академічного успіху всіх здобувачів освіти, незалежно від їхніх фізичних, сенсорних, когнітивних чи соціальних особливостей. У контексті використання VR/AR це завдання ускладнюється специфікою технології – візуальною домінантністю, потребою в моторній взаємодії, потенційним перевантаженням сенсорної системи, складністю навігації. Саме тому інклюзивний дизайн імерсивного контенту є обов'язковою умовою його педагогічної ефективності та етичної відповідності стандартам університетської освіти.

Принципи інклюзивного VR/AR-дизайну

1. Універсальний дизайн для навчання (Universal Design for Learning, UDL). Цей підхід передбачає розробку контенту, який є зручним і зрозумілим для найширшого кола студентів без необхідності адаптації після розробки. Це означає:
 - багатоканальну подачу інформації (візуально, аудіально, текстово);
 - можливість керування навчальним середовищем за допомогою різних інтерфейсів (жестів, голосу, кнопок, погляду);

- варіативність способів виконання завдань (наприклад, вербально, через об'єкту взаємодію або навігацію).
2. Адаптація до сенсорних порушень. Для студентів з порушеннями слуху віртуальні середовища мають включати субтитрування, текстові коментарі, візуальні сигнали. У випадках з порушенням зору – важливе використання контрастного дизайну, голосових супровідників, масштабування об'єктів, а також інтеграція з допоміжними технологіями (наприклад, читачами екрана, тактильними навігаторами).
 3. Врахування моторних обмежень. У VR/AR-контенті необхідно передбачити альтернативні способи навігації, що не потребують тонкої моторики або швидких реакцій. Це можуть бути голосові команди, управління з клавіатури, фіксація погляду (eye-tracking), віртуальні інтерфейси з великими зонами активності тощо. Для студентів, які не можуть тримати контролер, можуть застосовуватися ручні фіксатори або жестове керування через камеру.
 4. Інтелектуальна доступність і когнітивна підтримка. Студенти з когнітивними порушеннями або розладами концентрації потребують контенту з простою логікою побудови, ясними інструкціями, обмеженою кількістю паралельних подразників, можливістю пауз, повторення та підказок. Навчальне середовище повинно підтримувати когнітивну ергономіку: уникати надлишку інформації, забезпечувати чітке структурування, послідовність і передбачуваність.
 5. Соціальна інклюзія та взаємодія. Імерсивні середовища можуть бути потужним інструментом соціального залучення студентів, які мають труднощі в традиційній комунікації. Віртуальні аватари, моделювання соціальних ситуацій, групова взаємодія у VR-кімнатах можуть забезпечити комфортну та безпечну участь у навчанні, формування соціальних навичок, зниження тривожності.
 6. Доступність технічної інфраструктури та підтримки. Інклюзивність не обмежується лише контентом. Необхідне забезпечення фізичної доступності лабораторій VR/AR (пандуси, меблі відповідної висоти, технічна допомога), а також наявність консультативної підтримки – інструкцій, навчальних матеріалів, асистентів, які можуть надати допомогу студентам з особливими потребами.

Зважаючи на соціальну місію НУ «Чернігівська політехніка» як закладу, що активно розвиває рівний доступ до вищої освіти, інклюзивність VR/AR-платформ повинна стати обов'язковим критерієм при розробці навчального контенту. Університет має враховувати різноманітність потреб студентів – у тому числі тих, хто навчається за індивідуальними освітніми траєкторіями або має офіційний статус особи з інвалідністю. Розробка інклюзивних VR/AR-продуктів може здійснюватися у співпраці з фахівцями з інклюзивної освіти, реабілітологами, логопедами, психологами, а також із залученням самих студентів-учасників програм інклюзивної освіти. Інклюзивність VR/AR-навчання – це не факультативна опція, а етична, педагогічна та правова норма сучасної цифрової освіти, що забезпечує доступність, гідність та повноцінну

участь усіх студентів у навчальному процесі. Її реалізація в межах Центру імерсивних технологій НУ «Чернігівська політехніка» є стратегічно важливим кроком у побудові справедливого, рівного та соціально відповідального університетського середовища.

Оцінювання ефективності VR/AR-навчання: принципи, методи, інструменти. Ефективне впровадження VR/AR-технологій в освітній процес потребує не лише якісного педагогічного дизайну, а й системи вимірювання результатів, яка дозволяє оцінити, наскільки використання імерсивного середовища сприяє досягненню освітніх цілей. Оцінювання в контексті VR/AR має бути багаторівневим, формативним, автентичним і аналітично обґрунтованим, враховуючи особливості взаємодії студента з цифровим простором. Ключовими принципами оцінювання VR/AR-навчання є:

1. Вимірювання навчальних досягнень відповідно до рівнів таксономії Блума. Оцінювання має охоплювати не лише відтворення знань (знання – розуміння), а й вищі когнітивні рівні: застосування, аналіз, синтез та оцінювання. VR/AR дає змогу оцінювати саме ці складні рівні завдяки моделюванню ситуацій, які потребують прийняття рішень, критичного мислення та творчого підходу.
2. Формативний характер оцінювання. Замість лише фінального результату акцент робиться на оцінюванні процесу навчання – як студент приймає рішення, які стратегії використовує, наскільки послідовно діє, як адаптується до нових умов. Система має бути чутливою до динаміки прогресу.
3. Автентичність та професійна релевантність. Завдання у VR/AR-середовищі мають бути максимально наближені до реальних ситуацій професійної діяльності. Наприклад, для студента-реабілітолога критерієм може бути не просто «правильна відповідь», а доцільність обраного протоколу, логіка дій, етичність і відповідність клінічній ситуації.
4. Мультикритеріальність і прозорість. Критерії оцінювання мають бути чітко визначені, відомі студенту заздалегідь і охоплювати як когнітивний компонент (знання), так і практичний (навички), а також поведінковий (рішення, комунікація, рефлексія).

Типи оцінювання результатів VR/AR-навчання, які можуть бути використані:

- Діагностичне (вхідне) оцінювання. Перед зануренням у VR/AR-модуль студент проходить короткий тест або вправу, яка визначає його початковий рівень знань і готовності. Це дозволяє адаптувати складність сценарію та визначити зону найближчого розвитку.
- Формативне (процесуальне) оцінювання. Реалізується у процесі виконання симуляції через вбудовані механізми: система аналізує вибір студента, послідовність дій, помилки, час реакції, частоту звернення до підказок. Дані візуалізуються у вигляді графіків, діаграм, звітів.
- Сумативне (підсумкове) оцінювання. Наприкінці модуля студент отримує комплексну оцінку за низкою критеріїв: правильність дій, ефективність, час

виконання, стратегія, відповідність стандарту. Це може бути бал, рейтинг, рівень досягнення цілі, сертифікат компетентності.

- Рефлексивне оцінювання. Передбачає самооцінку студентом власного досвіду: що вдалося, що було складним, які навички вдалося розвинути, що можна покращити. Це важливий компонент у системі компетентнісного підходу до освіти.
- Оцінювання впливу VR/AR на навчальний результат. Порівняльний аналіз груп, які працювали з VR/AR і без нього (контрольна/експериментальна), дозволяє визначити приріст навчальних результатів, мотивації, когнітивного залучення. Доцільним є анкетування, глибинні інтерв'ю, якісні опитування, інструменти аналітики LMS.

Оцінювання ефективності навчання в умовах використання технологій віртуальної та доповненої реальності передбачає застосування низки спеціалізованих інструментів, які дають змогу фіксувати результати освітньої діяльності не лише у підсумковому вимірі, а й у процесі виконання завдань. Важливе місце у цій системі посідають вбудовані аналітичні модулі, які інтегруються в програмне забезпечення VR/AR-платформ. Вони дозволяють здійснювати безперервний моніторинг поведінки користувача: фіксувати кількість дій, час перебування на кожному етапі симуляції, кількість помилок, частоту використання допоміжних елементів, навігаційні траєкторії та інші параметри. Така аналітика є основою для об'єктивної оцінки активності студента, його прогресу, труднощів та навичок саморегуляції.

Одним із провідних інструментів є цифрові рубрики оцінювання, які дають змогу заздалегідь структурувати критерії оцінки навчального результату. Ці рубрики можуть включати як кількісні показники (наприклад, тривалість виконання, кількість правильних відповідей), так і якісні (логіка рішень, ефективність, аргументованість дій, здатність до рефлексії). Формування цифрових рубрик забезпечує прозорість і справедливість оцінювання, а також полегшує зворотний зв'язок між викладачем і студентом.

Автоматизовані чек-листи виступають засобом як самоперевірки для студента, так і інструментом асинхронного контролю з боку викладача. Вони дозволяють студенту оцінити власні дії за встановленими параметрами після завершення симуляції, а викладачеві – швидко здійснити перевірку кількох студентів без потреби прямого втручання в їхню віртуальну активність. Така гнучка модель сприяє масштабуванню VR/AR-освіти в умовах обмеженого людського ресурсу.

Окреме місце посідає візуалізація навчального прогресу. Це можуть бути графіки, діаграми, динамічні дашборди, які демонструють траєкторію навчання кожного студента: успішність у модулях, ступінь оволодіння навичками, рейтинг у межах академічної групи, індивідуальні досягнення та зони для покращення. Такі засоби не лише інформують студента, а й створюють передумови для метапізнання та саморефлексії, формують усвідомлену мотивацію до навчання.

VR-асесмент-симуляції являють собою окремий формат контрольних VR-модулів, які спеціально створені для перевірки сформованих навичок у новому контексті, відмінному від навчального. Вони не містять підказок, супровідних

інструкцій або допоміжних елементів, натомість імітують реальну ситуацію професійної діяльності, що вимагає самостійності, швидкості реакції, адаптації та прийняття рішень. Результати таких симуляцій є особливо цінними, оскільки засвідчують не лише рівень знань, а й здатність студента ефективно діяти в умовах невизначеності, що є критерієм професійної зрілості.

Таким чином, поєднання аналітичних інструментів, якісних і кількісних методик, засобів саморефлексії та адаптивних контрольних модулів забезпечує повноцінну систему оцінювання в середовищі VR/AR-навчання, що відповідає принципам сучасної університетської освіти та забезпечує об'єктивність, інформативність і педагогічну цінність результатів.

Системне впровадження оцінювання ефективності VR/AR-модулів у межах навчального процесу Національного університету «Чернігівська політехніка» відіграє ключову роль у підтвердженні якості та доцільності цифрової трансформації освіти. Такий підхід дозволяє перейти від декларативного використання інновацій до емпірично підтверджених результатів, заснованих на даних. Доказовість ефективності полягає не лише у фіксації фактів впровадження технологій, а у здатності показати реальний вплив VR/AR на навчальні досягнення, мотивацію студентів, розвиток компетентностей і готовність до професійної діяльності.

Одночасно з цим, наявність цілісної системи оцінювання створює передумови для зворотного зв'язку – як у межах студентської аудиторії, так і серед розробників навчального контенту та викладачів. Аналіз результатів взаємодії студентів з VR/AR-модулями дозволяє оперативно виявляти слабкі місця в дизайні симуляцій, визначати ті елементи, які викликають труднощі у засвоєнні, та коригувати педагогічні сценарії відповідно до реального досвіду користувачів. Це сприяє підвищенню якості VR/AR-розробок, адаптації контенту до потреб студентів і покращенню дидактичної ефективності. Реалізація системи оцінювання VR/AR-компонентів у навчальному процесі також формує інституційну культуру оцінювання інновацій, що ґрунтується на систематичному зборі, аналізі та використанні аналітичних даних. Університет стає не лише місцем впровадження новітніх рішень, а й середовищем їх рефлексивного осмислення, що підвищує його академічну автономію, управлінську ефективність і стратегічну гнучкість. Освітні інновації, таким чином, перестають бути експериментальними рішеннями й набувають статусу керованих, підконтрольних і вимірюваних інструментів розвитку.

Виведення університету на рівень data-informed educational design – це перехід до прийняття освітніх рішень, що базуються не на інтуїції чи формальних звітах, а на глибокій аналітиці, верифікованих результатах навчання, зворотному зв'язку від користувачів, порівняльних дослідженнях. Такий підхід відповідає міжнародним стандартам аналітичної освіти, сприяє академічній репутації університету, відкриває можливості для участі в глобальних освітніх проєктах і підтверджує лідерські позиції НУ «Чернігівська політехніка» в напрямі цифрової трансформації та імерсивного навчання.

2. ПРИНЦИПИ ІНТЕГРАЦІЇ VR/AR У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ДЛЯ НУ “ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

2.1. Особливості імплементації технологій віртуальної та доповненої реальності в навчальний процес

Інтеграція технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) у навчальний процес Національного університету “Чернігівська політехніка” є складним, але надзвичайно важливим завданням, яке вимагає дотримання певних принципів для забезпечення їхньої ефективності та результативності. Передусім, впровадження VR/AR має базуватися на реальних потребах навчального процесу та відповідати освітнім цілям університету. Наприклад, для факультету комп’ютерних наук інтеграція VR може включати моделювання програмного забезпечення в реальних сценаріях, тоді як факультет архітектури може використовувати візуалізацію проектів у тривимірному просторі. Важливо також, щоб використання VR/AR стимулювало активну участь студентів у навчальному процесі. Це може бути досягнуто через інтерактивні завдання, симуляції та проекти, які спонукають до колаборації та обміну ідеями. Наприклад, студенти можуть працювати в командах над спільними проектами, використовуючи VR для віртуального моделювання, що сприятиме розвитку їхніх практичних навичок і командної роботи.

Крім того, технології VR/AR повинні забезпечувати високий рівень інтерактивності, що дозволяє студентам зануритися в навчальний матеріал. Це може включати віртуальні лабораторії, де студенти можуть проводити експерименти, або AR-додатки, що надають додаткову інформацію під час вивчення теоретичних концепцій. Доступність і універсальність інтеграції VR/AR також є важливими аспектами, адже вона повинна бути доступною для всіх студентів, незалежно від їхніх фізичних можливостей чи фінансового стану. Наприклад, розробка мобільних AR-додатків, які студенти можуть використовувати на своїх пристроях, стане ефективним рішенням.

Для успішного впровадження VR/AR важливо забезпечити належну підготовку та підтримку викладачів, які інтегрують ці технології у свої курси. Організація тренінгів і семінарів, обмін досвідом між викладачами, які вже використовують ці технології, допоможуть створити сприятливе середовище для впровадження інновацій. Оцінка навчання і зворотний зв’язок від студентів щодо використання VR/AR є невід’ємною частиною цього процесу, оскільки вони дозволяють відстежувати ефективність навчання та виявляти сильні і слабкі сторони інтеграції технологій.

Нарешті, інтеграція VR/AR у навчальний процес є динамічним процесом, що вимагає постійного вдосконалення. Університет повинен бути відкритим до нових ідей та технологій, які можуть покращити навчання, а також активно вивчати досвід інших навчальних закладів і підприємств, що вже реалізують VR/AR у своїй практиці. Застосування цих принципів у Національному університеті “Чернігівська політехніка” дозволить ефективно інтегрувати технології VR/AR у навчальний процес, забезпечуючи студентам доступ до

сучасних методів навчання та готуючи їх до викликів, які постають у їхній професійній діяльності.

Алгоритм адаптації програм навчальних дисциплін до використання імерсивних технологій передбачає поетапний, системно впорядкований процес інтеграції VR/AR у зміст, структуру та методичне забезпечення освітнього процесу. Цей процес має бути науково обґрунтованим, методично вивіреним і організаційно підтриманим, з урахуванням специфіки конкретної галузі знань, рівня підготовки здобувачів освіти, технічних можливостей закладу вищої освіти та нормативних вимог до розробки освітніх програм. У контексті діяльності Національного університету «Чернігівська політехніка» та його структурного підрозділу Центру імерсивних технологій, алгоритм адаптації має ґрунтуватися на принципах міждисциплінарності, практико-орієнтованості, студентоцентризму й інституційної відповідальності за якість освіти. Цей алгоритм забезпечує послідовність, відповідність академічним вимогам та педагогічну доцільність інтеграції імерсивних технологій у навчання.

Етапи адаптації програм навчальних дисциплін до використання імерсивних технологій наступні:

1. Аналіз чинної навчальної дисципліни з метою виявлення її потенціалу для інтеграції VR/AR-компонентів.
2. Визначення освітніх цілей VR/AR-модуля та їх узгодження з очікуваними результатами навчання дисципліни відповідно до освітньої програми.
3. Розробка педагогічного сценарію VR/AR-компонента із чітко визначеною структурою: інтродукція, орієнтація, взаємодія, рефлексія, оцінювання.
4. Співпраця з командою розробників (ІТ-фахівці, методисти, дизайнери) для технічної реалізації імерсивного контенту на основі педагогічного задуму.
5. Тестування VR/AR-модуля у пілотному форматі для перевірки відповідності цілей, педагогічної доцільності, когнітивної навантаженості та доступності.
6. Інтеграція модуля в робочу програму дисципліни: оновлення силабусу, методичних рекомендацій, форм оцінювання та інструкцій.
7. Моніторинг і оцінювання ефективності використання VR/AR у навчальному процесі з подальшим удосконаленням або масштабуванням моделі.

Процес починається з аналітичного перегляду чинної навчальної дисципліни. На цьому етапі здійснюється аналіз мети, завдань, результатів навчання, змістових модулів та існуючих форм організації навчання. Визначається потенціал дисципліни до візуалізації, симуляції або моделювання за допомогою імерсивних технологій. Окрему увагу приділяють виокремленню тих тем або розділів, у яких використання VR/AR може забезпечити підвищення ефективності навчання порівняно з традиційними методами. Це можуть бути, наприклад, фрагменти навчального матеріалу, що пов'язані з тривимірним простором, технологічними процесами, біомеханічними функціями, архітектурними конструкціями або складними когнітивними структурами.

Після цього формується педагогічне завдання – визначення навчальної цілі імерсивного компонента. У цьому контексті важливо встановити, які саме

результати навчання мають бути досягнуті через VR/AR-досвід: знання, уміння, навички, критичне мислення, емоційна емпатія, рефлексія або професійне судження. Освітній ефект VR/AR-модуля повинен бути чітко співвіднесений з очікуваними результатами дисципліни, записаними в освітній програмі, і відповідати Національній рамці кваліфікацій.

Наступним кроком є розробка сценарію VR/AR-модуля, який інтегрується до структури дисципліни. Сценарій повинен мати навчальну мету, послідовну логіку, адаптовану складність, інструменти оцінювання і механізми зворотного зв'язку. Педагогічна структура сценарію має включати етапи інтродукції, орієнтації, виконання завдання, рефлексії та підсумкової оцінки. Важливо забезпечити відповідність контенту принципам когнітивної ергономіки, адаптивності, інклюзивності й контекстуальної автентичності.

У рамках цього етапу також проводиться співпраця викладача з командою розробників – фахівцями з освітніх технологій, програмістами, дизайнерами 3D-графіки, методистами. Їхнє завдання – трансформувати педагогічну ідею в технічно реалізований VR/AR-продукт, оптимізований під відповідну платформу або пристрій, із врахуванням технічних обмежень та особливостей цільової аудиторії.

Далі відбувається техніко-педагогічне тестування VR/AR-модуля. Його мета – перевірити, чи відповідає імерсивний сценарій заявленим цілям, чи не створює він надмірного когнітивного навантаження, чи працює коректно з технічного боку, чи є доступним для всіх студентів. Проводиться апробація у пілотній групі з подальшим збором відгуків, внесенням коригувань, уточненням методичних вказівок.

Після успішного тестування VR/AR-компонент вписується в офіційний робочий план навчальної дисципліни. Оновлюється силабус, формулюються нові або адаптовані результати навчання, вказуються форми поточного та підсумкового контролю, описуються методи взаємодії студентів з імерсивним середовищем. Розробляються методичні рекомендації для студентів та інструкції для викладача.

На завершальному етапі здійснюється моніторинг ефективності впровадженого VR/AR-модуля протягом одного або кількох семестрів. Використовуються інструменти оцінювання результатів, аналізу взаємодії, опитування студентів, самооцінка та аналітичні звіти. За результатами моніторингу приймається рішення щодо масштабування досвіду на інші дисципліни, його поглиблення або удосконалення.

Таким чином, адаптація навчальних дисциплін до використання VR/AR-технологій є складним, поетапним процесом, що поєднує педагогічну експертизу, технологічну розробку, нормативну верифікацію та рефлексивне оцінювання. Такий підхід дозволяє забезпечити якісну інтеграцію імерсивних технологій у вищу освіту та створити передумови для сталого розвитку інноваційного освітнього середовища.

Методика оцінювання ефективності використання імерсивних технологій в освітньому процесі

Оцінювання ефективності використання імерсивних технологій у навчальному процесі вимагає комплексної методики, яка враховує багатовимірну природу VR/AR-взаємодії, її педагогічні, когнітивні, психологічні та технологічні аспекти. Така методика повинна не лише фіксувати результати, але й забезпечувати зворотний зв'язок, слугувати основою для вдосконалення освітнього дизайну, а також дозволяти порівнювати результати навчання у VR/AR-середовищах із традиційними формами викладання.

Методика оцінювання ефективності VR/AR-навчання може бути адаптована до потреб НУ «Чернігівська політехніка» на рівні факультетів, кафедр і окремих освітніх компонентів та базується на принципах доказового підходу в освіті, що передбачає використання об'єктивних, валідних і надійних індикаторів для оцінювання якості освітніх інновацій. Вона поєднує кількісні та якісні методи, аналітику даних, а також спирається на чотири базові критерії ефективності:

- досягнення очікуваних результатів навчання;
- зростання когнітивної залученості;
- розвиток професійних і цифрових компетентностей;
- задоволеність студентів освітнім досвідом.

Основні компоненти методики оцінювання мають передбачати:

1. Оцінювання навчальних результатів. Цей компонент передбачає порівняльний аналіз успішності студентів до та після використання VR/AR-модуля. Для цього використовуються вхідне (діагностичне) та вихідне (сумативне) тестування. Застосовуються стандартизовані тести, рубрики оцінювання, експертні протоколи оцінки практичних дій у VR-середовищі.

2. Аналіз поведінкових показників у VR/AR-середовищі. Використовується лог-аналіз дій студента в симуляціях: кількість помилок, тривалість виконання завдань, послідовність дій, використання допоміжних функцій, тип обраної стратегії. Це дозволяє виявити не лише результати, а й процесуальні аспекти навчання, що є ключовими для компетентнісного підходу.

3. Когнітивна залученість і мотивація. Застосовуються анкети, психометричні шкали (наприклад, Intrinsic Motivation Inventory, Flow Short Scale), які дозволяють оцінити рівень мотивації, зосередженості, емоційного залучення та суб'єктивного сприйняття складності завдань у VR/AR. Важливим є також вимір задоволеності дизайном, зручністю взаємодії, графікою, зворотним зв'язком.

4. Рефлексивна оцінка студентами освітнього досвіду. Проводиться шляхом аналізу рефлексивних звітів, електронних журналів, які студенти заповнюють після проходження VR/AR-сценаріїв. Особливу цінність має виявлення точок “навчального прориву”, тобто моментів, коли студент змінює уявлення, формує нову навичку або здобуває розуміння через віртуальний досвід.

5. Порівняльний аналіз з традиційними методами навчання. Використовується експериментальний дизайн: зіставлення результатів навчання

студентів, які проходили той самий модуль у традиційній формі та у VR/AR-форматі. Це дозволяє зробити висновки щодо переваг або обмежень імерсивних технологій щодо конкретного змісту чи типу компетентності.

6. Експертна оцінка викладачів і методистів. Передбачає проведення фокус-груп, експертного оцінювання контенту, методичних матеріалів, технічної реалізації VR/AR-продукту. Це дозволяє фіксувати як дидактичну ефективність, так і технологічну відповідність.

2.2. Можливості VR/AR для освітнього процесу НУ «Чернігівська політехніка»

Імерсивні технології, зокрема віртуальна та доповнена реальність, відкривають принципово нові горизонти у трансформації змісту, форм та інструментів навчання. Вони створюють умови для побудови динамічного, гнучкого та студентоцентричного освітнього середовища, в якому знання набуваються через активну взаємодію, симуляцію, досвід та рефлексію. Переваги VR/AR для освіти проявляються як у змістовому наповненні навчання, так і в педагогічному процесі – від мотивації студентів до підвищення ефективності формування професійних компетентностей. Імерсивні технології можуть бути інтегровані практично в усі галузі знань. У технічних спеціальностях VR/AR використовуються для візуалізації складних інженерних механізмів, симуляції виробничих процесів, аналізу конструкцій у тривимірному середовищі. Студенти інженерних і IT-напрямів можуть моделювати структури, тестувати алгоритми, проводити віртуальні експерименти у цифрових лабораторіях, що значно знижує вартість матеріалів і підвищує безпеку навчання.

