

5. Sidorenko, VV., 2018. 'Akmeprofesiogenez pedagoga novoyi ukrayinskoyi shkoli v suspilstvi znan (Acmeprofessogenesis of a teacher of a new Ukrainian school in the knowledge society)', *Osvitologiya*, № 7, s. 38-43. Dostupno: <<http://osvitologia.kubg.edu.ua/images/2018/7/7.pdf>> [Data zvernennya 01 Traven 2020].
6. Ficula, MM., 2014. 'Pedagogika vishoyi shkoli (Pedagogy of high school)', *Navchalniy posibnik 2-e vid., dop.*, Kiyiv: Akademiдав, 456 s.

DOI 10.33930/ed.2019.5007.22(4)-4

УДК 004.057.5:[378:004.9]

**ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ
ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В УМОВАХ КАРАНТИНУ**

**AUGMENTED REALITY AS A DISTANCE LEARNING TOOL UNDER
QUARANTINE CONDITIONS**

**В. В. Ткачук
Ю. В. Єчкало
А. С. Тарадуда
І. П. Стеблівець**

Актуальність теми дослідження. Сучасні технології мають ряд можливостей до візуалізації та віртуалізації реальних об'єктів. Провідною технологією у цій галузі є доповнена реальність, що наближає дистанційний освітній процес до традиційного, надаючи можливості проведення лабораторних та практичних робіт у будь-якому місці та у будь-який час. Актуальність переходу на дистанційне навчання зазначена у нормативних документах, згідно з якими карантинні заходи передбачають заборону відвідування закладів освіти здобувачами.

Постановка проблеми. В умовах дистанційного навчання викладення теоретичного матеріалу достатньо якісно реалізується загальновідомими програмними засобами, проте суттєва проблема постає у

Urgency of the research. Modern technologies possess a number of visualization and virtualization tools applied to real-life objects. Augmented reality is a major technology in this field making distance training similar to the traditional one through providing opportunities to conduct laboratory and practical works anywhere and anytime. The urgency of transition to distance training is indicated in normative acts, according to which the quarantine measures provide the prohibition to attend the universities by students.

Target setting. In case of distance learning, theoretical materials are presented through well-known software tools on high quality level. Yet, the problem arises while conducting laboratory and practical classes requiring specific

процесі організації практичних та лабораторних занять, де необхідно використовувати лабораторне обладнання. Тому основним завданням нашого дослідження є заміна реального лабораторного обладнання віртуальним (реалізованим засобами доповненої реальності).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність здійснення дистанційного навчання в умовах карантину відображена у нормативних документах МОН (Лист Міністерства освіти і науки України №1/9-154 від 11.03.2020, Закони України «Про освіту» і «Про вищу освіту»). Особливості організації дистанційного навчання ґрунтовно досліджені у роботах Ю. О. Жука, В. М. Кухаренка. Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі описано зарубіжними (М. Б. Алі, У. Бенесова, М. Зеннаро, Й. Мартін-Ґутієррез, М. Д. Менесес, Ц. Е. Мора, Н. Д. Халім, Ц. Оніме, Д. Н. Пхон, Й. Уґомоїбгі, П. Фабіані) та вітчизняними (Т. В. Ґрунтова, Ю. В. Єчкало, О. М. Маркова, Є. О. Модло, С. О. Семеріков, В. В. Ткачук) дослідниками.

Постановка завдання. Теоретично обґрунтувати та розробити методику використання технології доповненої реальності як засобу дистанційного навчання в умовах карантину.

Виклад основного матеріалу. Описано методику дистанційного виконання лабораторної роботи із вивчення електровимірювальних приладів з використанням додатку доповненої реальності Electricity AR.

laboratory equipment. For this reason, our research is aimed at replacing real laboratory equipment by the virtual one through applying augmented reality tools.

Actual scientific researches and issues analysis. The normative act of the Ministry of Education and Science of Ukraine (the Letter of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1/9-154 as of March 11, 2020, the Laws of Ukraine On Education and On Higher Education) reflect the necessity of providing distance learning in quarantine conditions. The works by Yu. O. Zhuk and V. M. Kukharensko deal with specific features of arranging distance learning. Both foreign (M. B. Ali, W. Benesova, P. Fabiani, N. D. Halim, J. Martín-Gutiérrez, M. D. Meneses, C. E. Mora, C. Onime, D. N. Phon, J. Uhomobhi, M. Zennaro) and Ukrainian researches (T. V. Hrunтова, O. M. Markova, Ye. O. Modlo, S. O. Semerikov, V. V. Tkachuk, Yu. V. Yechkalo) investigate into application of augmented reality technology in education.

