

Л. О. Нікітіна, Н. В. Дженюк

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

## ІМЕРСИВНЕ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**Анотація.** Сучасний освітній процес може бути кардинально змінений із застосуванням технологій імерсивного навчання – віртуальної, доповненої та змішаної реальності. При підготовці спеціалістів з телекомунікацій та радіотехніки можливість накладати мультимедійні об'єкти на реальний світ для перегляду через пристрої з інтернет-підтримкою, такі як телефони та планшети, персональні комп'ютери означає, що інформація може бути доступна студентам у цілодобово і в потрібному місці. Це потенційно може зменшити перевантаження студентів при вивченні навчальних дисциплін, надаючи їм найбільш сприятливі умови і темп засвоєння матеріалу. У даному документі розглядаються переваги імерсивного навчання та специфіка використання імерсивних технологій в освітньому процесі. На завершення наводиться погляд на майбутні дослідження у галузі створення навчальних ресурсів з використанням технологій імерсивного навчання.

**Ключові слова:** імерсивне навчання; віртуальна реальність; VR доповнена реальність; AR; змішана реальність; MR; телекомунікації.

### Вступ

Випробування для галузі української освіти, які постали через епідемію COVID-19, були багатократно примножені війною. Широкомасштабне вторгнення Росії на територію України у лютому 2022 року стало причиною масштабних та серйозних проблем в українській освіті. Внаслідок воєнних дій частина студентів України була вимушена переміститися до інших місць проживання, значна кількість закладів освіти зазнала пошкоджень та руйнувань. Керівництво закладів освіти вимушено було прийняти рішення про перехід на дистанційну форму навчання [1]. Але виклики, які постали перед освітянами через епідемію COVID-19 та війну, стрімко прискорили перебіг природних тенденцій розвитку системи вищої освіти щодо оптимізації та корекції навчального процесу. Передусім ідеться про розвиток цифрової та дистанційної освіти, зокрема онлайнної, та впровадження нових інформаційних технологій та імерсивного навчання.

Протягом багатьох років освітяни намагаються застосовувати різноманітні технології, щоб залучити студентів, викликати інтерес до навчання, покращити розуміння тем, що викладаються у навчальних дисциплінах. Останнім часом зростає увага до застосування у навчанні імерсивних технологій, таких як віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR) [2, 3]. Ці технології дозволяють втілити у тривимірному просторі ідеї матеріалу, що викладається, а це дає можливість студентам краще зрозуміти та засвоїти матеріал.

Використання потенціалу можливостей технологій VR, AR, MR допоможе візуалізувати абстрактні теоретичні концепції навчальних дисциплін з галузі інженерії телекомунікацій і покращити якість теоретичного навчання студентів, отримання ними практичних навичок та компетентностей, передбачених стандартом та освітньою програмою. Застосування наявних форм інформаційно-комунікаційних технологій та передових технологій імерсивного навчання на різних рівнях навчального процесу дозволить вирішити завдання, що постали перед системою освіти України через пандемію COVID-19 і агресію РФ.

Дана стаття присвячена висвітленню питань застосування технологій імерсивного навчання інженерів з телекомунікацій.

### 1 Поняття імерсивного навчання. Технології імерсивного навчання

Питанням імерсивного навчання присвячено багато публікацій з прикладами застосування у різних сферах освіти. Імерсивне навчання – це навчання з ефектом занурення, методика навчання на основі досвіду, яка використовує реальність (VR, AR, MR) для моделювання сценаріїв реального світу та навчання студентів у безпечному та захоплюючому навчальному середовищі. Використання штучного середовища, максимально наближеного до справжнього життя, дозволяє не тільки усунути зовнішні відволікаючі фактори, але й позбутися одноманітності в процесі навчання, забезпечуючи стимулюючу візуалізацію [4-15]. Завдяки технологіям імерсивного навчання студенти можуть контролювати свої результати, пов'язуючи їх з реальним досвідом, управляти віртуальним світом, у якому вони перебувають. Технології імерсивного навчання дозволяють відтворити віртуально будь-яке фізичне середовище, до якого не було доступу в стінах аудиторії [2, 16]. Технології, що використовуються в імерсивному навчанні [5, 8]:

- 1) віртуальна реальність;
- 2) доповнена реальність;
- 3) змішана реальність;
- 4) 3D-імерсивне навчання.

**Віртуальна реальність (VR)** використовує цифрове моделювання для відтворення реальних сценаріїв. Користувач, використовуючи гарнітуру, занурюється у віртуальний світ і може досліджувати його компоненти. VR вимагає повного занурення у віртуальне середовище, тобто, у заздалегідь змодельований світ і часткового (в перспективі – повне) ізолювання його від світу фізичного. Для цього використовуються шоломи віртуальної реальності й інші спеціальні пристрої. Розробники прагнуть імітувати взаємодію зі створюваною ними псевдореальністю шляхом впливу на всі наявні у людини органи чуття.