Імерсивні технології, зокрема віртуальна та доповнена реальність, відкривають нові можливості для технічної освіти, у межах якої провідну роль відіграє візуалізація, просторове мислення, експериментально-практична діяльність та симуляційне навчання. Саме в цій галузі VR/AR знаходять найбільш системне і функціональне застосування, оскільки дозволяють моделювати складні технічні об'єкти, процеси й системи у безпечному, керованому та гнучко налаштованому віртуальному середовищі.

У контексті інженерних спеціальностей VR/AR-технології дають змогу вивчати конструкцію та функціонування машин, механізмів, пристроїв у тривимірному форматі з можливістю занурення у внутрішню структуру об'єкта. Студенти можуть розглядати об'єкт з будь-якого ракурсу, аналізувати рухомі частини, взаємодіяти з окремими елементами (розбирати, збирати, модифікувати) без ризику пошкодження обладнання. Такий підхід суттєво поглиблює розуміння технічної логіки, принципів побудови механізмів та їх функціонального призначення. У рамках виробничих спеціальностей, пов'язаних з автоматизацією, мехатронікою або машинобудуванням, VR/AR забезпечують симуляцію технологічних процесів у повному циклі – від подачі сировини до отримання готового продукту. Студент може спостерігати процес у

реальному часі, регулювати параметри, імітувати виробничі збої, навчатися приймати рішення у критичних ситуаціях, що у звичайних лабораторіях потребувало б дороговартісного або потенційно небезпечного обладнання. Для ІТ-напрямів і прикладної інформатики VR/AR є середовищем реалізації практик з комп'ютерної графіки, програмування віртуальної реальності, створення інтерактивних цифрових продуктів, а також тестування алгоритмів штучного інтелекту, комп'ютерного зору, моделювання користувацьких інтерфейсів. У такому форматі студенти не лише виступають споживачами VR/AR, а й розробниками, що дозволяє формувати метакомпетенції – навички створення імерсивного контенту, управління багатовимірними даними, роботу з API, скриптами та тривимірним дизайном.

VR/AR-технології забезпечують можливість створення цифрових лабораторій, у яких можна проводити експерименти з фізики, електротехніки, гідравліки, термодинаміки тощо. Такі лабораторії не залежать від матеріального ресурсу, є доступними у будь-який час, можуть відтворювати десятки варіацій експериментів і автоматично фіксувати результати. Це дає змогу значно розширити навчальні можливості без потреби у додаткових капіталовкладеннях. Варто окремо підкреслити роль VR/AR у підготовці студентів до роботи з цифровими двійниками (digital twins) – віртуальними моделями реальних об'єктів і систем, які відображають їхню поведінку в реальному часі. Такий підхід використовується в авіації, енергетиці, будівництві, телекомунікаціях. Освоєння принципів побудови, тестування та керування цифровими двійниками дозволяє студентам НУ «Чернігівська політехніка» бути конкурентоспроможними на глобальному ринку праці, особливо в умовах впровадження індустрії 4.0.

Значною перевагою VR/AR є зменшення вартості навчання при одночасному підвищенні його безпечності. В умовах обмеженого доступу до матеріальної бази, дорогого обладнання або небезпечних технічних процесів, імерсивні технології забезпечують безризикове навчання в умовах, максимально наближених до виробничих. Крім того, вони дозволяють реалізовувати навчання за принципом «навчання через дію», що відповідає сучасній парадигмі практико-орієнтованої освіти.

Таким чином, інтеграція VR/AR у технічні дисципліни забезпечує якісно новий рівень інженерної підготовки, в якій знання, уміння та навички формуються у середовищі, що імітує реальні умови майбутньої професійної діяльності. Це підвищує не лише академічні результати, а й рівень готовності випускників до викликів цифрової економіки та техноцентричного ринку праці.

У галузі фізичної терапії та реабілітації VR-середовища слугують для відпрацювання навичок клінічного мислення, планування реабілітаційних втручань, аналізу стану пацієнта та симуляції індивідуальних протоколів терапії. Доповнена реальність дозволяє виводити медичні чи анатомічні дані в реальному просторі, поєднуючи візуальні моделі з фізичною активністю студента або пацієнта. У галузі фізичної терапії та реабілітації застосування технологій віртуальної та доповненої реальності створює новий рівень професійної підготовки фахівців, які працюють у сфері відновного лікування, соматичного

здоров'я та рухової активності. Імерсивне навчальне середовище дозволяє не просто вивчати анатомію, біомеханіку чи клінічні протоколи, а формувати клінічне мислення через симульовану практику, що моделює умови реального терапевтичного втручання. Студенти занурюються у змодельовані ситуації, де мають оцінити стан умовного пацієнта, зібрати анамнез, провести функціональну діагностику та обрати відповідну програму відновлення.

Віртуальні середовища дають змогу працювати з цифровими моделями пацієнтів, які реагують на дії користувача, відображаючи динаміку руху, больові сигнали, функціональні обмеження. Це створює ефект реалістичної клінічної симуляції, у якій студент не просто застосовує алгоритми, а має враховувати індивідуальні характеристики віртуального пацієнта. Кожен сценарій передбачає багатоваріантність дій, що дозволяє відпрацьовувати не лише рутинні процедури, а й приймати рішення в ситуаціях невизначеності, що наближає студентське навчання до реального професійного досвіду.

У цьому контексті особливу роль відіграє доповнена реальність, яка дозволяє накладати анатомічні, біомеханічні або клінічні дані безпосередньо на тіло пацієнта або студента під час практичних занять. За допомогою AR-додатків можливо виводити в реальному часі моделі м'язів, кісток, нервових шляхів, кутів згинання та інших показників, що дозволяє значно покращити розуміння просторових і функціональних взаємозв'язків у тілі людини. Це особливо ефективно при вивченні кінезіології, неврології, ортопедії та мануальних технік.

Віртуальні тренажери також можуть бути використані для формування технічних навичок: відпрацювання технік мобілізації, масажу, постізометричної релаксації, роботизованої терапії тощо. Імерсивне середовище дає змогу не лише навчити базовим процедурам, а й оцінити точність виконання руху, дотримання послідовності дій, силу натискання, положення рук. Системи зворотного зв'язку фіксують помилки, пропонують корекцію, дозволяють порівнювати дії студента з еталонною моделлю. Це створює умови для автономного навчання та самоконтролю, що особливо важливо в умовах обмеженого доступу до клінічної практики. Крім того, VR/AR-сценарії сприяють розвитку комунікативної компетентності, оскільки моделюють ситуації взаємодії з пацієнтами: пояснення процедури, реакція на тривожність, емпатичне слухання, врахування психологічного стану людини, що потребує відновлення. Такі симуляції важко відтворити у звичайному аудиторному форматі, але вони є ключовими для формування професійної етики та психологічної стійкості майбутніх фахівців з фізичної терапії.

Таким чином, VR/AR-технології у підготовці реабілітологів та фахівців з фізичної терапії дозволяють перейти від демонстративного та репродуктивного навчання до моделювання професійного досвіду, що відповідає реаліям медико-соціальної практики, потребам індивідуалізації відновлювального втручання та принципам безпечного, контрольованого, гнучкого освітнього середовища. Такий підхід суттєво підвищує якість підготовки кадрів у галузі охорони здоров'я та соціального добробуту.

У гуманітарній сфері VR надає можливість вивчати культурну спадщину, історичні реконструкції, географічні простори, філософські концепції в

об'ємному інтерактивному форматі. Наприклад, студент історичного напрямку може віртуально «відвідати» місця археологічних розкопок або культурні пам'ятки у їхньому історичному вигляді. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності у гуманітарних науках створює нові можливості для поглибленого, наочного та емоційно залученого засвоєння знань, які традиційно спираються на текстову або лекційну подачу матеріалу. Завдяки VR/AR-середовищам абстрактні філософські категорії, історичні події, культурна спадщина, мистецькі феномени та географічні структури можуть бути представлені у вигляді тривимірних, взаємодійних моделей, що не лише ілюструють теоретичний матеріал, а й забезпечують ефект присутності у відповідному історико-культурному або природному контексті.

Для студентів політологічних, історичних і культурологічних спеціальностей VR-технології надають можливість віртуально «відвідати» об'єкти, які є недоступними через просторові або часові обмеження. Наприклад, за допомогою історичної реконструкції можна здійснити подорож до часів Київської Русі, побачити структуру та функціонування середньовічного міста, опинитися на території археологічного розкопу у його реконструйованому вигляді, простежити етапи формування українського козацтва або взаємодіяти з історичними фігурами у симульованому діалозі. Такий досвід активізує емоційну пам'ять, стимулює допитливість і глибше розуміння соціальних, політичних і культурних процесів.

Фахівці філологічного спрямування можуть використовувати VR/AR для створення мультимодальних середовищ, у яких вивчається літературний текст через занурення у простір, де відбуваються його події. Студент може аналізувати символи, інтерпретувати образи, працювати з контекстом, відчувати топографію сюжету як безпосередній простір пізнання. У курсах філософії VR дозволяє моделювати абстрактні структури мислення, поняттєві взаємозв'язки або культурні концепти в об'ємному форматі, що стимулює рефлексію, дискусію та розвиток критичного мислення.

Доповнена реальність також ефективно інтегрується у гуманітарну освіту через можливість проектувати культурні артефакти, епізоди історичних подій або архітектурні об'єкти на поверхні реального простору. Наприклад, студенти мистецтвознавства можуть у реальному часі аналізувати скульптури, картини, архітектурні стилі у доповненому вигляді без потреби фізичного доступу до музеїв або архівів. Це особливо актуально для вивчення спадщини, що частково втрачена або перебуває за межами країни.

У дисциплінах, пов'язаних з географією, регіоналістикою або урбаністикою, VR дозволяє здійснювати віртуальні експедиції, аналізувати топографію, рельєф, кліматичні зони, типи поселень, просторову організацію міст. Студент може досліджувати глобальні геополітичні процеси або екологічні проблеми, перебуваючи у віртуальному відтворенні обраного регіону.

Загалом імерсивні технології у гуманітарній сфері забезпечують не лише підвищення мотивації до навчання, а й формують нову якість розуміння складних соціокультурних явищ. Вони відкривають можливість для міжпредметної інтеграції, залучення елементів цифрової гуманітаристики,

сприяють збереженню та популяризації національної спадщини, а також активізують діалог між культурними традиціями. У контексті реалізації інноваційних освітніх програм в НУ «Чернігівська політехніка» такі підходи можуть суттєво поглибити зміст гуманітарної підготовки, зробивши її актуальною, візуально насиченою та методологічно модернізованою.

У сфері дизайну, образотворчого мистецтва й архітектури AR/VR використовується для створення віртуальних макетів, аналізу композиції, 3D-візуалізації об'єктів, моделювання простору. Це значно розширює можливості практичного навчання, даючи змогу працювати в інтерактивному середовищі з необмеженим набором інструментів. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності у сфері дизайну, образотворчого мистецтва та архітектури сприяє радикальному розширенню меж візуального мислення, просторового моделювання та експериментального проєктування. Ці технології змінюють не лише засоби творчої діяльності, а й саму природу художньо-конструкторського процесу, який набуває інтерактивного, мультимодального та адаптивного характеру.

У підготовці дизайнерів VR/AR-середовища слугують платформами для створення віртуальних макетів і прототипів, які студент може візуалізувати, модифікувати, аналізувати в режимі реального часу. Такі макети не обмежуються статичним відображенням форми – вони дозволяють змінювати колір, фактуру, масштаб, освітлення, матеріали, кут огляду. Цифрове середовище функціонує як майстерня без фізичних обмежень, де можливо створити десятки варіантів однієї концепції, протестувати її у різних умовах та інтерактивно порівняти результати. Це істотно розширює репертуар технік, з якими працює студент, і сприяє розвитку проєктного мислення.

У галузі архітектури VR/AR-технології забезпечують реалістичне моделювання архітектурного простору, що дозволяє створювати повноцінні віртуальні об'єкти – будівлі, інтер'єри, міські структури, ландшафти – з можливістю занурення у них. Студенти можуть «пересуватися» по власному проєкту, оцінювати його масштаб, ергономіку, світлотіньові характеристики, пропорції, вплив на навколишнє середовище. Це значно перевищує можливості традиційного креслення чи навіть звичайної 3D-візуалізації, оскільки дає ефект присутності та взаємодії. У процесі навчання архітекторів надзвичайно цінним є те, що VR дозволяє моделювати об'єкти ще до їхнього фізичного будівництва, уникати помилок на етапі проєктування, враховувати антропометричні, естетичні та технічні параметри.

Доповнена реальність у підготовці дизайнерів інтер'єру або промислових дизайнерів використовується для виведення створених об'єктів у фізичний простір. За допомогою AR-додатків студент може «розмістити» розроблений предмет меблів, декору чи елемент навігації в реальному приміщенні, оцінити його масштабність, колірну відповідність, інтеграцію у просторову композицію. Це сприяє розвитку критичного мислення, здатності до аналізу композиції та концептуальної гнучкості.

У образотворчому мистецтві VR/AR відкривають нові засоби для цифрової живописної і скульптурної практики. Студенти можуть працювати з об'ємними

кистями, віртуальними площинами, експериментувати з кольорами та формами без ризику пошкодити фізичний носій. Віртуальні мистецькі середовища дозволяють створювати тривимірні композиції, інсталяції, перформативні проекти з інтерактивною взаємодією глядача. Такий досвід розширює уявлення про межі художнього твору, а також формує навички мультимедійної виразності.

Значну роль VR/AR відіграють у формуванні портфоліо та презентації проектів. Університетські курси можуть включати створення віртуальних виставкових просторів, у яких студенти розміщують свої роботи, проводять віртуальні презентації, створюють інтерактивні артбуки. Це формує навички публічного представлення, візуального сторітелінгу та цифрової комунікації – необхідних компетентностей для сучасного дизайнера. Завдяки VR/AR-технологіям зникають межі між уявним і візуалізованим, а студенти отримують можливість навчатися через безпосередній досвід створення, просторової навігації, сенсорної взаємодії з об'єктами мистецтва. Водночас імерсивне середовище сприяє міждисциплінарності – художники співпрацюють з програмістами, архітектори з урбаністами, дизайнери з маркетологами. Це формує не лише фахові, а й соціальні, комунікативні та інноваційні навички.

У результаті VR/AR у сфері дизайну, архітектури й мистецтва не просто розширюють можливості практичного навчання – вони трансформують саму парадигму творчості, роблячи її більш відкритою, інтерактивною, експериментальною та актуальною до умов цифрової культури. У межах освітніх програм НУ «Чернігівська політехніка» впровадження таких рішень сприятиме підготовці нової генерації креативних фахівців, здатних створювати не лише форми, а й досвід, не лише об'єкти, а й середовища майбутнього.

У сфері економіки та менеджменту VR/AR дозволяють моделювати ринки, проводити бізнес-симуляції, аналізувати сценарії прийняття рішень, оцінювати ризики та розробляти антикризові стратегії. Студенти можуть працювати з кейсами в імерсивному режимі, що дозволяє глибше зрозуміти механізми функціонування складних економічних систем. У сфері економіки та менеджменту використання VR/AR-технологій відкриває нові підходи до практико-орієнтованої підготовки студентів, які мають формувати здатність до стратегічного мислення, аналітики, управлінського моделювання, прогнозування та ухвалення рішень в умовах невизначеності. Імерсивне середовище у цій галузі освіти виконує функцію цифрового тренажера економічного та управлінського мислення, в якому студенти не просто ознайомлюються з теорією, а занурюються в динаміку ринкових процесів і економічної взаємодії в реальному масштабі моделювання.

Віртуальна реальність дає змогу створювати інтерактивні бізнес-середовища, які імітують функціонування підприємств, галузей чи цілих макроекономічних систем. У таких симуляціях студент виконує роль підприємця, менеджера, фінансового аналітика або керівника відділу, приймаючи рішення щодо виробництва, логістики, маркетингу, фінансування, управління персоналом. Імерсивна система реагує на дії користувача – змінюються ключові показники, формуються альтернативні сценарії, відображаються наслідки рішень. Це створює середовище реалістичного

управлінського досвіду, у якому знання та навички формуються через безпосереднє моделювання складних економічних ситуацій. Використання доповненої реальності дозволяє проєктувати економічні процеси в реальному середовищі – наприклад, шляхом накладання моделей руху товару, елементів логістичного ланцюга або схем фінансових потоків на фізичні об'єкти чи приміщення. Це особливо ефективно при вивченні логістики, організації виробництва, управління запасами та інтегрованих бізнес-систем. AR-інструменти дозволяють аналізувати об'єкти у просторі, спостерігати за їх взаємодією та оцінювати ефективність запропонованих рішень.

У курсах з фінансового менеджменту та інвестицій VR/AR використовується для моделювання ринків капіталу, вивчення динаміки біржових операцій, формування інвестиційного портфеля, оцінки ризиків. Студенти можуть зануритися у змодельований ринок, спостерігати за коливанням цін, приймати рішення про купівлю-продаж активів, проводити фундаментальний і технічний аналіз в інтерактивному режимі. Такі симуляції формують практичні навички управління активами, оцінки вартості компаній, формування фінансової стратегії.

Окремий напрям – антикризове управління та бізнес-рішення в умовах невизначеності. VR дозволяє створити ситуації ризику – наприклад, раптовий обвал валютного курсу, зростання цін на ресурси, збій у поставках або репутаційна криза. Студенти мають не лише ідентифікувати проблему, а й швидко зреагувати, застосувати відповідні управлінські інструменти, комунікувати зі стейкхолдерами. Це формує навички стресостійкості, сценарного аналізу, кризового лідерства, які надзвичайно затребовані у сучасному бізнес-середовищі.

VR/AR також ефективно інтегрується у навчальні кейси та симуляції стратегічного менеджменту. Замість аналізу текстового кейсу студенти опиняються в імерсивному офісі, заводі чи корпоративній залі переговорів, де мають виконати управлінське завдання – провести SWOT-аналіз, презентувати стратегічний план, аргументувати інвестиційне рішення або здійснити оцінку конкурентоспроможності. Це дозволяє розвивати презентаційні, комунікативні, аналітичні та лідерські компетентності в умовах близьких до реальних управлінських викликів.

Для студентів, які вивчають цифрову економіку, підприємництво або бізнес-інформатику, VR/AR-технології слугують лабораторією тестування бізнес-моделей: у них є можливість створити власне віртуальне підприємство, провести А/В-тестування концепції, змодельовати поведінку споживача або здійснити аналіз життєвого циклу продукту.

В цілому, можна зазначити, що VR/AR-технології у сфері економіки та менеджменту забезпечують перехід від традиційного академічного викладу до моделі практико-орієнтованого, адаптивного, симулятивного навчання, що відповідає сучасним вимогам підготовки управлінців, аналітиків, фінансистів і підприємців у цифрову епоху. Для НУ «Чернігівська політехніка» це створює можливість формування нової якості освітнього середовища у напрямках бізнесу, економіки та управління.

Можна запропонувати наступні практичні рішення імплементації імерсивних технологій в навчальний процес НУ «Чернігівська політехніка». Так, у курсі з анатомії для реабілітологів може бути застосована віртуальна реконструкція опорно-рухового апарату людини, де студент взаємодіє з 3D-моделлю, досліджує м'язові групи, виконує віртуальні маніпуляції. У дисципліні з комп'ютерної інженерії можлива симуляція мікропроцесорів у тривимірному середовищі з можливістю тестування логічних операцій у реальному часі. У курсах з логістики або економіки студенти можуть працювати з віртуальними бізнес-сценаріями: управління ланцюгами постачання, прогнозування попиту, оптимізація витрат на прикладі моделювання діяльності підприємства. У курсі з графічного дизайну студенти створюють власні AR-об'єкти, які потім накладаються на фізичне середовище через мобільний додаток для аналізу в реальному масштабі. Вивчення історії чи соціології може включати віртуальні подорожі до епох і місць, які неможливо відвідати фізично, – наприклад, симуляція подій Української революції 1917–1921 років або досвід перебування в історичному просторі з ефектом повного занурення.

Таким чином, можливості VR/AR для освіти є багатовимірними та відкривають умови для переосмислення як змісту навчальних програм, так і способів взаємодії між викладачем і студентом. У контексті НУ «Чернігівська політехніка» використання VR/AR дозволяє не лише актуалізувати навчання, а й вибудувати інноваційне, міждисциплінарне та конкурентоспроможне освітнє середовище, орієнтоване на майбутнє.

2.3. Освітні переваги та цінність імерсивних технологій в освітньому процесі

Використання VR/AR-технологій в освітньому процесі дозволяє значно підвищити мотивацію студентів завдяки високому рівню залученості, гейміфікації та занурення у контекст. Освітній матеріал подається не у вигляді абстрактної інформації, а у вигляді взаємодії з проблемою, що наближена до реального професійного середовища. Використання VR/AR-технологій в освітньому процесі створює умови для глибокої мотиваційної трансформації навчальної взаємодії, оскільки дозволяє перейти від абстрактного, фрагментарного засвоєння знань до емоційно насиченого, контекстуального і сенсорно активного пізнання. Такий підхід забезпечує якісно новий рівень залученості студентів, що є критичним чинником ефективності сучасного навчання, особливо в умовах перенасиченості інформаційними потоками, скорочення уваги та зростання конкуренції за когнітивні ресурси студентської аудиторії.

VR/AR-середовище формує *ефект занурення (immersion)* – стан, за якого студент повністю включений у події, що розгортаються у віртуальному просторі. Завдяки просторовій присутності, сенсорному впливу, візуальній динаміці та можливості прямої взаємодії з об'єктами і сценаріями, навчання перестає бути споглядальним процесом і набуває характеру участі, дії, реагування. Саме така

форма залучення викликає підвищену мотивацію – як інструментальну (цільову), так і внутрішню (інтерес до процесу пізнання як такого).

Особливу роль у зростанні мотивації відіграє *гейміфікація* VR/AR-досвіду, тобто включення ігрових механік до освітнього контенту. Віртуальні симуляції можуть містити рівні складності, систему винагород, змагання, статусні досягнення, а також сюжетну драматургію, яка надає навчанню логіко-емоційної цілісності. За рахунок цього створюється мотиваційна структура, що стимулює активне проходження навчального шляху, незалежно від того, чи йдеться про майбутнього інженера, філолога або менеджера.

Ще одним джерелом мотивації є *контекстуальність і практична значущість* навчального досвіду у VR/AR. Студент опиняється не перед набором теоретичних понять, а в умовах професійної ситуації, що вимагає прийняття рішень, дій, оцінки ризиків, співпраці з іншими. Наприклад, у межах імерсивного середовища студент-реабітолог не просто вивчає анатомію, а здійснює діагностику, розробляє реабілітаційний план і бачить наслідки своїх втручань. Така ситуативна активність посилює відчуття професійної ідентичності й актуалізує мотивацію до майбутньої діяльності.

Крім того, VR/AR дозволяє задовольнити *потребу в автономії* – студент отримує можливість обирати темп, маршрут, спосіб взаємодії. Адаптивність середовища, варіативність сценаріїв і можливість експериментувати без страху зробити помилку сприяють формуванню внутрішньої навчальної мотивації, яка є основою для навчання впродовж життя.

І нарешті, імерсивні технології здатні змінювати *емоційний тонус навчання*. Замість монотонного сприйняття лекційного матеріалу студент переживає навчальні події, що викликають емоції – від цікавості й подиву до співпереживання чи здивування. Емоційно забарвлене пізнання пов'язане з глибшим запам'ятовуванням інформації, формуванням довготривалих асоціацій і особистісною значущістю знань.

В цілому, VR/AR-технології виступають інструментами системного посилення навчальної мотивації, оскільки одночасно впливають на когнітивний, емоційний та поведінковий рівні активності студента. Це дозволяє створювати в освітньому процесі атмосферу виклику, захоплення, відповідальності та професійної самореалізації.

Імерсивні технології активізують емоційно-когнітивні процеси, сприяють глибшому запам'ятовуванню інформації, розвитку критичного мислення, просторової уяви та міждисциплінарних зв'язків. Для викладача VR/AR відкривають можливості диференційованого підходу до студентів, адаптивного навчання та створення авторських інтерактивних курсів. Застосування імерсивних технологій у навчальному процесі має потужний вплив на емоційно-когнітивну сферу студента, що виявляється в активації внутрішніх психічних ресурсів, які забезпечують глибину, стійкість і гнучкість навчального досвіду. Такий вплив відбувається не ізольовано, а у взаємозв'язку з процесами сприймання, мислення, уваги, пам'яті, мотивації, уяви та саморефлексії. Передусім, VR/AR-середовище створює емоційно насичений простір взаємодії, який значно перевершує за ефективністю традиційні навчальні підходи. Завдяки

високому рівню візуальної, просторової та сенсорної деталізації, студент відчуває не лише наочність навчального об'єкта, а й психологічну присутність у змодельованому середовищі. Така присутність активізує глибші когнітивні процеси, зокрема механізми емоційного запам'ятовування, при якому інформація фіксується не лише на рівні знань, а на рівні особистісного переживання.

