

УДК 373.3/.5.016:5]:004

DOI: 10.31652/2412-1142-2020-55-46-62

Литвинова Світлана Григорівна

доктор пед. наук, с.н.с., заступник директора,

Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м.Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0002-5450-6635

s.h.lytvynova@gmail.com

Буров Олександр Юрійович

доктор тех. наук, с.д., провідний науковий співробітник,

Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0003-0733-1120

ayb@iitlt.gov.ua

Семеріков Сергій Олексійович

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики та прикладної математики,

Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна

ORCID ID: 0000-0003-0789-0272

semerikov@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Анотація. У статті проаналізовано закордонний досвід, зокрема стан використання доповненої реальності (AR) в Сполучених штатах Америки, стан розвитку теми дослідження у вітчизняних закладах освіти та встановлено, що AR підвищує ефективність навчання, сприяє розвитку пізнавальної активності, підвищує якість засвоєння знань, провокує інтерес до навчання, сприяє розвитку дослідницьких навичок та предметних компетентностей здобувачів освіти; виокремлено проблеми використання засобів доповненої реальної в освітньому процесі й наголошено на дефіциті фахівців з підготовки освітніх проєктів. Розкрито історичний шлях розвитку технології AR та акцентовано увагу на розширенні можливостей застосування цієї технології для потреб суспільства. Обґрунтовано концептуальну модель використання AR в освітньому процесі та визначено чотири її складові (техніко-технологічна, освітньо-наукова, формуально-розвивальна та якість навчання). Встановлено, що для впровадження технології AR в освіті необхідно забезпечити освітнє середовище технічними засобами, засоби відтворення, дібрати операційні системи та програмне забезпечення, а для використання AR здобувачами освіти мають бути розроблені новітні підручники, посібники, картки, робочі зошити, інструкції тощо. Автори обґрунтували принципи (доцільності, доступності, пізнання, цілісності, навчальної спрямованості, мобільності) і підходи (когнітивний, системний, діяльнісний, диференційований, особистісно орієнтований, інноваційний), описано педагогічні умови та уточнено переваги й недоліки використання AR-технології в освітньому процесі. Встановлено, що здобувачі освіти вже активно використовують AR для розваг, а педагоги потребують додаткової дієвої підтримки (навчання). Виокремлено основні види технології AR для розроблення навчальних, дидактичних та методичних матеріалів. Концептуальні підходи дадуть можливість розробити новітнє навчально-методичне забезпечення для здобувачів освіти, що сприятиме підвищенню її якості.

Ключові слова: доповнена реальність; підходи до використання AR; принципи використання AR; концептуальна модель використанням AR; педагогічні умови використання AR; види технології AR; освітній процес.

1. ВСТУП

У Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року зазначено, що розбудова національної системи зосереджена на розв'язанні найбільш гострих проблем, які стримують розвиток, не дають можливості забезпечити нову якість освіти, а саме: повільне здійснення гуманізації, екологізації та інформатизації системи освіти, впровадження у

навчально-виховний процес інноваційних та інформаційно-комунікаційних технологій.

Актуальність обраної теми дослідження визначається методологічними й концептуальними засадами відкритої освіти й обумовлена стратегічними напрямами державної політики у сфері освіти, що стали пріоритетними, а саме: формування безпечного освітнього середовища, екологізації освіти; розвиток наукової та інноваційної діяльності в освіті, підвищення якості освіти на інноваційній основі; інформатизація освіти; забезпечення проведення національного моніторингу системи освіти; підвищення соціального статусу педагогічних працівників; створення сучасної матеріально-технічної бази системи загальної середньої освіти.

Основною метою повної загальної середньої освіти є всебічний розвиток, навчання, виховання, виявлення обдарувань, соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві, має прагнення до самовдосконалення і навчання впродовж життя, готова до свідомого життєвого вибору та самореалізації. Досягнення цієї мети забезпечується шляхом формування ключових компетентностей, необхідних кожній сучасній людині для успішної життєдіяльності, зокрема: компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій; інновацій; інформаційно-комунікаційна компетентність.

Нині учителі та учні закладів загальної середньої освіти володіють реальними можливостями доступу до якісної мережі Інтернет, використовують мобільні засоби зв'язку, а, отже, застосовують і нові форми взаємодії, що, безумовно, має знайти відображення в освітньому процесі. Тому пошук шляхів підвищення якості освіти, а саме: пошук нових форм і методів навчання; повсюдного використання Інтернет-ресурсів і мобільних додатків; використання новітнього цифрового контенту; розвиток ІК-компетентностей як вчителів, так і учнів, дасть можливість виокремити ефективні ІК-технології і задіяти для навчання учнів засоби доповненої і віртуальної реальності.

Використання мобільних засобів для досягнення нових освітніх результатів сприяє вирішенню завдань індивідуалізації і створенню нової моделі освітнього процесу. Питання якісного освітнього контенту і наочностей, що задовольняють потреби учня ХХІ ст. давно піднімається педагогами, а питання візуалізації залишається гострим і нині. Використовуючи функціональні можливості засобів доповненої реальності, можна візуально відтворити процеси, які важко або майже неможливо відтворити в реальному житті та зробити процес навчання доступним, цікавим і зрозумілим. Технології доповненої реальності додають в статичні сторінки книги виразну анімацію, перетворюючи читання в захоплюючу гру і цікаві пригоди разом з героями твору, а також спрощують відтворення аудіо- та відео- контенту, що не пропонується в паперових книгах. Найбільш якісні додатки доповненої реальності, що використовуються в процесі навчання, можуть стати найефективнішими. З цією метою до існуючих інформаційних технологій і освітніх ресурсів додається технологія доповненої реальності, що включає: підручники з технологією доповненої реальності; розвивальні ігри; навчальні програми; візуальне моделювання об'єктів і процесів; різні додатки для тренування навиків.

Загалом стан використання користувачами VR і AR в Сполучених штатах Америки в 2018 році в розрізі гаджетів був такий: смартфони – 77%, ПК – 35%, окремі додатки – 19%. Згідно з дослідженням Statista (<https://www.statista.com/>), 92% респондентів в США знають термін «віртуальна реальність»; 97% студентів хотіли б вивчити курс VR; 93% вчителів сказали, що їх учні будуть раді використовувати віртуальну реальність під час навчання; майже 80% вчителів мають доступ до пристроїв віртуальної реальності, але тільки 6,87% регулярно використовують їх в навчальному процесі; 70% вчителів мають бажання використовувати віртуальну реальність для пояснення нового матеріалу й імітації природних процесів. 11% дорослого населення в США володіють апаратним або програмним забезпеченням віртуальної реальності (VR). Прогнозований обсяг ринку доповненої (AR) і VR по всьому світу в 2020 році має сягнути 18,8 млн. дол. Статистичні дані щодо

використовування віртуальної й доповненої реальності під час навчання в закладах загальної середньої освіти на даний час відсутні.

Зазначимо, що в закладах загальної середньої освіти України, в рамках забезпечення STEM-освіти, з'являються засоби віртуальної реальності, у підручниках, посібниках для ЗЗСО з'являються об'єкти доповненої реальності, IT-компанії пропонують новітні засоби навчання з елементами AR і VR. Мобільне навчання учнів, зокрема під час довготривалих карантинів, зарекомендувало себе позитивно. Однак під час проведення тематичних семінарів співробітниками Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України в 2020 році з використання AR і VR було встановлено, що 62% вчителів зазначають, що їм не вистачає науково-методичного забезпечення для формування освітнього середовища з використанням зазначених засобів, 72% акцентують увагу на відсутності методичних рекомендацій щодо їхнього використання для навчання учнів, 43% вчителів підняли питання про оновлення рекомендацій щодо упередження інтернет-залежності та безпеки.