**Доповнена реальність (AR)** в режимі реальному часу доповнює реальне середовище цифровими компонентами, що забезпечується комп'ютерними пристроями (смартфонами, планшетами та окулярами AR). Відбувається проектування певної цифрової інформації (зображення, відео, текст, графіка і т.д.) на екрані цифрового пристрою. Реальний світ доповнюється штучними елементами і новою інформацією. Використовується середовище реального світу, поверх якого накладається певна частина віртуального середовища, наприклад графічні зображення, звуки та реакція на дотики. AR може бути реалізована за допомогою додатків для звичайних смартфонів і планшетів, окулярів доповненої реальності, стаціонарних екранів, проєкційних пристроїв та інших технологій [11, 13].

**Змішана реальність (MR)** виконує поєднання доповненої реальності та віртуальної реальності (рис. 1), робить віртуальні взаємодії більш реалістич-

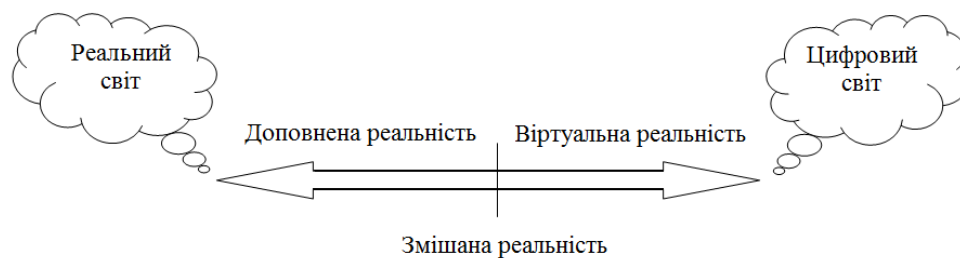


Рис. 1. Співвідношення AR, VR і MR

Впровадження імерсивного навчання дозволить надати студентам нові навички та розширити їхню базу знань. Наведемо переваги імерсивного навчання.

1. Покращення навчання через виконання: процес навчання є динамічним, він здійснюється на основі практики, студент навчається, як реагувати в реальних життєвих сценаріях.

2. Забезпечення середовища навчання без відволікань: імерсивне навчання забезпечує середовище без відволікань (зовнішнє середовище блокується частково або повністю), студенти можуть повністю зосередитися на завданні.

3. Повторення практичних дій з подальшим аналізом результатів: надає досвід і допомагає зробити його досконалим. Це особливо важливо для практичного навчання, оскільки допомагає розвинути м'язову пам'ять і вдосконалити конкретні техніки, де помилки в реальному світі можуть бути катастрофічними.

4. Наближення навчання до реального життя: технології занурення пробуджують інтерес до навчання, покращують розуміння навколишнього світу.

5. Імерсивне навчання орієнтоване на користувача навчання, його можна персоналізувати: підібрати найкращий темп навчання, підлаштувати під кожного студента хід процесу навчання.

6. Студенти можуть отримувати досвід та знання під керівництвом викладача у режимі реального часу: це дає можливість негайно отримувати зворотний зв'язок у ході навчання.

7. Навчання є безпечним: відтворення реальних ситуацій в цифровому просторі відбувається у без-

печному та безризиковому середовищі, студенти мають можливість проведення досліджень та навчання на зроблених помилках.

ними, дозволяє цифровим та фізичним об'єктам співіснувати та взаємодіяти в режимі реального часу. Виконується накладання неіснуючих віртуальних об'єктів на навколишній світ. проектування тривимірних віртуальних об'єктів або голограм на фізичний простір. Дозволяє переміщатись навколо віртуального об'єкту, оглядати його з усіх боків і, за необхідності, всередині. Вимагає, як правило, спеціального обладнання (окулярів або шоломів). Віртуальні образи привносяться у фізичний простір, візуалізуються і розташовуються, відповідно предметів реальності так, щоб вони сприймалися як реально існуючі. Людина продовжує взаємодіяти з фізичним світом, у якому, в той же час, присутні віртуальні об'єкти, іноді майже неможливо відрізнити від реальних [10-15].

3D-імерсивне навчання (3D) сприяє поглибленому навчанню та використовує 3D-візуалізації та симуляції, щоб забезпечити користувачам отримання певного досвіду.

печному та безризиковому середовищі, студенти мають можливість проведення досліджень та навчання на зроблених помилках.

## 2. Особливості підготовки спеціалістів зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка»

Підготовка висококваліфікованого, конкурентоспроможного, інтегрованого у світовий простір фахівця в галузі телекомунікацій та радіотехніки орієнтована на формування компетентного фахівця. Такий фахівець має мати високий рівень теоретичної та практичної професійної підготовки, вміти критично аналізувати та оцінювати стан телекомунікаційних систем та мереж, бути спроможним вирішувати наявні проблеми та знаходити нові рішення в сфері телекомунікацій та радіотехніки, інформаційно-комунікаційних систем. Важливим аспектом діяльності такого фахівця є здатність розробляти і реалізовувати проекти у сфері телекомунікацій та здійснювати власні дослідження.