Робота у VR/AR-модулі спонукає студента до просторового мислення та уяви, що є ключовими когнітивними навичками у низці галузей – від технічних до гуманітарних. Наприклад, при дослідженні будови молекули або механізму студент не просто читає опис чи дивиться статичне зображення, а віртуально “переміщається” навколо об'єкта, досліджуючи його зсередини. Це забезпечує багатоканальне сприйняття інформації, що одночасно активізує візуальний, кінестетичний і логічний канали, сприяючи глибшому її закріпленню у пам'яті.

Важливим компонентом є розвиток критичного мислення. В імерсивному середовищі студент стикається з ситуаціями, де немає єдиного правильного варіанту відповіді – він повинен приймати рішення на основі аналізу, порівняння, узагальнення, прогнозування. VR-сценарії дають змогу змодельовати багатоетапну проблемну ситуацію, де студент не лише виконує завдання, а рефлексує свої дії, аналізує результати, оцінює альтернативні варіанти – саме ті когнітивні функції, що становлять основу критичного мислення.

Імерсивні технології також стимулюють міждисциплінарні зв'язки, оскільки майже завжди вимагають поєднання знань з кількох галузей. Наприклад, студент, який працює над AR-проєктом з вивчення анатомії, водночас залучає знання з фізіології, цифрової графіки, біомеханіки, латинської мови. Такий формат розвиває інтегральне мислення, сприяє формуванню цілісної картини об'єкта пізнання, що є критично важливим у добу складності, взаємозв'язків і мультидисциплінарності.

З боку викладача VR/AR-технології відкривають нові дидактичні можливості, передусім – можливість організовувати диференційоване та адаптивне навчання. У VR/AR-середовищі викладач може запропонувати студентам завдання різного рівня складності, змінювати темп і сценарій залежно від індивідуального прогресу, інтегрувати зворотний зв'язок, формувати персоналізовані освітні траєкторії. Це дозволяє враховувати когнітивні стилі, навчальні потреби та темп засвоєння знань кожного студента. Також імерсивні середовища є платформою для створення авторських інтерактивних курсів, які викладачі можуть самостійно або у співпраці з фахівцями з освітніх технологій наповнювати власним змістом. Такі курси виходять за межі статичної презентації знань і перетворюються на педагогічно продуману навчальну подорож, що базується на сценаріях занурення, проблемно-орієнтованих завданнях, моделюванні ситуацій та самостійній дії студента у віртуальному середовищі.

Крім того, VR/AR сприяють формуванню навичок XXI століття, зокрема комунікації, співпраці, креативності, гнучкості мислення та вміння працювати в цифровому середовищі. Це безпосередньо впливає на конкурентоспроможність

випускника на сучасному ринку праці. Імерсивні технології, зокрема VR (віртуальна реальність) та AR (доповнена реальність), виступають потужними засобами формування ключових навичок XXI століття, які в сучасній освітній парадигмі визнаються критично важливими для підвищення конкурентоспроможності випускника на глобальному ринку праці. Ці навички не є суто академічними чи предметно-специфічними – вони охоплюють когнітивну, соціальну, комунікативну й технологічну сфери, утворюючи комплекс *метакомпетентностей*, необхідних для адаптації до динамічного, цифрово трансформованого професійного середовища.

Передусім, використання VR/AR у навчанні *стимулює розвиток комунікативних навичок*, оскільки імерсивні середовища часто побудовані як багатокористувацькі або симульовані соціальні простори. У рамках таких середовищ студенти мають можливість вступати в комунікативні дії з віртуальними аватарами, цифровими агентами або іншими студентами. Наприклад, у VR-сценарії студенти можуть проводити віртуальні переговори, брати участь у командних проєктах, здійснювати модерацію онлайн-презентацій або працювати над кейсом у межах віртуального симуляційного центру. Цей формат вимагає чіткої артикуляції думок, вміння аргументувати, вести конструктивний діалог, проявляти вербальну і невербальну чутливість у віртуальному контексті.

Другим важливим аспектом є *розвиток навичок співпраці*, які у VR/AR середовищі набувають нового значення. В імерсивних проєктах студенти нерідко працюють у парах або командах, вирішуючи міждисциплінарні або комплексні завдання, які потребують колективного аналізу, розподілу ролей, узгодження стратегій. У VR-командній роботі віртуальний простір забезпечує спільне поле дій: учасники мають доступ до одних і тих самих візуальних об'єктів, документообігу, інструментів керування. Це дозволяє розвивати здатність працювати в команді, слухати інших, приймати компроміси, узгоджувати інтереси, керувати груповою динамікою – тобто формувати соціальний інтелект як частину професійної компетентності.

Важливу роль у VR/AR-освіті відіграє *креативність*, адже студент не лише отримує готовий контент, а й створює нові форми взаємодії, продукує віртуальні об'єкти, розробляє сценарії, модифікує середовище за власною логікою. У дизайнерських, архітектурних, програмувальних, педагогічних і навіть гуманітарних напрямках студенти можуть проєктувати власні імерсивні простори, використовуючи тривимірні моделі, анімацію, візуальні ефекти та інші інструменти цифрової творчості. У такий спосіб VR/AR сприяє формуванню *проєктного мислення*, естетичної інтуїції, вміння виходити за межі шаблонних рішень – ключових елементів креативного потенціалу.

Гнучкість мислення також посилюється в умовах VR/AR-досвіду, оскільки студент постійно стикається з новими, змінними або нелінійними ситуаціями, які потребують адаптації, переналаштування стратегії, швидкої реакції на візуальні й логічні стимули. У VR-сценаріях часто моделюються проблеми без чітко визначеної відповіді, що вимагає від студента вміння *змінювати перспективу*, поєднувати логіку й інтуїцію, реагувати на непередбачувані зміни умов. Така

навчальна динаміка розвиває когнітивну гнучкість, яка є основою інноваційності, підприємливості та здатності до безперервного навчання.

Нарешті, VR/AR є ідеальним середовищем для *розвитку цифрової компетентності*. У взаємодії з імерсивними платформами студент засвоює не лише контент, а й цифрові навички: навігацію у 3D-просторі, роботу з віртуальними інструментами, аналіз поведінкових даних, використання доповнених цифрових шарів, створення віртуальних презентацій, участь у віртуальних зустрічах. Усе це формує готовність до роботи в цифрово орієнтованих професійних середовищах, яка сьогодні є базовою вимогою в усіх секторах – від промисловості до культури.

Таким чином, застосування VR/AR у навчанні дає змогу не лише передати професійні знання, а й цілеспрямовано формувати ключові трансверсальні компетентності XXI століття. Ці компетентності, згідно з рамками Європейського простору вищої освіти та світовими освітніми трендами (UNESCO, OECD, World Economic Forum), визначають не просто академічну успішність, а професійну життєздатність випускника в умовах швидкозмінного, цифрового, взаємозалежного світу. Університет, що реалізує VR/AR як інструмент формування таких навичок, позиціонує себе як провідний суб'єкт інноваційної освітньої екосистеми.

3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКА МОДЕЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

3.1. Система адміністративного забезпечення впровадження VR/AR-технологій в освітній процес

Організаційно-управлінська модель передбачає розгортання структурованої, поетапної та інституційно вивіреної системи інтеграції імерсивних технологій на рівні освітньої політики, академічного управління та внутрішньої інфраструктури університету. У випадку Національного університету «Чернігівська політехніка» така модель базується на взаємодії ключових адміністративних, технологічних та педагогічних підрозділів, за координації з боку Центру імерсивних технологій.

Інтеграція VR/AR у навчальний процес не повинна залишатися ініціативою окремих викладачів або лабораторій – вона має бути закріплена як стратегічний напрям цифрової трансформації університету. Це потребує формального включення VR/AR у політику внутрішнього забезпечення якості освіти, розробки відповідних положень, методичних рекомендацій, стратегічних документів на рівні університету та факультетів. Серед ключових управлінських механізмів – включення VR/AR-компонентів у освітні програми, уніфіковані підходи до педагогічного дизайну імерсивних курсів, розробка стандартів оцінювання ефективності, а також фінансове та кадрове забезпечення реалізації відповідних ініціатив.

Інституційна політика має враховувати не лише академічні, а й технічні, етичні, безпекові аспекти використання VR/AR. Зокрема, доцільно створити нормативні рамки щодо обов'язкового тестування контенту перед впровадженням, захисту персональних даних користувачів, дотримання принципів інклюзивності та недискримінації у VR/AR-середовищах.

Роль ключових підрозділів університету у впровадженні VR/AR

Центр імерсивних технологій виконує функцію організаційного, методичного, консультаційного й дослідницького хабу. Його місія – координувати створення, адаптацію та впровадження VR/AR-рішень у навчальний процес. Центр розробляє сценарії використання VR/AR у дисциплінах різного спрямування, проводить тренінги для викладачів, тестує технологічні платформи, організовує пілотні проєкти, узагальнює досвід та формує аналітичні звіти для адміністрації. Цей Центр у структурі НУ «Чернігівська політехніка» є ключовим інституційним елементом, що забезпечує системне, цілеспрямоване та якісне впровадження VR/AR-технологій у навчальний процес. Його функції виходять далеко за межі технічного супроводу – це комплексна платформа інноваційно-педагогічного розвитку, організаційного посередництва та міждисциплінарного партнерства.

Насамперед, Центр виконує організаційну функцію, що передбачає координацію всіх етапів впровадження імерсивних технологій – від ініціації проєкту до його масштабування. Саме цей підрозділ акумулює інформацію про запити факультетів, технічні можливості, кадрову готовність, наявність контенту й інфраструктури. Центр формує поетапні дорожні карти адаптації навчальних дисциплін, організовує логістику між підрозділами, забезпечує зв'язок між розробниками, методистами та викладачами. Методична функція Центру зосереджена на розробці дидактичних моделей і сценаріїв застосування VR/AR у межах різних навчальних дисциплін. Фахівці Центру працюють над узгодженням навчальних цілей із можливостями імерсивного дизайну, створюють шаблони VR/AR-модулів, прописують етапи їх інтеграції у навчальні плани, формують рекомендації щодо педагогічного сценарію. Вони забезпечують супровід викладача в процесі проєктування навчального середовища, допомагають у формулюванні результатів навчання, адаптують завдання до особливостей віртуального простору, забезпечують зворотний зв'язок щодо ефективності використання контенту. Консультаційна роль Центру реалізується через проведення індивідуальних і групових консультацій, серій тренінгів, воркшопів і вебінарів для викладачів і студентів. Центр виступає у ролі наставника для педагогів, які вперше стикаються з VR/AR, пояснюючи базові принципи педагогічного дизайну в імерсивному середовищі, інформуючи про доступні платформи, інструменти створення контенту, моделі оцінювання. Така діяльність не лише підвищує цифрову педагогічну компетентність, а й сприяє формуванню у викладачів інноваційного мислення й відкритості до технологічних змін. Дослідницький вектор діяльності Центру передбачає розробку, апробацію та аналітичну оцінку VR/AR-інструментів. Центр ініціює експериментальні проєкти, здійснює збір емпіричних даних про ефективність імерсивного навчання, проводить контент-аналіз, лог-аналіз, педагогічні

експерименти, порівняльні дослідження традиційних і VR/AR-модулів. Отримані результати фіксуються у звітах, які подаються адміністрації університету як аналітична база для подальших стратегічних рішень. Додатково Центр може брати участь у зовнішніх дослідницьких ініціативах, включаючись у наукові грантові програми, спільні проекти з іншими університетами та ІТ-компаніями. Тестувальна функція реалізується через відбір, апробацію та порівняння VR/AR-платформ, що пропонуються для використання в навчанні. Центр оцінює зручність, функціональність, стабільність роботи, інтеперабельність із LMS, можливість адаптації контенту та доступність для осіб з різними освітніми потребами. Це дає змогу університету не лише використовувати перевірені технології, а й уникати ресурсно затратних помилок на етапі впровадження. Інтеграційна функція Центру виявляється у його здатності бути комунікаційним вузлом між адміністрацією, ІТ-службами, викладацькою спільнотою, студентами та зовнішніми партнерами (розробниками, видавництвами, іншими університетами). Центр розширює мережу партнерств, просуває університет у публічному просторі як інноваційного лідера, створює умови для міждисциплінарного співробітництва та академічної мобільності у VR/AR-середовищах.

Таким чином, Центр імерсивних технологій у НУ «Чернігівська політехніка» є не просто допоміжною інфраструктурною одиницею, а стратегічним ресурсом університету, який формує цілісну екосистему впровадження VR/AR-освіти, інтегрує педагогічні, цифрові та управлінські компоненти, забезпечує сталу інноваційну динаміку освітнього середовища та генерує якісні зміни у формуванні майбутніх професійних поколінь.

Керівництво Навчально-наукових інститутів, факультетів і кафедр забезпечує стратегічну підтримку процесу інтеграції VR/AR у навчальні плани, сприяє відбору дисциплін для адаптації, затверджує оновлені робочі програми, забезпечує участь викладачів у розробці та апробації контенту. Саме на цьому рівні відбувається інституційне “вбудовування” VR/AR у структуру освітніх програм. Роль керівництва ННІ, факультетів і кафедр у впровадженні VR/AR-технологій в освітній процес є критично важливою, оскільки саме на цьому управлінському рівні здійснюється інституційна трансформація освітнього змісту, формуються умови для організаційного впровадження інновацій та забезпечується стратегічна легітимність змін у межах університетської політики. Керівництво факультетів та кафедр виступає посередником між стратегічним баченням адміністрації та безпосередньою педагогічною практикою, а тому їхня активність і залученість визначають як темпи, так і якість впровадження VR/AR у навчальні програми.

Передусім, на рівні факультету ухвалюється рішення про пріоритетні напрями впровадження імерсивних технологій, що визначаються через аналіз актуальних освітніх потреб, ринку праці, ресурсного потенціалу кафедр і специфіки галузей знань. Керівництво визначає, які освітні програми або цикли дисциплін мають найбільшу методичну доцільність і технічну готовність до VR/AR-інтеграції. При цьому враховується складність візуалізації навчального

матеріалу, потреба у симуляціях або просторових моделях, рівень практичної орієнтації програми.

Кафедри, під керівництвом завідувача, беруть участь у формуванні педагогічного бачення адаптації дисциплін, аналізуючи, які теми або модулі можуть бути трансформовані за допомогою VR/AR, які результати навчання можна досягти ефективніше завдяки імерсивним технологіям, а також які ресурси – людські, технічні, часові – необхідні для реалізації. Розглядається потреба в оновленні навчальних матеріалів, перенесенні акцентів із теоретичної частини на віртуально-модульну, формуванні нових освітніх сценаріїв, узгодженні з методичними рекомендаціями Центру імерсивних технологій. Окремим завданням є офіційне затвердження оновлених силабусів та робочих програм дисциплін, у яких передбачено інтеграцію VR/AR-компонентів. Цей процес включає оформлення змістових змін, зміну форм проведення занять (наприклад, практичні або лабораторні у VR), модифікацію критеріїв оцінювання, методичних вказівок, опису компетентностей і результатів навчання. Програми проходять процедуру внутрішнього погодження та можуть бути представлені на рівні вченої ради факультету або університету.

Крім цього, на рівні ННІ/факультету забезпечується організаційна та кадрова підтримка викладачів, які беруть участь у створенні, тестуванні й реалізації VR/AR-модулів. Йдеться про розподіл академічного навантаження з урахуванням додаткової роботи, надання часу для підготовки, сприяння участі у внутрішніх тренінгах і зовнішніх програмах підвищення кваліфікації, визнання педагогічної інновації як складової науково-методичної діяльності. Керівництво ННІ/факультету може також ініціювати партнерські проєкти із залученням ІТ-компаній, медіастудій, галузевих організацій, що сприяє створенню контенту, технічного забезпечення, проведенню міжфакультетських або міждисциплінарних VR/AR-програм. Така ініціатива забезпечує підвищення якості впровадження технологій та формування міжінституційної синергії.

Таким чином, саме керівництво ННІ, факультетів і кафедр створює умови для інституціонального «вбудовування» VR/AR-технологій у структуру освітніх програм, визначаючи стратегічні рамки впровадження, забезпечуючи формалізацію змін, супровід викладачів, координацію з Центром імерсивних технологій та контроль за якістю реалізації педагогічних інновацій. Без такої управлінської підтримки VR/AR залишатиметься епізодичною ініціативою, а не системною складовою цифрової трансформації університету.

ІТ-служби університету забезпечують інфраструктурну підтримку: налаштування серверів, управління обліковими записами користувачів, підтримку платформ, кібербезпеку, технічний супровід під час занять у VR/AR-лабораторіях, а також інтеграцію VR/AR-рішень із LMS (Learning Management System). Роль ІТ-служб університету у впровадженні VR/AR-технологій в освітній процес полягає у забезпеченні інфраструктурної стабільності, цифрової безпеки та технічної сумісності VR/AR-компонентів із існуючим освітнім середовищем закладу вищої освіти. Успішне використання імерсивних технологій неможливе без комплексної підтримки з боку ІТ-підрозділів, які

виконують критично важливі функції на всіх етапах впровадження: від проектування системної архітектури до технічного супроводу під час занять.

Передусім, ІТ-служби відповідають за налаштування та обслуговування серверної інфраструктури, на якій базуються платформи VR/AR. Це включає створення локальних або хмарних серверів, на яких розміщується контент, бази даних, аналітичні панелі, елементи візуалізації. Системи мають бути оптимізовані для обробки великих обсягів графічної інформації, підтримки одночасної роботи користувачів, низької затримки при передачі даних, а також стабільної взаємодії з периферійним обладнанням (VR-шоломи, контролери, камери, проектори). Окремою сферою відповідальності ІТ-служб є керування обліковими записами користувачів у VR/AR-системах. Це передбачає створення персоналізованих акаунтів для студентів і викладачів, налаштування рівнів доступу до контенту, синхронізацію профілів з освітніми платформами, відстеження активності та захист персональних даних відповідно до законодавства України та внутрішніх політик університету. Автоматизована аутентифікація користувачів, інтеграція облікових даних із LMS (Learning Management System), доступ до хмарних сховищ і підтримка мультидоступу є технічно складними, але необхідними умовами безперебійної роботи VR/AR-систем. Забезпечення технічної підтримки під час проведення занять є особливо важливим на початковому етапі впровадження VR/AR, коли викладачі та студенти ще не мають достатнього досвіду роботи з імерсивними платформами. ІТ-фахівці мають бути присутніми або доступними під час лабораторних занять у VR-кімнатах, аудиторіях з AR-обладнанням або під час онлайн-симуляцій. Вони забезпечують підключення пристроїв, калібрування шоломів, активацію модулів, перевірку сумісності програмного забезпечення, оперативне усунення збоїв. Без цієї підтримки існує ризик зниження педагогічної ефективності через технічні труднощі або втрату цілісності навчального сценарію. Ключовим напрямом є також забезпечення кібербезпеки VR/AR-інфраструктури. Імерсивні середовища, які передбачають активний обмін даними, підключення до мережі, інтеграцію з камерами та сенсорами, можуть бути вразливими до зовнішніх атак або витоку даних. ІТ-служби відповідають за встановлення захищених з'єднань, налаштування фаєрволів, антивірусного захисту, шифрування трафіку та резервного копіювання. Додатково необхідно передбачити системи аудиту дій користувачів, ведення журналів подій, фіксації помилок і логів використання платформ.

Особливу увагу ІТ-служби приділяють інтеграції VR/AR із системами дистанційного навчання, які вже використовуються в університеті. Це може бути Moodle, Google Workspace, Canvas, Microsoft Teams або інші LMS. Важливо забезпечити, щоб VR/AR-модулі були сумісні з LMS, могли підключатися як зовнішні ресурси або SCORM-пакети, дозволяти передачу даних про результати навчання, фіксацію активності студентів, вивантаження аналітики до основного освітнього кабінету. Така інтеграція забезпечує єдине цифрове середовище, зменшує фрагментацію систем та полегшує роботу викладачів і студентів.

Крім цього, ІТ-служби можуть брати участь у розробці рекомендацій щодо вибору обладнання, тестуванні програмного забезпечення, оновленні технічної

бази, консультуванні Центру імерсивних технологій з питань інфраструктури, а також супроводжувати зовнішні закупівлі, ліцензування та аудит використання ресурсів.

Таким чином, ІТ-служби виконують необхідну системну функцію в інтеграції VR/AR у вищу освіту, без якої жодна педагогічна інновація не може набути повноцінної реалізації. Їхня діяльність є технічною основою освітньої трансформації, гарантією стабільності, безпеки та якості імерсивного середовища. Тісна взаємодія ІТ-підрозділів із Центром імерсивних технологій, викладачами та адміністрацією університету – необхідна умова для сталого розвитку VR/AR-платформи як стратегічного напрямку цифровізації університету.

3.2. Роль науково-педагогічних працівників в контексті використання VR/AR в НУ “Чернігівська політехніка”

Викладацька спільнота є безпосереднім агентом освітньої трансформації. Саме викладачі формують сценарії VR/AR-модулів, адаптують дидактичні матеріали, моделюють навчальні ситуації, фасилітують студентську взаємодію у віртуальному просторі та здійснюють педагогічний супровід. Для цього передбачено систему підвищення кваліфікації, обміну досвідом, наставництва та підтримки з боку Центру. Роль науково-педагогічних працівників у впровадженні VR/AR-технологій в освітній процес є визначальною, оскільки саме викладачі виступають безпосередніми агентами трансформації педагогічної практики, здатними наповнити технології освітнім змістом, адаптувати їх до конкретних академічних контекстів і забезпечити живу взаємодію зі студентами у новому середовищі навчання. Успішне впровадження VR/AR залежить не лише від наявності обладнання та технічних рішень, а передусім – від готовності, мотивації та компетентності викладачів працювати з імерсивними форматами.

Першим ключовим аспектом є розробка навчальних сценаріїв та педагогічне моделювання VR/AR-досвіду. Це означає, що викладач має вийти за межі класичної логіки лекції чи практичного заняття і спроектувати взаємодію студентів із навчальним контентом у формі віртуальної симуляції, доповненого простору або інтерактивної візуалізації. Потрібно визначити, які саме елементи курсу піддаються ефективній візуалізації, як побудувати логіку дій студента у віртуальному середовищі, які когнітивні й професійні цілі ставити перед кожним модулем. Це вимагає глибокого дидактичного осмислення матеріалу, а також співпраці з розробниками, методистами й фахівцями Центру імерсивних технологій.

Важливим елементом є адаптація дидактичних матеріалів до імерсивного формату. Звичні текстові, графічні, табличні матеріали мають бути перетворені у сценарії дій, 3D-моделі, візуалізовані діаграми, навчальні квести, експериментальні ситуації. Це передбачає переосмислення методичних підходів до подання навчального матеріалу: що студенти мають бачити, як вони мають

реагувати, в якому порядку виконувати завдання, які види діяльності слід чергувати – дослідження, спостереження, симуляцію, аналіз, обговорення.

Викладач також виконує функцію фасилітатора взаємодії у віртуальному просторі, де він не лише “передає знання”, а організовує, координує та підтримує активність студентів. У VR/AR-середовищах навчання стає нелінійним і часто відкритим – студенти можуть діяти у різних сценаріях, у різному темпі, з різним рівнем автономії. Тому завдання викладача – забезпечити цілісність освітньої взаємодії, допомогти студенту орієнтуватися у складному цифровому середовищі, підказувати способи рефлексії, фіксувати навчальні досягнення, надавати зворотний зв’язок. Крім того, викладач є основним джерелом зворотного зв’язку для розробників VR/AR-модулів. Саме він бачить, як студенти сприймають контент, де виникають труднощі, які функції працюють ефективно, а які – заважають навчальному процесу. Його коментарі дозволяють вдосконалювати сценарії, покращувати ергономіку, оптимізувати логіку взаємодії. У цьому сенсі викладач перетворюється на співавтора цифрового середовища навчання, активного учасника педагогічного дизайну.

Для якісного виконання цих функцій викладачами, університет має забезпечити інституційну підтримку, яка включає систему підвищення кваліфікації, наставництво, обмін досвідом, пілотні групи, методичні консультації. Тренінги можуть охоплювати як технічну частину (наприклад, робота з VR-інтерфейсом, створення AR-контенту), так і педагогічну (сценарне моделювання, адаптивне оцінювання, цифрова дидактика). Важливо, щоб ця підтримка була не одноразовою, а системною, тривалою й орієнтованою на розвиток інноваційної культури викладача.

В умовах швидкого розвитку технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) роль викладача в Національному університеті “Чернігівська політехніка” зазнає значних змін. Викладачі не лише продовжують бути основними передавачами знань, але й стають фасилітаторами навчального процесу, які допомагають студентам інтегрувати нові технології у своє навчання. Це вимагає від них адаптації до нових умов, постійного самонавчання та впровадження інноваційних методів викладання.