The research objective. The research aims to theoretically substantiate and develop methods of applying augmented reality technology as a distance learning tool under quarantine conditions.

The statement of basic materials. The research paper describes methods of performing the laboratory work on studying the electro-measuring devices in the remote mode by using the mobile application Electricity AR.

Висновки. Теоретично обґрунтовано доцільність використання доповненої реальності як засобу дистанційного навчання в умовах карантину. Виокремлено засіб візуалізації лабораторного обладнання, а саме мобільний додаток *Electricity AR*. Розроблено елементи методики використання мобільного додатку *Electricity AR* у процесі виконання лабораторних робіт.

Ключові слова: доповнена реальність, дистанційне навчання, карантин, мобільний додаток *Electricity AR*.

Conclusions. The research theoretically substantiates the efficiency of applying augmented reality as a distance learning tool under quarantine conditions. The visualization tool for laboratory equipment (the mobile application *Electricity AR*) is singled out. There are developed elements of methods of applying the mobile application *Electricity AR* to performing laboratory works.

Keywords: augmented reality, distance learning, quarantine, mobile application *Electricity AR*.

Актуальність теми. У наш час, коли дистанційне навчання з ситуативного методу перетворюється на форму навчання, а аудиторні заняття переносяться у “домашнє середовище”, головним завданням освітян є добір способів, методів та засобів, що наблизять такі заняття до аналогічних в умовах аудиторій та лабораторій. Сучасні технології мають ряд можливостей до візуалізації та віртуалізації реальних об’єктів, які використовуються для дослідницької та експериментальної діяльності. Провідною технологією у цій галузі є доповнена реальність, що наближає дистанційний освітній процес до традиційного, надаючи можливості проведення лабораторних та практичних робіт у будь-якому місці та у будь-який час. Актуальність таких перетворень зазначена у листі МОН України № 1/9-154 від 11.03.2020, згідно з яким карантинні заходи передбачають заборону відвідування закладів освіти здобувачами, тому освітянам рекомендовано розробити заходи щодо забезпечення проведення навчальних занять за допомогою дистанційних технологій [5].

Постановка проблеми. В умовах дистанційного навчання викладення теоретичного матеріалу достатньо якісно реалізується простими засобами аудіо- або відео-трансляцій, розміщенням текстових матеріалів або презентацій. Суттєва проблема постає у процесі організації практичних та лабораторних занять не гуманітарних дисциплін, де формування компетентностей відбувається у процесі використання лабораторного обладнання та взаємодії з технічними об’єктами.

Тому основним завданням нашого дослідження є заміна реального лабораторного обладнання віртуальним (реалізованим засобами доповненої реальності), що є єдино можливим в умовах дистанційного навчання та карантину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Закони України “Про освіту” та “Про вищу освіту” трактують дистанційну форму здобуття освіти як індивідуалізований процес здобуття освіти, що відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників освітнього процесу в спеціалізованому середовищі, що функціонує на основі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій [1; 2].

Комбінація зазначених технологій дозволяє, за В. М. Кухаренко [4, с. 29], виділити фактори успішного дистанційного навчання (рис. 1).

Ефективним засобом реалізації дистанційного навчання є доповнена реальність. Автори [9] використовують доповнену реальність як засіб організації групової та самостійної роботи студентів під час вивчення курсу електричних машин. Це дає можливість організації інтерактивного навчання, а також спільного з іншими студентами виконання лабораторних робіт без допомоги викладача. Засоби доповненої реальності, представлені у статті, створюють зв'язок між теоретичним матеріалом і лабораторними роботами. Для студентів використання таких засобів є мотивуючими та комфортним; такі засоби є доступними та простими у процесі проектування установок і машин.