Отже, недостатня розробленість питання використання доповненої і віртуальної реальності для візуалізації освітнього контенту не дозволяє повною мірою реалізувати на практиці потенціал освітнього середовища, виконати стратегічне завдання інформатизації освіти, ефективно вдосконалити інформаційно-ресурсне забезпечення освіти. На цей факт звертали увагу науковці Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України у процесі дослідження систем комп'ютерного моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів і обґрунтуванні науково-методичних засад застосування комп'ютерно орієнтованих засобів у навчанні природничо-математичних предметів у профільній школі. Зазначені суперечності визначили актуальність проблеми теоретичного дослідження суттєвих методологічних аспектів використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі, і на цій основі описати модель, а також визначити низку переваги та обмеження у процесі навчання здобувачів освіти.

Аналіз останніх досліджень. У той час, коли відбувається стрімкий розвиток цифрових технологій, вимоги до освітніх результатів учнів зростають, компетентність набуває життєво важливого значення для майбутнього розвитку України, візуалізація змісту освіти в підручниках залишається на рівні малюнків і фотографій і дидактичний компонент не відображає компетентнісний підхід навчання.

Усі діти приходять до школи з вродженою цікавістю, але педагоги не можуть задовольнити їхні потреби у візуалізації змісту освіти, деталізації процесів, опису складних природних явищ і, тим самим, знижують інтерес до пізнання оточуючого світу й бажання вчитися.

На даному етапі модернізації освіти її якість визначається трьома показниками: освітнє середовище, зміст освіти, компетентний вчитель. В рамках реалізації Концепції Нової української школи здійснюється удосконалення змісту освіти. Освітнє середовище частково модернізується, зокрема в початковій школі. Учителі підвищують свою кваліфікацію і компетентність з різних наукових напрямів в рамках неформальної освіти. Проте більшість уроків сьогодні проводяться у вигляді короткої лекції або невеличкої практичної (лабораторної) роботи, що вимагає від учня простого запам'ятовування наукових фактів. У підручниках оновили малюнки і фото – кардинальних змін не відбулося. Експерти й науковці з питань освіти наполягають на впровадженні підходів, заснованих на візуалізації і когнітивних дослідженнях, що підсилить інтерес учнів і допоможе їм зберегти мотивацію до навчання. Основою для реалізації такого підходу може слугувати новітній цифровий контент, розроблений засобами віртуальної і доповненої реальності.

Значний внесок у дослідження проблеми інноваційного розвитку засобів і технологій систем відкритої освіти зроблено В.Ю. Биковим [1]. Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі закладів вищої освіти аналізують вітчизняні дослідники Т. В. Грунтова, Ю. В. Єчкало, А. М. Стрюк, А.Пікільник [2] і констатують, що впровадження таких технологій в освіту підвищує її ефективність, сприяє розвитку пізнавальної активності,

підвищує якість засвоєння знань, провокує інтерес до навчання, сприяє розвитку дослідницьких навичок та предметних компетентностей учнів. О. В. Мерзликін, І. Ю. Тополова, В. Тронь [3] уточнюють, що саме використання новітніх технологій необхідно для ефективного навчання сучасних учнів, які мають конкретні освітні потреби, а саме: використання мобільних додатків, організацію спільної роботи, виконання інтерактивних завдань і візуалізацію контенту.

С. В. Аранова окреслила проблему пошуку педагогічних засобів і форматів візуалізації навчальної інформації у зв'язку із збільшенням візуального контенту і ускладненням запитів до результатів сучасної освіти в умовах інформаційного суспільства [4].

В. Є. Климнюк виявила основні напрямки впливу віртуальної реальності на методологію освіти, що може призвести до розширення видів навчальної діяльності, вдосконалення існуючих і виникненню нових організаційних форм, видів і методів навчання, вдосконаленню взаємодії студентів і освітнього простору [5].

А. А. Синегуб доводить, що дані технології дають можливість підвищити рівень участі студентів, зокрема забезпечують практичність, інтерактивність, деталізованість [6].

І. С. Мінтій, В. М. Соловійов, стверджують, що серед проблем, які виникають із впровадженням доповненої й віртуальної реальностей в освіту, перш за все, є дефіцит фахівців з підготовки освітніх проектів та неузгоджені дії бізнесу та освіти в цьому напрямі [7].

П. П. Нечипуренко, Т. В. Старова, Т. В. Селіванова, А. О. Томіліна встановили, що існує значний попит на хімічну освіту з використанням засобів доповненої реальності, доступною через мобільні пристрої. Вони зауважують, що виникає необхідність розроблення відповідних інструментів для підтримки хімічної освіти у школах та університетах. Актуальними у цьому напрямі є розробка методичних рекомендацій щодо виконання лабораторних робіт, підручників, науково-популярної літератури з хімії з використанням технологій доповненої реальності та створення симуляторів для роботи з хімічним обладнанням [8].

Н. В. Рашевська, наголошує на позитивному ефекті використання засобів доповненої реальності під час навчання фундаментальних предметів [9].

М. Ф. Шмиголь, Ю. С. Юшкевич окреслено механізми впливу віртуальної реальності на світогляд людини. Доведено, що причиною віртуалізації сучасного інформаційного суспільства виступає об'єктивна потреба в переході інформаційних технологій на якісно новий рівень, що сприяв би розвитку іманентної потреби людини в творчості, в створенні нової реальності [10].

Питання формування освітнього середовища закладу загальної середньої освіти з використанням віртуальної і доповненої реальності ученими тільки розпочато й досліджено не повною мірою. Сучасні учні вже повсюдно використовують хмарні технології (для цілодобового доступу, індивідуальної і групової роботи), доповнену реальність (для створення міцних зв'язків між реальними і віртуальними об'єктами) і елементи гейміфікації. Використання цих технологій в комплексі забезпечить розвиток ключових компетентностей учнів в умовах інформаційно-освітнього середовища закладу освіти. Доповнену й віртуальну реальність як гейміфікацію когнітивних задач досліджують О. П. Пінчук, О. Ю. Буров, В. А. Ткаченко [11]. Автори аналізують можливості використання цих засобів в освітніх цілях, зокрема, для розроблення пізнавальних завдань у процесі вивчення предметів природничо-математичного циклу, звертають увагу на особливості використання апаратних засобів, умов використання, інтерактивності і міждисциплінарності таких об'єктів. Вони обґрунтовують доцільність використання інтерактивних моделей і відео під час групової та індивідуальної роботи.

О. М. Соколюк зазначає, що нині проблемою є відсутність єдиної методології: технології доповненої реальності розвиваються настільки стрімко, що дослідження в сфері освіти та педагогіки просто не встигають надати теоретичне осмислення або розробити системну методологію. На даному етапі вимагає вирішення питання інтеграції додатків в зміст освіти й організація освітньої діяльності [12].

Активно ведуть пошуки в цьому напрямі зарубіжні вчені. Так феномен, сучасний стан, можливості та проблеми використання засобів доповненої і віртуальної реальностей в освітньому процесі вивчають Wu H. K., Hsin-Kai Wu, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, Jyh-Chong Liang. [13].

Питання проєктування платформи доповненої реальності для моделювання навколишнього середовища досліджують Eric Klopfer, Kurt Squire [14].

Наукові огляди щодо розвитку віртуальної і доповненої реальностей виконано S.Yuen, G.Yaoyuneyong, E. Johnson [15]. Аспект навчання учнів з використання AR розкрито в роботах Lee K. [16].

Комунікативний аспекти використання засобів віртуальної і доповненої реальностей досліджено авторами Yun Zhu, Hui Ye, Shukun Tang [17].

Нині піднімають питання щодо оцінювання якості навчального матеріалу з доповненою реальністю учені S. Giasiranis і L. Sofos [18].

Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. зазначають, що доповнена реальність може бути використана для спільної роботи студентів. Особливої актуальності це набуває у процесі виконання лабораторних і практичних робіт із небезпечним обладнанням, що вимагає постійного контролю з боку педагога. Використовуючи маркери, студенти зможуть за допомогою планшета або мобільного телефона візуалізувати інструкції або навчальні матеріали, необхідні для правильного використання та налаштування обладнання [19] (рис. 1).



Рис. 1. Приклад налагодження обладнання з використанням AR (<https://lookinar.com/promyslovist/>)

Cieutat J.-M., Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, розглядаючи застосування доповненої реальності для активізації навчання, виділяють основні напрями її використання:

- підтримка наукових досліджень та експериментального підходу;
- перевірка моделі на адекватність;
- середовища моделювання, у яких поєднуються можливості викладання, навчання, комунікації з ігровими елементами;
- набуття технологічних навичок [20].

З огляду на динамічний розвиток штучного інтелекту, інформаційно-когнітивних технологій, мобільних додатків, різноманітність і новизну педагогічних підходів, методів використання засобів віртуальної і доповненої реальностей в закладах освіти, ці питання ще потребують додаткових досліджень, уточнення підходів, моделей й методик використання, можливих шляхів упровадження, зокрема в закладах загальної середньої освіти України.

Дослідження вітчизняних і закордонних учених показали, що новітні технології для розроблення освітнього контенту мають величезний потенціал для підвищення ефективності навчання здобувачів освіти. З його допомогою можна забезпечити як індивідуальну, так і

групову роботу; створити умови для розкриття творчого потенціалу і можливостей кожного учня, підтримувати навчання учнів з особливими потребами, а повсюдний доступ до освітнього контенту забезпечить як підтримку безперервного процесу навчання, так і підтримку допитливості учнів, що підвищить інтерес як до конкретного навчального предмету, так до освіти в цілому.

Мета статті: обґрунтувати концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі закладів освіти.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За останні 50 років ми відчуваємо значні зміни в розвитку комунікаційних та інформаційних технологій. У XXI ст. результатом такого розвитку є поява імерсивних технологій (англ. Immersive – занурювати) до яких належать технології доповненої та віртуальної реальності. Ці технології змінили спосіб використання контенту в реальному світі, зокрема доповнена реальність (AR).

Технологія доповненої реальності була винайдена в 1968 році й пройшла довгий шлях у своєму становленні (рис. 2).

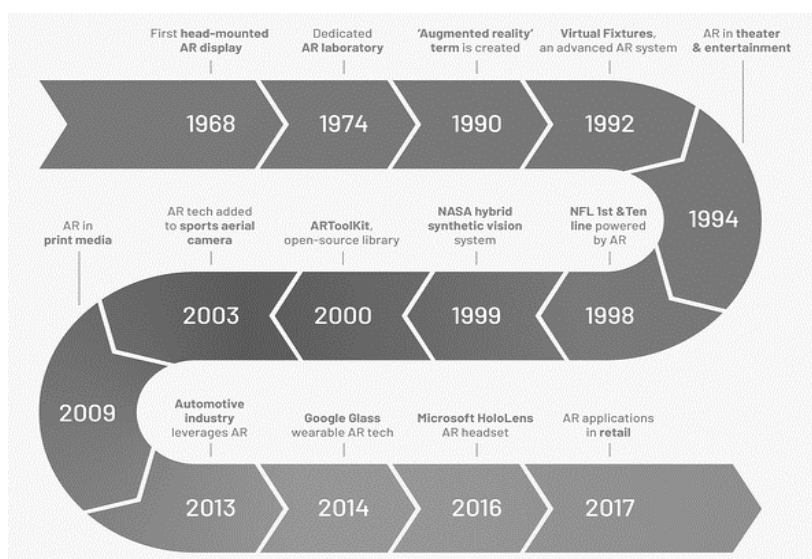


Рис. 2. Історія розвитку доповненої реальності (<https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>)

Розвиток цього цифрового напрямку настільки стрімкий, що тільки у 2014 році компанія Google вперше представила окуляри доповненої реальності Google Glass – технології яка дозволяла обмінюватися даними через мережу Інтернет за допомогою команд обробки природної мови, як у 2017 році компанія ІКЕА розробила нову програму доповненої реальності ІКЕА Place яка назавжди змінила наше уявлення про можливості представлення цифрових об'єктів. За допомогою цієї програми користувачі могли віртуально переглядати варіанти домашнього декору, перш ніж здійснювати закупівлю (<https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>).

За результатами дослідження провідної світової дослідницької й консалтингової компанії Gartner Group розвиток цієї технології знаходиться на етапі «розчарування». Склалося відчуття, що технологія не виправдала себе за окремими напрямками (рис. 3).

Однак, список варіантів застосування AR в суспільстві постійно зростає (<https://learn.g2.com/augmented-reality-examples>), а саме: фільми, ігри, пряме (потокове) транслявання подій, навчання і тренування, роздрібна торгівля та їжа, архітектура та нерухомість, прототипи продуктів та виробництво, створення політики, здоров'язбереження, туризм та ін. (рис. 4)

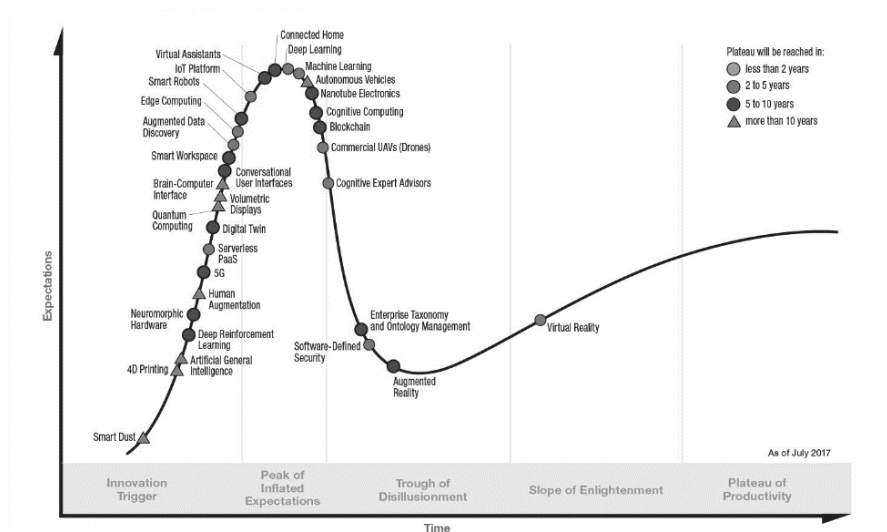


Рис. 3. Hype Cycle для нових технологій (gartner.com/SmarterWithGartner)

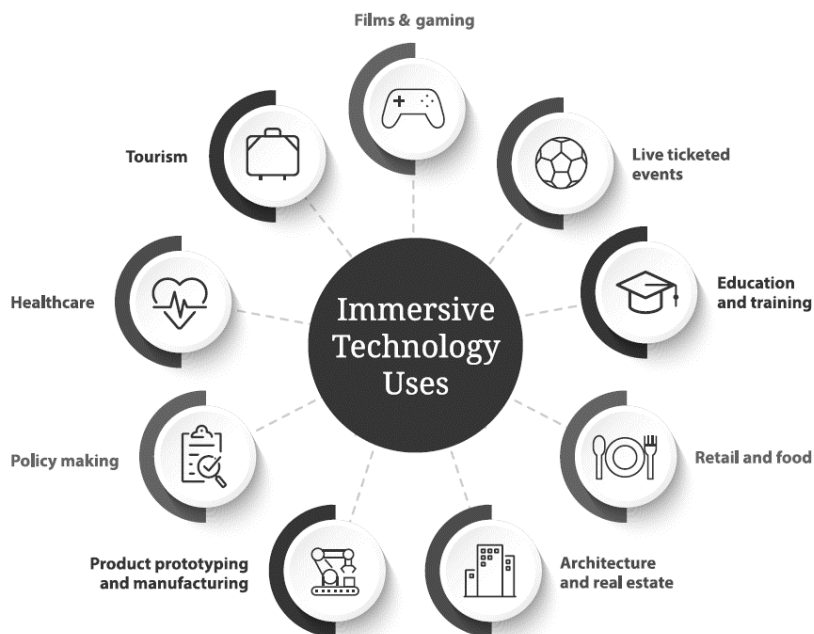


Рис. 4. Галузі застосування імерсивних технологій (2019).