По-перше, важливо, щоб викладачі мали глибоке розуміння VR/AR технологій і їх можливостей. Вони повинні бути обізнані про різноманітні платформи, програмне забезпечення та інструменти, які можуть бути використані для створення інтерактивного навчального контенту. Це дозволить їм не лише використовувати готові рішення, але й розробляти власні навчальні матеріали, адаптовані до специфіки своїх дисциплін. Наприклад, викладачі з природничих наук можуть створювати віртуальні лабораторії, де студенти можуть проводити експерименти у безпечному середовищі.

По-друге, викладачі повинні стати активними учасниками процесу інтеграції VR/AR в освітній процес. Це означає, що вони повинні розробляти навчальні сценарії, які максимально використовують можливості цих технологій для активного залучення студентів. Викладачі можуть впроваджувати проекти, що поєднують теоретичні знання з практичним досвідом, стимулюючи студентів до критичного мислення та творчого підходу до навчання. Наприклад, вони

можуть організовувати інтерактивні семінари, де студенти працюють над реальними проблемами, використовуючи VR для моделювання ситуацій та AR для візуалізації результатів.

Крім того, роль викладача включає в себе підтримку та наставництво студентів у процесі освоєння нових технологій. Викладачі повинні бути готові відповідати на запитання, допомагати у вирішенні проблем та надавати зворотний зв'язок. Це може включати проведення тренінгів та семінарів для студентів з використання VR/AR, а також індивідуальні консультації для тих, хто бажає поглибити свої знання чи навички у цій галузі.

Також важливим аспектом є оцінка навчальних результатів у контексті використання VR/AR. Викладачі повинні розробити нові критерії оцінювання, які відображають не лише теоретичні знання, але й практичні навички, здобуті під час роботи з новими технологіями. Це може включати оцінювання участі студентів у віртуальних проектах, які демонструють їхні навички співпраці, комунікації та критичного мислення.

На завершення, роль викладача в контексті використання VR/AR в НУ “Чернігівська політехніка” є комплексною та різнобічною. Викладачі повинні бути не лише експертами у своїй галузі, але й активними агентами змін, які впроваджують нові технології у навчальний процес, створюючи стимулююче та інноваційне освітнє середовище. Це дозволить студентам отримувати знання в більш інтерактивний та практично орієнтований спосіб, готуючи їх до викликів сучасного ринку праці. Викладацька спільнота виступає ядром інституційної інновації, перетворюючи потенціал VR/AR на реальні освітні практики. Від її професійної зрілості, гнучкості мислення та готовності до міждисциплінарної співпраці залежить, чи стане впровадження імерсивних технологій епізодом, чи – повноцінним етапом цифрової еволюції університетської освіти.

3.3. Підготовка науково-педагогічних працівників до роботи з новими технологіями в НУ “Чернігівська політехніка”

Підготовка викладачів до роботи з новими технологіями є критично важливим аспектом сучасного освітнього процесу в Національному університеті “Чернігівська політехніка”. В умовах швидкого розвитку технологій, таких як віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR), викладачі повинні бути готові адаптувати свої методи навчання та впроваджувати інноваційні підходи, що дозволяють максимально ефективно використовувати ці технології в навчальному процесі.

Першим кроком у підготовці викладачів є організація навчальних програм, які охоплюють основи VR/AR технологій. Це може включати семінари, майстер-класи та тренінги, де викладачі отримують теоретичні знання про ці технології, їх можливості та застосування в освіті. Такі програми повинні також включати практичні заняття, на яких викладачі отримують навички роботи з програмним забезпеченням для створення VR/AR контенту. Наприклад, навчання може

охоплювати основи роботи з платформами, такими як Unity або Unreal Engine, що дозволяють створювати інтерактивні навчальні середовища.

Крім того, важливо забезпечити викладачам доступ до ресурсів і інструментів, які вони можуть використовувати у своїй роботі. Це включає в себе не лише програмне забезпечення, але й апаратуру, таку як VR-гарнітури, сенсори та інші пристрої, які дозволяють інтегрувати нові технології у навчальний процес. Наявність таких ресурсів допоможе викладачам реалізувати свої ідеї та створювати якісний навчальний контент.

Наступним етапом підготовки викладачів є розвиток їхніх педагогічних навичок у контексті використання нових технологій. Викладачі повинні навчитися адаптувати свої методи викладання відповідно до інтерактивного формату навчання, який пропонують VR/AR технології. Це передбачає використання активних методів навчання, які сприяють залученню студентів у процес навчання, а також розвиток критичного мислення, командної роботи та творчого підходу.

Також важливо, щоб викладачі мали можливість обмінюватися досвідом та кращими практиками в використанні VR/AR технологій. Це може бути реалізовано через створення спільнот практиків, де викладачі можуть ділитися своїми досягненнями, проблемами та рішеннями, які вони знайшли в процесі впровадження нових технологій. Не менш важливим є забезпечення підтримки викладачів після проходження навчання. Це може включати в себе регулярні консультації з експертами у сфері VR/AR, надання доступу до онлайн-курсів та ресурсів, а також організацію вебінарів, де викладачі можуть отримати нову інформацію про тенденції та інновації у цій галузі.

Отже, підготовка викладачів до роботи з новими технологіями в НУ “Чернігівська політехніка” є комплексним процесом, який передбачає навчання, забезпечення ресурсами, розвиток педагогічних навичок та підтримку. Це дозволить викладачам ефективно впроваджувати VR/AR технології в навчальний процес, створюючи інноваційне освітнє середовище, яке відповідає потребам сучасних студентів та вимогам ринку праці. Завдяки такій підготовці, університет зможе формувати висококваліфікованих фахівців, готових до викликів майбутнього.

3.4. Психологічні та педагогічні особливості навчання в середовищі VR/AR в НУ “Чернігівська політехніка”

Використання технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) в навчальному процесі Національного університету “Чернігівська політехніка” відкриває нові горизонти в освіті, але водночас вимагає врахування специфічних психологічних та педагогічних аспектів. Ці особливості впливають на те, як студенти сприймають, засвоюють та застосовують знання в інтерактивному середовищі.

По-перше, важливо звернути увагу на психологічний аспект навчання в VR/AR середовищі. Занурення у віртуальний простір може викликати у

студентів сильні емоційні реакції, які можуть як позитивно, так і негативно вплинути на процес навчання. Позитивні емоції, такі як захоплення та інтерес, можуть стимулювати мотивацію та активність студентів, сприяючи кращому засвоєнню матеріалу. Проте, надмірне занурення або емоційне навантаження можуть призвести до стресу або відчуття перевантаженості. Тому викладачі повинні уважно стежити за станом студентів під час навчання і забезпечувати баланс між інтерактивними елементами та традиційними методами навчання.

По-друге, педагогічні особливості навчання в середовищі VR/AR вимагають від викладачів нових підходів до організації навчального процесу. Викладачі повинні стати фасилітаторами, які направляють студентів у процесі навчання, допомагаючи їм усвідомлювати складні концепції через практичний досвід. Використання VR/AR технологій дозволяє створити контекстуальне навчання, де студенти можуть взаємодіяти з матеріалом у реальних або симульованих умовах, що підвищує їхню зацікавленість і активність.

Крім того, важливим аспектом є розвиток критичного мислення та навичок вирішення проблем. У VR/AR середовищі студенти можуть стикатися з реалістичними сценаріями, які вимагають від них активного пошуку рішень. Викладачі повинні заохочувати студентів аналізувати ситуації, ставити запитання та працювати в командах, що сприяє розвитку соціальних навичок та колективного мислення. Додатково, навчання в VR/AR середовищі потребує адаптації методів оцінювання. Традиційні тести можуть не відображати реальні здобутки студентів у таких інтерактивних умовах. Тому важливо впроваджувати нові підходи до оцінювання, які включають проекти, групові роботи та практичні завдання, що демонструють знання та навички, отримані під час навчання. Не менш важливим є врахування індивідуальних особливостей студентів, включаючи їхній стиль навчання, психологічні характеристики та рівень готовності до роботи з новими технологіями. Викладачі повинні бути готові адаптувати свої підходи до навчання, щоб відповідати потребам різних студентських груп, забезпечуючи інклюзивність і доступність навчання.

Психологічні та педагогічні особливості навчання в середовищі VR/AR в НУ “Чернігівська політехніка” є складними та багатогранними. Вони вимагають нових підходів до організації навчального процесу, уваги до емоційного стану студентів та інтеграції активних методів навчання. Завдяки правильному впровадженню цих технологій, університет зможе створити інноваційне освітнє середовище, яке сприятиме розвитку висококваліфікованих фахівців, готових до викликів сучасного світу.

3.5. Етичні питання та безпека впровадження VR/AR-технологій у навчальний процес НУ “Чернігівська політехніка”

Визначення етичних аспектів і питань безпеки при впровадженні VR/AR-технологій у навчальний процес Національного університету «Чернігівська політехніка» вимагає комплексного підходу, що охоплює нормативне, технічне, педагогічне й гуманітарне осмислення ризиків і обов’язків, пов’язаних з використанням іммерсивних технологій у навчанні. Упровадження VR/AR супроводжується не лише інноваційними перевагами, а й відповідальністю університету за етичну, психологічну та інформаційну безпеку здобувачів освіти.

По-перше, етичні аспекти використання VR/AR у навчанні насамперед пов’язані з приватністю, збором і обробкою персональних даних, які можуть включати відомості про індивідуальну поведінку студента у віртуальному середовищі, його рухи, реакції, темп засвоєння, траєкторії взаємодії. Іммерсивні платформи часто реєструють дані у фоновому режимі, що створює ризики прихованого спостереження та порушення інформаційної автономії особи. Університет зобов’язаний запровадити чіткі політики щодо збору, зберігання, обробки та використання персональних і поведінкових даних. Це має бути закріплено у внутрішніх положеннях, які відповідатимуть чинному законодавству України щодо захисту персональних даних, а також рекомендаціям GDPR (у разі міжнародного співробітництва або участі в грантових проєктах). Студенти повинні бути поінформовані про те, які дані збираються, з якою метою, на який строк і хто має до них доступ. Необхідним є добровільне погодження на використання VR/AR-контенту з відповідною згодою на обробку даних. Додатково університет має проводити системне етичне навчання для студентів і викладачів, яке включає ознайомлення з принципами цифрової етики, інформаційної гігієни, авторського права (наприклад, щодо 3D-контенту), взаємодії у віртуальному середовищі, уникнення маніпуляцій та дискримінаційних практик. Віртуальна поведінка повинна регулюватися тими самими нормами поваги, толерантності, безпеки, що й поведінка у фізичному середовищі навчання.

Використання VR/AR-технологій несе в собі ризики для інформаційної безпеки, пов’язані з підключенням до мереж, роботою з серверами сторонніх розробників, можливістю втручання третіх осіб у навчальний процес або несанкціонованим доступом до навчального контенту. ІТ-служби мають забезпечити захист освітнього середовища шляхом застосування систем шифрування, контрольованого доступу, брандмауерів, резервного копіювання, а також систем журналювання та аудиту користувацької активності. Особливої уваги вимагає інтеграція VR/AR-платформ із LMS – вона повинна бути безпечною, стабільною та відповідати політикам цифрової безпеки університету.

Другий аспект – технічна безпека при фізичній взаємодії з обладнанням. Використання VR-шоломів, контролерів, трекерів, сенсорів може створити ризики для здоров’я – як щодо зорового перенавантаження, так і просторової дезорієнтації, втрати рівноваги, ураження від перешкод у фізичному просторі. Університет має забезпечити належне технічне оснащення VR-лабораторій:

обмежений доступ до обладнання, інструктаж перед використанням, нагляд з боку асистента, а також розміщення інформаційних матеріалів з правилами безпечної поведінки у VR-середовищі.

Психологічна безпека – ще один важливий компонент. VR/AR-досвід здатен викликати інтенсивні емоційні реакції, ефект тривалої присутності, відчуття занурення в ситуації, що можуть мати стресогенний або травматичний характер (особливо в сценаріях, пов'язаних із клінічною практикою, моделюванням критичних подій, соціальних конфліктів). Тому необхідно дотримуватися принципу педагогічної та психологічної доцільності контенту: імерсивні модулі мають бути апробовані, враховувати вікові, індивідуальні, емоційні та когнітивні особливості студентів. У разі потреби доцільно залучати психолога або педагогічного фасилітатора для супроводу VR/AR-сесій.

Університет має нести інституційну відповідальність за дотримання етичних і безпекових стандартів, пов'язаних з імерсивними технологіями. Для цього слід створити внутрішній орган (комісію, наглядову раду, робочу групу), який займатиметься моніторингом і реагуванням на порушення, формуванням регламентів, забезпеченням прозорості політик та консультуванням користувачів. До роботи такої структури мають бути залучені представники ІТ-відділу, Центру імерсивних технологій, юрисконсульта, психологічної служби, а також студенти. У результаті реалізації етичних і безпекових положень VR/AR-інтеграція в НУ «Чернігівська політехніка» відбуватиметься не як суто технічна інновація, а як цілісний процес формування безпечного, відповідального та гуманного освітнього середовища, що повністю відповідає засадам університетської автономії, правової культури та академічної доброчесності. Крім того, виникає питання інклюзивності та доступності нових технологій. Університет повинен забезпечити, щоб усі студенти, незалежно від їхніх фізичних чи психологічних можливостей, мали рівний доступ до навчальних ресурсів, зокрема до технологій VR/AR. Це може включати адаптацію контенту, використання спеціального обладнання та розробку програм підтримки для студентів з особливими потребами. Забезпечення інклюзивності є не лише етичним обов'язком, але й важливим фактором підвищення якості освіти.

Інклюзивність та доступність VR/AR-технологій в освітньому процесі Національного університету «Чернігівська політехніка» є критично важливим аспектом у розбудові справедливого, відкритого й рівноправного цифрового освітнього середовища. У контексті цифрової трансформації освіти забезпечення доступу до новітніх технологій усім категоріям здобувачів освіти, включаючи осіб з особливими освітніми потребами, є не лише технічним і організаційним завданням, а й етичним імперативом, що відображає ціннісну орієнтацію університету на принципи академічної рівності, соціальної відповідальності та людиноцентризму. Імерсивні технології у своїй основі створені для повного занурення користувача у віртуальне середовище через візуальну, аудіальну, кінестетичну та сенсорну взаємодію. Однак саме така мультисенсорність може створювати перешкоди для студентів з порушеннями зору, слуху, опорно-рухового апарату, нейропсихологічними особливостями або когнітивними порушеннями. Використання VR-шоломів, навігація у 3D-просторі, робота з

контролерами або сенсорами передбачає складну моторну координацію та просторову орієнтацію, що може бути недоступним для частини студентської аудиторії без відповідних адаптацій.

Для забезпечення доступу студентів з обмеженими можливостями до VR/AR-ресурсів необхідне впровадження технологічних, програмних і контентних рішень, що враховують різноманітність користувачів. У випадку порушення зору, VR-сценарії мають бути доповнені аудіоописом візуального контенту, голосовими інструкціями, тактильним супроводом через вібрацію або зовнішні інтерфейси, а також можливістю масштабування об'єктів, зміни контрасту й шрифтів у AR-інтерфейсах. Важливо забезпечити сумісність VR-платформ з пристроями для читання екрана (screen readers) та адаптивними технологіями. Для студентів із порушенням слуху слід впроваджувати субтитрування, візуальні сигнали, альтернативні канали комунікації у VR-сценаріях (наприклад, текстові чати, жестовий супровід, кольорове кодування), а також адаптувати інструкції до режимів беззвучного використання. Крім того, можна передбачити сценарії, у яких важливу роль відіграє візуальне рішення, а не голосовий наратив. У разі моторних обмежень необхідно передбачити альтернативні способи навігації у VR/AR-середовищі – за допомогою голосових команд, кнопочового керування, відстеження погляду (eye tracking), адаптивних контролерів або спеціалізованих інтерфейсів, що реагують на жести, рух голови чи м'язову активність. Програмне забезпечення має мати функцію налаштування складності, чутливості та тривалості реакції системи на дію користувача.

Окрім технічних рішень, інклюзивність вимагає модифікації самого освітнього контенту. Це означає, що сценарії VR/AR-модулів мають бути спроектовані з урахуванням принципів Universal Design for Learning (UDL) – універсального дизайну навчання. Контент повинен бути доступним у кількох форматах (візуальному, текстовому, аудіальному), містити чітку структуру, поступову складність, інструкції для користувача з різними навчальними стилями. Освітні сценарії мають бути інклюзивними й за змістом – уникати стереотипів, дискримінаційного представлення персонажів, культурної або психологічної упередженості.

Також важливо, щоб викладачі були готові адаптувати методику проведення занять з урахуванням потреб студентів з інвалідністю або особливостями навчання. Для цього необхідна наявність методичних рекомендацій, консультативної підтримки з боку Центру імерсивних технологій, індивідуального планування навчання, а також участь фахівців з інклюзивної освіти, психологів, реабілітологів.

Університет має створити інституційні механізми забезпечення інклюзивності у VR/AR-середовищі, зокрема:

- передбачити фінансування на закупівлю адаптивного обладнання (альтернативні контролери, шоломи з розширеними налаштуваннями, ергономічні меблі тощо);
- розробити політики доступності цифрового контенту;
- включити критерії інклюзивності до технічних завдань для розробників VR/AR-контенту;

- впровадити систему інструктажу та підтримки студентів з особливими освітніми потребами;
- організувати зворотний зв'язок для моніторингу бар'єрів та запитів студентів щодо VR/AR-досвіду.

Забезпечення інклюзивності VR/AR-освіти – це не лише питання правового регулювання чи технологічної доступності. Це етична позиція університету, що визнає право кожного студента на повноцінну участь у навчальному процесі, на рівний доступ до інновацій, на інтелектуальну самореалізацію у віртуальному середовищі. Такий підхід формує освітню екосистему, засновану на повазі, рівності та солідарності, а також сприяє загальному підвищенню якості освіти через врахування різноманітності потреб і досвіду. Для НУ «Чернігівська політехніка» інтеграція інклюзивних принципів у VR/AR-напрями розвитку освіти є ознакою соціальної відповідальності та академічної зрілості, яка посилює позиції університету як інноваційної, прогресивної та людської інституції у сфері вищої освіти.

Ще одним важливим аспектом є безпека під час використання технологій VR/AR. Викладачі повинні бути обізнані про потенційні ризики, які можуть виникнути під час занурення студентів у віртуальні середовища. Це може включати фізичні ризики, пов'язані з використанням VR-гарнітур, а також психологічні ризики, як-от надмірне занурення або відчуття дезорієнтації. Викладачі повинні навчити студентів безпечному використанню технологій, встановлювати чіткі правила та рекомендації щодо використання обладнання, а також забезпечувати нагляд під час навчальних сесій. Безпека під час використання VR/AR-технологій у навчальному процесі є однією з ключових умов ефективного та відповідального впровадження імерсивного навчання. Технології віртуальної та доповненої реальності передбачають глибоке сенсорне занурення у цифрове середовище, що, з одного боку, надає унікальні педагогічні можливості, а з іншого – породжує ризики для фізичного, психологічного й емоційного стану студентів. З огляду на це викладачі, які інтегрують VR/AR у свої курси, повинні бути не лише методично підготовленими, але й обізнаними в аспектах безпечного використання обладнання та середовищ.

Одним із найбільш очевидних ризиків є фізичний дискомфорт або травматизація, пов'язана з використанням VR-гарнітур та периферійних пристроїв (контролерів, датчиків руху, камер тощо). Перебуваючи у віртуальному просторі, студент втрачає зв'язок із реальним середовищем, що може призвести до випадкових зіткнень з предметами, меблями або іншими учасниками заняття. Часто фіксуються скарги на втоми очей, запаморочення, втрату рівноваги, дезорієнтацію після зняття шолома, особливо за умови тривалого використання VR. Для мінімізації цих ризиків викладач має забезпечити належну організацію фізичного середовища, у якому проводиться VR-сесія: звільнення простору навколо студента, використання безпечної зони з м'яким покриттям, уникнення кабельного заплутування, позначення меж зони дії VR. Перед початком заняття обов'язково проводиться інструктаж із техніки безпеки: як правильно вдягати шолом, як тримати контролери, як виходити з сеансу за потреби. Особам із порушенням вестибулярного апарату, хронічними

захворюваннями очей або опорно-рухового апарату варто індивідуально обирати формат взаємодії (AR, desktop VR, перегляд модулів у 2D-режимі).

Інший, менш очевидний, але не менш важливий аспект – це психоемоційна безпека студентів у VR/AR-середовищах. Надмірне занурення у віртуальну реальність може викликати симптоми дезорієнтації, тривоги, втоми, емоційного збудження або, навпаки, відчуження. Особливо чутливими є ті VR-сценарії, які моделюють критичні або емоційно напружені ситуації: травматичні клінічні випадки, техногенні аварії, історичні конфлікти тощо. Без відповідної підготовки або психологічного супроводу такі досвіди можуть мати негативні наслідки для емоційного стану студентів.

Роль викладача полягає у попередженні надмірного психологічного навантаження. Перед початком занурення слід озвучити зміст VR-сценарію, його мету, тривалість, можливі ефекти. Студенти мають мати право відмовитися або вийти із сеансу без тиску. Важливо забезпечити можливість післясесійної рефлексії – усної чи письмової – для обговорення пережитого досвіду, а також звернення до психолога у разі потреби. Усі VR/AR-сценарії, що використовуються у навчанні, повинні бути етично апробованими, не містити сцен насильства, дискримінації, приниження, експлуатації тощо. Викладач, який використовує VR/AR у своїх курсах, має виступати не лише розробником контенту, а й менеджером безпеки і фасилітатором досвіду студента. Він повинен:

- проводити попередній інструктаж;
- контролювати технічну справність обладнання;
- забезпечувати нагляд під час VR-сесій;
- своєчасно реагувати на ознаки дискомфорту;
- фіксувати скарги студентів;
- адаптувати сценарії для чутливих користувачів;
- співпрацювати з технічним персоналом і фахівцями Центру

імерсивних технологій.

Крім того, викладач має дотримуватися принципу поступовості впровадження VR/AR – починати з коротких сесій, ознайомчих демонстрацій, поступово переходячи до більш складних симуляцій. Таке нарощування інтенсивності дозволяє студентам адаптуватися до нового формату, уникнути ефекту «перенавантаження» та підвищити ефективність навчання.

Університет як інституція повинен забезпечити набір інструктивних матеріалів, протоколів безпеки, навчальних курсів для викладачів, які планують використовувати VR/AR. Доцільним є створення базового регламенту безпечного використання імерсивного обладнання, затвердженого на рівні факультетів чи центру цифрової трансформації. Крім цього, має бути система технічного моніторингу, яка дозволяє фіксувати частоту використання, час перебування у VR, випадки аварійного завершення сесій тощо. Тобто забезпечення безпеки під час використання VR/AR-технологій – це багаторівневий процес, що поєднує педагогічну обережність, технічну грамотність, етичну чутливість і психологічну відповідальність. Саме викладач є центральною фігурою у створенні безпечного освітнього простору в

імерсивному середовищі, а університет має надати йому для цього всі необхідні ресурси, регламенти та підтримку. Тільки за таких умов VR/AR-інтеграція буде не лише інноваційною, а й безпечною для студентів усіх рівнів та профілів. Крім того, етичні питання також стосуються контенту, що використовується в навчальному процесі. Викладачі повинні бути уважними до матеріалів, які вони використовують у VR/AR середовищах, щоб уникнути поширення стереотипів, упереджень або образливих зображень. Розробка навчальних програм має враховувати культурні, етичні та соціальні аспекти, щоб забезпечити відповідність сучасним стандартам і цінностям.

На завершення, етичні питання та безпека є невід’ємною частиною впровадження VR/AR технологій в навчальний процес НУ “Чернігівська політехніка”. Університету важливо розробити комплексний підхід до цих питань, що включає чіткі політики, навчання для викладачів і студентів, а також активну участь усіх учасників освітнього процесу. Лише через усвідомлене та етичне використання нових технологій університет зможе створити безпечне та інклюзивне освітнє середовище, яке відповідатиме потребам сучасного суспільства.

4. ЕТАПИ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

Впровадження VR/AR у навчальний процес має проходити у логічній послідовності – поетапно, з дотриманням принципів педагогічної доцільності, організаційної готовності та обґрунтованої масштабованості.

На першому етапі реалізується пілотування, яке охоплює обмежену кількість дисциплін або навчальних модулів. Вони відбираються за критеріями високої візуалізаційної складності, потенціалу симуляції, потреби у практичному відпрацюванні або складності теоретичного засвоєння. Пілотування супроводжується активним моніторингом, анкетуванням, аналізом технічних і педагогічних викликів.

Пілотний етап впровадження VR/AR у навчальний процес є фундаментально важливою фазою інтеграції імерсивних технологій в освітнє середовище університету. Саме на цьому етапі закладаються основи подальшого масштабування, здійснюється верифікація педагогічної доцільності та технічної ефективності, а також формується початкова інституційна експертиза. Пілотування виконує функцію контрольованого експерименту в реальному освітньому середовищі, що дає змогу ідентифікувати бар’єри, протестувати сценарії, зібрати емпіричні дані та скоригувати підходи до інтеграції технологій до моменту їх широкого впровадження.