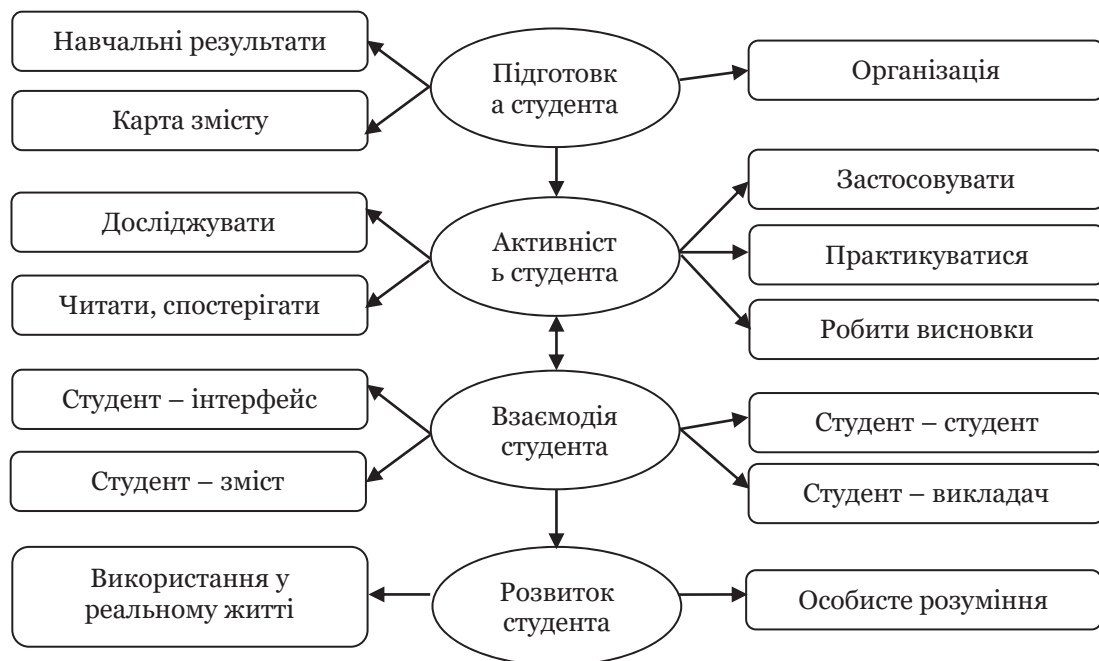


Рис. 1. Фактори успішного дистанційного навчання за В. М. Кухаренком

У статті [10] Д. Н. Пхон (D. N. Phon), М. Б. Алі (M. B. Ali) та Н. Д. Халім (N. D. Halim) розглядають доповнену реальність як нову технологію зі значним потенціалом для реалізації інноваційних методів навчання. Використання доповненої реальності покращує результати освіти, проте головним фактором є розуміння процесу

проектування доповненої реальності для підтримки навчальної діяльності. Дослідники вважають, що доповнена реальність надає нові можливості для розробки навчального середовища, що дозволяє студентам взаємодіяти один з одним та зі змістом освіти одночасно. Це призводить до більш глибокого розуміння навчальної інформації та посилення мотивації.

У дослідженні [8] розроблена методика навчання майбутніх інженерів із застосуванням технології доповненої реальності задля інтерактивного представлення освітніх матеріалів з технічних дисциплін у теоретичному та лабораторному навчанні. Автори показують можливість впровадження доповненої реальності в лабораторний експеримент з метою зниження витрат.

У статті [12] нами розроблено теоретико-методологічні засади застосування доповненої реальності для підготовки студентів з особливими освітніми потребами; методика використання доповненої реальності у процесі підготовки майбутніх інженерів описана у дослідженні [13].

Постановка завдання. Теоретично обґрунтувати та розробити методику використання технології доповненої реальності як засобу дистанційного навчання в умовах карантину.

Виклад основного матеріалу. У технічних університетах розвиток компетентностей здебільшого відбувається під час лабораторних занять. Найбільш характерним для таких занять є залучення до діяльності студентів спеціальних засобів та приладів, що потребують від студента засвоєння деякої множини спеціальних знань, умінь та навичок [11]. Лабораторні заняття, де студенти самостійно виконують експерименти, значно більше сприяють розвитку компетентностей, ніж інші форми організації занять. В умовах дистанційного навчання за відсутності реального лабораторного обладнання його можна замінити віртуальним, що реалізується засобами доповненої реальності. Доповнену реальність можна визначити як систему, що поєднує віртуальні об'єкти та реальність, взаємодіє в реальному часі та працює в 3D. Доповнена реальність не створює повністю віртуальне середовище, а поєднує віртуальні елементи з реальним світом: до реального оточення користувача додаються віртуальні об'єкти, що змінюються унаслідок його дій [6]. Отже, доповнена реальність як засіб реалізації дистанційного навчання в умовах карантину заохочує студентів до дослідницької діяльності та мотивує їх до експериментування.

