

ЮСКОВИЧ-ЖУКОВСЬКА ВАЛЕНТИНА

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0000-0002-4236-1467>
e-mail: valivanivna@i.ua

ЯСІНСЬКИЙ АНДРІЙ

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0000-0002-1894-1314>
e-mail: yasinskiy@meta.ua

ЛОТЮК ЮРІЙ

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0000-0001-6696-5583>
e-mail: lotyuk@ukr.net

СОЛОВЕЙ ЛЮДМИЛА

Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
<https://orcid.org/0009-0001-2832-1741>
e-mail: lyuda_solovej@ukr.net

ТЕХНОЛОГІЇ VR/AR ДЛЯ E-LEARNING

Стаття присвячена аналізу новітніх інформаційних технологій, процесу віртуалізації світового освітнього простору та впровадженню технологій віртуальної та доповненої реальності в навчальний процес закладів вищої освіти. Виявлено та охарактеризовано взаємозв'язок між реальним та віртуальним освітнім середовищем.

Ключові слова: інформаційні технології, цифрові компетентності, e-learning, віртуальна та доповнена реальність, цифровий освітній простір, Інтернет-середовище.

YUSKOVYCH-ZHUKOVSKA VALENTINA, YASINSKIY ANDRIY, LOTIUK YURIY, SOLOVEI LIUDMYLA

Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities, Rivne

VR/AR TECHNOLOGIES FOR E-LEARNING

The article is devoted to the analysis of the latest information technologies, the process of virtualization of the world educational space and the introduction of virtual and augmented reality technologies into the educational process of higher education institutions. The relationship between the real and virtual educational environment is identified and characterized. Mastery of modern information and communication technologies (ICT) is a prerequisite for a digital society. Modern students are a network generation for which the electronic way of receiving educational information is a component of their life. ICT has become their usual everyday tool, and e-learning gives them access to global educational resources and improves the quality of the educational process as a whole. In e-education, all educational content is presented only in electronic form. A feature of the development of higher education is the use of the latest advances in ICT and the emergence of a new environment - virtual, which transforms the traditional system of higher education into electronic. In many countries around the world, e-learning has become an integral part of modern education. Ukrainian higher education institutions are also moving towards e-learning as one that aims to acquire in-depth professional competencies and knowledge. Virtual reality technologies challenge researchers to increase access to the practical application of these technologies in solving professional problems.

The purpose of the article is to substantiate the feasibility of using the latest digital technologies, namely virtual reality technologies in the educational process of the higher education system of Ukraine. The article uses methods of application of the latest digital technologies, namely virtual reality technologies in the educational process of the higher education system of Ukraine. The main feature of the digital space is its unique opportunities for communication, self-expression and self-determination. The Internet activity of higher education students is accompanied by a number of motives, goals, needs, attitudes, phenomena, knowledge associated with this new environment. There are many useful applications and interesting educational channels through which you can learn something new.

Keywords: information technology, digital competences, e-learning, virtual and augmented reality, digital educational space, Internet environment.

Постановка проблеми

Новітні технологічні винаходи та нове програмне забезпечення, засноване на машинному навчанні, кардинально змінюють інформаційне суспільство, створюють нові цифрові галузі та одночасно впливають на освітнє середовище підготовки IT-фахівців. Високотехнологічні рішення застосовуються практично в усіх сферах промисловості. Потенціал 3D-моделювання та 3D-друку стає частиною медичної практики в хірургії, стоматології, травматології та інших галузях. Фітнес-браслети та натільні сенсори відстежують стан здоров'я та передають сигнали «SOS» в разі критичного стану. Симулятори віртуальної та доповненої реальності здатні контролювати правильність поведінки студентів медичних напрямків під час хірургічних втручань. Використання технологій VR/AR в e-learning спрямована на підвищення якості фахівців.

Для того, щоб зробити застосування технологій VR/AR в e-learning ефективним, необхідно визначитись зі спеціальними компонентами e-learning. Розглянемо компоненти технологій.



Рис. 1. Компоненти VR/AR для e-learning

Візуалізація навчального контенту під час різних видів занять дозволяє відтворити та деталізувати складні технологічні процеси, які відбуваються в реальному світі без ризиків для всіх учасників навчального процесу.

