

УДК 004:378.147.88

**Цирульник Сергій Михайлович**Кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки  
Вінницький технічний коледж, Вінниця, Україна

sovnm@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5703-9761

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

**Анотація.** Сучасні методи навчання реалізуються з використанням інформаційних технологій, які полегшують та прискорюють передачу знань студентам, збільшують мотивацію студентів, а також підвищують рівень засвоєння інформації за рахунок різноманітності й інтерактивності її візуального представлення. На сьогоднішній день існує багато підходів до використання технології доповненої реальності в освіті. Такі навчальні системи можна умовно розділити на три основні групи: візуалізація 3D зображень для наочного представлення навчального матеріалу; розпізнавання та маркування реальних об'єктів, що орієнтовані в просторі; взаємодія віртуального об'єкту побудованого комп'ютером (смартфоном) з людиною в режимі реального часу. У статті розглянуто поняття доповненої реальності та акцентується увага на застосування технології доповненої реальності в освітньому процесі підготовки студентів технічних спеціальностей. Наводяться актуальність та переваги використання даної технології в освітньому процесі. Проаналізовано AR-додатки: «AR Circuits 4D» та «Electricity AR» з метою їх адаптації до навчального процесу підготовки фахівців з радіоелектроніки. Запропонований алгоритм створення додатків доповненої реальності на платформі Vuforia та програмного забезпечення Unity3D. Наводяться вимоги до image targets, 3D моделей та їх формату, програмного забезпечення Unity 3D. Наводиться практичний досвід створення навчального AR-додатку на платформі Vuforia та програмного забезпечення Unity3D, який візуалізує 3D зображення DC-AC перетворювача для наочного представлення навчального матеріалу. 3D модель перетворювача створювалась у CAD-системі Proteus Design Suite, яка конвертувалась програмою Autodesk FBX Converter у формат .fbx. AR-додаток завантажується в Android-пристрій будь-яким відомим способом.

**Ключові слова:** технологія доповненої реальності; AR-платформа; 3D-модель; освітній процес; мобільний додаток; вільне програмне забезпечення

**Постановка проблеми.** На даному етапі розвитку важливим є не лише сума знань, які отримує здобувач вищої освіти, але те, як користуватися цими знаннями на практиці, як впровадити комп'ютерні технології в освітній процес, але залишити живе спілкування в аудиторіях зі студентами. Однією із новітніх перспективних технологій, які можуть бути використані в освітньому процесі є технологія доповненої реальності (Augmented Reality або AR) [1]. Для впровадження AR потрібно освоїти програми або платформи, які дозволяють створювати власні мобільні додатки, які будуть використовуватися в освітньому процесі. Це досить нова технологія, яка розширює спектр доступних методик, технік, форм роботи тощо. Сучасні технології не стоять на місці, тому модернізація освіти це лише питання часу [2].

Доповнена реальність – це доповнення фізичного світу за допомогою цифрових даних в режимі реального часу. AR використовує середовище навколо нас та накладає на нього певну частинку віртуальної інформації, наприклад, графіку, звуки та реакцію на дотики [3].

Мобільні додатки з AR дозволяють значно підвищити інтерес сучасних здобувачів освіти до вивчення дисциплін професійної підготовки завдяки застосованим передовим мультимедійним технологіям, що дає можливість «оживити» та представити в наочному вигляді найскладніші теми з використанням практично будь-якого сучасного

комп'ютера, планшета або смартфона. Переваги використання AR в освітньому процесі: візуалізація – полегшує процес запам'ятовування та розвиває абстрактну уяву; наочність – трьох вимірний підхід дозволяє дослідити пристрій або явище у деталях, з різних боків; цікавість – «живі» картинки на сторінках навчального посібника; сучасність – оволодіння інноваційними технологіями в освітньому процесі; увага студентів; портативні та майже безкоштовні навчальні матеріали – з AR не потрібно вкладати кошти у фізичні матеріали та обладнання.