Згідно вимог освітнього законодавства України всі здобувачі вищої освіти мають нагоду сформувати індивідуальну освітню траєкторію, тобто, персональний шлях реалізації особистісного та професійного потенціалу здобувача вищої освіти. Освітня траєкторія є шляхом розвитку здібностей, особистісних якостей і психічних процесів студента. Вона має на меті забезпечити максимально сприятливі умови для навчання й розвитку кожного студента.

У освітній програмі зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» НТУ «ХПІ» маємо дві

основні освітні траєкторії, які тісно переплітаються, – траєкторію телекомунікацій та радіотехніки і траєкторію інформаційних комп'ютерних технологій. Кожен студент має можливість сформувати індивідуальну траєкторію навчання, найкращу для його особистих цілей та вподобань.

Для підготовки спеціалістів зі спеціальності “Телекомунікації та радіотехніка” студентам викладають принципи побудови і функціонування сучасних телекомунікаційних дротових і бездротових комп'ютерних мереж, мереж мобільного зв'язку різних поколінь, фіксованого і мобільного інтернету, супутникового зв'язку. Студенти отримують знання стосовно принципів функціонування та побудови телекомунікаційних, інфокомунікаційних систем, систем передачі та комутації. Студенти вивчають дисципліни, пов'язані з програмуванням на різних платформах, організацією та зберіганням даних, захистом інформації, застосуванням сучасних інформаційних технологій в інфокомунікаційних системах [1-19].

Теоретичний зміст предметної області телекомунікацій та радіотехніки охоплює концепції, принципи, поняття, стандарти, моделі та методи побудови і функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних та інфокомунікаційних пристроїв, систем, комплексів, технологій та їхніх компонентів. Теоретичні знання студенти застосовують для побудови телекомунікаційних систем, аналізу стану телекомунікаційного обладнання, технічного обслуговування та вдосконалення телекомунікаційних систем [19-21].

Імерсивний освітній ресурс є засобом залучення суб'єкта, що навчається, у середовище, яке визначається змістом та контекстом навчальної дисципліни. Імерсивність можна визначити як властивість технологічної частини середовища, що забезпечує психологічний стан людини, в якому його власне «Я» сприймає себе включеним в процес і взаємодіє із середовищем, що забезпечує йому безперервний потік стимулів і досвіду [2].

Імерсивні технології у підготовці спеціалістів з телекомунікацій можуть знайти застосування як при викладанні дисциплін теоретичної, так і практичної підготовки.

При вивченні у середовищі VR прикладних питань навчальних дисциплін, таких як телекомунікаційні системи та мережі, системи передачі інформації, комп'ютерні системи та мережі та ін., студенти можуть вибрати режим отримання знань – 1) вивчення внутрішньої структури окремих компонентів обладнання ТКС з використанням тривимірної візуалізації цих об'єктів, 2) зовнішніх характеристик компонентів та специфіки їхньої взаємодії з іншими об'єктами системи, 3) компонування системи з наявних компонентів згідно з заявленою конфігурацією з можливістю переміщення у віртуальному просторі, 4) перевірки працездатності та тестування побудованої системи. Кожен студент може сам вибрати темп та послідовність режимів навчання. У результаті такого навчання кожен студент найкращим чином отримує емпіричні знання, з візуалізацією

завдань та розумінням цілей. Такий імерсивний навчальний ресурс, розміщений у хмарі, є доступний учасникам навчання цілодобово у будь-якому місці за наявності відповідних комунікацій. Учасники навчання можуть знаходити рішення спеціально створених навчальних проблемних ситуацій. Студенти стають більше залученими до змісту навчальної дисципліни, мають змогу безпечно багатократно повторювати свої експерименти, не боячись щось зламати або пошкодити.

Особливою рисою підготовки інженерів з телекомунікацій є те, що вони мають вміння виконувати розробку як телекомунікаційних систем як таких, так і їхніх компонентів. З використанням імерсивних технологій студенти можуть ставати дизайнерами, наприклад, з доповненою реальністю. Такий підхід створення об'єктів у віртуальному середовищі допомагає розвивати мислення вищого рівня і покращує результати навчання. Окрім покращення концептуального розуміння, навчання на основі віртуальної розробки та експериментування має призвести до покращення мотивації студентів продовжувати кар'єру в галузі практики з телекомунікацій. Якість знань студентів можна підвищити шляхом обговорення, вирішення проблем, теоретизування та вироблення висновків [21].