Досвід [3] показує, що візуалізація інформації засобами ІКТ значно покращує її сприйняття. Тому для мотивації навчальної діяльності та забезпечення ефективності проведення лабораторних занять ми використовуємо технологію доповненої реальності.

За планом підготовки майбутнього інженера-педагога студенти напряму підготовки 015.10 "Професійна освіта.

Комп'ютерні технології” у другому семестрі вивчають дисципліну “Фізика”: загальна кількість годин за семестр – 105; кількість кредитів ECTS – 3,5; лекційних – 18 год.; практичних – 18 год.; лабораторних занять – 18 год.; самостійна робота – 51 год.

Організація освітнього процесу з фізики в умовах карантину потребує відповідного навчально-методичного забезпечення. Проте на сьогодні відсутні підручники або методичні посібники, які регламентують або повністю відображають процес проведення лабораторних робіт під час дистанційного навчання.

Зміст лабораторних занять курсу фізики був адаптований до умов дистанційного навчання під час карантину. Автори розробили віртуальний супровід до лабораторних робіт з використанням технології доповненої реальності. Тематика лабораторних робіт наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

№ з/п	Тема
1.	Визначення електровимірювальних приладів
2.	Визначення питомого опору ніхромового провідника
3.	Вивчення містка постійного струму (Уітстона)
4.	Закон Ома для замкненого кола постійного струму
5.	Температурна залежність електропровідності металів
6.	Визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі
7.	Визначення коефіцієнта самоіндукції котушки
8.	Конденсатор у колі змінного струму
9.	Дослідження магнітного кола

Фрагменти інструкції та методичні рекомендації щодо використання доповненої реальності під час виконання лабораторної роботи № 1 “Визначення електровимірювальних приладів” описані нижче.

Під час проведення лабораторної роботи (у дистанційній формі в умовах карантину), були використані об'єкти доповненої реальності додатку Electricity AR [7]. Призначення додатку – навчити студента визначати ціну поділки аналогових вимірювальних приладів та самостійно робити вимірювання з використанням технології доповненої реальності. У ролі маркерів доповненої реальності виступають схематичні маркери, які можна завантажити за посиланням http://kfk.rf.gd/Android/Electricity/images_ukr.html.

Використання засобів доповненої реальності на лабораторних роботах здійснюється із застосуванням підходу BYOD (Bring Your Own Device): для розпізнавання маркерів студенти використовують персональні мобільні пристрої. При наведенні камери мобільного пристрою на креслення-маркер на екрані з'являються аналогові вимірювальні прилади. Таким чином, об'єкти доповненої реальності є доповненням до друкованих інструкцій.

Мета лабораторної роботи: вивчення класифікації

електровимірювальних приладів, принципу дії та призначення, будови, умовних позначень на шкалі; розрахунок основних характеристик електровимірювальних приладів.

Обладнання: смартфон зі встановленим додатком Electricity AR; картки.

Студентам слід відкрити Electricity AR, натиснути “Старт”. Навести камеру смартфона на картку (рис. 2) із позначенням електровимірювального приладу.

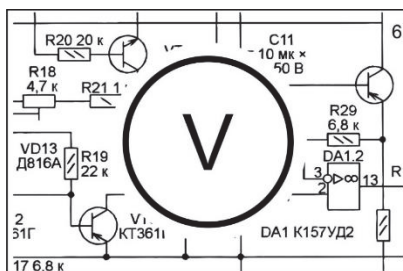


Рис. 2. Маркер доповненої реальності Electricity AR

У результаті студент побачить шкалу приладу (рис. 3).

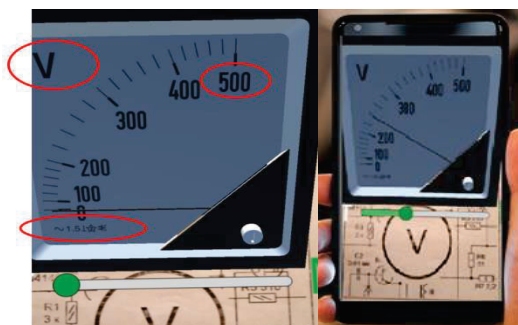


Рис. 3. Візуалізований електровимірювальний прилад

Використовуючи теоретичні відомості з лабораторної роботи та позначки на шкалі, студентам слід заповнити табл. 2.

Таблиця 2

№ з/п	Прилад	Тип струму	Клас точності	Система	Межа вимірювання, A_{max}	Кількість поділок на шкалі, n_{max}
1						
...						