Мета пілотування полягає не лише у демонстрації можливостей VR/AR, а в системному аналізі взаємодії студентів і викладачів із імерсивним середовищем. Пілотний етап має забезпечити:

- оцінку відповідності технологій заявленим освітнім результатам;
- перевірку технічної сумісності обладнання та програмного забезпечення;
- вивчення реакцій студентів (мотиваційних, емоційних, когнітивних);

- апробацію сценаріїв занять у різних форматах;
- оцінку навантаження на викладача;
- формування моделі організації VR/AR-сесій.

Дисципліни для першого етапу впровадження відбираються за такими критеріями:

1) Висока візуалізаційна складність навчального матеріалу, коли традиційні методи не забезпечують належного рівня наочності – наприклад, тривимірна анатомія, просторове моделювання, складні технічні системи, процеси в мікро- чи макросередовищі.

2) Потенціал для симуляційної взаємодії, що дозволяє студенту не лише спостерігати, а й діяти: маніпулювати об'єктами, приймати рішення, виконувати послідовні операції – тобто проходити навчання у форматі «learning by doing».

3) Необхідність у практичному відпрацюванні навичок, які складно відтворити у фізичних лабораторіях – наприклад, реабілітаційні втручання, моделювання аварійних ситуацій, керування віртуальними системами.

4) Складність теоретичного засвоєння, коли контент має абстрактний, динамічний або міждисциплінарний характер і потребує додаткових візуально-семантичних зв'язків – наприклад, у фізиці, економіці, логістиці.

Пілотування передбачає підготовку кількох ключових компонентів:

- VR/AR-контент, розроблений або адаптований відповідно до навчального плану дисципліни, у співпраці з Центром імерсивних технологій, викладачем і технічними фахівцями.
- Матеріально-технічна база, що включає VR-гарнітури, контролери, периферійні пристрої, простір для безпечного використання технологій, а також програмне середовище.
- Навчання для викладача, що охоплює педагогічний і технічний компоненти: робота з платформами, керування сценаріями, забезпечення безпеки, способи фіксації прогресу студентів.
- Інструктаж і супровід студентів, у тому числі – інструкції щодо використання, адаптаційні сесії, підтримка на перших етапах занурення у VR/AR-середовище.

Ключовим інструментом пілотного етапу є систематичне спостереження, реєстрація подій і аналіз досвіду всіх учасників. До цього залучаються: анкетування студентів (досвід, складність, мотивація, занурення, рекомендації), інтерв'ювання викладачів (зручність, методична відповідність, часові витрати), технічний моніторинг (збої, відгуки систем, тривалість сесій), порівняльний аналіз результатів навчання у VR/AR-групах і контрольних.

Ці дані обробляються Центром імерсивних технологій спільно з адміністрацією факультету, після чого формуються аналітичні звіти, які включають сильні сторони, виявлені проблеми, пропозиції щодо удосконалення, прогноз впровадження на інші дисципліни.

Пілотний етап – це простір експерименту та навчання, що не лише готує до масштабування VR/AR у межах університету, а й формує перших «агентів змін» серед викладачів і студентів. Правильно організований пілот – запорука

ефективного, безпечного і педагогічно виправданого впровадження VR/AR як повноцінного компонента навчального процесу.

Підготовка викладачів до роботи з новими технологіями є критично важливим аспектом пілотного етапу. В умовах швидкого розвитку технологій, таких як віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR), викладачі повинні бути готові адаптувати свої методи навчання та впроваджувати інноваційні підходи, що дозволяють максимально ефективно використовувати ці технології в навчальному процесі. Першим кроком у підготовці викладачів є організація навчальних програм, які охоплюють основи VR/AR технологій. Це може включати семінари, майстер-класи та тренінги, де викладачі отримують теоретичні знання про ці технології, їх можливості та застосування в освіті. Такі програми повинні також включати практичні заняття, на яких викладачі отримують навички роботи з програмним забезпеченням для створення VR/AR контенту. Наприклад, навчання може охоплювати основи роботи з платформами, такими як Unity або Unreal Engine, що дозволяють створювати інтерактивні навчальні середовища. Крім того, важливо забезпечити викладачам доступ до ресурсів і інструментів, які вони можуть використовувати у своїй роботі. Це включає в себе не лише програмне забезпечення, але й апаратуру, таку як VR-гарнітури, сенсори та інші пристрої, які дозволяють інтегрувати нові технології у навчальний процес. Наявність таких ресурсів допоможе викладачам реалізувати свої ідеї та створювати якісний навчальний контент. Наступним етапом підготовки викладачів є розвиток їхніх педагогічних навичок у контексті використання нових технологій. Викладачі повинні навчитися адаптувати свої методи викладання відповідно до інтерактивного формату навчання, який пропонують VR/AR технології. Це передбачає використання активних методів навчання, які сприяють залученню студентів у процес навчання, а також розвиток критичного мислення, командної роботи та творчого підходу. Крім того, важливо, щоб викладачі мали можливість обмінюватися досвідом та кращими практиками в використанні VR/AR технологій. Це може бути реалізовано через створення спільнот практиків, де викладачі можуть ділитися своїми досягненнями, проблемами та рішеннями, які вони знайшли в процесі впровадження нових технологій. Не менш важливим є забезпечення підтримки викладачів після проходження навчання. Це може включати в себе регулярні консультації з експертами у сфері VR/AR, надання доступу до онлайн-курсів та ресурсів, а також організацію вебінарів, де викладачі можуть отримати нову інформацію про тенденції та інновації у цій галузі.

Отже, підготовка викладачів до роботи з новими технологіями в НУ “Чернігівська політехніка” є комплексним процесом, який передбачає навчання, забезпечення ресурсами, розвиток педагогічних навичок та підтримку. Це дозволить викладачам ефективно впроваджувати VR/AR технології в навчальний процес, створюючи інноваційне освітнє середовище, яке відповідає потребам сучасних студентів та вимогам ринку праці. Завдяки такій підготовці, університет зможе формувати висококваліфікованих фахівців, готових до викликів майбутнього.

Після успішної апробації настає етап масштабування, на якому VR/AR-модулі інтегруються у більшу кількість курсів, факультетів, галузей знань. Створюються типові рішення, формуються внутрішні репозиторії контенту, розширюється технічна база. Особливу увагу надають підтримці викладачів і студентів через підготовчі курси, довідкові матеріали, електронні кабінети користувача. Етап масштабування VR/AR-технологій в освітньому процесі Національного університету «Чернігівська політехніка» є логічним продовженням пілотної апробації та знаменує перехід від експериментальної до системної інтеграції імерсивних технологій у всі рівні та напрями освітньої діяльності. Цей етап потребує інституційної узгодженості, технологічної готовності, методичної уніфікації та стратегічної комунікації між усіма учасниками освітнього процесу.

Основною метою масштабування є вбудування VR/AR-компонентів у структуру типових освітніх програм більшості факультетів та спеціальностей. Це означає, що VR/AR-технології перестають бути винятком або пілотним експериментом – вони стають нормативною частиною освітньої практики, закріпленою в навчальних планах, стандартах, програмах та розкладі. Завдання етапу включають розширення кількості дисциплін, до яких інтегрується VR/AR; формування типових (універсальних) моделей і сценаріїв використання; створення інституційних репозиторіїв VR/AR-контенту; забезпечення рівномірного доступу до технологій усіх факультетів; масштабування інфраструктурної та кадрової підтримки; налагодження системи моніторингу якості на постійній основі.

Щоб уникнути дублювання зусиль і забезпечити якість масштабування, Центр імерсивних технологій разом із викладачами, які вже пройшли апробацію, розробляє типові модулі VR/AR-інтеграції. Вони включають готові сценарії для повторного використання, узагальнені рекомендації щодо дидактичного дизайну, шаблони для проектування нових VR/AR-занять, а також чек-листи з організації безпеки, етики та доступності. Такі шаблони проходять педагогічну експертизу та впроваджуються як рекомендовані стандарти. Це дозволяє викладачам інших факультетів швидше інтегрувати VR/AR у свої курси без потреби повністю розробляти власний контент.

Для централізації доступу та обміну навчальними ресурсами створюється внутрішній репозиторій VR/AR-контенту, який виконує роль бібліотеки віртуальних модулів. До його складу входять 3D-моделі, симуляції, інтерактивні кейси, AR-шари, методичні матеріали до VR/AR-сценаріїв (завдання, інструкції, рекомендації з оцінювання), відеоінструкції, шаблони занять, аналітичні звіти, а також зворотний зв'язок користувачів – студентів і викладачів. Контент систематизується за дисциплінами, напрямками підготовки, рівнями складності та типами активностей (візуалізація, симуляція, квест, колаборація тощо). Репозиторій підтримується Центром імерсивних технологій, оновлюється на регулярній основі й доступний через внутрішній портал університету.

Масштабування неможливе без розширення технічної бази. Йдеться про збільшення кількості VR-станцій, гарнітур, камер, контролерів; забезпечення факультетів мобільними VR/AR-комплектами; інтеграцію VR/AR-платформ у

основну LMS університету; створення додаткових VR-кімнат або віртуальних лабораторій. Інфраструктурні рішення мають відповідати принципу рівного доступу – не лише профільні (механічні, IT) факультети, але й гуманітарні, соціально-економічні напрями повинні мати можливість використовувати VR/AR у межах своїх дисциплін.

На цьому етапі виникає також потреба в масовій підготовці викладачів, які раніше не мали досвіду роботи з VR/AR. Для цього реалізуються серії тренінгів, майстер-класів, сертифікаційних курсів; створюються електронні кабінети викладача і студента, в яких зібрані інструкції, технічна підтримка, відповіді на запитання. Також впроваджується реєр-to-реєр наставництво, де досвідчені викладачі супроводжують новачків; функціонує гаряча лінія підтримки та постійний IT-супровід. Для студентів передбачено вступні модулі адаптації до VR/AR-середовища, зокрема для першокурсників, які вперше взаємодіють із технологією.

Управлінська структура масштабування VR/AR включає регулярний збір зворотного зв'язку через анкетування, інтерв'ю, освітню аналітику; участь викладачів у стратегічному плануванні; оновлення нормативних документів (зокрема положення про VR/AR, регламент безпеки, критерії якості); визначення індикаторів ефективності масштабування, серед яких – кількість дисциплін із VR/AR, кількість користувачів, результати навчання, рівень задоволеності. Таким чином, етап масштабування означає перехід до системного використання VR/AR як одного з форматів освітнього стандарту. Його успішна реалізація в НУ «Чернігівська політехніка» дає змогу створити інституційно стійке, технологічно забезпечене та педагогічно обґрунтоване середовище імерсивного навчання, яке формує у студентів не лише знання, а й сучасні компетентності цифрового покоління.

На етапі моніторингу ефективності впровадження аналізується відповідність VR/AR-компонентів очікуваним результатам навчання, здійснюється збір аналітичних даних, зворотного зв'язку від студентів, відслідковується академічний прогрес. Формуються звіти для адміністрації, обґрунтовується доцільність подальших інвестицій у розвиток імерсивної інфраструктури, адаптуються моделі оцінювання і критерії успішності. Етап моніторингу ефективності впровадження VR/AR-технологій в освітній процес Національного університету «Чернігівська політехніка» є завершальним і водночас постійним компонентом циклу впровадження імерсивних рішень. Його головне завдання полягає у визначенні того, наскільки застосування VR/AR-компонентів відповідає очікуваним результатам навчання, стратегічним цілям освітнього процесу, потребам студентів і викладачів, а також наскільки виправданим є подальше масштабування технологій. Моніторинг виступає не лише як інструмент оцінки, а як динамічний механізм адаптації, корекції й підвищення якості цифрових освітніх практик.

У межах цього етапу особливу увагу приділяють порівнянню результатів навчання студентів, які брали участь у VR/AR-модулях, із результатами студентів, які навчалися за традиційними методами. Проводиться аналіз досягнення сформульованих результатів навчання, таких як опанування

практичних навичок, рівень критичного мислення, швидкість прийняття рішень, когнітивна глибина опрацювання матеріалу. Крім формальних оцінок, враховуються і неформальні аспекти – мотивація, залученість, емоційна включеність студентів, якісні зміни у навчальній поведінці. Одночасно здійснюється збір аналітичних даних з використанням як кількісних, так і якісних методів. До першої групи належать статистика користування VR/AR-контентом (тривалість занурення, кількість взаємодій, частота звернень до конкретних елементів модуля), результати тестів, анкетування рівня задоволеності, виконання індивідуальних і групових завдань. До другої – фокус-групи, напівструктуровані інтерв'ю з викладачами та студентами, контент-аналіз зворотного зв'язку, педагогічне спостереження. Такий підхід дає змогу фіксувати як технічні аспекти використання, так і емоційно-когнітивну динаміку навчального процесу.

Результати моніторингу систематизуються в аналітичних звітах, які формуються Центром імерсивних технологій у співпраці з факультетами та ІТ-службами. Ці звіти слугують джерелом прийняття рішень адміністрацією університету щодо подальших інвестицій у VR/AR-інфраструктуру, розширення підтримки викладачів, адаптації методичних матеріалів, вибору нових напрямів для VR/AR-модулів. Вони також можуть бути основою для звітності перед зовнішніми партнерами, акредитаційними агентствами, донорськими структурами.

У процесі моніторингу відбувається перегляд моделей оцінювання навчальних результатів. Оскільки VR/AR передбачає нові форми активності (симуляційні дії, взаємодію з цифровим середовищем, колаборативне вирішення завдань), стандартні підходи до оцінювання (тестування, письмова перевірка) часто є недостатніми. Це вимагає впровадження змішаних систем оцінювання, що охоплюють спостереження, самооцінювання, цифрові лог-файли, мікроаналітику віртуальних дій, створення портфолію. Також проводиться адаптація критеріїв успішності, які мають бути специфічними для VR/AR-модулів, з урахуванням когнітивного, технічного й емоційного компонентів. Таким чином, етап моніторингу ефективності впровадження VR/AR виступає як механізм постійного вдосконалення освітнього процесу, дозволяючи не лише фіксувати досягнення, а й вчасно реагувати на проблеми, змінювати підходи, удосконалювати середовище взаємодії. Він є гарантією того, що імерсивні технології використовуються не формально, а з максимальною користю для розвитку академічної спільноти та зміцнення позицій університету як лідера цифрової трансформації вищої освіти.

В цілому, організаційно-управлінська модель впровадження VR/AR в освітній процес вимагає системної взаємодії між керівництвом, академічною спільнотою, технічними службами та інноваційним ядром – Центром імерсивних технологій. Тільки за умов цілісного управлінського підходу, що поєднує стратегічне бачення, педагогічну експертизу та технологічну підтримку, можливо забезпечити сталу, ефективну та масштабовану трансформацію освітнього середовища університету.

5. РОЛЬ ПАРТНЕРСТВА В ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (VR/AR) В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Партнерство є критично важливим для сталого розвитку, інноваційного збагачення й фінансової життєздатності ініціатив університету у сфері іммерсивних технологій. Стратегія партнерства формує інституційні зв'язки, які дозволяють університету виступати не лише як споживач, а як співавтор VR/AR-інновацій, активно включений у глобальну освітньо-технологічну екосистему.

Співпраця з бізнесом і промисловими партнерами в межах реалізації Концепції використання VR/AR-технологій в освітньому процесі Національного університету “Чернігівська політехніка” є стратегічним вектором, що забезпечує змістовне наповнення навчального контенту практикоорієнтованим змістом, підвищує релевантність освітніх програм до сучасних потреб ринку праці та сприяє формуванню стійкої моделі трансферу технологій між академічною та виробничою сферами. Основним напрямом цієї співпраці є створення іммерсивних навчальних модулів, адаптованих до реальних умов підприємств, установ і виробничих середовищ. Це передбачає, що VR/AR-сценарії будуть розроблені на основі аналізу технологічних процесів, професійних викликів та типових ситуацій, з якими стикаються фахівці в галузях, де працюють стейкхолдери університету. Наприклад, симуляції для реабілітологів можуть відтворювати протоколи фізичної терапії в умовах стаціонару, поліклініки або домашнього догляду, тоді як для інженерів – це можуть бути VR-моделі механізмів, об'єктів енергетики, систем технічного обслуговування чи ремонтних робіт.

Одним із ключових форматів партнерства є спільна розробка змісту VR/AR-компонентів навчальних дисциплін. Представники компаній беруть участь у формуванні завдань, кейсів, моделюванні реалістичних ситуацій, які використовуються в межах навчального процесу. Це дає змогу уникнути абстрактності освітнього контенту й забезпечити тісний зв'язок між навчанням і професійною практикою. Університет у цьому випадку виконує роль інтегратора – педагогічно переосмислює надані бізнесом вихідні дані, адаптує їх до освітньої траєкторії, розробляє методичне забезпечення. Наступним напрямом є тестування та валідація VR/AR-продуктів у корпоративному середовищі. Це означає, що створені у співпраці симуляції можуть використовуватись не лише для студентів, але й для навчання, стажування або підвищення кваліфікації працівників підприємств. Такий підхід є прикладом дуального використання VR/AR-ресурсів: академічне і практичне середовище стають взаємодоповнюючими. Університет виступає як розробник або ліцензований верифікатор контенту, який відповідає вимогам стандартів галузі, а бізнес – його споживачем або бенефіціаром. У разі позитивної апробації можуть реалізовуватися моделі ліцензування, сертифікації або франшизної передачі технологій.

Крім того, VR/AR-платформи дозволяють створювати індивідуалізовані корпоративні курси у форматі змішаного або повністю іммерсивного навчання,

орієнтовані на конкретну компетентнісну модель підприємства. Це особливо актуально для компаній, які працюють у сферах інженерії, логістики, дизайну, будівництва, медицини, де необхідно моделювати складні виробничі умови або взаємодію з технічними об'єктами. Університет виступає в ролі провайдера освітніх послуг нового покоління, здатного не лише навчати студентів, а й сприяти підвищенню кваліфікації фахівців уже наявного персоналу підприємств.

Важливим інституційним ефектом такої співпраці є формування публічно-приватного партнерства, де обидві сторони отримують стратегічні вигоди: університет – доступ до реального виробничого контексту, фінансування, сучасного обладнання та змісту, бізнес – доступ до інноваційної педагогіки, підготовлених кадрів, дослідницького та кадрового потенціалу вишу. Така модель відповідає принципам Industry 5.0, коли ключовою метою є не лише прибуток, а й соціальна користь, сталий розвиток і залучення людського капіталу. Зокрема, бізнес може долучатися до фінансування спільних проєктів із розробки VR/AR-контенту через укладання договорів про партнерство, участь у спільних грантових заявках, створення стипендій або програм підтримки для студентів, а також через спонсорську участь у розвитку Центру імерсивних технологій. Такі практики мають бути закріплені відповідними механізмами договірної та фінансової взаємодії, зокрема через меморандуми, угоди про трансфер технологій або тристоронні освітні проєкти.

У перспективі співпраця з бізнесом сприятиме створенню віртуальних навчальних полігонів, симуляційних платформ для тренування в режимі реального часу, а також лабораторій спільного користування, у яких студенти зможуть працювати з реалістичними сценаріями, отриманими безпосередньо з бізнес-середовища. Таким чином, співпраця з бізнесом у сфері VR/AR – це не лише джерело ресурсів, але й каталізатор прикладної трансформації освіти, що забезпечує практичну релевантність освітніх програм, сприяє формуванню інноваційної екосистеми університету та відкриває студентам і викладачам нові траєкторії професійної реалізації.

Партнерство з EdTech-компаніями у межах реалізації Концепції використання VR/AR-технологій в освітньому процесі Національного університету “Чернігівська політехніка” відіграє ключову роль у забезпеченні доступу до найновіших цифрових освітніх інструментів, стимулюванні педагогічних інновацій та розвитку цифрових компетентностей викладачів і студентів. Це партнерство дозволяє університету стати не лише користувачем зовнішніх технологічних рішень, але й повноцінним учасником інноваційної EdTech-екосистеми. Участь у співпраці з провідними EdTech-компаніями, розробниками програмного забезпечення для віртуальної та доповненої реальності, платформ віртуального навчання та імерсивного контенту, відкриває для університету можливість включитися у процеси спільної розробки, локалізації та адаптації VR/AR-продуктів до освітнього контексту України. Це включає не лише технічну апробацію платформ, а й педагогічну експертизу, адаптацію до навчальних планів, переклад інтерфейсів, розробку методичних матеріалів. Така діяльність дозволяє університету впливати на зміст і

функціональність VR/AR-інструментів, забезпечуючи їх відповідність реальним освітнім потребам.

Через таку співпрацю університет отримує доступ до бета-версій продуктів, тестових демонстрацій, освітніх платформ на пільгових умовах, а також можливість раннього впровадження інновацій у власний освітній процес. Участь у пілотних програмах і відкритих тестуваннях дає змогу Центру імерсивних технологій формувати експертний потенціал, що може бути задіяний у консалтингових або авторських розробках, створюючи тим самим нові джерела інституційного розвитку. Окремий напрям співпраці з EdTech-компаніями полягає у підтримці системи підвищення кваліфікації викладачів. Такі компанії можуть виступати організаторами або партнерами сертифікаційних курсів, майстер-класів, дизайн-спринтів, воркшопів, у межах яких викладачі навчаються працювати з новими платформами, створювати сценарії імерсивного навчання, інтегрувати VR/AR у свої дисципліни. Крім того, така взаємодія передбачає стажування викладачів у середовищах EdTech-компаній – як дистанційно, так і офлайн – що сприяє підвищенню цифрової грамотності, розумінню логіки розробки програмного забезпечення та формуванню міждисциплінарних навичок.

Партнерство з EdTech-середовищем також відкриває можливості для студентів. По-перше, вони можуть брати участь у хакатонах, конкурсах, проєктних розробках, які організовують технологічні компанії у сфері освіти. По-друге, університет може створювати освітні траєкторії дуального типу, в яких студенти певних спеціальностей (зокрема ІТ, інженерія, графічний дизайн, освітні технології) виконують реальні завдання з розробки або вдосконалення VR/AR-контенту у співпраці з EdTech-партнерами. Це дозволяє поєднувати навчання з практикою, підвищуючи працевлаштовальну спроможність випускників.

Також важливо підкреслити потенціал спільного подання проєктів на грантові програми, зокрема Horizon Europe, Erasmus+, Digital Europe, які заохочують консорціями, що об'єднують університети, технологічні компанії та освітні хаби. Університет, маючи стратегічні зв'язки з EdTech-партнерами, здатен реалізовувати повномасштабні інноваційні проєкти, спрямовані на цифровізацію освіти, розробку педагогічних рішень нового покоління, розвиток педагогіки віртуального навчання, створення хмарних платформ і елементів відкритого VR-контенту.

Академічне мережування та міжуніверситетська співпраця у сфері VR/AR в межах реалізації Концепції використання імерсивних технологій в освітньому процесі Національного університету «Чернігівська політехніка» є одним із найбільш стратегічно значущих напрямів розвитку цифрової трансформації вищої освіти. Такий формат співпраці виходить за межі індивідуального університету і формує екосистему взаємодії закладів вищої освіти, об'єднаних спільними цілями створення, впровадження та поширення VR/AR-технологій як засобу інноваційного навчання. Центральною ідеєю академічного мережування є формування мережових освітніх середовищ, у яких декілька університетів спільно розробляють навчальні ресурси, курси, симуляції

та практичні VR/AR-модулі, а також забезпечують взаємний доступ до них для своїх студентів і викладачів. Такий підхід дозволяє ефективніше використовувати ресурси, уникати дублювання витрат на створення однотипного контенту, а також розширювати асортимент і якість імерсивного контенту за рахунок міждисциплінарного та міжінституційного обміну. Один із практичних напрямів цієї співпраці – розробка спільних навчальних дисциплін і модулів, що викладаються у VR-форматі. Наприклад, курс із цифрової інженерії може бути реалізований як інтегрована програма двох університетів: один створює контентну частину, інший – забезпечує віртуальну лабораторію та педагогічну фасилітацію. У цьому випадку студенти з різних регіонів можуть одночасно бути залучені до навчання у спільному віртуальному просторі, брати участь у спільних проєктах, відпрацьовувати навички співпраці у віддаленому мультирегіональному форматі.

Особливу перспективу має впровадження спільних освітніх програм подвійного викладання (co-teaching), де викладачі з різних університетів спільно ведуть VR/AR-курси. Це дає змогу поєднувати різні педагогічні стилі, транслювати різні точки зору на одне і те ж питання, формувати у студентів критичне мислення, культурну обізнаність і здатність до навчання у гетерогенному освітньому середовищі.