Імерсивні навчальні ресурси при вивченні теоретичних аспектів дисциплін можуть надавати студентам інтерактивні моделі, об'єкти комп'ютерної графіки (діаграми, графіки, карти, таблиці), інтерактивні схеми, фотографії, відеофрагменти, аудіофрагменти, компоненти 3D анімації. Для кожної теми навчальної дисципліни необхідно визначити придатність застосування технологій імерсивного навчання.

Навчання з ефектом занурення базується на моделюванні, навчанні на основі ігор, технологіях реальності та 360-градусних відео [10]. Названі вище технології реальності, включаючи віртуальну реальність, доповнену реальність і змішану реальність, мають дозволити студентам зануритися в змодельоване середовище та відчувти взаємодію між фізичними та віртуальними об'єктами [14]. VR має повністю занурити студентів у віртуальний світ, дозволяючи відчувти надзвичайно реалістичне середовище, за допомогою візуальних, слухових, інтерактивних та інших елементів сенсорної стимуляції. Користувачі VR взаємодіють лише у віртуальному світі. AR спроможна доповнювати віртуальними об'єктами реальне середовище. Користувачі сприймають цифровий контент, створений обчислювальними пристроями, як засіб для взаємодії з фізичним світом. MR надає можливість оцінювати навколишнє середовище у тривимірному форматі. Згодом цифрові об'єкти, створені технологіями MR, можуть бути реалізовані у фізичному світі. Це показує, що AR-технології можуть ефективно допомагати процесу навчання складних теорій і концепцій за допомогою візуалізації об'єктів. Однак технології доповненої реальності не можуть аналізувати 3D-середовище для реалізації цифрових об'єктів, і, отже, технології MR повинні використовуватися далі для технологічної освіти.

Побудова навчального ресурсу у галузі телекомунікацій з використанням технологій AR, VR, MR може складатися з наступних кроків.

1. Визначення мети, цілей та завдань теми, що вивчається.

2. Аналіз ідеї створення ресурсу, перевірка здійсненності та життєздатності ідеї.

3. Виконання підбору технологій та засобів для створення ресурсів. Перевірка функціональних можливостей вибраного забезпечення. Дослідження часових та фінансових витрат на розробку.

4. Створення бази візуальних зображень об'єктів, які будуть використовуватися.

5. Створення базової версії ресурсу для перевірки його основних функцій.

6. Доповнення додатку новим вмістом VR, MR.

Програмні ресурси VR, AR, MR для навчально-го середовища у хмарі [6] можуть бути побудовані за загальною архітектурою (рис. 2).



Рис. 2. Загальна архітектура програмного ресурсу для імерсивного навчання

У моделюванні контенту використовують механізми 3D-моделювання відповідно до вимог програми. Для ефективної імітації віртуальних об'єктів і розміщення в реальності використовують дані про контекст користувача та середовище. Наприклад, завдяки використанню хмарних служб, таких як керування вмістом, репозиторій, обробка зображень і веб-сервіси, установки та набори інструментів додатків реальності ефективно використовуються для створення 3D-візуалізації. Для візуалізації 3D-вмісту інструменти розробки веб-сайтів можуть скомпілювати пакет програмного забезпечення для пристроїв VR/AR/MR і емуляторів для відтворення.

Критично важливим елементом у створенні навчального ресурсу з телекомунікацій відіграє викладач як дизайнер, розробник та помічник. У багатьох випадках можуть виникати проблеми, якщо викладачі недостатньо оснащені чи навчені для ефективного вирішення технічних проблем і проблем, які можуть виникнути, коли технологія реальності функціонує неналежним чином. Викладачі потребують постійної та ефективної підтримки спеціалістів для розробки та використання навчальних ресурсів з імерсивними технологіями.

Викладачі повинні мати глибокі знання в тематичній області та здатність сприяти створенню сере-

довища для спільного навчання. Крім того, викладачі мають мати бажання та здатність вибирати з широкого спектру педагогічних підходів, щоб дозволити студентам переходити від досвіду до більш концептуальних та аналітичних форм.

Впровадження імерсивного навчання для підготовки спеціалістів у галузі телекомунікації ті радіотехніки є актуальним, але складним питанням. Імерсивне навчання має багато переваг, але не є вільним від недоліків. Існують обмеження використання технологій імерсивного навчання: 1) технічні аспекти застосування навчальних ресурсів (наприклад, для використання AR-системи необхідно застосування технології GPS, програмного забезпечення з розпізнавання образів, систем аудіо програвання, доступу до Інтернету, засобів маніпулювання віртуальними об'єктами та взаємодії з ними [6]); 2) висока вартість впровадження і експлуатації рішень в сфері доповненої і віртуальної реальності; 3) нестача спеціалізованого контенту і недосконалість пристроїв (контент має відповідати цілому набору вимог, в тому числі науковій достовірності, його можуть запропонувати далеко не всі розробники); 4) можливий негативний вплив на здоров'я, психоемоційне напруження [2]. Значимою проблемою є і відсутність єдиної методології [11].