**Метою статті** є аналіз можливостей використання технології доповненої реальності засобами вільного програмного забезпечення для візуалізації навчальних матеріалів мобільними додатками з AR на платформі Android

**Аналіз досліджень та публікацій.** Технологія доповненої реальності робить в галузі освіти тільки перші кроки. Один із таких кроків – міжнародний проект «Augmented Reality in School Environments» (ARiSE), основна мета якого була розробити навчальну платформу, засновану на технології доповненої реальності і перевірити можливість ефективного застосування її в процесі загальної освіти у початковій і основній школі. [3]. Освітній ресурс про новітні технології «The Future» [1] надає можливість скористатись навчальними матеріалами з використанням технології AR на заняттях інформатики. Досвід використання мобільного додатку із доповненою реальністю «Da Vinci Machines AR» при вивченні фізичних явищ наводиться у роботі [2].

Виходячи з практики застосування засобів розробки AR-додатків не в ігрових / рекламних / медичних, а в індустріальних проектах та з огляду на можливості AR-платформ по роботі з 3D-моделями CAD / CAM / CAE можна виділили такі платформи розробки AR-додатків: D'Fusion від компанії Total Immersion, Metaio SDK від компанії Apple Inc., Vuforia від компанії PTC [4].

Аналіз інтернет ресурсів показав, що у напрямку електроніки та телекомунікацій для вільного користування є додатки «AR Circuits 4D | physics» [5] та «Electricity AR» [6].

**Виклад основного матеріалу.** Електросхеми в «AR Circuits 4D | physics» складаються з карток з компонентами схеми, на які потрібно навести камеру мобільного пристрою (рис. 1). Програма підтримує взаємодію між декількома картками (маркерами), тим самим забезпечуючи навчання у віртуальній реальності.

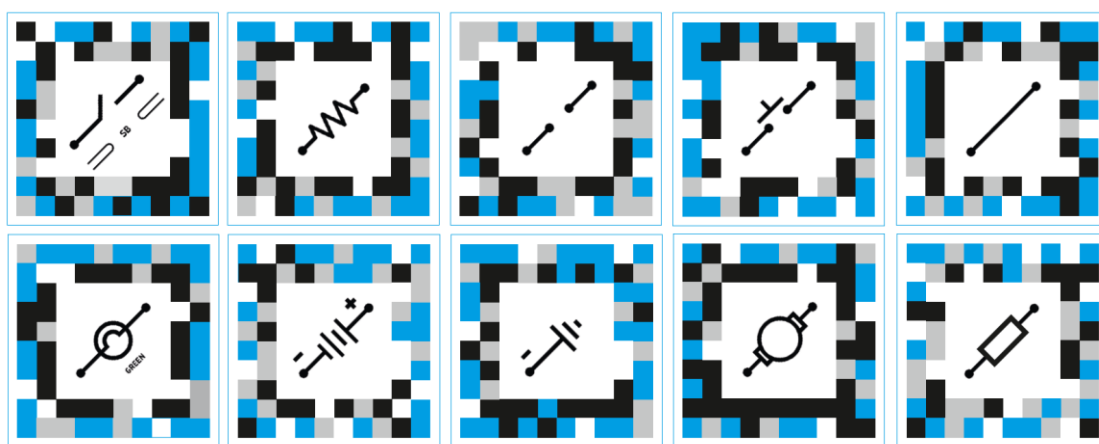


Рис. 1. Картки з компонентами схеми в «AR Circuits 4D | physics»

Складові електричних кіл: батарея, вимикач, лампа розжарювання, резистори, електродвигун, провідник, заземлення. Ці компоненти дозволяють будувати послідовні, паралельні та комбіновані схеми (рис. 2). «Electricity AR» навчить визначати ціну поділки аналогових вимірювальних приладів та самостійно робити вимірювання з

ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)

використанням технології доповненої реальності (AR) [6]. Додаток містить: вимірювальні прилади різного дизайну (вольтметри та амперметри) з 9-ма різними шкалами для визначення показів приладів та ціни поділки (рис. 3); вісім 3D моделей елементів електричних кіл з відповідними умовними позначеннями.