Інноваційною формою такої співпраці є створення міжуніверситетських віртуальних лабораторій або симуляційних платформ, які використовуються спільно для навчання студентів з різних ЗВО. У межах таких лабораторій можуть функціонувати спільні експерименти, практикуми, VR-моделі технічних або соціальних систем, а також міждисциплінарні дослідницькі симуляції. Завдяки цій моделі університети розширюють можливості навчання у тих галузях, де власна матеріально-технічна база є обмеженою, – наприклад, у складних лабораторних дисциплінах, високотехнологічних напрямках, фаховій підготовці реабілітологів, або в прикладній аналітиці.

Інституційною перевагою мережування є зміцнення академічної мобільності у VR-середовищах. Оскільки VR-курси можуть бути інтегровані в онлайн-простір, вони не потребують фізичної присутності учасників, що робить академічну мобільність доступнішою для широкого кола студентів, включаючи тих, хто не має змоги брати участь у традиційних програмах обміну через фінансові або безпекові обмеження. Участь у VR-модулях партнерських університетів може бути визнана як частина індивідуального навчального плану, що підвищує гнучкість траєкторій студентів та інтернаціоналізацію освіти. Участь у міжнародних об'єднаннях університетів, проєктних консорціумах, VR/AR-альянсах (наприклад, в межах Erasmus+, Digital Education Hub, European Universities Initiative) дає змогу університету долучатися до розробки європейських стандартів і рекомендацій з імерсивної освіти, брати участь у пілотних ініціативах, отримувати доступ до відкритих освітніх ресурсів, а також посилювати свою міжнародну видимість та рейтингову присутність.

Загалом, академічне мережування є основою для створення інноваційної VR/AR-освітньої екосистеми, де університети не конкурують, а кооперативно вирішують спільні виклики: розробку якісного контенту, методологічну

підтримку, безпекові та етичні регламенти, педагогічну підготовку кадрів. Участь НУ «Чернігівська політехніка» в такій екосистемі є логічним етапом її цифрової трансформації, що відкриває нові горизонти для інтеграції у глобальний освітній простір та формування статусу університету як інституційного хаба VR/AR-освіти в Україні.

Співпраця в межах міжнародних ініціатив та залучення грантового фінансування є стратегічним напрямом розвитку Концепції використання VR/AR-технологій в освітньому процесі Національного університету «Чернігівська політехніка». Такий тип партнерства дозволяє університету інтегруватися у глобальні академічні та технологічні мережі, підвищувати інституційну спроможність, формувати інноваційну дослідницьку культуру та забезпечувати фінансову стійкість цифрових трансформацій через залучення позабюджетних ресурсів. Міжнародні програми підтримки освіти, зокрема Horizon Europe і Erasmus+, включають спеціалізовані напрями, що прямо або опосередковано пов'язані з розвитком і впровадженням VR/AR у навчальному процесі. Horizon Europe передбачає підтримку дослідницьких консорціумів, які розробляють і тестують імерсивні освітні технології, аналізують їх когнітивні ефекти, вивчають ефективність цифрових симуляцій у набутті практичних навичок, а також працюють над створенням відкритих VR/AR-платформ для спільного використання в університетській освіті. Участь у таких консорціумах дозволяє університету поєднувати наукову діяльність із освітніми інноваціями, формуючи міжгалузеві й міждисциплінарні дослідницькі групи.

Програма Erasmus+ відкриває інституціям можливості в кількох ключових напрямках. У напрямі «Capacity Building in Higher Education» університети можуть отримати підтримку на реалізацію великих інституційних проєктів з трансформації освітнього середовища, включаючи створення центрів цифрових інновацій, розробку нових курсів із використанням VR/AR, впровадження змішаного навчання та розвиток цифрової грамотності викладачів. Напрямок «Partnerships for Digital Education Readiness» стимулює створення освітніх консорціумів, які займаються підготовкою навчальних матеріалів, реалізацією віртуальних мобільностей, розбудовою платформ для дистанційної та імерсивної освіти.

Залучення до таких проєктів надає університету змогу не лише реалізовувати стратегічні ініціативи, а й отримувати фінансування на технічне оснащення (VR-гарнітури, програмне забезпечення, серверні рішення), навчальні візити викладачів, обміни студентами, проведення міжнародних літніх шкіл або воркшопів із VR/AR-технологій. Участь у програмах мобільності дозволяє студентам і викладачам університету долучитися до спільних освітніх і дослідницьких форматів із провідними європейськими та світовими університетами.

Окремо слід підкреслити можливості залучення грантового фінансування від міжнародних донорських інституцій – таких як DAAD, British Council, USAID, UNDP, Посольство США в Україні, які системно підтримують інновації у вищій освіті, розвиток цифрових компетентностей, педагогічну трансформацію та академічну мобільність. Ці фонди часто оголошують відкриті конкурси, в

межах яких університет може подавати індивідуальні або консорціальні заявки, спрямовані на розробку VR/AR-контенту, підготовку тренерів, апробацію імерсивного навчання у пілотних групах, створення міжрегіональних освітніх хабів або віртуальних тренінгових центрів. Варто також враховувати фінансово-конкурсні ініціативи великих EdTech-компаній – таких як Meta, Unity, Google for Education, ClassVR, HTC VIVE, які надають гранти на освітні ініціативи, навчання викладачів, впровадження продуктів на базі їхніх платформ або API, а також виступають партнерами в реалізації локальних інноваційних проєктів.

З огляду на це, Національний університет «Чернігівська політехніка» має потенціал не лише як споживач VR/AR-рішень, а як активний розробник і партнер транснаціональних VR/AR-проєктів, здатний формувати дослідницько-освітню цінність, залучати міжнародні ресурси, зміцнювати репутацію в глобальному академічному середовищі та просувати український досвід у використанні імерсивних технологій на рівні світової спільноти. Реалізація цього напрямку співпраці вимагає розвитку внутрішньої грантової експертизи, налагодження системи проєктного менеджменту, створення інституційної підтримки подання заявок (Grant Office), а також активної участі у міжнародних освітніх мережах, асоціаціях і ініціативах з VR/AR. Усе це має бути зафіксовано в стратегічних документах університету як пріоритетний вектор розвитку.

Розбудова сталих партнерств і активне мережування створюють необхідне середовище для масштабування імерсивної освіти, сприяють підвищенню репутації університету, підсилюють його конкурентоспроможність у міжнародному освітньому просторі, а також формують нову модель університету як інноваційного вузла, що об'єднує освіту, дослідження, індустрію та цифрову економіку.

Участь НУ «Чернігівська політехніка» у VR/AR-партнерствах має бути стратегічно спрямованою на підвищення якості освітніх послуг, розвиток кадрового потенціалу, залучення ресурсів і створення інноваційної освітньої екосистеми, відкритої до співпраці, трансформацій і спільного творення цифрового майбутнього.

6. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

6.1. Розвиток університету

Перспективні очікувані результати реалізації Концепції слугують цільовими орієнтирами для оцінювання ефективності впроваджених інновацій і є основою для подальшого стратегічного управління цифровою трансформацією освітнього середовища. Ці результати умовно поділяються на короткострокові (операційні), середньострокові (тактичні) та довгострокові (стратегічні), кожен із яких характеризується своїм рівнем впливу на систему вищої освіти, педагогічні практики, залученість студентів та інституційний розвиток.

Короткострокова перспектива (1–2 роки): формування основи для імерсивного середовища.

У перші роки реалізації Концепції ключовим завданням стане створення функціональної інфраструктурної, організаційної та кадрової основи для VR/AR-освіти. Насамперед, це передбачає відкриття Центру імерсивних технологій як спеціалізованої інституції, що забезпечуватиме технічну підтримку, педагогічний супровід, розробку контенту, підготовку персоналу та координацію всіх процесів, пов'язаних із VR/AR-інтеграцією. Центр слугуватиме не лише внутрішнім сервісом для факультетів, а й простором комунікації з бізнесом, EdTech-компаніями, іншими університетами та міжнародними організаціями. Паралельно з цим передбачається облаштування VR-зон у структурних підрозділах, які стануть пілотними майданчиками для впровадження перших освітніх модулів на базі імерсивних технологій. Це можуть бути як спеціалізовані кабінети, так і мобільні VR-комплекти для використання в декількох аудиторіях. У межах цієї фази розпочнеться тестування VR/AR-модулів у 3–5 освітніх програмах, зокрема тих, що найбільше виграють від візуалізації складних процесів або симуляції професійної діяльності (фізична терапія, інженерія, автоматизація, логістика, будівництво, цифровий дизайн тощо).

Крім інфраструктури, важливим показником стане підготовка першої хвилі викладачів, які опанують базові принципи імерсивного педагогічного дизайну, оволодіють інструментами створення та адаптації VR/AR-контенту, а також засвоять практики фасилітації навчання у віртуальних середовищах. Планується впровадження програми підвищення кваліфікації та менторського супроводу для цих фахівців. У межах цієї фази також буде запущено внутрішню цифрову платформу обміну імерсивними ресурсами – своєрідний репозиторій, куди викладачі зможуть завантажувати власні напрацювання, сценарії, 3D-моделі та симуляції, а також отримувати доступ до контенту колег.

Середньострокова перспектива (3–5 років): перехід до системної моделі імерсивного навчання.

У наступній фазі реалізації Концепції університет переходить до масштабування VR/AR-технологій на більшість освітніх програм і

спеціальностей. Це включає оновлення робочих програм навчальних дисциплін, розширення кількості курсів із вбудованими VR/AR-модулями, створення міжфакультетських інтегративних курсів, де VR/AR стає не просто інструментом візуалізації, а носієм міждисциплінарного навчання. Наприклад, можливе поєднання VR-моделювання біомеханіки руху з економікою охорони здоров'я, або проектування віртуальних логістичних ланцюгів із правовими аспектами постачання. У межах цієї фази передбачається формування власного VR/AR-репозиторію, який міститиме не тільки внутрішньо розроблений контент, а й інструменти для адаптації відкритих освітніх ресурсів, створення мультиплатформених VR-модулів, AR-прошарків для друкованих матеріалів, цифрових симуляцій тощо. Репозиторій стане основою для впровадження політики повторного використання контенту (reusability), його масштабування та інтеграції у різні дисципліни.

Водночас університет зміцнить свою присутність у всеукраїнських та міжнародних освітніх ініціативах, розширить участь у проєктах Horizon Europe, Erasmus+, Digital Europe, долучиться до VR/AR-консорціумів, кластерів або мережових платформ, зокрема у ролі контент-провайдера або методологічного партнера. Значною мірою інтенсифікується залучення грантового фінансування, що дозволить реалізовувати масштабні проєкти з цифрової трансформації, технічного переоснащення, дослідження педагогічної ефективності VR/AR та трансферу технологій в освіту.

На цьому етапі університет оформить інституційно-педагогічну модель змішаного та імерсивного навчання, що буде закріплена в документах як складник стандартної освітньої політики, а не лише як експеримент. Відповідно до цього, VR/AR-середовище буде враховано у стратегічних планах розвитку освітніх програм, акредитаційних документах, стандартах оцінювання якості.

Довгострокова перспектива (5–10 років): інституційна трансформація та лідерство в імерсивній освіті.

Довгостроковий результат реалізації Концепції передбачає перехід університету до нового етапу педагогічного розвитку, в основі якого лежить студентоцентрична, технологічно орієнтована модель. Це означає, що університет остаточно відійде від домінування традиційних лінійних форм викладання на користь візуально-практичного, симуляційного, інтерактивного підходу, у якому знання формуються через дію, рефлексію, персоналізацію та досвід.

Національний університет «Чернігівська політехніка» стане регіональним хабом VR/AR-освіти, який не лише впроваджує технології в себе, але й ділиться експертизою з іншими закладами освіти, підприємствами, органами влади. Університет буде здатен експортувати власні освітні продукти – VR-модулі, методики, навчальні програми, проводити міжнародні літні школи, віртуальні тренінги, консультувати інші освітні установи з питань впровадження VR/AR.

Сформується нова академічна культура, у якій імерсивні технології будуть не просто інструментом, а компонентом освітньої ідентичності університету. Студенти сприйматимуть VR/AR як природний елемент навчання, а викладачі – як ключову складову педагогічного дизайну, що дозволяє вийти за межі

класичної аудиторії й перенести освіту у простір симуляцій, дослідження, взаємодії та творчості. Університет стане прикладом гнучкої, відкритої та адаптивної освітньої інституції, здатної діяти в умовах глобальних викликів і технологічних трансформацій.

Інтеграція VR/AR у навчальний процес не є ізольованим проєктом технологічного нововведення, а виступає інтегральною складовою стратегії цифрової трансформації університету, що передбачає глибокі зміни в усіх сферах його діяльності: від академічної до адміністративної, від наукової до комунікаційної. Імерсивні технології, на відміну від звичайних цифрових інструментів, не лише оптимізують процеси, а перетворюють саму природу освіти, модифікуючи форми взаємодії, пізнання, контролю якості, викладання та самонавчання. Перш за все, VR/AR розширюють можливості цифрового освітнього середовища, яке на сьогодні вже включає LMS-системи, хмарні сервіси, електронні бібліотеки, відеокурси, інструменти дистанційного доступу. На цьому тлі VR/AR виступають як наступна еволюційна фаза цифровізації: від інформаційного забезпечення – до створення симулятивного навчального простору, де знання не лише подаються, а моделюються й апробуються студентом у режимі «зворотного експерименту». Таким чином, університет набуває змоги не просто поширювати знання, а створювати нові освітні досвіди.

Імерсивні технології також вносять якісно новий рівень у педагогічний дизайн освітніх курсів. Курси, збагачені VR/AR-модулями, змінюють логіку навчальної взаємодії – замість послідовного викладу матеріалу студенти занурюються у середовище, де мають вирішити практичні задачі, застосувати теоретичні знання до нових ситуацій, діяти в режимі рольового моделювання. Це трансформує традиційну лекційно-семінарську модель у модель дослідницького, експериментального та емоційно зануреного навчання. У свою чергу, це вимагає й оновлення кваліфікаційного профілю викладача, який стає не інструктором, а фасилітатором, наставником у середовищі віртуального навчання.

Суттєвий внесок VR/AR здійснює у реорганізацію інституційної структури університету. Зокрема, передбачено створення й розвиток Центру імерсивних технологій, що стане ядром цифрової трансформації. Його функціонал охоплює технічне забезпечення, освітній дизайн, контентну розробку, адміністрування VR/AR-систем, підтримку академічного персоналу та організацію підвищення кваліфікації. У результаті впровадження VR/AR з'являються нові професійні ролі: VR-координатор, педагогічний дизайнер, цифровий фасилітатор, 3D-модельєр освітнього контенту, спеціаліст з адаптації імерсивного середовища, що розширює кадрову структуру закладу та відкриває нові траєкторії професійного зростання для співробітників.

Також відбувається якісне оновлення управлінської та комунікаційної моделі університету. VR/AR-середовище дає можливість візуалізувати освітні процеси, вбудовувати аналітику навчальної активності студентів, використовувати штучний інтелект для адаптації навчальних маршрутів, забезпечувати прозору систему оцінювання, а також налагоджувати нові канали зворотного зв'язку через аналіз поведінкових моделей студентів у віртуальному просторі. Університет зможе збирати емпіричні дані про ефективність

педагогічних рішень у VR/AR-середовищі, що стане основою для прийняття управлінських рішень на базі освітньої аналітики.

З точки зору зовнішньої інституційної стратегії, VR/AR дає змогу НУ «Чернігівська політехніка» посилити свою позицію на національному та міжнародному рівні. Реалізація VR/AR-інтеграції підвищує привабливість університету для абітурієнтів, які прагнуть сучасного, практично орієнтованого навчання. Водночас це створює позитивний імідж для роботодавців, які бачать університет як джерело підготовлених кадрів, здатних працювати з високотехнологічними середовищами. Це також суттєво розширює можливості участі у грантових програмах, міжнародних партнерствах, дослідницьких консорціумах, що формують довгострокову траєкторію університету як учасника глобального ринку знань і інновацій.

Таким чином, впровадження VR/AR у НУ «Чернігівська політехніка» не лише збагачує окремі освітні дисципліни, а й радикально змінює архітектуру цифрового університету, сприяючи формуванню відкритої, адаптивної, мережевої, стійкої до криз освітньої системи. Це відповідає викликам ХХІ століття, а також стратегічному баченню розвитку університету як флагмана інноваційного розвитку регіону, лідера в галузі прикладної цифрової освіти та надійного партнера в міжнародному академічному просторі.

6.2 Освітні переваги

Освітні переваги та очікувані результати впровадження Концепції використання VR/AR у Національному університеті «Чернігівська політехніка» становлять змістовну основу трансформації академічного середовища в умовах цифрової доби. Реалізація цього напрямку забезпечує не лише модернізацію педагогічного інструментарію, а й глибокі зміни в структурі освітньої взаємодії, підходах до навчання, оцінювання, міжособистісної комунікації та міжнародної інтеграції. VR/AR-технології відкривають потенціал для створення гнучкого, динамічного, студентоцентричного навчального середовища, яке відповідає вимогам покоління цифрових громадян.

1. Вплив на якість освіти, мотивацію та успішність студентів

Впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності в освітній процес суттєво трансформує характер взаємодії студента з навчальним матеріалом, змінює структуру пізнавальної діяльності, а також впливає на поведінкові й емоційні аспекти освітнього досвіду. У VR/AR-середовищі студент перестає бути пасивним отримувачем знань і перетворюється на активного учасника навчального процесу, що діє в інтерактивному просторі, моделює ситуації, приймає рішення, аналізує наслідки власної поведінки. Це забезпечує підвищення когнітивного навантаження високого рівня, тобто стимулює аналітичне мислення, комплексну обробку інформації та формування міждисциплінарних зв'язків. Особливо це помітно в тих освітніх програмах, де необхідна практична підготовка в умовах, максимально наближених до реальності. Наприклад, у навчанні фахівців з фізичної терапії VR-модулі

дозволяють моделювати роботу з пацієнтом, відтворювати анатомічні структури, протоколи мануальних технік, симулювати фізіологічні реакції організму. У сфері інженерії – це можуть бути віртуальні лабораторії для складання і тестування моделей механізмів, цифрові тести навантажень, безпечно відпрацювання критичних ситуацій. Таким чином, VR/AR сприяє перенесенню акценту з теоретичного засвоєння знань на формування компетентностей через досвід, дію і рефлексію.

VR/AR стимулює активне пізнання шляхом переходу від рецептивного навчання (прослуховування, читання) до експериментального й дослідницького. У віртуальному середовищі студенти мають змогу взаємодіяти з навчальним матеріалом не лінійно, а інтерактивно: змінювати параметри, спостерігати за наслідками, порівнювати сценарії, розв'язувати проблеми в симульованому контексті. Це породжує когнітивну напругу, яка активує пошукову поведінку – основу розвитку гнучкого інтелекту.

У VR/AR-форматі можливо реалізувати навчальні завдання з відкритим кінцем, де немає однієї правильної відповіді, але є низка можливих варіантів із різними наслідками. Такі ситуації провокують студентів на самостійне прийняття рішень, аргументацію власної позиції, застосування набутих знань у новому контексті – ключові характеристики активного навчання. Перевагою такого підходу є також формування практичного інтелекту: студент не лише знає, як функціонує система (теоретично), а вміє нею користуватись у симульованому середовищі, тобто – засвоює зміст через дію, що відповідає принципам конструктивізму в освіті.

З педагогічної точки зору, імерсивні технології активують механізми мультисенсорного навчання – тобто залучення зорового, слухового, моторного каналів сприйняття інформації. Це сприяє глибшому закріпленню матеріалу в пам'яті, формуванню образного мислення та просторової уяви. У студентів, які навчаються в середовищі VR/AR, спостерігається вища продуктивність у завданнях на розв'язання проблем, кращі результати в тестах на прикладне застосування знань, а також вищий рівень усвідомлення навчальної цілі.

У сфері мотивації студентів VR/AR-технології відіграють потужну роль як засоби внутрішньої активізації пізнавальної діяльності. Студенти покоління Z та Alpha, які зростали в умовах цифрової візуальної культури, сприймають інформацію не лише через текст, а через образ, інтерактив, динаміку. Імерсивне середовище дає змогу поєднувати гру та навчання (edutainment), створювати сюжетні лінії, навчальні квести, віртуальні виклики, що пробуджують інтерес, створюють емоційне залучення і, як наслідок, підвищують навчальну мотивацію та знижують ризик когнітивного вигорання. Імерсивне середовище VR/AR чинить потужний вплив на мотиваційний компонент навчання, зокрема на внутрішню (інтринсивну) мотивацію, яка є найбільш стійкою й ефективною у довгостроковій перспективі. Ефект присутності у віртуальному середовищі створює відчуття реальності ситуації, значущості власних дій і безпосереднього впливу на перебіг подій. Це дає студенту емоційне задоволення від самого процесу навчання, а не лише від очікуваного результату (оцінки, диплома тощо). У поєднанні з елементами гейміфікації, VR/AR формує навчальну динаміку, що

має елемент виклику: студент прагне досягти результату у віртуальній симуляції, вийти з ситуації переможцем, вирішити складну задачу. Це стимулює повторне проходження модулів, залучення до групової роботи, взаємодію з викладачем у новому форматі. Таким чином, підвищується залученість до навчального процесу, зростає інтерес до дисципліни, а отже – зменшується ризик академічного відчуження, прокрастинації, формального ставлення до навчання.

Важливим фактором є також можливість персоналізації навчального процесу. У VR/AR-курсі студент може працювати у власному темпі, проходити модулі у зручний час, повертатись до складних фрагментів, тренуватись без обмежень за кількістю спроб. Це особливо важливо для студентів з різними стилями навчання – візуалів, кінестетиків, логіків, а також тих, хто потребує додаткового часу на засвоєння матеріалу. Персоналізація забезпечує адаптивність середовища під індивідуальні потреби і, відповідно, підвищує успішність як за академічними, так і за поведінковими показниками.

Окремо слід розглядати позитивний вплив VR/AR на інклюзивність освіти. Університет може адаптувати VR/AR-модулі для студентів з порушеннями слуху (через візуалізацію), зоровими труднощами (через голосові коментарі, масштабування), моторними або когнітивними особливостями (через зміну інтерфейсу, управління жестами або голосом, темп навчання). Імерсивне середовище дозволяє створити рівні можливості доступу до складних або небезпечних для відтворення ситуацій – наприклад, моделювання роботи з медичним обладнанням, відпрацювання алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях, участь у віртуальних експедиціях, які неможливо провести фізично. Це не лише розширює доступ до якісної освіти, а й забезпечує включення студентів із особливими освітніми потребами до повноцінного академічного життя.

2. Розвиток soft skills через імерсивну освіту (VR/AR)

Впровадження VR/AR-технологій в освітній процес сприяє цілеспрямованому розвитку ключових м'яких навичок (soft skills), які формують основу професійної готовності випускника в умовах нестабільного, комплексного, динамічного світу (VUCA-середовища). На відміну від традиційного навчання, де комунікативні, емоційні, соціальні та управлінські навички розвиваються переважно опосередковано, у VR/AR-середовищі вони інтегруються безпосередньо в освітні сценарії – завдяки ролям, динаміці взаємодії, змодельованим конфліктам, командним завданням та імітації стресових умов.

Імерсивне середовище дає можливість створювати ситуації з високим ступенем занурення, у яких студенти змушені не лише застосовувати знання, а й взаємодіяти в групах, домовлятись, розподіляти функції, аналізувати поведінку інших учасників. Така взаємодія сприяє розвитку командної роботи, оскільки учасники повинні координувати свої дії, вирішувати завдання у межах обмеженого часу, ділитися ресурсами та приймати колективні рішення. Під час таких симуляцій студенти виконують різні функціональні ролі – від лідера до аналітика, що дозволяє оцінити себе в різних комунікативних позиціях, сформувати гнучкість ролей та самосвідомість у командному середовищі.

Важливо, що VR-сценарії можуть містити моделі конфліктів або ситуації невизначеності, які вимагають застосування навичок емоційного контролю, аргументованого діалогу, навичок переконання або врегулювання. Це розвиває емоційну інтелігентність – здатність розуміти власні емоції, керувати ними, а також розпізнавати емоційний стан інших, що критично важливо для ефективної міжособистісної комунікації у будь-якій сфері.

Умови віртуального навчального середовища також є платформою для розвитку лідерських якостей, адже в ситуаціях, що імітують професійну практику, часто потрібно швидко приймати рішення, брати на себе відповідальність, мотивувати команду, визначати цілі й послідовність дій. Імітаційні модулі можуть спеціально сконструювати ситуації, у яких прояв лідерства є необхідною умовою успішного завершення завдання. Окрім того, VR/AR створює безпечний простір для формування критичної самооцінки. У таких середовищах студент може бачити результати власних рішень у реальному часі, повертатися до моментів вибору, аналізувати наслідки, коригувати дії. Це сприяє формуванню рефлексивного мислення, здатності до самонавчання, визнанню помилок не як поразки, а як ресурсу для зростання. Особливої актуальності набуває розвиток глобальних компетентностей у VR/AR-форматах. Віртуальні платформи дають можливість створювати спільні навчальні простори для студентів з різних країн, працювати над кейсами у мультикультурному середовищі, взаємодіяти в командах, де присутні мовні, соціокультурні, світоглядні відмінності. Це стимулює толерантність, міжкультурну обізнаність, здатність до співпраці в глобальних професійних мережах. Можливість долучення до спільних міжнародних курсів у VR-середовищі формує у студентів відчуття участі у світовій академічній спільноті, розширює горизонти сприйняття, знижує бар'єри комунікації.