Володіння сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) є необхідною умовою цифрового суспільства. Сучасні студенти – це мережеве покоління, для якого електронний спосіб отримання навчальної інформації є складовою їх життєдіяльності. ІКТ стали їх звичним повсякденним інструментом, а електронне навчання відкриває їм доступ до світових освітніх ресурсів та підвищує якість навчального процесу загалом. В електронній освіті весь навчальний контент представлено лише в електронній формі. Особливістю розвитку вищої освіти є використання новітніх досягнень ІКТ та виникнення нового середовища – віртуального, яке трансформує традиційну систему вищої освіти в електронну. В багатьох країнах світу електронна освіта стала невід'ємною частиною сучасної освіти. Українські заклади вищої освіти також крокують до електронної освіти, як такої, що спрямована на здобуття поглиблених професійних компетенцій і знань. Технології віртуальної реальності ставлять перед дослідниками завдання підвищити доступ до практичного застосування цих технологій у розв'язанні професійних задач.

Аналіз останніх джерел

Питання впровадження цифрових технологій в навчальний процес досліджується у працях Б.Л. Аграновича, А.І. Аржанової, В.Ю. Бикова, О.О. Глуценко, Г.В. Сльнікової, Н.А. Кудас, В.І. Маслова, С.О. Сисоевої, О.В. Співаковського, А.Н. Тихонова, Я.Б. Федорової та інших. Розвиток цифрової компетентності у викладачів та студентів закладів вищої освіти досліджували Р.С. Гуревич, М.І. Жалдак, В.О. Калінін, С.М. Іванова, О.В. Майценко, Н.В. Морзе, О.Д. Нестерова, О.В. Овчарук, С.Д. Петрович, О.В. Співаковський, Л.Л. Хоружа та ін.

Такі вчені як В.І. Гриценко, С.П. Кудрявцева, С.Г. Литвинова, В.В. Колос, Е.В. Веренич, А.М. Манако приділили увагу теоретичним аспектам проектування відкритого інформаційно-комунікаційного освітнього простору. Цінний досвід інформатизації навчального процесу, набутий вищою освітою європейських країн та США, потребує порівняльного аналізу та впровадження цінних надбань передового досвіду у вітчизняну підготовку висококваліфікованих фахівців.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: обґрунтування доцільності застосування новітніх цифрових технологій, а саме технологій віртуальної реальності у навчальному процесі системи вищої освіти України.

Виклад основного матеріалу

Європейський парламент і Рада Європейського Союзу 17 січня 2018 року схвалили Рамкову програму оновлених ключових компетентностей для навчання протягом життя. Такі компетентності розвиваються в процесі навчання протягом усього життя, шляхом формального, неформального та інформального навчання.

Оновлено перелік і назви ключових компетентностей, визначених Європейським Союзом, порівняно з попередньою редакцією. Серед 8 ключових компетенцій Європейський Союз визначив цифрову компетентність (Digital competence) [1]. Цифрова компетентність — це відповідальне використання та взаємодія з цифровими технологіями для навчання, професійної діяльності та участі у житті суспільства. Вона включає цифрову та інформаційну грамотність, комунікацію та створення цифрового контенту (зокрема програмування) та кібербезпеку. Вона передбачає знання базових функцій та використання різних пристроїв, програмного забезпечення та цифрових мереж. Цифрові навички включають можливість використання, доступу, фільтрування, оцінки, створення, програмування та обміну цифровим змістом.

Важливими є вміння захищати інформацію, зміст, особисті дані, а також ефективно взаємодіяти з програмним забезпеченням, пристроями, штучним інтелектом або роботами [1].

В даний час інформатизація освіти визнана одним з пріоритетних державних завдань в усіх розвинених країнах світу. На сьогодні Інтернет-середовище містить безліч освітніх, наукових та інших корисних ресурсів. Основним напрямом застосування ІКТ в освітньому просторі є впровадження та використання електронних систем навчання.

Під електронними освітніми ресурсами (ЕОР) розуміють засоби навчання на цифрових носіях будь-якого типу або розміщені в інформаційно-телекомунікаційних системах, які відтворюються за допомогою електронних технічних засобів і застосовуються в освітньому процесі [2].