### 3. Засоби для створення ресурсів імерсивного навчання

Процес розробки проектів, що включають інноваційні технології AR, VR, MR, є складним. При розробці проекту з нуля витрачається дуже багато зусиль, адже існує багато аспектів, які слід враховувати та розглядати.

Однією з найбільш популярних для створення 3D-проектів платформою є Unity 3D. Вона пропонує розробникам повний інструмент розробки віртуальної реальності з великим сховищем активів 2D і 3D шаблонів дизайну для легкого імпорту.

Для розробки проектів, призначених для імерсивного навчання, потрібні відповідні інструменти [22]. Дану проблему можна вирішити, застосовуючи SDK. SDK (від англ. software Development Kit) — набір із засобів розробки, утиліт і документації, який дозволяє програмістам створювати прикладні програми за визначеною технологією або для певної платформи (програмної або програмно-апаратної). Такі засоби дозволяють розробникам застосовувати типові та перевірені часом рішення та шаблони при розробці. Роль AR/VR SDK полягає у виконанні нетривіального завдання злиття цифрового вмісту та інформації з реальним світом.

Твої надає широкий спектр можливостей від розробки прототипів сюжету та макетів до формування додатків AR, VR, MR або створення повномасштабної анімації. Передбачає командну роботу над додатком та спрощує обмін творами з членами команди, які працюють над проектами VR. Цей інструмент має велику бібліотеку реквізитів, простих форм і ефектів, які можна додати до своїх проектів. Є можливість імпортувати 3D-моделі, відео, звуки та зображення до своїх прототипів. Це програмне

забезпечення дозволяє користувачам експортувати свої роботи як відео, фотографії, досвід віртуальної реальності та 3D-анімовані моделі.

Vuforia – це SDK доповненої реальності, що пропонує ряд продуктів для розробки AR-додатків, включаючи Vuforia Engine, Studio та Chalk. Програмне забезпечення підтримує створення як маркерної, так і безмаркерної AR та має кілька ключових функцій, які роблять її однією з найкращих для розпізнавання об'єктів та 3D-моделювання. Ці функції включають Ground Plane (для додавання вмісту до горизонтальних поверхонь), Visual Camera (розширює підтримувані візуальні джерела, крім мобільних телефонів і планшетів), і VuMarks (власні маркери, які можна використовувати в розпізнаванні обличчя Vuforia, а також кодувати дані).

ShapesXR – це інструмент для створення віртуальної реальності та спільної роботи від Tvoі. Ця програма призначена для створення просторового контенту допомагає розробникам створювати 3D-розкадровки, потоки користувачів і програми, що захоплюють прототипи, у середовищі VR.

Користувачі можуть використовувати потужні можливості інструменту для створення MR для розробки пристроїв AR, додатків VR та інтерактивних середовищ. Користувачі можуть створювати контент за допомогою шаблонів ShapesXR або завантажувати в додаток свої 3D-моделі у форматі .obj.

ARKit (від Apple) – це програмне забезпечення для розробки AR-додатків, яке неможливо використовувати на телефонах Android. Програмне забезпечення спирається на дані датчиків камери та додаткові дані (наприклад, з гіроскопа та акселерометра) з метою виявлення та аналізу оточення користувачів для візуалізації AR. ARKit підтримує швидке відстеження руху, відстеження обличчя, швидкий перегляд (відображення моделей та сцен, які можна легко переміщати та масштабувати) та різні ефекти візуалізації.

ARCore (від Google) призначено для виконання AR-розробок для платформи Android (смартфонів, планшетів). ARCore надає користувачеві функції для AR - відстеження руху, виявлення поверхні для розуміння довкілля, оцінка освітленості. Є безкоштовним для розробників та підтримує цілий ряд смартфонів та планшетів із підтримкою Android і iOS.

Gravity Sketch – це 3D-платформа, яка допомагає міждисциплінарним командам співпрацювати та ефективно створювати продукти VR. Користувачі отримують доступ до різноманітних цифрових інструментів від розробки концептуальних ескізів до детальних 3D-моделей.

ARToolKit – це SDK з відкритим кодом та безкоштовним для використання, доступним для розробки AR для пристроїв на різних платформах. Окрім Android та iOS, ARToolKit використовується для додатків AR у Windows, Linux та OS X. ARToolKit постачається з декількома додатковими плагінами для розробки за допомогою Unity та OpenSceneGraph.

MAXST AR SDK – це крос-платформний механізм AR, який надає всі функції та середовища для розробки AR-програм. Забезпечує крос-платформний

механізм AR, забезпечуючи розробника усіма функціями для створення AR-додатків. Розробка AR-додатків на платформі MAXST є порівняно швидкою та простою.