За допомогою регулятора на екрані студенти встановлюють покази приладу приблизно на 2/3 шкали (рис. 4).

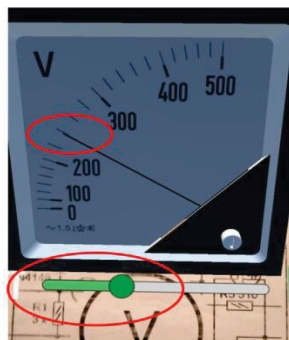


Рис. 4. Встановлення показів електровимірювального приладу

Результати розрахунків мають бути внесені до табл. 3.

Таблиця 3

№ з/п	Ціна поділки, С	Чутливість, S	Покази, А	Абсолютна похибка, ΔА	Відносна похибка, δ	Приведена похибка, γ
1						
...						

Розрахунки виконуються за допомогою наступних співвідношень.

Ціна поділки приладу: $C = \frac{A_{\max}}{n_{\max}}$, де С – ціна поділки приладу;

$A_{\max}$ – межа вимірювання приладу; $n_{\max}$ – кількість поділок на шкалі приладу.

Чутливість: $S = \frac{n_{\max}}{A_{\max}} = \frac{1}{C}$.

Абсолютна похибка: $\Delta A = \frac{\varepsilon \cdot A_{\max}}{100\%}$, де ΔА – абсолютна похибка приладу; ε – клас точності (у відсотках).

Відносна похибка: $\delta = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$.

Приведена похибка: $\gamma = \frac{\Delta A}{A_{\max}} \cdot 100\%$.

Наприкінці роботи студенти мають зробити висновок та дати відповіді на контрольні запитання.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок.

1) Теоретично обґрунтовано доцільність використання доповненої реальності як засобу дистанційного навчання в умовах карантину.

2) Виокремлено засіб візуалізації лабораторного обладнання у домашньому середовищі, а саме мобільний додаток Electricity AR.

3) Розроблено елементи методики використання мобільного додатку Electricity AR у процесі виконання лабораторних і практичних робіт.

Науковою перспективою подальших досліджень буде вивчення європейського досвіду використання доповненої реальності як засобу дистанційного навчання.

Список використаних джерел:

1. Верховна Рада України, 2014. 'Закон України "Про вищу освіту" № 1556-VII від 01.07.2014 із змінами'. Доступно: <<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>> [Дата звернення 14 Квітень 2020].
2. Верховна Рада України, 2017. 'Закон України "Про освіту" № 2145-VIII від 05.09.2017 зі змінами'. Доступно: <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>> [Дата звернення 14 Квітень 2020].
3. Жук, ЮО 2017. 'Теоретико-методичні засади організації навчальної діяльності старшокласників в умовах комп'ютерно орієнтованого середовища навчання', *Монографія*, Київ: Педагогічна думка.
4. Кухаренко, ВМ 2019. 'Тьютор дистанційного та змішаного навчання', Київ: Міленіум.
5. Міністерство освіти і науки України, 2020. 'Лист Міністерства освіти і науки України № 1/9-154 від 11.03.2020'. Доступно: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/03/11/1_9-154.pdf> [Дата звернення 13 Квітень 2020].
6. Модло, ЄО, Єчкало, ЮВ, Семеріков, СО & Ткачук, ВВ 2017. 'Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ', *Наукові записки*, № 11 (1), с. 93 - 100.
7. Matsokin, D 2019. 'Electricity AR [computer program]'. Available at: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dmatsoKin.electro&hl=uk>> [Accessed 14 August 2020].
8. Martín-Gutiérrez, J, Fabiani, P, Benesova, W, Meneses, MD & Mora, CE 2015. 'Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education', *Computers in Human Behavior*, № 51, p. 752 - 761. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>> [Accessed 14 August 2020].
9. Onime, C, Uhomoibhi, J & Zennaro, M 2014. 'Demonstration of a low cost implementation of an existing hands-on laboratory experiment in electronic engineering', *11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, pp. 195 - 197. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784253>> [Accessed 14 August 2020].
10. Phon, DN, Ali, MB & Halim, ND 2014. 'Collaborative Augmented Reality in Education: A Review', *International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*, p. 78 - 83. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1109/LaTiCE.2014.23>> [Accessed 14 August 2020].