Електронне навчання (*e-learning, Electronic Learning*) — система навчання, за допомогою інформаційних, електронних технологій. Є синонімом таких понять як дистанційне навчання, мережеве навчання, віртуальне навчання, мультимедійне навчання, мобільне навчання.

За визначенням фахівців ЮНЕСКО: «e-Learning» — навчання за допомогою Інтернет і мультимедіа» [3].

E-learning із застосуванням сучасних цифрових технологій відкриває перед закладами вищої освіти безліч можливостей для вдосконалення навчального процесу.

Головною особливістю цифрового простору є його унікальні можливості для комунікацій, самовираження та самовизначення. Інтернет-активність здобувачів вищої освіти супроводжується цілим рядом мотивів, цілей, потреб, установок, феноменів, пізнань, пов'язаних з цим новітнім середовищем. Існує чимало корисних додатків та цікавих освітніх каналів, за допомогою яких можна навчитись новому.

Інформаційно-комунікаційні технології за короткий час стали невід'ємною складовою сучасного суспільства. У багатьох країнах світу, зокрема у США, вільне володіння цими технологіями є складовою базової освіти. Науковці слушно вважають, що інформаційне освітнє середовище передбачає використання комп'ютерної техніки та програмно-телекомунікаційних систем, які реалізуються єдиними технологічними засобами та взаємопов'язаним змістовим наповненням. Інформаційне середовище – це частина інформаційного простору, яка формує найближче інформаційне оточення індивіда, виступає як сукупність умов, що забезпечують його продуктивну діяльність [4].

На основі використання сучасних ІКТ навчальна діяльність (формальна, неформальна та інформальна) відбувається на перетині двох світів: реального і віртуального. Методологія й методи педагогічних досліджень класичної педагогіки потребують перегляду й удосконалення в контексті сучасних реалій навчально-виховного процесу, потреб та інтересів усіх його суб'єктів [5].

У системі вищої освіти також розпочався пошук нових чітко спрямованих професійних практико-орієнтованих форм навчання, метою яких є ефективне забезпечення формування професійних компетентностей майбутніх фахівців на засадах електронного навчання та використання технологій віртуальної реальності.

Але не слід плутати віртуальну реальність з доповненою реальністю. Їх корінна відмінність полягає в тому, що віртуальна реальність конструює новий, штучний світ, а доповнена реальність лише вносить окремі штучні елементи в сприйняття реального світу.

Нормативно-правовими документами України, зокрема Законами України «Про освіту», «Про вищу освіту», Національною стратегією розвитку освіти в Україні на період до 2021 року одними із пріоритетних завдань реформування освіти були визначені інформатизація освіти та вдосконалення інформаційно-ресурсного забезпечення освіти і науки. Оцінювання якості вищої освіти передбачається за сукупністю результатів навчання, за сформованими професійними компетентностями, що зумовлено потребою зацікавлених сторін освітнього ринку (роботодавців, держави й суспільства).

Процес формування професійної компетентності у майбутніх фахівців буде ефективним, якщо він здійснюватиметься на основі впровадження у систему професійної підготовки розвитку цифрової компетентності викладачів і студентів.

Розроблені та впроваджені в Міжнародному економіко-гуманітарному університеті імені академіка Степана Дем'янчука електронні курси на платформі LMS Moodle формують цифрові компетентності, які можуть бути використані для викладачів, студентів, магістрантів в процесі професійної підготовки фахівців.

Прогрес у галузі мобільного зв'язку робить доступним Інтернет на основі технології GPRS, а впровадження технологій 4G (в перспективі 5G) забезпечує ефективне мобільне навчання з використанням спецефектів віртуальної реальності. Такі мобільні додатки формують новітню систему вищої освіти.

Віртуальна реальність (VR) – це створене комп'ютером тривимірне середовище, з яким може взаємодіяти людина. VR-можливості дуже широкі: абітурієнти можуть ознайомитися із своїми майбутніми університетами та прогулятися їхніми територіями, навіть не виходячи з дому [6].