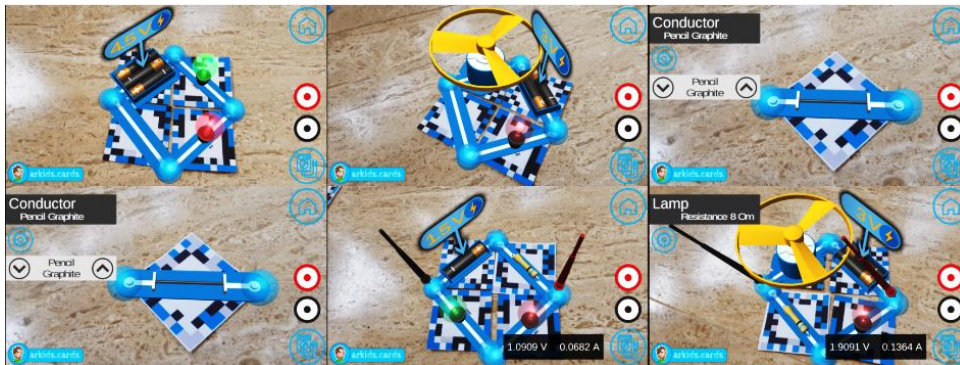


Рис. 2. Приклад доповненої реальності електричних кіл в «AR Circuits 4D | physics»

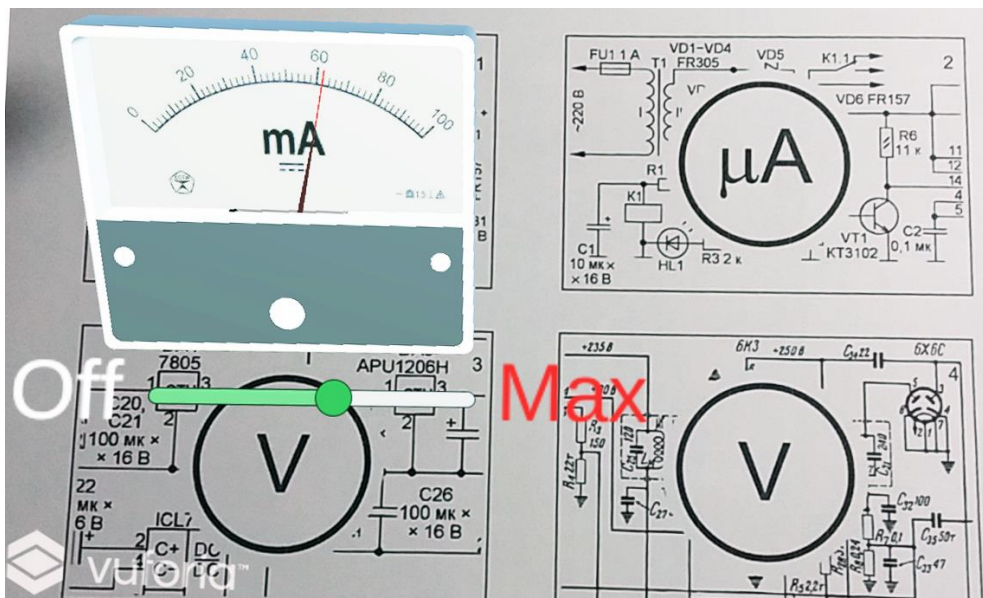


Рис. 3. Приклад доповненої реальності в мобільного додатку «Electricity AR»

Додатки «AR Circuits 4D» та «Electricity AR» фактично є ознайомчими, тому постала задача навчитись розробляти власні додатки з AR, які можуть бути використані з будь-якої дисципліни професійної підготовки здобувачів вищої освіти за галуззю знань «Електроніка та телекомунікації». Використання такого підходу безсумнівно збільшить мотивацію студентів, а також підвищить рівень засвоєння інформації за рахунок різноманітності та інтерактивності її візуального представлення.