11. Syrovatskyi, OV, Semerikov, SO, Modlo, YeO, Yechkalo, YuV & Zelinska, SO 2018. 'Augmented reality software design for educational purposes', *Computer Science & Software Engineering : Proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, 30 November 2018, p. 193-225.
12. Tkachuk, VV, Yechkalo, YuV & Markova, OM 2017. 'Augmented reality in education of students with special educational needs', *CTE 2017 (Cloud Technologies in Education), 5th Workshop*, Kryvyi Rih, Ukraine, 28 April 2017, p. 66-71.
13. Yechkalo, Yu, Tkachuk, V, Hrunтова, T, Brovko, D & Tron, V 2019. 'Augmented Reality in Training Engineering Students: Teaching Methods', *ICTERI 2019 (ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer), 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications, Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Volume II: Workshops*. Kherson, Ukraine, 12-15 June 2019.

References:

1. Verhovna Rada Ukrayini, 2014. 'Zakon Ukrayini "Pro vishu osvitu" № 1556-VII vid 01.07.2014 iz zminami. (Law of Ukraine "On Higher Education" № 1556-VII of July 1, 2014 with changes)'. Dostupno: <<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>> [Data zvernennya 14 Kviten 2020].
2. Verhovna Rada Ukrayini, 2017. 'Zakon Ukrayini "Pro osvitu" № 2145-VIII vid 05.09.2017 zi zminami (Law of Ukraine "On Education" № 2145-VIII of 05.09.2017 with changes)'. Dostupno: <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>> [Data zvernennya 14 Kviten 2020].
3. Zhuk, YuO 2017. 'Teoretiko-metodichni zasady organizatsiyi navchalnoyi diyalnosti starshoklasnikiv v umovah komp'yuterno oriyentovanogo seredovisha navchannya (Theoretical and methodological principles of organization of educational activity of senior pupils in the conditions of computer-oriented learning environment)', *Monografiya*, Kiyiv: *Pedagogichna dumka*.
4. Kuharenko, VM 2019. 'Tyutor distancijnogo ta zmishanogo navchannya (Distance and Blended Learning Tutor)', Kiyiv: *Milenium*.
5. Ministerstvo osviti i nauki Ukrayini, 2020. 'List Ministerstva osviti i nauki Ukrayini № 1/9-154 vid 11.03.2020 (Letter of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1 / 9-154 dated 11.03.2020)'. Dostupno: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Novini/2020/03/11/1_9-154.pdf> [Data zvernennya 13 Kviten 2020].
6. Modlo, YeO, Yechkalo, YuV, Semerikov, SO & Tkachuk, VV 2017. 'Vikoristannya tehnologiyi dopovnenoyi realnosti u mobilno oriyentovanomu seredovishi navchannya VNZ (Using technology of augmented reality in a mobile-based learning environment of the higher educational institution)', *Naukovi zapiski*, № 11 (1), c. 93 - 100.
7. Matsokin, D 2019. 'Electricity AR [computer program]'. Available at: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dmatsokin.electro&hl=uk>> [Accessed 14 August 2020].
8. Martin-Gutierrez, J, Fabiani, P, Benesova, W, Meneses, MD & Mora, CE

2015. 'Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education', *Computers in Human Behavior*, № 51, p. 752 - 761. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>> [Accessed 14 August 2020].
9. Onime, C, Uhomoibhi, J & Zennaro, M 2014. 'Demonstration of a low cost implementation of an existing hands-on laboratory experiment in electronic engineering', *11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, pp. 195 - 197. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784253>> [Accessed 14 August 2020].
10. Phon, DN, Ali, MB & Halim, ND 2014. 'Collaborative Augmented Reality in Education: A Review', *International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*, p. 78 - 83. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1109/LaTiCE.2014.23>> [Accessed 14 August 2020].
11. Syrovatskyi, OV, Semerikov, SO, Modlo, YeO, Yechkalo, YuV & Zelinska, SO 2018. 'Augmented reality software design for educational purposes', *Computer Science & Software Engineering : Proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, 30 November 2018, p. 193-225.
12. Tkachuk, VV, Yechkalo, YuV & Markova, OM 2017. 'Augmented reality in education of students with special educational needs', *CTE 2017 (Cloud Technologies in Education), 5th Workshop*, Kryvyi Rih, Ukraine, 28 April 2017, r. 66-71.
13. Yechkalo, Yu, Tkachuk, V, Hrunтова, T, Brovko, D & Tron, V 2019. 'Augmented Reality in Training Engineering Students: Teaching Methods', *ICTERI 2019 (ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer), 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications, Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Volume II: Workshops*. Kherson, Ukraine, 12-15 June 2019.