У дослідженні компанії Perkins Coie у 2018 році сфера освіти вже посіла друге місце за показником популярності віртуальної реальності. Віртуальну реальність в освіті підтримують і фонди, і спільноти. Віртуальна реальність не змінює того факту, що викладання – прерогатива викладачів. Технології можуть тільки доповнити процес навчання, аж ніяк не замінити викладача повністю. Але вони надають безліч інструментів, щоб демонструвати 3D проєкції, захочувати студентів, що навчаються віддалено, використовувати інтерактивні дошки, організовувати практичні заняття тощо.

За допомогою віртуальної реальності студенти можуть відвідати будь-яке місце в режимі он-лайн. Технологія Anatomy VR 2.0 демонструє, як виглядають та функціонують наші органи. Відомо, що лише певна частина сучасних студентів сприймає матеріал за допомогою читання чи прослуховування лекцій.

Решта ж краще сприймає візуальну інформацію. Віртуальні технології дозволяють візуалізувати чимало складних речей – механізми, формули, плани тощо. Ефект присутності надає такому формату навчання всі шанси обігнати у популярності звичні нам практичні заняття. Однією з таких технологій є Story Spheres. Це сайт, який поєднує віртуальну реальність та діджитал інструменти, дозволяє студентам додавати свої фотографії чи зображення з Google Maps та супроводжувати їх власними коментарями. Так, студенти можуть робити доповіді про певні історичні події, виступаючи в ролі ведучого, що веде репортаж з місця події. Пристрій Panoforn дозволяє перетворювати 2D зображення у 3D моделі. За його допомогою, студенти, що вивчають хімію чи біологію, можуть самостійно зображувати молекули, а потім роздивлятися та адаптувати їх у режимі віртуальної реальності. Із запровадженням віртуальної реальності студенти зможуть користуватися гаджетами під час занять в освітніх цілях.

Ефективність технологій віртуальної реальності також можна спостерігати й серед фахівців з різних галузей. Наприклад, хірурги, що використовували навчальні пристрої віртуальної реальності впродовж двох годин, покращили свій час та ефективність на операціях на 83% та 70% відповідно. Солдати, що навчалися за допомогою гейміфікованої програми віртуальної реальності, випередили решту своїх колег на 17% при демонстрації навичок на практиці [7].

UX та контент для e-learning застосунків віртуальної реальності створюють ефект присутності, тобто переносить користувачів в іншу реальність. Тому ці технології можуть бути ефективними освітніми інструментами. VR допомагає набувати знання, які можна використовувати у майбутній професії. Віртуальна реальність пропонує безліч можливостей для освітніх закладів. Вона допомагає перезапустити процес навчання та зробити його дослідницьким. У студентів мають виникати нові ідеї, а також вони мають продукувати нові знання. Віртуальна реальність дозволяє відобразити те, що важко чи навіть не можливо побачити.

VR – це можливість подивитись та взаємодіяти з віртуальним світом, а з іншої ми можемо лише спостерігати за ним без особливої активної участі. Окуляри доповненої реальності (mixed reality), розробка “Microsoft HoloLens 2” сприяють взаємодії з об’єктами, що виходить за межі віртуальних і прямує до реального світу.

Віртуальна та додана реальність вже стали частиною розваг і навчання. Віртуальна реальність (VR) — це повністю цифровий світ, створений за допомогою комп’ютерних систем, які забезпечують повний спектр відчуттів. Віртуальна реальність занурює людину в повністю нереальний, штучно створений світ.

Доповнена реальність (AR) – це сучасна технологія, яка доповнює звичну реальність елементами, яких насправді не існує, але люди можуть їх бачити і частково навіть взаємодіяти з ними в режимі реального часу. Для використання доданої реальності часто достатньо звичайних гаджетів, наприклад, смартфона або планшета.

VR та AR почали активно застосовувати в навчанні. Зокрема у симуляційних іграх, які готують до реальних ситуацій в практичній діяльності, як-то проведення хірургічної операції або пілотування літака. Програма Froggipedia дозволяє оперувати, не наносячи шкоди живим тваринам. А програма доданої реальності Star Walk 2 дозволяє активніше вивчати зоряне небо.

Віртуальна реальність також збагачує відвідування музеїв через реалістичну реконструкцію минулих часів. Так, у Національному музеї Фінляндії можна відвідати одну з картин та зануритися у реальність позаминулого століття, вдягнувши обладнання VR [8].