Аналізуючи галузі застосування, однією з ключових визначено освіту. Розглянемо модель використання AR в освітньому процесі, що представлена на рис. 5. Основними складовими моделі використання AR є: техніко-технологічна, освітньо-наукова, формувально-розвивальна та якість навчання.

Для використання AR в освітньому процесі необхідно мати чотири основні компоненти: технічні засоби, засоби відтворення, операційну систему та програмне забезпечення.

Технічні засоби: (планшети, мобільні телефони). Зауважимо, що ноутбуки, комп'ютери доцільно використовувати для створення AR, тому, що у процесі використання за допомогою цих пристроїв неможливо забезпечити кут нахилу (повороту) об'єктів та одночасне керування об'єктом.

Засоби відтворення. Нині набули широкого поширення два типи: QR-код та зображення. В освітньому процесі набули позитивного досвіду картки із зображенням об'єктів живої та неживої природи.

Операційні системи. Додатки AR підтримують такі операційні системи як Android та iOS.

Програмне забезпечення. Завантаження спеціального програмного забезпечення для відтворення AR здійснюється за допомогою маркету/магазину додатків Google Play та App Store (наприклад, програмне забезпечення для зчитування QR-коду або для відтворення зображень Space 4D+).

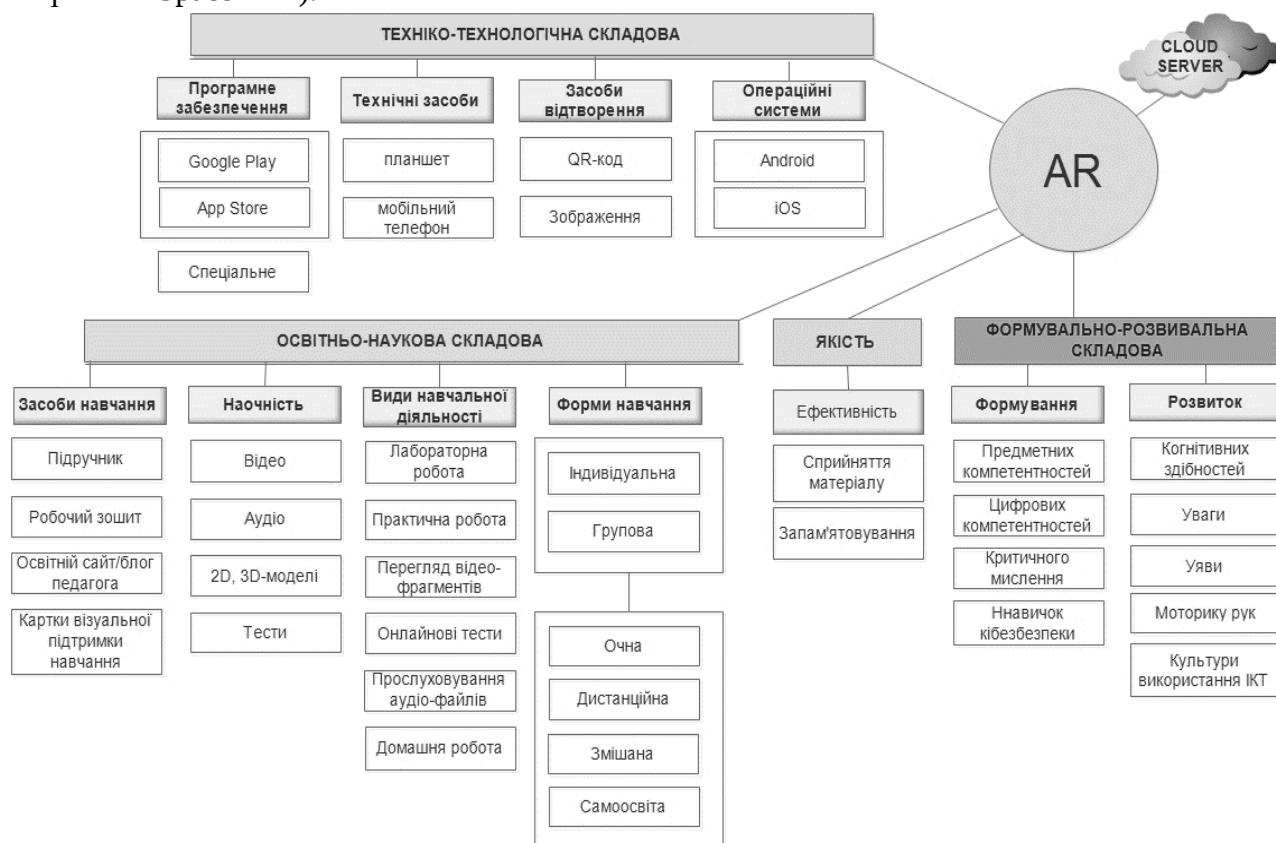


Рис. 5. Концептуальна модель використання AR в освітньому процесі

Аналізуючи освітньо-наукову складову ми з'ясували, що:

- об'єкти AR можна розміщувати як у друкованих підручниках, робочих зошитах, так і на блогах, тематичних сайтах, це можуть бути роздруковані картки для візуального підтримування навчання;
- вдалими рішеннями реалізації освітньої наочності за допомогою AR є відео фрагменти, аудіо записи, 2D і 3D моделі, тести (без відкритих відповідей);
- навчальна діяльність має бути організована відповідно до мети й завдань лекції/практичної роботи. Якщо об'єкт AR використовується для пояснення нового матеріалу, бажано врахувати час на самостійне ознайомлення студентів з моделлю або надати час для перегляду фрагмента відео тощо;
- універсальність об'єктів AR проявляється в реалізації форм навчання як під час групової роботи, так і в процесі виконання індивідуальних завдань. Науково-методичне забезпечення освітнього процесу включає як методичні матеріали, так і інструкції для студентів;
- у процесі роботи з об'єктами AR з використанням гаджетів (мобільних телефонів, планшетів) спостерігається більша зосередженість «зануреність» студентів на процесі

навчання, виконанні завдання та досягненні освітнього результату. Зазначимо, що у процесі цільового (тематичного та професійного спрямування) використання об'єктів AR дає можливість сформувати професійну та цифрову компетентність.

Систематичне використання AR в освітньому процесі дасть можливість підвищенні її якості, зокрема сприйняття та запам'ятовування навчального матеріалу. Це обумовлено задіяванням одночасно таких органів відчуття, як зір, слух, дотик та позитивним ставленням до інноваційних процесів.

Розглянемо принципи і підходи до використання AR-технології в освіті.

Принципи застосування AR-технології в освіті.

Принцип відкритості. AR-технології мають бути відкритими для всіх учасників освітнього процесу. На їхнє використання не впливають симпатії або навпаки, антипатії, власний настрій чи стан.

Педагогічної доцільності. Використання AR в освітньому процесі має сприяти підвищенню якості освіти.