За результатами присутності на ринку AR Total Immersion, Metaio та Vuforia – разом зайняли понад 80% ринку. Найбільш популярною виявилась платформа Vuforia [7].

Vuforia – це платформа для створення Augmented Reality додатків для телефонів та планшетів на операційних системах iOS та Android. Ядром платформи є бібліотека QCAR. Крім бібліотеки, платформа включається в себе: Vuforia SDK для розробників, Target Manager – систему для створення та керування мішенями (targets), Web сервіси (Vuforia Web Services) для зберігання мішеней.

ISSN: 2414-0325. *Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

Мішень – це будь-який реальний об'єкт, знаючи його додаток може розставити віртуальні об'єкти в потрібних місцях.

Image targets – базовий вид мішеней, що представляє собою звичайну картинку, наприклад, схему, фотографію або проспект. Картинка виконує роль свого роду двовимірного штрих-коду, тільки без чорно-білих смуг. По ній визначається, яка саме картинка потрапила в об'єктив камери, а також її розташування в просторі та масштаб. Гарними мішенями є ті, в яких багато контрастних деталей. Саме на цих деталях і будується опорна матриця для подальшого розпізнавання мішеней.

Simple 3D targets (Cube and Cuboid) – це мішені у вигляді прямокутних паралелепіпедів (включаючи куб). Наприклад, такою мішенню може служити упаковка з-під конструктора, настільна гра. Як і будь-яка коробка, така мішень складається з шести площин, і щоб створити її, необхідно шість картинок для кожної з них.

Cylinder targets – цей вид мішеней, незважаючи на назву, являє собою усічений конус з можливістю задавати діаметри підстав. Для того, щоб створити таку мішень нам знадобиться не тільки вказати діаметри підстав та висоту, але також додати три картинки – по одній для кожної з двох підстав, та ще одну для бічної поверхні.

Frame markers – ця мішень у вигляді спеціально підготовленої рамки, яка вже більш схожа на штрих-код. У таку рамку можна помістити будь-яку картинку. Даний вид мішеней використовують у випадку, якщо картинка не була достатньо деталізована та створити з неї розумну image target не вийшло.

Text (word targets). У бібліотеку Vuforia вбудовано ще і розпізнавання тексту, тому будь-яке слово або їх поєднання може бути мішенню. На даний момент підтримується тільки латиниця. Це можна використати для вивчення іноземних технічних термінів.

Види мішеней (targets) програми Vuforia наведені на рис. 4.

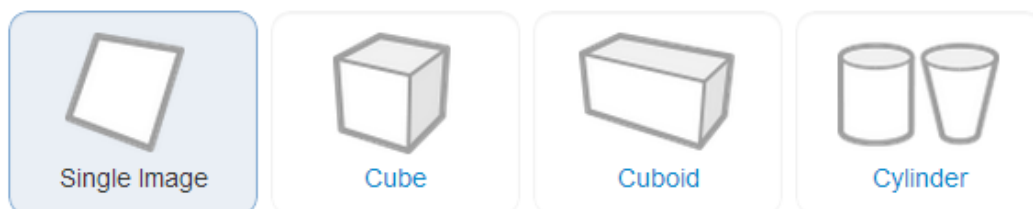


Рис. 4. Типи мішеней для створення AR об'єктів у платформі Vuforia

У залежність від кількості мішеней, необхідних для додатку, можна або зберігати їх у так званій Device Database, завжди мати до них доступ та розпізнавати їх безпосередньо на самому пристрої, або перекласти частину цього навантаження на Cloud Databases – сервіс з набору Vuforia Web Services, призначений для зберігання мішеней та визначення їх на підставі надісланих з пристрою даних. Обидва підходи мають свої плюси та мінуси, але визначившись з призначенням додатку вибрати буде не так складно. Крім цього, мішені можуть бути створені безпосередньо з додатку, використовуючи отриману картинку з камери.