Використання систем віртуальної реальності в ЗВО – це новий підхід до подачі і засвоєння наукового і методичного матеріалу. Здобувачі вищої освіти можуть попрацювати в унікальних експериментальних лабораторіях, спостерігати за історичними подіями та навіть взяти участь в них, побувати в космосі, відправитися в подорож в будь-яку точку земної кулі, будувати об’ємні діаграми і проводити хімічні досліди. Об’єкти віртуальної реальності зазвичай поведуть себе близько до поведінки аналогічних об’єктів матеріальної реальності. Користувач може впливати на ці об’єкти згідно з реальними законами фізики (гравітація, властивості води, зіткнення з предметами, відображення тощо) [4].

В даний час умови та спосіб життя відрізняються новими характеристиками інформаційного суспільства. Молоді люди, які виступають «основними споживачами» освітніх послуг, відчують ці відмінності дуже гостро і саме тому все більше і більше висувають вимоги до змісту, рівня та якості освітнього процесу. Тому віртуальні технології допоможуть індивідуалізації навчальних програм, відкриють доступ до освітніх ресурсів, підвищать комунікабельність студентів та викладачів, гнучкість та керованість навчального процесу. Віртуалізація освітнього середовища підготовки висококваліфікованих фахівців у ЗВО, а також науково обґрунтоване запровадження елементів технологій віртуального навчання сприятиме становленню принципово нової системи освіти.

Найпоширенішим засобом занурення у віртуальну реальність, є спеціалізовані шоломи/окуляри. Шолом складається з корпусу, дисплею, системи лінз та датчиків відстеження руху. Базові станції та контролери дозволяють взаємодіяти з іншими предметами у віртуальному просторі.

У підсумку, користувач має можливість «озирнутися» всередині віртуальної реальності і відчувати себе в ній, як в реальному світі. Науковці з Цюриха, наприклад, розробили прилад, який дозволяє отримати повноцінне відчуття польоту [6].

Об'єкти віртуальної реальності зазвичай поведуть себе близько до поведінки аналогічних об'єктів матеріальної реальності.

Сучасні смартфони є високопродуктивними і здатні самостійно обробляти навіть самий «важкий» 3D-контент. Монітори смартфонів мають досить високу роздільну здатність. Практично на кожному смартфоні є датчики визначення положення пристрою в просторі.

Технології віртуальної реальності можуть зробити процес навчання більш цікавим. Наприклад, студенти можуть отримати можливість «бачити на власні очі» різні події та складні і небезпечні процеси, описувані в підручниках та посібниках.

Для розробки застосунків віртуальної реальності існує два основних середовища: Unreal Engine та Unity.

Unreal Engine – ігровий двигун, що розробляється і підтримується компанією Epic Games. Написаний на мові C++, двигун дозволяє створювати ігри для більшості операційних систем і платформ: Microsoft Windows, Linux, Mac OS і Mac OS X; консолей Xbox, Xbox 360, Xbox One, PlayStation 2, PlayStation 3, PlayStation 4, PSP, PS Vita, Wii, Dreamcast, GameCube і ін., а також на різних портативних пристроях, наприклад, пристроях Apple (iPad, iPhone), керованих системою iOS і інших.

В Unreal Engine 3 з'явився Kismet (Kismet) – редактор особливої скриптової мови для створення інтерактивних і анімованих рівнів, в якому використовуються блок-схеми і ніякої роботи з UnrealScript. Тісно пов'язаний з утилітою Matinee завдання анімації / переміщення об'єктів в певний час. Дозволяє оперувати багатьма властивостями об'єктів, наприклад, кольором освітлення, поворотом муверів, прозорістю матеріалів і т. ін.

Unity – міжплатформне середовище розробки комп'ютерних ігор. Unity дозволяє створювати додатки, що працюють під більш ніж 20 різними операційними системами, що включають персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої, Інтернет-додатки та інші. Основними перевагами Unity є наявність візуального середовища розробки, міжплатформної підтримки і модульної системи компонентів.