Таким чином, розвиток soft skills у VR/AR-середовищі є системним, багатовимірним і водночас природним процесом, вмонтованим у структуру імерсивного навчання. Університет, що впроваджує такі технології, не лише підвищує якість викладання, а й готує випускників до реального життя – з його багатозадачністю, стресами, необхідністю ефективної комунікації, управління собою і взаємодії з іншими в умовах швидких змін. Це формує нову якість освіти – гнучку, живу, релевантну часу.

У сукупності всі ці фактори – когнітивна насиченість, емоційна залученість, персоналізація, інклюзивність – забезпечують стійке підвищення навчальної успішності та сприяють формуванню у студентів сучасного профілю компетентностей: критичного мислення, цифрової грамотності, візуального аналізу, адаптивності, самостійності у прийнятті рішень. Ці результати мають не лише освітнє, але й соціальне та економічне значення, адже випускники з такими характеристиками є більш підготовленими до викликів сучасного ринку.

3. Очікувані результати на рівні навчальних досягнень від впровадження VR/AR-технологій

Одним із найважливіших вимірів ефективності реалізації Концепції є підвищення навчальних досягнень студентів, тобто якісне зростання результатів у сфері знань, умінь, навичок і загальної академічної продуктивності. Імерсивні

технології, які дозволяють моделювати об'єкти, процеси та явища в інтерактивному середовищі, сприяють фундаментальним зрушенням у способах засвоєння знань, що відображається як на когнітивному, так і на поведінковому рівні студентів.

Передусім, використання VR/AR забезпечує глибше аналітичне опрацювання навчального матеріалу, адже інформація подається не лише у вербальній або текстовій формі, а через багатовимірну візуалізацію, просторові взаємозв'язки, симуляції сценаріїв і динамічних процесів. Наприклад, замість абстрактного опису фізичного явища або економічної моделі, студент може побачити її в дії, змінювати параметри, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки. Це стимулює не механічне запам'ятовування, а розуміння концептуальних структур, їх функціонування та внутрішню логіку. Така форма навчання сприяє формуванню вищого рівня мислення – застосування, аналізу, синтезу, оцінки, відповідно до таксономії Блума.

Значне підвищення відбувається також у сфері виконання завдань прикладного характеру, оскільки VR/AR-сценарії дозволяють студенту тренуватися у безпечному середовищі без ризику реальних помилок або матеріальних втрат. Це особливо важливо для галузей, де практика є критично важливою, але складною або дорогою в реалізації: наприклад, у підготовці фахівців з фізичної терапії, архітекторів, будівельників, логістів, інженерів. VR-модулі надають можливість неодноразово відтворювати ситуації, що в реальності є унікальними або важко доступними, а також створювати адаптивні сценарії, які відповідають рівню підготовки конкретного студента.

Крім того, застосування VR/AR в освіті дозволяє значно покращити показники академічної успішності у тих темах, які є традиційно складними для засвоєння. Це насамперед дисципліни з високим ступенем абстракції (наприклад, електродинаміка, хімія, теорія алгоритмів), де просторове уявлення, структурна візуалізація та можливість експерименту є вирішальними для повноцінного розуміння. Завдяки інтерактивності VR/AR-інструментів студент має змогу “прожити” абстрактне явище, отже – подолати бар'єр уявлення і перейти до реального усвідомлення предметної сутності знання.

Інша суттєва перевага VR/AR-технологій полягає в індивідуалізації та персоналізації навчання. У віртуальному середовищі кожен студент може працювати у власному темпі, мати доступ до адаптивних підказок, автоматичної самоперевірки, пройти повторне тренування. Це забезпечує зворотний зв'язок у реальному часі, формує мотивацію до самоконтролю та дозволяє усвідомлювати не лише результат, але й логіку допущених помилок. Така структура навчання активізує саморефлексію та сприяє формуванню автономного стилю навчання, за якого студент здатен самостійно планувати, регулювати і оцінювати свій навчальний процес.

Автономність навчання у VR/AR-середовищі проявляється також у здатності студента вибирати індивідуальну траєкторію проходження матеріалу, адаптуючи її до власних потреб, здібностей і часу. Завдяки гнучкості контенту, VR-модулі можуть бути інтегровані в самостійне навчання, бути доповненням до лекційного матеріалу або платформою для проєктно-орієнтованого навчання.

Це створює умови для формування метанавичок – планування навчання, цілепокладання, прийняття відповідальності за результат, управління увагою та ресурсами.

Таким чином, застосування VR/AR у навчальному процесі дозволяє досягнути змістовно вищого рівня навчальних досягнень, ніж у традиційному або навіть змішаному навчанні. Це зростання базується не на механічному дублюванні інформації, а на глибокому перетворенні освітнього досвіду, де знання постає не як об'єкт передачі, а як результат інтерактивної дії, аналізу, випробування і рефлексії. Саме в цьому полягає фундаментальна трансформація, яку імерсивні технології привносять у систему вищої освіти.

4. Підтримка академічної доброчесності та справедливого оцінювання у VR/AR-середовищі

Однією з критично важливих функцій VR/AR-технологій в освітньому процесі є забезпечення високого рівня академічної доброчесності через переосмислення логіки навчальних завдань, типів активності та форматів оцінювання. Імерсивне середовище не лише ускладнює можливість списування чи несанкціонованого копіювання відповідей, але й створює умови, у яких чесна інтелектуальна праця стає природною і необхідною для досягнення успіху. У традиційних формах контролю знань (тести, письмові роботи, екзаменаційні відповіді) значна частина завдань має репродуктивний характер – тобто перевіряється пам'ять, а не здатність аналізувати чи застосовувати знання. Це створює підґрунтя для академічної недоброчесності: студент може знайти шаблон, скопіювати готову відповідь або скористатися сторонньою допомогою. Натомість у VR/AR-середовищі основою оцінювання є діяльнісна модель: студент має виконати конкретну дію, розв'язати практичну ситуацію, продемонструвати компетентність у змінених умовах. Знання виявляються не через теоретичні твердження, а через поведінку у віртуальній ситуації, що виключає механічне відтворення відповідей. Крім того, VR/AR-модулі дозволяють варіювати параметри завдань у реальному часі, створюючи індивідуальні сценарії для кожного студента. Навіть якщо базове завдання є спільним, змінюється конфігурація умов, послідовність подій, вхідні дані. Це унеможливорює використання шаблонних відповідей, стимулює оригінальність рішень, а також робить результат неповторним, що значно підвищує довіру до оцінки.

Іншою важливою перевагою VR/AR є можливість вбудованого моніторингу когнітивної поведінки студента у процесі проходження модулю. Наприклад, система фіксує послідовність кроків, вибір інструментів, час реакції на зміну умов, аргументацію прийнятих рішень. Ці цифрові сліди утворюють повноцінну картину пізнавальної активності, яка набагато інформативніша, ніж класична «правильно – неправильно» шкала оцінювання. Такі дані дають змогу викладачу аналізувати процес мислення, виявляти сильні й слабкі сторони студента, формувати персоналізовані рекомендації, а також ідентифікувати неавтентичні способи проходження курсу. Особливої цінності цей підхід набуває для формування культури академічної відповідальності. Студенти починають усвідомлювати, що оцінка в імерсивному модулі – це не зовнішня санкція, а

зворотний зв'язок про ефективність їхніх дій. У такому середовищі списування втрачає сенс, а добродесна поведінка стає внутрішньо вмотивованою. Це підтримує принципи, закладені в Європейські стандарти академічної етики, та відповідає сучасним уявленням про студентську автономію та відповідальність.

Крім індивідуального аспекту, VR/AR-технології дозволяють реалізувати нові формати групового оцінювання, які теж сприяють добродесності. Завдяки фіксації ролей та дій учасників у командних завданнях можна точно визначити внесок кожного студента, уникнути маніпуляцій із результатами, забезпечити прозорість командної роботи. Це особливо актуально для проєктно-орієнтованого навчання, де кооперація є необхідною умовою досягнення цілі.

У підсумку, VR/AR не просто ускладнює порушення добродесності – воно структурно змінює культуру оцінювання, створюючи умови, в яких чесність, самостійність, креативність і відповідальність стають базовими передумовами успіху. Це сприяє формуванню нового покоління студентів, здатних діяти прозоро, етично та професійно не лише в освітньому, а й у професійному контексті. Таким чином, підтримка академічної добродесності через VR/AR є не побічним ефектом, а свідомою ціннісною опорою імерсивної педагогіки.

7. РИЗИКИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

7.1 Потенційні виклики при впровадженні впровадженні VR/AR-технологій в освітній процес

Інтеграція VR/AR у структуру освітнього процесу університету передбачає не лише інноваційні переваги, а й необхідність системного аналізу ризиків та обмежень, які можуть перешкоджати ефективній реалізації цієї трансформації. Оцінка ризиків є критично важливою для забезпечення керованості процесу, формування превентивних заходів та гарантування сталості позитивних результатів. Основними типами ризиків є фінансові, організаційні, технічні, психологічні та нормативно-правові. Водночас важливо окреслити конкретні стратегії їх мінімізації.

Фінансові ризики посідають центральне місце серед системних обмежень реалізації імерсивної трансформації вищої освіти. Особливої ваги вони набувають у контексті функціонування Національного університету «Чернігівська політехніка» в умовах воєнного стану, коли обсяги бюджетного фінансування є нестабільними, а пріоритети – зміщеними у бік екстреної підтримки базових функцій освіти.

Найбільш витратними компонентами VR/AR-інфраструктури є придбання спеціалізованого обладнання (VR-гарнітури з високою роздільною здатністю, контролери, сенсори, камери захоплення руху), високопродуктивних комп'ютерів з графічними процесорами, а також ліцензійного програмного забезпечення для створення, редагування та відтворення імерсивного контенту. Крім того, необхідно враховувати витрати на обслуговування техніки,

модернізацію мережевого середовища, забезпечення кібербезпеки, підготовку персоналу та оплату праці фахівців, які здійснюють педагогічний і технічний супровід.

В окрему категорію варто винести фінансування розробки або адаптації навчального контенту, що має не лише технічне, а й педагогічне наповнення. На сьогодні україномовного VR/AR-контенту освітнього призначення є вкрай недостатньо, а використання англomовних продуктів часто потребує перекладу, локалізації, методичної адаптації до змісту вітчизняних освітніх програм. Вартість створення одного повноцінного інтерактивного VR-модуля може сягати кількох тисяч доларів США залежно від складності сценарію, графіки, інтерактивності та кількості користувачів. В умовах обмеженого фінансування, особливо в період криз, такі витрати можуть бути сприйняті як надмірні або несвоєчасні, що створює ризик недофінансування, призупинення проєктів або невиконання запланованих результатів. Крім того, відсутність механізмів фінансового стимулювання викладачів до участі у VR/AR-інтеграції може призводити до демотивації академічної спільноти.

Ще одним важливим ризиком є відсутність гарантій довгострокового фінансування, що унеможлиблює планування оновлення обладнання, нарощення контенту, розвиток кадрового потенціалу. Така нестабільність особливо загрозлива для імерсивних технологій, що мають високий темп морального старіння – як на рівні апаратного забезпечення, так і програмних платформ.

У підсумку, фінансові ризики впровадження VR/AR-технологій є реальними, але не фатальними, якщо університет діє стратегічно, активно комунікує з партнерами, використовує гнучкі моделі фінансування та демонструє приклади реальної цінності цих технологій для підвищення якості освіти.

Організаційні ризики, на відміну від технічних чи фінансових, є менш очевидними, однак саме вони часто виступають головними обмеженнями системного впровадження інновацій. У контексті VR/AR-інтеграції вони стосуються передусім внутрішньої логіки функціонування університету, рівня узгодженості рішень, здатності до міждисциплінарної взаємодії, а також готовності до управління змінами. Першим критичним викликом є відсутність структурованої координації між підрозділами, які мають бути залучені до впровадження імерсивних технологій. До таких належать факультети й кафедри, Центр інформаційних технологій, служба менеджменту якості освіти, юридичний відділ, бібліотека, адміністрація освітніх програм, відділ міжнародного співробітництва, Центр підвищення кваліфікації тощо. У реальній практиці ці структурні одиниці діють автономно, що ускладнює створення єдиного VR/AR-простору. Без чітко визначеного координатора та горизонтальної взаємодії ризик дублювання зусиль, втрати ресурсів і неефективного управління зростає.

Другим фактором є відсутність внутрішніх нормативно-регламентних документів, які б унормовували процеси розробки, експертизи, впровадження та оцінювання VR/AR-контенту в межах освітніх програм. Наразі силабуси, освітні стандарти та методичні вказівки розраховані на традиційні або дистанційні

форми навчання, що не враховують специфіку імерсивного середовища. Через це VR/AR-дисципліни опиняються у «сірій зоні», а викладачі не мають методичних інструментів і юридичної впевненості у своїх діях.

Третім вектором ризику є ієрархічна інертність організаційної культури, яка тяжіє до бюрократизації та фіксації звичних підходів. Нові формати навчання, що потребують інтеграції контенту з різних дисциплін, гнучкого перегляду розкладу, зміни форм оцінювання, часто викликають опір через страх втрати контролю, зростання адміністративного навантаження, необхідність зміни звичних ролей (наприклад, від лектора до фасилітатора). Така інерція особливо посилюється в умовах, коли запровадження інновацій подається як «додаткова робота», а не як стратегічна пріоритетність.

Окремо слід виділити ризик нерівномірного розподілу відповідальності між підрозділами. Якщо VR/AR проекти не мають власного функціонального «власника», їх впровадження може залежати від ентузіазму окремих викладачів або факультетів, що не гарантує системності. В умовах відсутності чітких інституційних рамок навіть ефективні ініціативи залишаються ізольованими прикладами, що не масштабуються.

Технічні ризики, що супроводжують впровадження VR/AR-технологій в освітній процес, мають комплексний характер і часто є визначальними для подальшої долі інновацій. Одним із ключових викликів виступають підвищені вимоги VR/AR-середовищ до апаратного забезпечення. Віртуальні платформи потребують потужних комп'ютерів із сучасними графічними процесорами, великим обсягом оперативної пам'яті, швидкими накопичувачами та ширококутовим підключенням до мережі. Якщо такі технічні умови не забезпечено, навчальні сесії можуть супроводжуватись зниженням продуктивності, втратою якості зображення, затримками в оновленні середовища, що призводить до фрустрації студентів, порушення навчального ритму та зниження ефективності імерсивного досвіду. Крім вимог до апаратної бази, значним бар'єром є нестабільність програмного забезпечення або його несумісність із наявними інституційними платформами. Багато VR-додатків створюються під певні операційні системи або специфічні формати, які можуть бути непридатними для масового застосування у навчальному середовищі. Також виникає проблема з обмеженою підтримкою деяких сервісів на території України, залежністю від зарубіжних платформ, ризиками втрати доступу в умовах санкцій, обмежень чи геополітичних збоїв.

Не менш важливою є проблема недостатньої пропускної здатності локальної мережі або відсутності стійкого Wi-Fi-покриття в аудиторіях, де заплановано проведення VR-занять. Особливо критичним це є для контенту в режимі потокової трансляції, для інтерактивних групових VR-сесій або для підключення студентів, що перебувають у змішаному форматі навчання. За умов перевантаження мережі або технічних збоїв виникає ризик втрати результатів, неможливості завершити модуль, що підриває довіру до інновацій з боку і викладачів, і студентів. Додатковим аспектом технічного ризику є швидке моральне застарівання обладнання. Технології VR/AR оновлюються надзвичайно динамічно, і те, що було актуальним сьогодні, може втратити

підтримку розробників уже через рік-два. Якщо університет не має запланованої системи оновлення, його технічна база швидко втрачає конкурентоспроможність, а з нею – і можливість підтримувати контент на рівні сучасних освітніх стандартів.

Кадрові, Психологічні та освітньо-культурні ризики. Кадрові ризики посідають центральне місце у системі викликів, пов'язаних із впровадженням технологій віртуальної та доповненої реальності у вищу освіту. Вони мають складну й багатовимірну природу, охоплюючи як дефіцит професійних компетентностей, так і структурні прогалини в системі підготовки персоналу, а також системну нестачу спеціалізованих фахівців, здатних не лише експлуатувати VR/AR-рішення, а й розробляти повноцінний навчальний контент з урахуванням дидактичних, когнітивних, технічних і етичних вимог.

Однією з основних загроз є недостатній рівень цифрової педагогічної компетентності викладачів, яка включає не лише вміння працювати з обладнанням, а й здатність проектувати імерсивне освітнє середовище, інтегрувати VR/AR-сценарії у логіку дисципліни, здійснювати моніторинг і оцінювання результатів віртуального навчання. Багато викладачів не мали попереднього досвіду роботи з 3D-візуалізацією, сценарним моделюванням чи хмарними симуляційними платформами. За відсутності спеціальної підготовки вони або уникають використання VR/AR, або застосовують його поверхнево, знижуючи педагогічну ефективність технологій.

Другою проблемою є відсутність у штаті університету фахівців із педагогічного дизайну імерсивного контенту. Такі спеціалісти – Instructional Designers – здатні трансформувати навчальні цілі у візуально-сценарні моделі, адаптувати дидактику до можливостей технологій, співпрацювати з розробниками й методистами. В Україні ця професія практично відсутня у штатних розписах вишів, а її обов'язки часто «розчинені» між викладачами, які не мають достатньої підготовки. Це унеможливорює створення системного, міждисциплінарного та педагогічно вивіреного VR/AR-контенту.

Не менш важливим є дефіцит фахівців із системного адміністрування VR/AR-середовищ. Імерсивні освітні платформи мають складну архітектуру, що включає сервери зберігання даних, модулі синхронної взаємодії, інтерфейси для відображення 3D-середовищ, підключення гарнітур, а також модулі аналітики. Їх налаштування, підтримка, оновлення та інтеграція у внутрішні освітні системи університету вимагає специфічних знань, які не охоплюються типовими посадовими обов'язками ІТ-відділів. За їх відсутності платформи працюють нестабільно або залишаються нефункціональними.

Окрема група ризиків – відсутність фахівців з управління змінами у цифровому середовищі. Впровадження VR/AR – це не лише технічна інновація, а глибока трансформація освітньої культури. Вона потребує координації різних зацікавлених сторін, комунікації змін, подолання спротиву, створення мотиваційної бази. Якщо університет не має спеціалістів, здатних проектувати й реалізовувати такі трансформації (наприклад, цифрових координаторів факультетів або change-менеджерів), процес VR/AR-інтеграції залишиться точковим і не масштабуватиметься.

Варто також згадати про відсутність системи безперервного професійного розвитку персоналу в напрямі VR/AR. Навіть якщо окремі викладачі чи адміністратори мають початкові навички, за відсутності можливостей для підвищення кваліфікації, участі у міжнародних семінарах, стажуваннях або обміні досвідом, їхній рівень поступово знижується у порівнянні з темпами розвитку технологій. Це формує ефект «кадрового гальма», коли технічна база є, а людський ресурс не здатен її якісно використати.

Усі зазначені ризики мають накопичувальний ефект і потребують системного вирішення через формування кадрової стратегії цифрової трансформації університету. Вона має включати такі складові:

- розробку профілів компетентностей для викладачів, адміністраторів, методистів і розробників VR/AR;
- відкриття нових посад або зміну функціональних обов'язків з урахуванням потреб імерсивного навчання;
- запуск внутрішніх програм навчання та сертифікації персоналу;
- партнерство з EdTech-компаніями для стажувань, обміну досвідом;
- запровадження цифрових менторських програм усередині університету;
- створення умов для професійного зростання через участь у грантах, проєктах, конкурсах інноваційної педагогіки.

Таким чином, кадрові ризики є не лише наслідком зовнішніх обставин, а й індикатором внутрішньої готовності університету до змін. Їхнє подолання передбачає не лише технічну підготовку персоналу, а й інституційне переосмислення ролей, функцій, мотивацій і цінностей працівників у цифровому освітньому просторі.

Психологічні та освітньо-культурні бар'єри становлять не менш серйозну загрозу для впровадження VR/AR у вищу освіту, ніж технічні чи фінансові. Їхня особливість полягає в тому, що вони формуються не миттєво, а ґрунтуються на стереотипах, професійній звичці, недовірі до змін або зниженій здатності до цифрової адаптації. Такі ризики не завжди мають об'єктивну природу, але вони здатні значно зменшити ефективність навіть добре підготовленого технічно й організаційно проєкту. Одним із найбільш поширених проявів є низький рівень цифрової грамотності серед частини викладацького складу, особливо старшого покоління. Часто це не лише питання навичок роботи з обладнанням, а й незнання педагогічної логіки цифрових середовищ. Викладачі можуть сприймати VR/AR як суто технологічну новинку, що не має глибокого навчального сенсу, або як загрозу їхній професійній ролі. Існує ризик, що замість інтеграції VR/AR у навчальні сценарії, інструменти будуть використовуватись формально або взагалі ігноруватись. Іншим важливим аспектом є страх втратити контроль над навчальним процесом. У традиційній моделі викладач виступає основним джерелом знань і гарантом дисципліни. VR/AR ж передбачає зсув акценту на студентоцентричність, самостійне дослідження, гнучкість і варіативність освітнього досвіду. Для деяких педагогів це може бути незвично, а іноді – неприйнятно. Вони можуть побоюватися, що новий формат знизить авторитет викладача, ускладнить оцінювання, або вимагатиме від них переосмислення власного стилю викладання.

Окрему категорію становлять освітньо-культурні стереотипи, що формують упередження до VR/AR як до «несерйозного», «ігрового» або «маргінального» компонента. Частина академічної спільноти може вважати, що вищу освіту слід будувати виключно на абстрактному мисленні, текстах, логічних аргументах – і відкидати візуально-інтерактивні методи як несумісні з глибиною знання. Такі переконання мають глибоке коріння у традиційних освітніх парадигмах і не можуть бути змінені адміністративним шляхом без належної просвітницької роботи. Психологічний бар'єр виникає й серед частини студентів, особливо тих, хто звик до пасивного засвоєння знань у формі лекцій, конспектування і тестування. Переважно це стосується тих, хто навчався у традиційних середніх школах, не мав досвіду активного навчання, або відчуває тривогу через зміну форм контролю. VR/AR-моделі, що потребують ініціативи, дії, вибору, відповідальності, можуть викликати опір або стресову реакцію. У поєднанні з браком попереднього досвіду користування VR/AR-пристроями, це формує негативне первинне враження, яке важко подолати без підтримки.

Особливу небезпеку становить формування атмосфери прихованого опору, коли інновації саботуються мовчки, через ігнорування, формальне запровадження або затягування процесів. У таких умовах нова технологія може дискредитувати себе в очах спільноти як «неефективна», навіть якщо її потенціал є значним. Це особливо ймовірно, якщо перші спроби впровадження були погано організовані або супроводжувались технічними збоями.

Ризики кібербезпеки та приватності. Впровадження VR/AR у вищу освіту супроводжується принципово новим виміром загроз – кібербезпекою та приватністю даних. У традиційних формах цифрового навчання (MOOC, LMS, онлайн-курси) обсяг персональної інформації, що обробляється, обмежений логінами, e-mail, історією переглядів і тестових результатів. Натомість VR/AR-середовище функціонує на основі збирання та аналізу великого обсягу сенсорних і поведінкових даних, які можуть мати чутливий характер. Серед таких даних можна виокремити біометричні показники (рухи голови, очей, рук, постава, темп реакції), аудіозаписи, маршрути навігації у віртуальному просторі, невербальну поведінку, послідовність дій у симуляціях, частоту використання модулів, персоналізовані навчальні результати. Вони можуть не лише зберігатись у системах, але й передаватись стороннім сервісам через API-підключення або хмарну інфраструктуру.

Основна загроза приватності полягає в тому, що ці дані, на відміну від традиційних тестових оцінок, є унікальними для кожного користувача та потенційно дозволяють ідентифікувати особу з високою точністю. Їхній витік або несанкціоноване використання може мати серйозні наслідки для академічної репутації студента, викладача чи навіть університету в цілому. Особливо небезпечно, якщо такі дані опиняються у відкритому доступі або в руках комерційних структур, які можуть використовувати їх для цілей, не пов'язаних з освітою.