Варто також відзначити, що QCAR не вимагає попадання всієї мішені в кадр. Для того, щоб її розпізнати і використовувати достатньо буде лише частини.

За допомогою Vuforia розробник може легко додавати статичні та динамічні 3D моделі (будь-який 3D об'єкт або складна анімація), віртуальні кнопки (дозволяють взаємодіяти з реальними предметами; наприклад, це може бути кнопка на мішені, натискання на яку запускає симуляцію роботи радіоелектронного або вимірювального пристрою, розглянути яку можна тільки через екран смартфона), відео та картинки (дозволяють замінити мішень або зробити її більш живою), змінювати фон картинки з

*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

камери (можна не тільки доповнювати картинку але й оперувати з нею самою). Для роботи з моделями в системах AR найчастіше використовується програмне забезпечення розробки – «3D-движок» - Unity3D (середовище розробки комп'ютерних ігор Windows, iOS, Android) [7].

Робота зі створення додатків доповненої реальності полягає у створенні проекту та об'єктів проекту в Vuforia, а розробка 3D-сцен для об'єктів цього проекту здійснюється в Unity 3D. При цьому Vuforia відповідає за ідентифікацію проекту через License key, а прив'язка до майбутньої сцени віртуального 3D-об'єкта (3D-моделі) буде здійснюватися через мітку (Target), яка визначається в платформі Vuforia. Уся робота з Vuforia (з проектом, об'єктами) здійснюється через web-інтерфейс, тобто, Vuforia є хмарним додатком. А робота з Unity-3D здійснюється безпосередньо на комп'ютері розробника, тобто локально. Зв'язок між проектом у хмарі Vuforia та локальним опрацюванням сцен у додатку AR, що створюється, повинна бути виконана за рахунок імпорту підготовлених об'єктів проекту з хмари Vuforia в середовище редактора Unity-3D та доповнення сцени 2D-зображеннями або 3D-моделями.

Розглянемо типову процедуру створення простого AR додатку. Пропонується розробити додаток AR для Android-пристроїв, в якому при наведенні камери пристрою на реальну мітку (зображення на папері) користувач на екрані пристрою в області відтворення замість мітки побачить заздалегідь підготовлене 3D-модель або 2D – зображення (лист інструкції з експлуатації, пояснення, іншу картинку, відео тощо).

Додаток створює система Unity, яку можна завантажити безкоштовно. Якщо на вашому комп'ютері встановлено 64-бітну операційну систему, рекомендовано завантажувати останні версії (2018, 2019,...), до яких вже інтегровано систему доповненої реальності Vuforia. Якщо на комп'ютері встановлено 32-бітну (x86) операційну систему, то треба встановити Unity версії 5.6 та додатково встановити пакет Vuforia для цієї системи.

1. Створюємо або знаходимо (на платних чи безкоштовних ресурсах) 3D модель. Модель в результаті має бути у форматі .fbx. Якщо модель створена у іншому форматі, її треба конвертувати у .fbx. Вимоги до моделі:

а) кількість полігонів (трикутників) – мінімально можлива (для швидкої обробки моделі мобільним пристроєм). Якщо кількість полігонів суттєво більше 8 – 10 тис., слід перевірити, перш за все, малі криві («заокруглені» елементи). Як правило, саме вони дають найбільшу кількість полігонів, які не впливають на результуючий вигляд моделі. Якщо такі знайдені, слід замінити їх елементами такого ж розміру, але більш «кутастими».