Spark AR Studio – це платформа доповненої реальності для Mac і Windows від Facebook, яка дозволяє з легкістю створювати AR-ефекти для мобільних камер, створення анімованих масок, ігор та ефектів для Instagram. Користувач може створювати відео або анімувати фото, накладаючи на зображення власні динамічні маски.

Wikitude – підходить для розробки AR-додатків для пристроїв iOS, Android та Smart Glasses. Підтримує різноманітні методи та технології відстеження, включає геолокацію, розпізнавання хмар та функції масштабування елементів доповненої реальності відносно відстані до різних поверхонь чи об'єктів.

Вищезазначені програми є популярними серед розробників. Кожна з них має свої сильні та слабкі сторони, які в основному складаються з підтримуваних та непідтримуваних функцій та платформ. Для того, щоб створити свій AR-додаток, слід обирати інструменти, які найкраще відповідатимуть вимогам та вподобанням розробників проектів імерсивного навчання.

#### 4. Обладнання для імерсивного навчання

Важливим питанням при впровадженні імерсивних технологій у навчальний процес є апаратне забезпечення. У існуючих реаліях студенти можуть навчатися в аудиторіях або онлайн. Залежно від бюджету навчального закладу та ситуації можна 1) створити на кафедрі віртуальну лабораторію з телекомунікаційної інженерії для навчання офлайн; 2) використовувати власні пристрої студентів та викладачів при навчанні онлайн.

Пристрої для застосування VR, AR, MR можна розділити на наступні групи: мобільні пристрої, стаціонарні пристрої, спеціальні засоби [23].

**Пристрої AR.** Мобільні пристрої - планшети, смартфони, окуляри доповненої реальності, лінзи доповненої реальності. На планшети і смартфони має бути встановлено спеціалізоване ПЗ - браузер доповненої реальності, такі як Wikitude, Layar, Vlipar, City Lens для Windows Phone.

Окуляри доповненої реальності мають функцію проектування голограм та інформації у реальний простір без прив'язки їх до їх фізичних об'єктів. Вони являють собою екран перед очима. Найбільш відомими є окуляри Google Glass, Vuzix Blade, Epson Moverio, Sony SmartEyeglass.

Окуляри Microsoft HoloLens, Magic Leap One и Meta 2 призначені для змішаної реальності, вони дозволяють працювати з віртуальними об'єктами, прив'язаними до реального світу. Лінзи для доповненої реальності поки ще лишаються технологією майбутнього. Метою розробників є перетворення лінзи у прозорий екран, що містить систему управління, мініатюрну камеру, антену, світлодіоди та інші оптоелектронні компоненти.

2. Стаціонарні пристрої - телевізор, екран комп'ютера, ігровий комп'ютер. На екран телевізора

виводиться доповнене зображення. Іноді використовуються широкоформатні екрани, а також проєкційні системи, здатні накладати зображення не лише на екрани, але і на будь-які поверхні.

3. Спеціальні засоби - спеціалізовані шоломи, на скло яких виводиться необхідна графічна та текстова інформація і користувач може сприймати її, не переводячи погляд на інші об'єкти. Сенсори, розташовані у шоломі, сліdkують за поворотом голови користувача чи рухом очних яблук. Такі шоломи є дуже дорогими.

**Пристрої VR.** Розробники систем VR приділяють найбільшу увагу пристроям, що забезпечують формування зображень, оскільки 80% інформації людина отримує через зір. Сучасні розробники ведуть роботи над пристроями з тактильних відчуттів і навіть імітації запахів.

1. Шоломи віртуальної реальності містять один або кілька дисплеїв, на які виводяться зображення для лівого і правого ока, систему лінз для коригування геометрії зображення, систему трекінгу, що відстежує орієнтацію пристрою в просторі. За зовнішнім виглядом вони тепер схожі на окуляри, тому їх все часто називають VR-гарнітурами або окулярами VR. Шоломи є основним компонентом VR з повним зануренням, оскільки не тільки забезпечують об'ємне зображення і стереозвук, але ще і частково ізолюють користувача від навколишньої реальності.

Їх можна розділити на три групи:

- окуляри, в яких обробку і виведення зображення забезпечує смартфон (Android, iPhone, Windows Phone); сучасні смартфони здатні самостійно обробляти тривимірні зображення; дисплеї смартфонів мають досить високу роздільну здатність; практично кожен смартфон забезпечений датчиками, що дозволяють визначати положення пристрою в просторі;

- окуляри, в яких обробку зображення забезпечує зовнішня пристрій (ПК, Xbox, PlayStation тощо); зовнішня пристрій має бути високопродуктивним, а окуляри – забезпечені датчиками положення;

- автономні окуляри віртуальної реальності (Lenovo Mirage Solo, спільно з Google, Oculus Quest від Facebook, Samsung Gear VR тощо).