Принцип доступності – учасники освітнього процесу мають доступ до об'єктів і засобів AR, усіх дидактичних, методичних матеріалів та навчальної літератури.

Принцип пізнання є методологією в обґрунтуванні набуття знань здобувачами освіти за допомогою AR. У центрі досліджуваних AR знаходиться особистість як член соціуму, суб'єкт.

Принцип цілісності передбачає чітке визначення місця AR в освітньому процесі.

Принцип навчальної спрямованості базується на впровадженні AR для підтримування освітнього процесу й реалізації основної мети – всебічного розвитку особистості.

Принцип мобільності – використання AR здійснюється будь-де і будь-коли.

Підходи до використання AR-технології в освітньому процесі.

Когнітивний підхід (з англ. cognitive) означає виявлення причин та пошук шляхів розв'язування навчальних проблем, що слугують стимулом у процесі розумового розвитку учня з використанням AR.

Системний підхід (з англ. system) орієнтує на визначення навчання з використанням AR як цілеспрямованої діяльності суб'єктів. Він вимагає розгляду зв'язків між метою, завданнями, змістом, формами, методами навчання у взаємодії компонентів педагогічного процесу, що дозволяє виявляти якісні характеристики та загальні системні властивості.

Діяльнісний підхід (з англ. practice) спрямовано на організацію діяльності суб'єкта з використанням AR з метою активізації пізнавальної діяльності та саморозвитку.

Диференційований підхід (з англ. differential) полягає у забезпеченні прав обдарованих дітей та дітей з різними функціональними обмеженнями на отримання доступу до якісних освітніх послуг.

Особистісно орієнтований (з англ. individually oriented) підхід вимагає визнання унікальності особистості, що передбачає опору на природний процес розвитку здібностей, самовизначення, самореалізацію, самоутвердження, створення для цього відповідних умов.

Інноваційний підхід (з англ. innovative) підхід означає використання AR-технології, що забезпечує новітні умови навчання, модернізацію методів і форм навчання, підвищення якості освіти.

Педагогічні умови (обставини), за яких має відбуватися цілісний продуктивний педагогічний процес з використанням AR-технології.

Першою педагогічною умовою ефективного застосування AR в освітньому процесі визначимо створення цифрового освітнього середовища, спрямованого на забезпечення активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти із застосуванням інтерактивних форм і методів навчання та з використанням додаткового комп'ютерного обладнання (планшетів, мобільних телефонів, точок доступу до мережі Інтернет, Wi-Fi).

Друга умова. Забезпечення освітнім AR контентом для підтримування процесу навчання з використанням різних типів гаджетів.

Третя умова. Врахування психолого-педагогічних особливостей здобувачів освіти та

їхніх здібностей щодо опанування новітніх технологій (організації підтримки).

Четверта умова. Науково-методичне забезпечення освітнього процесу для здійснення процесу навчання з використанням AR.

П'ята умова. Підготовка учасників освітнього процесу до використання AR під час різних видів освітньої діяльності (лекції, практичні, лабораторні, проєкти тощо).

Шоста умова. Урахування індивідуальних психофізіологічних особливостей здобувача освіти.

Аналізуючи досвід вітчизняних та закордонних колеги, представлений в аналізі наукових джерел, виокремимо переваги використання AR в освітньому процесі:

- візуалізація освітнього контенту, що доповнює зміст навчальних матеріалів і дозволяє деталізувати будь-які природні процеси, явища або об'єкти;
- формування безпечного середовища для проведення практичних і лабораторних робіт, які в реальному житті здійснити неможливо;
- організація необмеженого доступу до AR-об'єктів, що дозволяє повторювати експерименти безліч разів і сприяти напрацюванню навичок;
- побудова індивідуальної траєкторії розвитку, що дозволяє врахувати вроджені здібності учнів та учнів з особливими потребами;
- використання технології BYOD (англ. Bring Your Own Device), що забезпечує як індивідуальний підхід у навчанні, так і засобами навчання;
- реалізація діяльнісного підходу, як основи розвитку ключових компетентностей і наскрізних умінь здобувачів освіти, застосування теоретичних знань на практиці;
- забезпечення wow-ефекту (здивування, захоплення) з метою активізації навчальної діяльності здобувачів освіти.
- занурення учня у віртуальний досвід або місце розташування, а захоплюючий урок зберігається набагато швидше в часі з більш впливовою тривалою пам'яттю. Якщо звичайні методи забезпечують коефіцієнт збереження інформації 5-10%, а метод викладання із застосуванням ВР досягає 75% рівня утримання [21].
- набуття AR/VR/XR компетентностей, необхідних у багатьох професіях вже сьогодні

Також на думку науковців об'єкти доповненої реальності ефективно використовуються як інструменти візуалізації освітнього контенту [22] використання в урочний і позаурочний час доповненої реальності як складника освітнього контенту:

1) мотивує сучасних учнів – це ігровий контент;

2) розвиває просторове уявлення, перетворюючи звичайне 2D зображення на реалістичні об'єкти; 3

3)) сприяє робить? технологічний розвиток платформ AR доступними для задоволення освітніх потреб;

4) розширює призначення звичайного підручника інноваційним освітнім контентом.

Крім того, за допомоги освітнього контенту, створеного засобами доповненої реальності можна:

- розвивати увагу – учні більш зосереджені, якщо завдання виконується особисто, на власному гаджеті, у власному темпі;
- підвищувати ефективність запам'ятовування – візуалізація процесів сприяє підвищенню ефективності навчання;
- активувати всі органи почуттів – мультисенсорне навчання (слуху, зір, тактильність) для підвищення якості індивідуалізованого навчання;
- підвищувати ефективність сприйняття, розуміння – допомагає дітям поліпшити якість навчання;
- розвивати моторику – реалізація діяльнісного підходу;
- стимулювати мислення – допомагає дітям набути необхідних навичок 21 століття.

Проблеми використання AR в освітньому процесі пов'язані з відсутністю:

- мультиплатформенності AR-об'єктів. Нині AR-об'єкти можна завантажити за допомогою Google Play (для гаджетів з програмним забезпеченням Android, важливим залишається його версія) та App Store (для iPhone й iPad). Така ситуація вимагатиме від учителя пошуку таких AR-об'єктів, які б були реалізованими у двох системах, що зменшує їх кількість для використання;
- підручників і навчальної літератури для здобувачів освіти з вбудованими AR-об'єктами, що відповідають конкретним темам уроків. Як зазначають дослідники, в мережі Інтернет існує значна кількість AR-об'єктів, але вони не інтегровані в освітній процес;
- компетентного вчителя, здатного використати AR-об'єкти для викладання свого предмету, постає проблема підвищення кваліфікації з питань AR/VR;
- точок доступу до мережі Інтернет і Wi-Fi в кабінетах закладів освіти, залишаються проблеми з якістю Інтернет-послуг;
- навчально-методичного забезпечення для роботи вчителя;
- недостатністю наукового розроблення питання психофізіологічної цінності навчальної діяльності з AR/VR-об'єктами;
- якісного освітнього україномовного контенту;
- єдиного освітнього додатка з AR-об'єктами. Нині необхідно встановлювати значну кількість додатків на телефоні, що потребує значного обсягу пам'яті та може бути проблемою як для усіх учасників освітнього процесу (рис. 6)

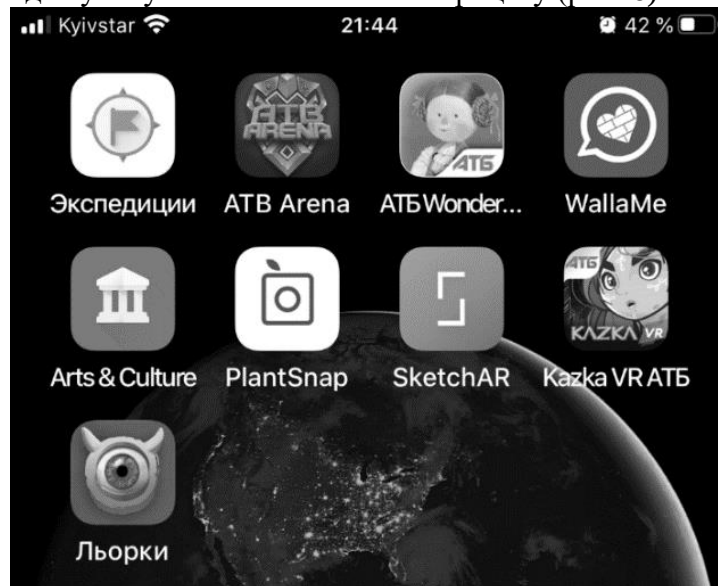


Рис. 6. Встановлені додатки на мобільному телефоні

Виокремлюють два основні, найбільш поширені види об'єктів AR: маркерні і безмаркерні.