б) розмір текстур для малих елементів (які займатимуть на екрані не більше чверті площі) слід обирати не більше  $512 \times 512$  (для зовсім малих можна брати  $128 \times 128$  або навіть  $64 \times 64$ ). Винятком є випадок, коли та ж саме текстура накладається на кілька елементів різного розміру. Тоді кращими розмірами цієї текстури будуть  $512 \times 512$  або  $1024 \times 1024$ .

2. Обираємо зображення, що буде ключовим (тобто таке, при наведення на яке камери мобільного пристрою, буде демонструватись 3D модель). Вимоги до зображення:

а) розмір меншої сторони має бути не менше 320 точок;

б) зображення має містити контрастні елементи, розподілені по всій площі. У більшості випадків слід у фоторедакторі дещо підвищити контраст та, можливо, зробити зображення більш чітким (різким);

в) на зображенні не має бути багато однакових повторюваних елементів;

г) зображення може бути як кольоровим, так і чорно-білим. У будь-якому разі алгоритм розпізнавання обробляє лише чорно-біле зображення (канал яскравості).

ISSN: 2414-0325. *Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

3. Реєструємось у платформі Vuforia. Створюємо безкоштовну ліцензію розробника (developer license) для нового продукту (розповсюдження додатків з такою ліцензією є легальним лише для некомерційного продукту). Додаємо ключові зображення. Після завантаження кожного зображення система оцінює його з точки зору стабільності розпізнавання (див. вимоги до зображення у попередньому пункті) та надає рейтинг. Якщо рейтинг 4-5 зірок, зображення буде розпізнаватись стабільно. Якщо зірок менше, слід подумати над зміною або редагуванням зображення. Далі завантажуюмо ці зображення у вигляді пакету Unity.

4. Запускаємо Unity та створюємо новий проект [8]. Стандартну камеру, що присутня у будь-якому новому проекті видаляємо, натомість додаємо до проекту AR камеру від Vuforia (Vuforia – Prefabs – ARCamera). Розмістити її можна у будь-якому місці. У налаштуваннях камери (вікно «Inspector») вказуємо створену на сайті ліцензію (просто копіюємо у відповідне поле). Підключаємо до проекту пакет із ключовими зображеннями (Assets – Import package – Custom package). Створюємо нове ключове зображення (Vuforia – Prefabs – Image target) та прив'язуємо до нього одне з підготовлених зображень. Якщо ключове зображення не відображається (Image target виглядає просто як білий прямокутник), у вікні Project у розділі Editor – Vuforia – ImageTargetTextures – «Ім'я бази даних ключових зображень, створеної на сайті Vuforia» ви побачите усі ключові зображення. Для кожного з зображень слід у вікні «Інспектор» обрати Texture shape – «2D». Завантажуємо підготовлену 3D модель (Assets – Import new asset), додаємо її до сцени та робимо її «нащадком» відповідного ImageTarget. Коректність роботи програми зручно перевіряти при наявності Web-камери (просто натискаємо «Play» та наводимо Web-камеру на роздруковане ключове зображення).

5. Мобільний додаток створюється безпосередньо у системі Unity. Для цього включаємо в редакторі Unity 3D режим Build: File – Build Settings. Вибираємо в даному вікні в розділі Scenes to build нашу сцену та переходимо до налаштувань роботи обладнання в даній операційній системі – клавіша Player Settings.

Налаштування, специфічні для обраної платформи (iOS чи Android) робимо у розділі Edit – Project Settings – Player.