2. Motion Parallax 3D-дисплеї використовують властивий людині механізм сприйняття обсягу – паралакс. Для користувача в кожен момент часу генерується відповідна проєкція тривимірного об'єкту, виходячи з його положення щодо екрану. Переміщуючись навколо сцени, користувач може оглянути її з усіх боків, при цьому всі об'єкти сцени переміщуються одна відносно іншої. Явище паралакса багаторазово підсилює сприйняття обсягу. Технологія Motion Parallax 3D дозволяє користувачеві розглянути 3D-сцену з усіх боків, і виникає ілюзія, ніби все її об'єкти є реальними. Система, що використовує механізм паралакса, вловлює найдрібніші рухи голови користувача і відстежує їх з високою швидкістю і точністю, так що мозок не фіксує спотворення геометрії об'єктів, викликані запізненням зміни зображення.

Ці пристрої, як правило, забезпечують неповне занурення, оскільки відтворюються на дисплеях і не ізолюють користувача від навколишнього середовища. Виняток — кімнати віртуальної реальності

(CAVE, cave automatic virtual environment). У таких кімнатах на кожен стіну проєктується стереоскопічне зображення, розраховане для конкретної точки, в якій і знаходиться користувач. У підсумку таке зображення оточує людину з усіх боків, занурює його в себе. Деякі експерти вважають, що VR-кімнати набагато краще VR-шоломів: забезпечують більш високу роздільну здатність, немає необхідності надягати на голову громіздкий пристрій, в якому деяких навіть заколисують, і самоідентифікація відбувається простіше завдяки тому, що користувач має можливість постійно бачити себе.

3. Пристрої для відтворення звуку реалізуються як багатоканальні акустичні системи. Вони дозволяють виробляти розташування джерела звуку у сцені, завдяки чому користувач може орієнтуватися в віртуальному світі за допомогою слуху.

4. Тактильні та інші відчуття створюються за допомогою рукавичок та костюмів віртуальної реальності, які мають датчики, що дозволяють відслідковувати рух зап'ясть і пальців рук або всього тіла. Технічно це може бути реалізовано різними методами: з використанням оптоволоконних кабелів, тензометричних або п'єзоелектричних датчиків, а також електромеханічних пристроїв (такі як потенціометри). Костюми віртуальної реальності відслідковують зміну положення всього тіла користувача і передають тактильні, температурні і вібраційні відчуття, а в комбінації з шоломом – зорові і слухові.

5. Пристрої управління використовуються для взаємодії з віртуальним середовищем. Це спеціальні джойстики (геймпади, wands), що містять вбудовані датчики положення і руху, а також кнопки і колеса прокрутки, як у миші. Зараз такі джойстики все частіше роблять неспровідними. У якості пристроїв управління можуть також використовуватися згадані вище інформаційні рукавички і костюми віртуальної реальності.

З наведеного огляду апаратних засобів видно, що вартість обладнання, що може використовуватися у навчальному процесі, варіюється і може бути дуже високою. Тому при виборі технології для створення імерсивного навчального ресурсу необхідно проаналізувати не тільки особливості навчальної дисципліни, але й технічні можливості кафедри, студентів та можливі форми проведення занять.