Окрему групу ризиків становлять кібератаки на VR/AR-платформи, які через складність архітектури та багатоканальність обробки даних часто є більш вразливими, ніж класичні освітні платформи. Напади можуть бути спрямовані на

підміни контенту, втручання в навчальний процес (наприклад, злом віртуального середовища під час лекції), крадіжку результатів навчання, перехоплення конфіденційних даних або саботаж оцінювання. В умовах гібридної війни та кібершпигунства це набуває особливої актуальності для українських закладів вищої освіти. Ризики загострюються ще й через низьку обізнаність студентів і викладачів щодо принципів цифрової безпеки, зокрема у VR/AR-контексті. Часто користувачі нехтують налаштуваннями приватності, створюють слабкі паролі, не розуміють, які дії можуть призвести до витоку інформації. Більше того, деякі платформи не мають прозорих механізмів щодо видалення облікових записів, керування даними або інформування користувача про політику обробки персональної інформації.

7.2 Загальна модель мінімізації ризиків та ключові передумови для ефективної реалізації концепції

Успішна реалізація Концепції впровадження VR/AR-технологій в освіту неможлива без комплексного урахування ризиків, що можуть виникнути на різних етапах цього процесу, а також ключових передумов, що формують сприятливе середовище для трансформації. Такий підхід відповідає сучасній логіці освітнього менеджменту, в якій стратегічні інновації розглядаються через призму імовірних викликів, ресурсної спроможності та соціального прийняття змін.

Ключовим принципом ефективного управління ризиками у VR/AR-інтеграції є поетапність, адаптивність та інституційна підтримка. Університет повинен мати систему ризик-менеджменту, яка передбачає регулярний моніторинг, оцінювання бар'єрів, залучення користувачів до прийняття рішень і швидке реагування на виклики. Впровадження VR/AR не має бути технократичним актом – це педагогічно осмислений і організаційно підкріплений процес, в якому кожен ризик трансформується у точку зростання за умови грамотного підходу та прозорості комунікації з усіма учасниками освітнього процесу.

Для пом'якшення зазначених ризиків необхідна багаторівнева фінансова стратегія, що базується на диверсифікації джерел, поетапному масштабуванні впровадження та активному залученні зовнішніх ресурсів. Передусім рекомендується створити в університеті проєктний офіс цифрових інновацій, який відповідатиме за моніторинг можливостей участі у міжнародних освітніх і дослідницьких програмах – таких як Horizon Europe, Erasmus+, Digital Europe, USAID, DAAD, British Council, Finnish EDU-tech initiatives. Підготовка конкурентоспроможних заявок, партнерство з іншими університетами, а також включення VR/AR як складника транснаціональних освітніх проєктів дає змогу отримати фінансування на технічне забезпечення, підготовку кадрів, створення контенту та методичних платформ.

Водночас важливим кроком є побудова стратегічних альянсів з EdTech-компаніями. Університет може пропонувати тестування освітніх продуктів у

навчальному середовищі, спільну розробку контенту або спільну апробацію нових форматів – в обмін на безкоштовне або пільгове забезпечення програмними продуктами, обладнанням чи методичними розробками. Це дозволить знизити початкові витрати та вийти на модель партнерського інноваційного розвитку. Одним із найбільш ефективних напрямів є реалізація гібридних моделей співфінансування, в яких університет поєднує кошти державного бюджету, міжнародних донорів, приватних компаній і власних грантів. Наприклад, локальні компанії можуть інвестувати в розробку VR-контенту, пов'язаного зі специфікою регіонального ринку праці (будівництво, енергетика, агротехнології), в обмін на підготовку фахівців за цільовими програмами.

Нарешті, важливим є поетапний підхід до впровадження VR/AR: спочатку – створення одного-двох пілотних майданчиків (наприклад, у сфері фізичної терапії, логістики або архітектури), що слугують моделлю ефективності, а далі – поступове масштабування за наявності ресурсів і підтверджених результатів. Такий підхід дозволяє розумно розподілити бюджетне навантаження у часі, уникнути технологічного перевантаження і паралельно формувати культуру прийняття VR/AR у середовищі університету.

Усунення організаційних бар'єрів потребує створення стійкої та керованої моделі VR/AR-впровадження, яка базується на інституціоналізації процесу, нормативній визначеності, кадровій відповідальності та поступовому розширенні масштабу. Центральним елементом такої моделі є ефективне функціонування Центру імерсивних технологій, який функціонуватиме як головний координаційний, аналітичний і сервісний осередок. Його завдання включатимуть:

- стратегічне планування VR/AR-розвитку в університеті;
 - взаємодію з кафедрами і факультетами щодо впровадження імерсивних модулів у навчальні програми;
 - технічну підтримку і сервіси для викладачів;
 - консультування з розробки контенту;
 - методичний супровід освітнього процесу;
 - комунікацію з EdTech-партнерами та міжнародними грантодавцями.
- Паралельно має бути розроблена нормативна база, яка включатиме:
- положення про створення VR/AR-дисциплін;
 - шаблони силабусів з урахуванням імерсивного компоненту;
 - вимоги до якості віртуального контенту;
 - критерії його педагогічної, технічної та етичної експертизи;
 - стандарти включення VR/AR до акредитаційних досьє.

Важливо, щоб VR/AR-інтеграція була зафіксована як складова освітньої стратегії університету – в офіційних документах, планах цифрової трансформації, звітах про внутрішнє забезпечення якості освіти. Це дозволяє подолати статус «експерименту» і перевести VR/AR у формат структурної інновації з належним ресурсним супроводом. Крім того, важливо впроваджувати інновації поетапно – через пілотні модулі з чітко визначеними показниками ефективності. Перші курси, в яких застосовується VR/AR, повинні

демонструвати позитивний вплив на успішність, мотивацію, інклюзію, академічну доброчесність. Це формує внутрішню довіру до технологій, забезпечує прийняття нової практики іншими підрозділами та створює ефект організаційного «наслідування успіху».

Таким чином, організаційні ризики VR/AR-впровадження мають вирішуватись не фрагментарно, а як складова управлінської трансформації університету. Це передбачає створення координаційної структури, нормативне оформлення змін, підтримку на рівні стратегії та гнучке, поступове впровадження з опорою на реальні кейси. У результаті імерсивні технології інтегруються не лише у навчальний процес, а й у управлінську логіку університету як сучасного цифрового освітнього інституту.

Для зниження технічних ризиків університету необхідно забезпечити централізовану технічну підтримку через спеціалізовані підрозділи ІТ-служб. Йдеться не лише про усунення збоїв, а й про постійний моніторинг сумісності систем, регулярні оновлення, тестування програмних рішень, впровадження стандартів цифрової гігієни. Паралельно слід реалізовувати стратегію поступового оновлення матеріально-технічної бази, починаючи з критично важливих навчальних аудиторій, де імерсивні технології мають найбільший потенціал для впливу. Доречно передбачити створення резервного фонду технічної модернізації, що формується за рахунок внутрішніх або залучених коштів, і використовується виключно для оновлення критичного обладнання. Окремої уваги потребує стандартизація технічних рішень – уніфікація гарнітур, форматів контенту, програмного забезпечення для зниження витрат на обслуговування та підвищення взаємозамінності.

Перспективним напрямом є також перехід до використання хмарних VR/AR-рішень, які не потребують складного локального обладнання і дозволяють запускати модулі навіть на пристроях середньої потужності. За умов правильного налаштування це дозволяє розширити доступ до імерсивного навчання без значного розширення технічного парку. Відтак, технічні ризики VR/AR-інтеграції є складними, але контрольованими за умови проактивного управління, планування та стандартизації. Університет має діяти не реактивно – виправляючи збої постфактум, – а випереджально, вибудовуючи стійку інфраструктуру цифрового розвитку в логіці сталого освітнього зростання.

Для подолання психологічних ризиків університет має сформувати педагогічно-гуманістичну стратегію цифрових трансформацій, яка не нав'язує інновацію, а впроваджує її як природне розширення освітнього середовища. Необхідно запускати цільові програми з розвитку цифрової педагогічної компетентності, які поєднують технічне навчання з методичним і ціннісним осмисленням VR/AR. Ефективним інструментом виступає внутрішнє менторство: підтримка з боку викладачів, які вже мають позитивний досвід роботи з імерсивними платформами, та готові ділитись сценаріями, рекомендаціями, кейсами, моделями оцінювання. Важливим є також створення педагогічного експериментального простору, де викладачі можуть випробовувати VR/AR-рішення без тиску на результат, у творчому режимі. Формат «пісочниці» дозволяє зняти страх перед помилками, дати змогу

викладачам самостійно прийти до ідейної цінності VR/AR. Паралельно доцільно розвивати бібліотеку локальних історій успіху, кейсів, відеодемонстрацій, що показують, як VR/AR реально підвищує ефективність і залучення у навчальний процес.

Таким чином, психологічні та культурні бар'єри є питанням не лише технологій, а й глибоких освітніх смислів. Вони долаються не примусом, а інклюзивною політикою змін, що враховує страхи, обмеження й потреби викладачів і студентів як повноцінних суб'єктів інновації. Саме такий підхід формує середовище довіри до VR/AR, перетворюючи їх із технологічної новації на складову нової педагогічної культури університету.

Для зниження інформаційних ризиків університет має реалізовувати багаторівневу стратегію цифрового захисту VR/AR-середовища. Насамперед необхідно розробити офіційну політику з питань кібербезпеки та захисту персональних даних, яка охоплює VR/AR-сегмент окремим розділом. Така політика має містити правила збирання, обробки, зберігання та видалення чутливих даних, визначати відповідальних осіб, права користувачів, а також процедури дій у разі інцидентів безпеки. Важливим елементом є вибір надійних VR/AR-платформ – із вбудованим наскрізним шифруванням, можливістю обмеження доступу до сесій, журналами аудиту, налаштуванням ролей користувачів. Перевага має надаватись рішенням з відкритим кодом або таким, що відповідають європейським стандартам GDPR. Водночас необхідно встановити технічні критерії до вибору постачальників рішень: зокрема, наявність сертифікатів безпеки, політик прозорості, досвіду роботи з освітніми установами. Необхідною практикою стає регулярний аудит VR/AR-систем на предмет уразливостей, до якого слід залучати фахівців з інформаційної безпеки. Такий аудит має передбачати як технічні перевірки, так і аналіз поведінкових сценаріїв, можливих каналів витоку інформації, ризиків фішингу чи соціальної інженерії. Усі виявлені слабкі місця повинні оперативно усуватись, а результати – бути враховані в оновлених політиках.

Крім технічних рішень, університет повинен забезпечити системне навчання користувачів (викладачів, студентів, адміністраторів) основам цифрової безпеки, зокрема у сфері імерсивних технологій. Таке навчання має охоплювати питання створення надійних облікових записів, розуміння прав на персональні дані, розпізнавання небезпечних дій, конфігурацію параметрів безпеки в платформах. Доцільним є впровадження обов'язкового електронного модуля з цифрової етики та кібергігієни. Таким чином, ризики кібербезпеки та приватності у VR/AR-освіті є складними, багатовимірними, але такими, що можуть бути мінімізовані за умов стратегічного підходу. Необхідно поєднувати технічний захист, нормативне регулювання, прозору політику щодо персональних даних і культуру відповідального цифрового користування. Це не лише убезпечує університет, а й формує у здобувачів освіти навички, необхідні для відповідального функціонування в сучасному цифровому суспільстві.

Незважаючи на наявність ризиків, впровадження VR/AR-технологій може мати стійкий і довготривалий успіх за наявності кількох критичних умов.

Ключовими передумовами ефективної реалізації концепції є наступні.

- 1) Системна управлінська підтримка з боку керівництва університету – це передумова, що визначає всі наступні ресурси. Прийняття VR/AR як одного з пріоритетних напрямів стратегічного розвитку, закріплення відповідних положень у документах, делегування повноважень Центру імерсивних технологій та підтримка викладачів, які впроваджують ці інструменти, формують основу інституційної спроможності.
- 2) Наявність проєктної екосистеми – розвиток VR/AR в освіті не може бути виключно внутрішнім процесом. Партнерства з EdTech-компаніями, креативними індустріями, іншими університетами, грантовими донорами забезпечують доступ до сучасних практик, обладнання, програмного забезпечення та експертної підтримки. Особливу роль у цьому відіграє участь у міжнародних проєктах Erasmus+, Horizon Europe, Digital Europe.
- 3) Розбудова кадрового потенціалу – необхідним кроком є підготовка команди викладачів, педагогів-дизайнерів, IT-спеціалістів, що володіють знаннями у сфері XR-дизайну, сценарного моделювання навчального процесу, створення візуального контенту, а також супроводу користувачів у VR-середовищі. Важливим інструментом стає система безперервного підвищення кваліфікації з вбудованими модулями з педагогіки, технологій та етики використання VR/AR.
- 4) Формування культури відкритості до цифрових інновацій – впровадження VR/AR має відбуватись не як технічна заміна, а як педагогічне доповнення, що розширює можливості викладача. Університетська спільнота має бути залучена до процесу через публічне обговорення, надання зворотного зв'язку, демонстрацію кращих практик і створення умов для експериментування без санкцій. Це забезпечить прийняття технології як частини нової освітньої норми.
- 5) Інституційна інтеграція VR/AR в освітню політику – ефективна реалізація Концепції передбачає закріплення VR/AR-компонентів у навчальних планах, силабусах, системах оцінювання. Необхідно впровадити чіткі моделі розробки, апробації та верифікації VR/AR-контенту, узгоджені з критеріями якості освіти, акредитаційними вимогами та стандартами ESG.
- 6) Забезпечення безпеки та етичних стандартів – як технічна, так і соціальна безпека мають бути вбудованими у VR/AR-середовище з перших етапів реалізації. Це включає цифрову безпеку, приватність даних, доступність для осіб з особливими потребами, запобігання цифровому виключенню, дотримання норм етичної взаємодії у віртуальному просторі.

Системна управлінська підтримка з боку адміністративного та академічного керівництва університету є не просто бажаною умовою, а фундаментом інституційного забезпечення сталого впровадження VR/AR-технологій в освітній процес. У контексті Національного університету «Чернігівська політехніка», де вже реалізується стратегія цифрової трансформації та створено Центр імерсивних технологій, саме управлінські рішення здатні перетворити пілотні ініціативи на системний освітній тренд. Управлінська підтримка проявляється насамперед у визнанні VR/AR-інтеграції

одним із пріоритетів стратегічного розвитку закладу. Це означає включення положень про імерсивні технології до стратегічних планів університету, програм цифрової трансформації, звітів про якість освіти, внутрішніх політик інноваційного зростання. Таке позиціонування не лише формально легітимізує VR/AR, але й створює політичну волю для виділення ресурсів, залучення партнерів, координації підрозділів та подолання бюрократичних бар'єрів. Ключовою функцією управління є делегування повноважень Центру імерсивних технологій, який повинен мати не лише дорадчий, а й операційний статус. Це передбачає закріплення за ним координаційної ролі у розробці VR/AR-компонентів навчальних дисциплін, реалізації проєктів, проведенні тренінгів для викладачів, а також у взаємодії з факультетами, кафедрами, ІТ-службами та зовнішніми партнерами. Центр повинен бути не лише «ресурсним хабом», а інституційним драйвером змін, що діє за прямої підтримки керівництва університету.

Підтримка з боку ректорату та проректорів також виявляється у створенні стимулів для викладачів, які впроваджують VR/AR у навчальний процес. Це можуть бути інституційні бонуси, додаткові години за впровадження інноваційних форматів, участь у конкурсах внутрішнього грантування, врахування VR/AR-досвіду при атестації чи поданні на звання. Такий підхід формує культуру визнання цифрової ініціативності як елементу професійного зростання викладача, а не як технічного навантаження. Окремий аспект системної управлінської підтримки – прозора політика ресурсного забезпечення, у межах якої VR/AR-модулі включаються до бюджетного планування університету. Йдеться про фінансування технічного оснащення, розробки контенту, модернізації інфраструктури, проведення стажувань і навчань персоналу. Управлінські рішення мають визначати чіткі механізми виділення коштів, пріоритетність фінансування за галузями знань, та ефективну звітність щодо використання інноваційних ресурсів.

Важливою функцією керівництва є також репрезентація VR/AR-ініціатив університету на зовнішньому рівні. Це включає участь у національних та міжнародних форумах, освітніх ярмарках, грантових конкурсах, а також укладання меморандумів про співпрацю з технічними компаніями, державними інституціями, фондами, які підтримують цифровізацію освіти. Активна участь топменеджменту університету у таких процесах створює позитивний імідж установи як інноваційного закладу, готового до експериментів і лідерства в цифровій галузі.

Загалом, системна управлінська підтримка – це не одноразове рішення, а постійний процес, що передбачає стратегічне бачення, інституційну легітимізацію, фінансову передбачуваність, організаційну стабільність і людське лідерство. Без неї VR/AR залишаються фрагментарною інновацією, втіленою окремими ентузіастами. З нею – вони перетворюються на структурний компонент освітнього середовища університету, що послідовно формує нову якість освіти, засновану на інтерактивності, гнучкості та орієнтації на компетентності майбутнього.

Інституційна інтеграція VR/AR у політику вищого закладу освіти є необхідною умовою переходу від поодиноких ініціатив до системного і сталішого використання імерсивних технологій у навчанні, що відповідає сучасним вимогам до цифрової трансформації освіти. У цьому контексті йдеться не лише про впровадження VR/AR як інструментів, а про їх структурну фіксацію у внутрішніх нормативних документах, навчальних планах, процедурах оцінювання та стандартах якості освіти. Така інтеграція забезпечує легітимність імерсивного контенту, його співмірність з освітніми результатами, а також прозорість для внутрішнього і зовнішнього оцінювання.

Першим етапом є включення VR/AR-компонентів до офіційних навчальних планів відповідно до освітніх програм першого і другого рівня вищої освіти. Це передбачає не факультативне чи позапрограмне використання, а цілеспрямоване проектування курсів або окремих модулів, у яких імерсивні технології виступають як обов'язковий інструмент формування певних компетентностей. Наприклад, у курсах з фізичної терапії, архітектури, кібербезпеки, маркетингу або логістики можуть бути закладені симуляційні VR-сценарії як частина практичної складової. Далі, VR/AR-модулі мають бути закріплені у силабусах та методичних рекомендаціях з чітким описом мети їх використання, очікуваних результатів навчання, форм реалізації, критеріїв оцінювання. Необхідно забезпечити уніфіковані підходи до структурування VR-занять: їх тривалості, частоти, розподілу між індивідуальними та груповими формами, співвідношення з іншими активностями курсу. Такі положення повинні пройти погодження в межах процедур затвердження силабусів кафедрами, методичними комісіями та освітньо-науковими радами.

Особливої уваги потребує інституціоналізація моделей розробки, апробації та верифікації VR/AR-контенту, що має критичне значення для забезпечення якості освітнього процесу. Це означає створення стандартної процедури, згідно з якою викладач або команда розробників подає педагогічний сценарій модуля, проходить його внутрішню експертизу (методичну, технічну, етичну), реалізує пілотний запуск і, за результатами зворотного зв'язку, вносить корективи. Така модель дозволяє уникнути неякісного або нефункціонального контенту, а також забезпечує відповідність VR/AR-модуля вимогам Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти (НАЗЯВО) та ESG-стандартам. Не менш значущим є узгодження VR/AR-застосування з акредитаційними вимогами, що передбачають визначеність методів навчання, форм контролю, дидактичних засобів та індикаторів якості. У цьому контексті VR/AR мають бути подані не як «екзотика», а як педагогічно вмотивовані інструменти, які сприяють досягненню заявлених компетентностей і відповідають стандартам освітньої програми. Це вимагає розробки уніфікованих методичних документів, шаблонів опису VR/AR-компонентів для акредитаційних звітів, інструкцій для зовнішніх експертів тощо.

Важливим аспектом є інтеграція VR/AR до внутрішньої системи оцінювання освітніх результатів. Це означає, що виконання завдань у віртуальному середовищі має фіксуватись у системах електронного навчання (LMS), мати встановлені критерії успішності, шкали оцінювання та зберігатись у форматах, що дозволяють аналітичний аналіз і зовнішню перевірку.

Наприклад, віртуальна симуляція прийняття рішення у кризовій ситуації або збір віртуальних даних у лабораторному середовищі може виступати повноцінним елементом підсумкової атестації.

Університет також має впровадити моніторинг якості реалізації VR/AR-інтегрованих курсів, який може здійснюватися через опитування студентів, аналіз цифрових слідів, зіставлення навчальних результатів у контрольних і експериментальних групах, фокус-групи з викладачами. Це дозволить постійно оновлювати підходи до проектування VR-контенту, уникати технічних та дидактичних помилок, а також підвищувати його дидактичну цінність.

Таким чином, інституційна інтеграція VR/AR – це не набір локальних дій, а комплексна реформа внутрішнього освітнього середовища, яка забезпечує легітимність, якість, прозорість і сталість використання імерсивних технологій. Вона дозволяє закріпити інновації в нормативній, дидактичній та управлінській логіці університету, що є основою для розширення цифрової трансформації освіти.

Формування культури відкритості до цифрових інновацій – це не просто супровідна умова технічного оновлення освітнього процесу, а фундаментальна передумова для сталого й ефективного впровадження VR/AR-технологій у навчальне середовище університету. Йдеться про системне переосмислення ставлення університетської спільноти – викладачів, студентів, адміністрації – до інновацій як до природного елементу розвитку освіти, а не як до зовнішнього або нав'язаного втручання. Першочергово, така культура передбачає визнання цифрових інновацій не лише як інструментів, а як змінотворчих практик, що впливають на педагогічні парадигми, академічні ролі, логіку оцінювання, структуру дисциплін та саму природу взаємодії між учасниками освітнього процесу. У цьому контексті VR/AR не є заміною традиційного викладання, а його розширенням – способом створення нових форматів досвіду, які розкривають потенціал студента в умовах симулятивної, інтерактивної, візуально-когнітивної взаємодії з предметним середовищем.

Суттєвим компонентом культури відкритості є створення безпечного середовища для експериментування. Це означає, що викладачі мають мати право і можливість тестувати VR/AR-інструменти без страху помилки, неуспіху або адміністративного тиску. Для цього університет має забезпечити «педагогічну пісочницю» – експериментальні майданчики з технічною підтримкою, консультаціями, методичним супроводом, де можна апробувати модулі, сценарії, формати оцінювання. Це особливо важливо для тих, хто раніше не мав досвіду роботи з імерсивними технологіями й потребує часу на адаптацію.

Одним з найпотужніших інструментів зміни ставлення до VR/AR є демонстрація успішних кейсів у локальному контексті. Ініціативи, реалізовані колегами в університеті – наприклад, віртуальні лабораторії, тренажери для фахівців з фізичної терапії, симуляції логістичних процесів, – мають бути представлені на методичних семінарах, конференціях, на сайті університету, в офіційних звітах. Власний позитивний досвід викликає більше довіри, ніж приклади ззовні, і сприяє перенесенню моделі успіху в інші академічні підрозділи.

Формування відкритості також передбачає публічний і прозорий діалог щодо змін. Це можуть бути стратегічні сесії, круглі столи, форуми цифрової педагогіки, на яких обговорюються не лише переваги, а й труднощі, помилки, етичні дилеми VR/AR-застосування. Така практика сприяє формуванню середовища колективного навчання і взаємопідтримки, а також знижує спротив змінам, що часто виникає через недостатню поінформованість або відчуття зовнішнього тиску.

Не менш важливою складовою культури відкритості є створення внутрішніх спільнот практики, у межах яких викладачі з різних кафедр і факультетів обмінюються досвідом, напрацюваннями, готовими сценаріями VR/AR-занять. Такі горизонтальні мережі дозволяють інтегрувати технологію не у відриві, а у спільному професійному полі, що сприяє синергії між освітніми напрямками. Вони можуть функціонувати у форматі робочих груп, мікроспільнот, тематичних семінарів або навіть Telegram-каналів чи спільних Google-дисків із матеріалами.

Університет також має заохочувати відкритість до цифрових інновацій через інституційне визнання ініціативних викладачів – публічні подяки, включення VR/AR-результатів до показників ефективності, номінації на премії внутрішнього грантування, сприяння участі у міжнародних проектах. Це створює позитивну мотивацію, підвищує статус педагогічної інновації та сприяє її інституціоналізації.

Таким чином, формування культури відкритості – це комплексне педагогічне завдання, що охоплює психологічну підтримку, методичну допомогу, інституційну політику і публічну комунікацію. Саме така культура забезпечує не лише технологічну, а й ціннісну інтеграцію VR/AR до освітнього середовища як нової педагогічної норми, що розкриває потенціал кожного учасника навчального процесу.

У підсумку, успішне впровадження VR/AR в освітній процес потребує поєднання стратегічного бачення, інституційної готовності, соціального капіталу, технічної інфраструктури та педагогічної обґрунтованості. Аналіз ризиків і визначення критичних факторів успіху в цій Концепції не лише дозволяє мінімізувати втрати, а й створює підґрунтя для сталого зростання університету як інноваційного цифрового освітнього хабу, спроможного адаптуватися до викликів сучасності та формувати лідерські практики в українській і європейській вищій освіті.