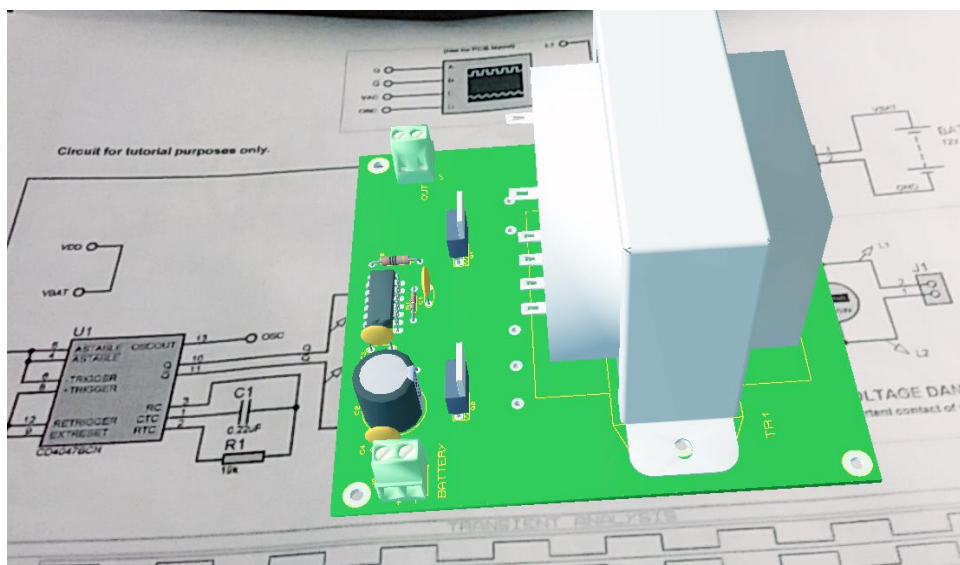


Рис. 5. Приклад доповненої реальності, що створений у Vuforia та Unity3D

Після виконання всіх цих налаштувань можна виконати операцію Build, натиснувши на клавішу Build у нижній правій частині вікна Build Settings. У результаті



*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

отримаємо запит на розміщення файлу .apk програми AR, що створюється, на локальній машині. Для компіляції .apk-файлу необхідно заздалегідь встановити на локальній машині (Windows) Java DK та Android DK. Це безкоштовні програми, доступні на сайтах розробників (Oracle та Android). Якщо цього не було зроблено заздалегідь, то доведеться виконати цю процедуру в процесі компіляції, відповідаючи на відповідні запити системи.

Файл .apk, розробленого AR додатку, збережений у локальній файловій системі. Тепер його залишилося завантажити в Android-пристрій будь-яким відомим способом.

Як приклад розробки використана схема DC-AC перетворювача. Для цього був використаний пакет автоматизованого проектування електронних схем Proteus Design [9, с. 136]. За допомогою пакета була підготовлена схема, друквана плата та 3D модель у форматі .3ds, яка за допомогою програми Autodesk FBX Converter перетворена у формат .fbx. У програмі Vuforia створюється targets (схема DC-AC перетворювача), у програмі Unity3D до targets додається 3D модель та створюється мобільний додаток для роботи з AR об'єктами (рис. 5).

На даний час у Вінницькому технічному коледжі студентами ведуться роботи над створенням навчальних посібників із використанням технології доповненої реальності з дисциплін «Основи ремонту та регулювання РЕА», «Основи конструювання та технології виготовлення РЕА».

**Висновки.** Для сучасних студентів світ завжди був цифровим – їхні телефони і камери завжди були одним пристроєм, а також телебачення завжди доступно на вимогу. Використання доповненої реальності для підвищення досвіду в освіті – ось чого явно чекає сучасна молодь.