## Висновки

У даній статті розглянуто питання застосування технологій імерсивного для навчання інженерів у галузі телекомунікацій та радіо електроніки. Аналіз публікацій дозволив зробити висновок про актуальність створення електронних навчальних ресурсів з використанням технологій VR, AR, MR, оскільки це дозволить підвищити якість надання освітніх послуг і підготувати висококваліфікованих та конкурентоздатних спеціалістів у галузі телекомунікацій та радіотехніки. У наступних публікаціях ми плануємо представляти розвиток цієї теми з точки зору підходів до створення імерсивних навчальних ресурсів у галузі телекомунікацій та радіотехніки та висвітлювати отримані результати.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ОСВІТНЯ АНАЛІТИКА КРИЗЬ ПРИЗМУ ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ВИЩОЇ ШКОЛИ УКРАЇНИ. / ЕКОНОМІКА ТА СУСПІЛЬСТВО. Випуск # 39 / 2022.
2. Соколюк О.М. Імерсивність в сучасних освітніх середовищах / Соколюк О. М. // Імерсивні технології в освіті: збірник матеріалів І Науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Київ : ІТЗН НАПН України, 2021. – С. 143-148.
3. Гриценчук О.О. Перспективи впровадження імерсивних технологій в освіту: досвід Нідерландів. «Імерсивні технології в освіті»: збірник матеріалів І Науковопрактичної конференції з міжнародною участю. / Київ : ІТЗН НАПН України, 2021. с. 84-88.
4. Ekerin Olyseye Michael, Heidi Tan Yeen-Ju, Neo Tse Kian. Exploring the Use of Immersive Technology in Education to Bring Abstract Theoretical Concepts to Life. / International Journal of Vreative Multimedia. Vol1, Special Issue No 1 (2020).
5. Immersive Technology Applications in Education. [https://www.researchgate.net/publication/308815964\\_Application\\_of\\_immersive\\_technologies\\_for\\_education\\_State\\_of\\_the\\_art/link/58d0524da6fdcc344b0c0db0/download](https://www.researchgate.net/publication/308815964_Application_of_immersive_technologies_for_education_State_of_the_art/link/58d0524da6fdcc344b0c0db0/download)
6. Immersive Learning Design for Technology Education: A Soft Systems Methodology <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.745295/full#:~:text=Immersive%20Learning%20for%20the%20Technology%20Education&text=Its%20primary%20characteristic%20is%20that,objects%20to%20the%20real%20environment.>
7. AVR For Education. <http://eonreality.com/wp-content/uploads/2020/06/8.2-Augmented-Virtual-Reality-for-Telco-Providers.pdf>
8. An Introduction to Immersive Technologies <https://www.vistaequitypartners.com/insights/an-introduction-to-immersive-technologies/>
9. Волинець В.О. Віртуальна, доповнена і змішана реальність: сутність понять та специфіка відповідних комп'ютерних систем. Питання культурології, (37), 231-243, 2021. doi: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322>.
10. Maas, M. J., and Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in education: A review of the literature. Technol. Pedagog. Educ. 29, 231–249. doi: 10.1080/1475939X.2020.1737210
11. Bower M. Augmented Reality in education – cases, places and potentials. Educational Media International. 2014. 51(1). DOI:10.1080/09523987.2014.889400.
12. Yi Tan 1,2 , Wenyu Xu 1,2, Shenghan Li 1,2 and Keyu Chen. Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications
13. Mekacher, L., (2019). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR): The Future of Interactive Vocational Education and Training for People with Handicap. PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning, 3(1),
14. Brigham, T. J. (2017). Reality check: basics of augmented, virtual, and mixed reality. Med. Ref. Serv. Q. 36, 171–178. doi: 10.1080/02763869.2017.1293987
15. Jerry, T. F. L., & Aaron, C. C. E. (2010). The impact of augmented reality software with inquiry-based learning on students' learning of kinematics graph. In Proceedings of the 2 nd International Conference on Education Technology and Computer (pp. V2-1–V2-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICETC.2010.5529447>
16. Гончарова Н. ТЕХНОЛОГІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ПІДРУЧНИКАХ НОВОГО ПОКОЛІННЯ. <https://lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf>
17. Ekerin Oluseye , M., Tan Yeen-Ju, H. ., & Neo , T. K. (2020). Exploring the Use of Immersive Technology in Education to Bring Abstract Theoretical Concepts to Life. *International Journal of Creative Multimedia*, 1(SI 1), 71–81. <https://doi.org/10.33093/ijcm.2020.X1.7>
18. Virtual Reality Technologies for Future Telecommunications Systems. <https://www.wiley.com/en-us/Virtual+Reality+Technologies+for+Future+Telecommunications+Systems-p-9780470848869>
19. Hidenobu Nagata1, Dan Mikami, Hiromu Miyashita, Keigo Wakayama, Hideaki Takada. Virtual Reality Technologies in Telecommunication Services. Journal of Information Processing Vol.25 142–152 (Feb. 2017).
20. The role of immersive technologies in the telecom industry <https://insidetelecom.com/the-role-of-immersive-technologies-in-the-telecoms-industry/>
21. Using Immersive Virtual Reality in Field Service Telecom Engineers Training [https://www.researchgate.net/publication/352439204\\_Using\\_Immersive\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Field\\_Service\\_Telecom\\_Engineers\\_Training](https://www.researchgate.net/publication/352439204_Using_Immersive_Virtual_Reality_in_Field_Service_Telecom_Engineers_Training)
22. Технології і концепції Industry 4.0 <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation>
23. Top 20 AR/VR Design Tools and Resources For Building Immersive Applications. <https://www.circuitstream.com/blog/top-20-ar-vr-design-tools-and-resources-for-building-immersive-applications>

Received (Надійшла) 6.09.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 15.11.2023

**Immersive education of students in the field of telecommunications**

L. Nikitina, N. Dzheniuk

**Abstract.** The modern educational process can be radically changed with the use of immersive learning technologies - virtual, augmented and mixed reality. In the training of telecommunications and radio engineering specialists, the ability to overlay multimedia objects on the real world for viewing through Internet-enabled devices such as phones and tablets, personal computers means that information can be available to students around the clock and at the right time. place This can potentially reduce the overload of students when studying academic disciplines, providing them with the most favorable conditions and pace of learning the material. This document examines the advantages of immersive learning and the specifics of using immersive technologies in the educational process. In conclusion, a look at future research in the field of creating educational resources using immersive learning technologies is provided.

**Keywords:** immersive learning; virtual reality; VR augmented reality; AR; mixed reality; MR; telecommunications.