AR на основі маркерів. AR на основі маркерів використовує маркери для запуску розширеного досвіду. Маркери, часто зроблені з різними малюнками, такими як QR-коди або інші унікальні дизайни, служать якорем для технології (рис. 7). Коли маркер у фізичному світі розпізнається додатком доповненої реальності, цифровий контент поміщається поверх нього.

Безмаркерний AR. AR без маркерів більш універсальний, ніж AR на основі маркерів, оскільки дозволяє користувачеві вирішувати, куди помістити віртуальний об'єкт. Ви можете використовувати різні стилі і розташування повністю в цифровому вигляді, що не переміщує нічого в вашому оточенні.



Рис. 7. AR на основі маркеру - QR-коду

Поркер Б. зазначає, що доповнена реальність без маркерів залежить від апаратного забезпечення пристрою, включаючи камеру, GPS, цифровий компас і акселерометр, для збору інформації, необхідної для роботи програмного забезпечення AR [23].

- *AR на основі розташування* AR на основі розташування пов'язує цифровий контент з конкретним місцем. Об'єкти відображаються так, що коли місце розташування користувача збігається з заданим місцем, воно відображається на екрані.
- *Накладання AR*. Накладення AR розпізнає об'єкт у фізичному світі і певним чином підсилює його, надаючи альтернативне уявлення. Це може включати відтворення частини об'єкта або всього об'єкта цілком.
- *AR на основі проєкції*. AR на основі проєкцій трохи відрізняється від інших типів безмаркерної доповненої реальності. А саме, вам не потрібний мобільний пристрій для відображення контенту. Замість цього світло проєктує цифрову графіку на об'єкт або поверхню для створення інтерактивної взаємодії з користувачем. Це – голограма. AR на основі проєкції використовується для створення тривимірних об'єктів, з якими користувач може взаємодіяти. Його можна використовувати для демонстрації прототипу або макета нового продукту, розбираючи кожну деталь, щоб краще показати її внутрішню роботу.
- *Контур AR*. Виклад AR розпізнає контур та лінії, щоб допомогти в ситуаціях, коли людське око не може цього зробити. Доповнена реальність використовується для розпізнавання об'єктів, щоб зрозуміти безпосереднє оточення користувача. Подумайте про водіння в умовах низької освітленості та про смуги руху, щоб не допустити заподіяння шкоди подібні програми включають паркування вашого автомобіля і позначають межі, щоб ви могли точно бачити, де знаходиться місце для паркування [23].

В освітніх цілях доцільно використовувати різні види об'єктів AR, що урізноманітнить освітню діяльність здобувачів освіти та не знизить їхній інтерес до навчання.

Для створення додатку доповненої реальності, необхідно опанувати низкою програмного забезпечення (software development kit, SDK), зокрема ARKit - для створення AR та ігор для iPhone і iPad; ARCore – для Android 7.0, iOS 11 і вище; Vuforia – для розпізнавання тексту та різних типів об'єктів (текст, 2D, 3D); EasyAR - сканування середовища та генерація 3D-сітки в реальному часі тощо.

Не дивлячись на те, що технологія AR може стати потужним засобом візуалізації освітнього контенту [24], пропонує нові можливості для навчання, вона, також, створює нові проблеми для педагогів. Ми виділяємо технологічні, педагогічні, навчальні питання, пов'язані з введенням AR в освіту. Наприклад, учні в середях AR можуть бути когнітивно

перевантаженими великою кількістю інформації, з якою вони постійно використовуються, безліччю технологічних пристроїв, які вони повинні використовувати, і складними завданнями, які вони повинні виконати. [13], [25], [26].

Аналізуючи стан готовності педагогів до використання доповненої реальності в освітньому процесі ми встановили, що в закладах загальної середньої освіти (27 закладів загальної середньої освіти): 23% педагогів використовують окремі об'єкти AR для демонстрації природних процесів (наприклад, виверження вулкану), візуалізації тварин живої природи тощо; 1% педагогів має посібники/робочі зошити з об'єктами AR, але майже 76% відсотків педагогів не використовують новітні технології в освітній практиці (рис. 8).

На відміну від педагогів, понад 77% учнів зазначили, що використовували об'єкти доповненої реальності для розваг, а саме: книги Льюїс Керола «Аліса в задзеркаллі», «Аліса в країні див», 3D-картки з казковими героями «Льорки», «АРЕНА»; 3D-моделі «Співоча ферма» тощо. Незначний відсоток учнів зазначили, що мають конструктори Lego з AR. Отже, учні випереджають педагогів за рівнем обізнаності у використанні AR об'єктів. Тому педагоги мають отримувати дієву підтримку в опануванні новітніх технологій.

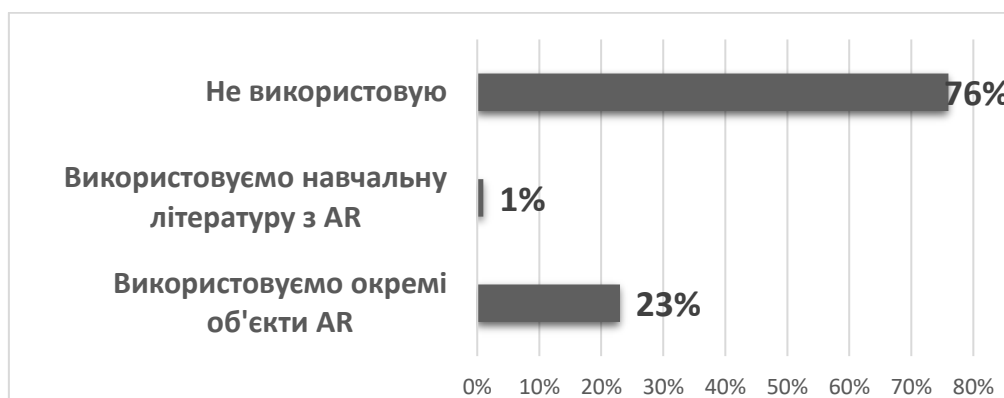


Рис. 8. Використання AR педагогами в освітньому процесі

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Новітні технології, зокрема AR, для розроблення освітнього контенту мають величезний потенціал для підвищення ефективності навчання здобувачів освіти. З їхньою допомогою можна забезпечити як індивідуальну, так і групову роботу, підтримувати навчання учнів з особливими потребами. Повсюдний доступ до освітнього AR-контенту, простота використання, забезпечать підтримування безперервного процесу навчання, що підвищить інтерес як до конкретного навчального предмета, так до освіти в цілому.