Візуалізація матеріалів для дисциплін циклу професійної підготовки за галуззю знань «Електроніка та телекомунікації» сприятиме більшій активності та зацікавленості здобувачів вищої освіти. Можливості доповненої реальності такі, як динамічне представлення інформації, документальне відео, інтерактивні стимулятори (3D моделювання), гіперпосилання для уточнення інформації тощо, є більш привабливими для сучасного покоління та мають покращити набуття професійних компетентностей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доповнена реальність або AR-технології. URL: <http://thefuture.news/lessons/ua/ar>.
2. Мацокін Д. В., Пахомова І. М. Доповнена реальність в освітньому процесі у позашкільний час за темою «Винаходи Леонардо». URL: <https://u.nu/8g72>.
3. Матвієнко Ю. С. Застосування технології доповненої реальності в освітній галузі. URL: <https://u.nu/6p7o>.
4. Best AR SDK for development for iOS and Android in 2019. URL: <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review>.
5. Интерактивные обучающие программы с элементами дополненной реальности. URL: <http://arkids.cards/arcircuits-ru>.
6. Ключові зображення для програми Electricity AR. URL: [http://kfk.biz.ht/android/Electricity/images\\_ukr.html](http://kfk.biz.ht/android/Electricity/images_ukr.html).
7. Vuforia: немного магии в нашей реальности. URL: <https://habr.com/ru/post/198862>.
8. Unity User Manual (2019.1). Working in Unity Getting Started. Learning the interface. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/LearningtheInterface.html>
9. Цирульник С. М., Лисенко Г. Л. Проектування мікропроцесорних систем. Вінниця: ВНТУ, 2012. 191 с.



## THE USE OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF TRAINING SPECIALISTS IN ELECTRONICS

**Serhii Tsyurulnyk**

PhD (technical sciences), Assistant Professor of the Computer Techniques Chair,  
Vinnytsia Technical Collage, Vinnytsia, Ukraine

sovm@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5703-9761

**Abstract.** Modern teaching methods are implemented with the use of information technologies that facilitate and accelerate the transfer of knowledge to students, increase student motivation and increase the level of assimilation of information through diversity and interactivity of its visual representation. Today, there are many approaches to using augmented reality technology in education. Such learning system can be divided into three basic groups: visualization of 3D images for a visual representation of training material; recognition and marking of real objects, which are oriented in space; the interaction of the virtual object is constructed in the computer (smartphone) with the person in real-time. The article describes the concept of augmented reality and focuses on the use of augmented reality technology in the educational process of training of students of technical specialties. Given the relevance and benefits of using this technology in the educational process. Analyzed AR apps «AR Circuits 4D» and «Electricity AR» with a view to their adaptation to the educational process of training specialists in electronics. The algorithm of creating apps augmented reality platform Vuforia and Unity3D software. Requirements for image targets, 3D models and their format, software Unity 3D. Provides practical experience in creating educational AR applications on the platform Vuforia and Unity3D software that renders 3D images of the DC-AC converter for illustration of educational material. 3D model converter created in the CAD system Proteus Design Suite, which conventuals Autodesk FBX Converter to format .fbx. The AR app is downloaded to the Android device by any known method.

**Keywords:** augmented reality; AR-platform; 3D model; educational process; mobile app; free software

### REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Augmented reality or AR technology (2019).  
<http://thefuture.news/lessons/ua/ar> (in Ukrainian)
2. Macokin, D. & Pakhomova, I. (2019). Augmented reality in the educational process during school hours on the topic of "Leonardo's Inventions".  
<https://u.nu/8g72> (in Ukrainian)
3. Matvienko, U. (2015). The use of augmented reality technology in education  
<https://u.nu/6p7o> (in Ukrainian)
4. Best AR SDK for development for iOS and Android in 2019 (2019).  
<https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review>.
5. Interactive training programs with elements of augmented reality (2019).  
<http://arkids.cards/arcircuits-ru> (in Russian)
6. The key image for the program (2019).  
[http://kfk.biz.ht/android/Electricity/images\\_ukr.html](http://kfk.biz.ht/android/Electricity/images_ukr.html) (in Ukrainian)
7. Vuforia: a bit of magic in our reality (2013).  
<https://habr.com/ru/post/198862> (in Russian)
8. Unity User Manual. Working in Unity Getting Started. Learning the interface (2019).  
<https://docs.unity3d.com/Manual/LearningtheInterface.html>
9. Tsyurulnyk, S., Lysenko, Gh. (2012). Design of microprocessor systems. Vinnitsa: Publishing and polygraphic centre "VNTU" (in Ukrainian)