Концепція Unity пропонує гнучкий підхід візуального редагування об'єктів, але з іншого боку, редагування таких шаблонів є складним. Також, WebGL-версія движка, в силу специфіки своєї архітектури (трансляція коду з C# в C++ і далі в JavaScript), має ряд не вирішених проблем з продуктивністю, споживанням пам'яті і працездатністю на мобільних пристроях. На Unity написані сотні ігор, додатків та симуляцій, Unity використовується як великими розробниками (наприклад, Blizzard), так і в створенні інди-ігор [9].

Висновки

Узагальнюючи результати проведеного дослідження, можна зробити висновок, що використання технологій VR/AR дозволяють моделювати та створювати проекти в різних наукових та освітніх напрямках. Для конкретної предметної галузі є свої унікальні технології VR/AR. З розвитком технологій VR/AR збільшується їх частка в e-learning та швидше розвивається цифровий освітній простір. Потребує подальшого дослідження та методичного обґрунтування застосування технологій віртуальної реальності в електронному навчанні, як підвищення якості засвоєння навчального матеріалу забезпечення новітніх умов навчання та формування професійних та цифрових компетенцій у здобувачів вищої освіти.

Література

1. Ключові компетентності для навчання протягом життя. Рамкова програма оновлених ключових компетентностей для навчання протягом життя. URL: <http://dlse.multycourse.com.ua/ua/page/15/53>
2. Положення про електронні освітні ресурси : затверджене МОН України в редакції від 29 травня 2019 р. № 749. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/Re33637?an=1>
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F
4. Мокра М. Інформаційно-комунікаційне середовище в освітній системі США. Зарубіжний досвід. URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/23849/1/28-213-222.pdf>
5. Биков В., Лещенко М. Цифрова гуманістична педагогіка відкритої освіти. Теорія і практика управління соціальними системами, 4'2016. С. 115–130. URL: <http://www.tipuss.com.ua/wp-content/uploads/2016/12/%D0%91%D1%8B%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf>
6. Можливості технологій віртуальної реальності в різних сферах. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28903722.html>
7. Віртуальна реальність в освіті: нові можливості для навчання. URL: <https://www.intellias.ua/blog/vr-possibilities-in-education>
8. Віртуальна та додана реальність. Безпека дітей в інтернеті. Цифровий світ: виклики та перспективи. URL: <https://osvita.diia.gov.ua/uploads/0/535-vrandar.pdf>
9. Арестов А. В. Особливості застосування технологій віртуальної реальності у навчальному процесі : магістерська дисертація зі спеціальності 171 Електроніка / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27306/1/Arestov_magistr.pdf

References

1. Kliuchovi kompetentnosti dlia navchannia protiahom zhyttia. Ramkova prohrama onovlenykh kliuchovykh kompetentnosti dlia navchannia protiahom zhyttia. URL: <http://dlse.multycourse.com.ua/ua/page/15/53>
2. Polozhennia pro elektronni osviti resursy : zatverdzhene MON Ukrainy v redaktsii vid 29 travnia 2019 r. № 749. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/Re33637?an=1>
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F
4. Mokra M. Informatsiino-komunikatsiine seredovyshe v osviti systemi SSHa. Zarubizhnyi dosvid. URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/23849/1/28-213-222.pdf>
5. Bykov V., Leshchenko M. Tsyfrova humanistychna pedahohika vidkrytoi osvity. Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy, 4'2016. S. 115–130. URL: <http://www.tipuss.com.ua/wp-content/uploads/2016/12/%D0%91%D1%8B%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf>
6. Mozhyvosti tekhnologii virtualnoi realnosti v riznykh sferakh. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/28903722.html>
7. Virtualna realnist v osviti: novi mozhyvosti dlia navchannia. URL: <https://www.intellias.ua/blog/vr-possibilities-in-education>
8. Virtualna ta dodana realnist. Bezpeka ditei v interneti. Tsyfrovyi svit: vyklyky ta perspektyvy. URL: <https://osvita.diiia.gov.ua/uploads/0/535-vrandar.pdf>
9. Arestov A. V. Osoblyvosti zastosuvannia tekhnologii virtualnoi realnosti u navchalnomu protsesi : mahisterska dysertatsiia zi spetsialnosti 171 Elektronika / Natsionalnyi tekhnichnyi universytet Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho». URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27306/1/Arestov_magistr.pdf