Отже, на концептуальному рівні використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі з метою підвищення рівня візуалізації освітнього змісту має задовольняти як технологічним, так і контентним потребам здобувачів освіти й педагогів. Відсутність розроблених програм і тренінгів для навчання педагогів, уповільнює впровадження нових підходів у навчанні. Проблемою залишається інтеграція AR об'єктів і змісту освіти: здобувачі готові використовувати імерсивні технології, але ні підручники, ні робочі зошити, ні роздатковий матеріал не містить таких об'єктів.

Попередньо здійснений аналіз теорії та практики використання засобів доповненої реальності в освітній практиці засвідчує, що в закладах освіти може з'явитися такий контент, і підготовлені до такої діяльності педагоги якщо розпочати підготовку майбутніх вчителів, зокрема на факультативних заняттях.

Подальшого дослідження потребує розробка змісту навчальних тренінгів (факультативів), а також визначення місця AR в навчальній літературі для здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Биков В.Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище Інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування. Інформаційні технології в освіті, 2013. №17. С. 9-37.
- [2] Грунтова, Т., Єчкало, Ю., Стрюк, А., Пікільняк, А. Інструменти доповненої реальності у навчанні фізики у закладах вищої технічної освіти. Педагогіка вищої та середньої школи, 2018. №51. С. 47-57. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3655>
- [3] Мерзликін, О., Тополова, І., Тронь, В. Розвиток ключових компетентностей засобами доповненої реальності на уроках CLIL. Освітній вимір, 2018. №51. С.58-73. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3656>
- [4] Аранова С. В. К методологии визуализации учебной информации. Интеграция художественного и логического. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2011. №2. URL: <https://cutt.ly/rgnTLud>
- [5] Климнюк В. Є. Віртуальна реальність в освітньому процесі. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2018. № 2. С. 207–212.
- [6] Синегуб А. А. Использование виртуальной реальности в образовании. Научные исследования. 2018. №4 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii> (дата обращения: 11.06.2020).
- [7] Мінтій, І., & Соловійов, В. Доповнена реальність: український сучасний бізнес та освіта майбутнього. Освітній вимір, 2018. Вип. 51, С. 290-296. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3676>
- [8] Нечипуренко, П., Старова, Т., Селіванова, Т., Томіліна, А., Учитель, О. Використання доповненої реальності в хімічній освіті. Освітній вимір, 2018. Вип. 51. С. 25-36. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3650>
- [9] Рашевська Н. В. Перспективи застосування засобів доповненої реальності у процесі навчання майбутніх інженерів Науковий вісник Ужгородського університету. серія: «Педагогіка. Соціальна робота». 2018. Вип. 2 (43). С.226-228.
- [10] Шмиголь М. Ф., Юшкевич Ю. С. Віртуальна реальність як феномен інформаційного суспільства: світоглядний аспект. Гілея: науковий вісник. 2019. Вип. 142(2). С. 212-215.
- [11] Pinchuk Olga P., Tkachenko Vitaliy A., Burov Oleksandr Yu. AV and VR as Gamification of Cognitive Tasks. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190437.pdf>
- [12] Соколюк О. М. Інформаційно-освітнє середовище навчання в умовах трансформації освіти. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2016. Вип. 12(III). С.48-55.
- [13] Hsin-Kai Wu, Lee Silvia Wen-Yu, Changc Hsin-Yi, Liang Jyh-Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & Education, 2013. Vol.62(1). Pp. 41-49. Elsevier Ltd. Retrieved June 11, 2020 URL: <https://www.learntechlib.org/p/132254/>
- [14] Klopfer E., Squire K., Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations. Educational Technology Research and Development. 2007. Vol. 56(2). Pp.203-228. DOI: 10.1007/s11423-007-9037-6
- [15] Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. Educational Technology Development and Exchange, 2011. Vol.4. Pp. 119-140.
- [16] Lee, K. Augmented Reality in Education and Training. Techtrends Tech Trends, 2012. Vol. 56. Pp.13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
- [17] Zhu, Y. , Ye, H. and Tang, S.Research on the Communication Effect of Augmented Reality Technology in Electronic Publications among Youth—A Case Study of “Augmented Reality Interactive Science Reading”. Advances in Applied Sociology, 2017. Vol.7. Pp. 305-318. doi: 10.4236/aasoci.2017.78019
- [18] Giasiranis S., Sofos L. Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of " Representation of the Information on Computers " in Junior High School. Creative Education. 2016. Vol.7. Pp.1270-1291. Doi: 10.4236/ce.2016.79134
- [19] Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. Procedia. Social and Behavioral Sciences, 2012. Vol. 51. Pp. 832-839. The World Conference on Design, Arts and Education (DAE-2012), May 1-3 2012, Antalya, Turkey. URL: <https://cutt.ly/GgbyLjK>
- [20] Cieutat J.-M. Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel Active Learning based on the use of Augmented Reality Outline of Possible Applications: Serious Games, Scientific Experiments, Confronting Studies with Creation, Training for Carrying out Technical Skills. International Journal of Computer Applications. 2012. Vol. 46. No 20. Pp. 31-36. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00739730/document>
- [21] Carlos J. Ochoa. Disruptive Education through Immersive Learning Technologies, VRARA Education Committee. Piacenza (Italy), 24.09.2019. <https://www.thevrara.com/blog2/2019/10/29/disruptive-education-through-immersive-learning-technologies>. Accessed 21.08.2020
- [22] Литвинова С. Г. Використання об'єктів доповненої реальності як інструменту візуалізації освітнього контенту. Матеріали науково-практичної Інтернет-конференції «Інформаційні технології в освітньому процесі 2018» / упорядники Д. А. Покришень, М. В. Матюшкін, Є. С. Закревська – Чернігів: ЧОІППО

- імені К. Д. Ушинського, 2019. URL: <https://cutt.ly/ognTXZi>
- [23] Poetker B. What Is Augmented Reality? URL: <https://learn.g2.com/augmented-reality>
- [24] Hype Cycle for Emerging Technologies. URL: <https://cutt.ly/tgbyRAL>
- [25] Модло Є.О., Єчкало Ю.В., Семеріков С.О., Ткачук В.В. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ. Наукові записки Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти, 2017. Вип. 11(І). С. 93-100
- [26] Iatsyshyn, Anna V., Kovach, V.O., Lyubchak, V.O., Zuban, Y.O., Piven, A.G., Sokolyuk, O.M., Iatsyshyn, Andrii V., Popov, O.O., Artemchuk, V.O., BurovYu., Lytvynova S.H.: Application of augmented reality technologies for education projects preparation. CEUR WorkshopProceedings of CTE-2019, 2019. Vol-2547. Pp.181-200. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper14.pdf>.

CONCEPTUAL APPROACHES TO THE USE OF AUGMENTED REALITY MEANS WITHIN THE EDUCATIONAL PROCESS

Lytvynova Svitlana Hryhorivna

Doctor of pedagogical sciences, Senior Scientific Researcher, Deputy Director
Institute of Information Technology and Learning Tools of the NAPS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-5450-6635
s.h.lytvynova@gmail.com

Burov Oleksandr Yu.

Doctor of sciences, Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-0733-1120
ayb@iitlt.gov.ua

Semerikov Serhii Oleksiiovych

Doctor of pedagogical sciences, Professor, Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics
Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-0789-0272
semerikov@gmail.com

Annotation. The article analyzes foreign experience, the state of augmented reality (AR) use while teaching in the United States in particular, the state of the research topic development in domestic educational institutions, and finds that AR increases learning efficiency, encourages cognitive activity, improves learning, provokes interest in studying, promotes both research skills development and students subject competencies; the problems of augmented reality means use within the educational process are highlighted, and the insufficiency in the number of educational projects preparation specialists is emphasized. The way of AR technology historical development is depicted, and the emphasis is put on expanding the possibilities of this technology application for the needs of society. The conceptual model of AR use in the educational process is substantiated and its four components (technical-technological, educational-scientific, formative-developmental, and qualitative-educational) are determined. It is established that for the introduction of AR technology in education it is necessary to provide the educational environment with technical means, means of reproduction, select operating systems and software, and the latest textbooks, manuals, cards, workbooks, instructions etc. need to be developed for the students' use of AR. The authors substantiate the principles (expediency, accessibility, cognition, integrity, educational orientation, mobility) and approaches (cognitive, systemic, activity-based, differentiatonal, personality-oriented, innovative), as well as describe pedagogical conditions and clarify the advantages and disadvantages of using AR technology in education. It has been established that students are already actively using AR for entertainment, and teachers need additional effective support (training). The main types of AR technology for the development of educational, didactic, and methodological materials are identified. Conceptual approaches will provide an opportunity to develop the latest educational and methodological support, educational programs, and courses for students, which will improve the quality of education itself.

Keywords: augmented reality; approaches to the use of AR; principles of using AR; conceptual model using AR; pedagogical conditions of AR use; types of AR technology; educational process

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Bykov V. Yu. Mobile space and mobile-oriented Internet environment: features of model presentation and educational application. *Informacijni tehnologiji v osviti*, Vol.17, Pp. 9-37, 2013. (in Ukrainian).
- [2] Gruntova, T., Yechkalo, Yu., Stryuk, A., Pikil'nyak, A. Augmented reality tools in teaching physics in institutions of higher technical education. *Pedagogika vy`shhoyi ta sereďn`oyi shkoly*, 2018. Vol.51. Pp. 47-57. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3655> (in Ukrainian)
- [3] Merzly`kin, O., Topolova, I., Tron`, V. Development of key competencies by means of augmented reality in lessons CLIL. *Osvitnij vy`mir*, 2018. Vol.51. Pp.58-73. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3656> (in Ukrainian)
- [4] Aranova S. V. To the methodology of visualization of educational information. Integration of artistic and logical. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Pedagogika i psihologiya*. 2011. Vol.2. URL: <https://cutt.ly/rgnTLud> (in Russian)
- [5] Kly`mnyuk V. Ye. Virtual reality in the lighting process. *Zbirny`k naukovy`x prac` Xarkivs`kogo nacional`nogo universy`tetu Povitryany`x Sy`l*, 2018. Vol. 2. Pp. 207–212. (in Ukrainian)
- [6] Sinegub A. A. Using virtual reality in education. *Nauchnye issledovaniya*. 2018. Vol. 4 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii> (in Russian)
- [7] Mintij I., Solovjov V. Augmented reality: Ukrainian modern business and education of the future. *Osvitnij vy`mir*, 2018. Vol. 51, Pp. 290-296. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3676>
- [8] Nechy`purenko P., Starova T., Selivanova T., Tomilina A., Uchy`tel` O. The use of augmented reality in chemical education. *Osvitnij vy`mir*, 2018. Vol. 51. Pp. 25-36. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3650> (in Ukrainian)
- [9] Rashevs`ka N. V. Prospects for the use of augmented reality in the training of future engineers. *Naukovy`j visny`k Uzhgorods`kogo universy`tetu. seriya: «Pedagogika. Social`na robota»*, 2018. Vol. 2 (43). Pp.226-228. (in Ukrainian)
- [10] Shmy`gol` M. F., Yushkevych Yu. S. Virtual reality as a phenomenon of the information society: worldview aspect. *Gileya: naukovy`j visny`k*, 2019. Vol. 142(2). Pp. 212-215. (in Ukrainian)
- [11] Pinchuk Olga P., Tkachenko Vitaliy A., Burov Oleksandr Yu. AV and VR as Gamification of Cognitive Tasks. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190437.pdf>. (in English)
- [12] Sokolyuk O. M. Information and educational learning environment in the context of educational transformation. *Naukovi zapy`sky`. Seriya: Problemy` metody`ky` fizy`ko-matematy`chnoyi i texnologichnoyi osvity*. 2016. Vol. 12(III). Pp.48-55. (in Ukrainian)
- [13] Hsin-Kai Wu, Lee Silvia Wen-Yu, Changc Hsin-Yi, Liang Jyh-Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 2013. Vol.62(1). Pp. 41-49. URL: <https://www.learntechlib.org/p/132254/> (in English)
- [14] Klopfer E., Squire K., Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*. 2007. Vol. 56(2). Pp.203-228. DOI: 10.1007/s11423-007-9037-6 (in English)
- [15] Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Educational Technology Development and Exchange*, 2011. Vol.4. Pp. 119-140.
- [16] Lee, K. Augmented Reality in Education and Training. *Tech Trends Tech Trends*, 2012. Vol. 56. Pp.13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3> (in English)
- [17] Zhu, Y. , Ye, H. and Tang, S. Research on the Communication Effect of Augmented Reality Technology in Electronic Publications among Youth—A Case Study of “Augmented Reality Interactive Science Reading”. *Advances in Applied Sociology*, 2017. Vol.7. Pp. 305-318. doi: 10.4236/aasoci.2017.78019 (in English)
- [18] Giasiranis S., Sofos L. Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of " Representation of the Information on Computers " in Junior High School. *Creative Education*. 2016. Vol.7. Pp.1270-1291. Doi: 10.4236/ce.2016.79134 (in English)
- [19] Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 2012. Vol. 51. Pp. 832-839. The World Conference on Design, Arts and Education (DAE-2012), May 1-3 2012, Antalya, Turkey). URL: <https://cutt.ly/GgbyLjK> (in English)
- [20] Cieutat J.-M. Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel. Active Learning based on the use of Augmented Reality Outline of Possible Applications: Serious Games, Scientific Experiments, Confronting Studies with Creation, Training for Carrying out Technical Skills. *International Journal of Computer Applications*. 2012. Vol. 46. No 20. Pp. 31-36. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00739730/document> (in English)
- [21] Carlos J. Ochoa, “Disruptive Education through Immersive Learning Technologies”, VRARA Education Committee. Piacenza (Italy), 24.09.2019. <https://www.thevrara.com/blog/2/2019/10/29/disruptive-education-through-immersive-learning-technologies>. (in English)
- [22] Lytvynova S. G. The use of augmented reality objects as a tool for visualization of educational content. *Materialy` naukovo-prakty`chnoyi Internet-konferenciyi «Informacijni tehnologiji v osvitn`omu procesi 2018» / uporyadny`ky` D. A. Pokry`shen`, M. V. Matyushkin, Ye. S. Zakrevs`ka – Chernigiv: ChOIppo imeni K. D. Ushy`ns`kogo*, 2019. URL: <https://cutt.ly/ognTXZi> (in Ukrainian)

- [23] Poetker B. What Is Augmented Reality? URL: <https://learn.g2.com/augmented-reality> (in English)
- [24] Hype Cycle for Emerging Technologies. URL: <https://cutt.ly/tgbyRAL> (in English)
- [25] Modlo Ye.O., Yechkalo Yu.V., Semerikov S.O., Tkachuk V.V. The use of augmented reality technology in a mobile-oriented university learning environment. *Naukovi zapysky` Seriya: Problemy` metodyky` fizyko-matematy`chnoyi i texnologichnoyi osvity*, 2017. Vol. 11(I). Pp. 93-100 (in Ukrainian)
- [26] Iatsyshyn, Anna V., Kovach, V.O., Lyubchak, V.O., Zuban, Y.O., Piven, A.G., Sokolyuk, O.M., Iatsyshyn, Andrii V., Popov, O.O, Artemchuk, V.O., BurovYu., Lytvynova S.H.: Application of augmented reality technologies for education projects preparation. CEUR Workshop Proceedings of CTE-2019, 2019. Vol-2547. Pp.181-200. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper14.pdf>. (in English)