

УДК 004.946:908

**РЕКОНСТРУКЦІЯ МАЄТКУ  
КНЯЗЯ Г. О. ПОТЬОМКІНА ЗАСОБАМИ  
ІНТЕРАКТИВНИХ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**RECONSTRUCTION OF THE ESTATE OF THE  
PRINCE G. O. POTEMKIN BY MEANS OF  
INTERACTIVE MULTIMEDIA TECHNOLOGIES**

**Нагайченко К. А.,**

магістрант, Київський університет  
культури (Миколаїв, Україна),  
e-mail: kkkostik@ukr.net, ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0638-7835>

**Атланов В. В.,**

магістрант, Київський університет культури,  
провідний інженер-програміст Відокремленого  
підрозділу «Миколаївська філія Київського  
національного університету культури  
і мистецтв» (Миколаїв, Україна), e-mail:  
valery.atlanov@gmail.com, ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-2514-2200>

**Nagaychenko K. A.,**

graduate student of Kyiv University of Culture  
(Mykolayiv, Ukraine), e-mail: kkkostik@ukr.net, ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0638-7835>

**Atlanov V. V.,**

graduate student of Kyiv University of Culture,  
leading programmer engineer of Separated Division  
«Mykolayiv Branch of the Kiev National University of  
Culture and Arts» (Mykolayiv, Ukraine), e-mail:  
valery.atlanov@gmail.com, ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-2514-2200>

У рамках статті розкрито хід дослідження, що проводилося в процесі створення інтерактивної віртуальної реконструкції втраченої пам'ятки історії XVIII–XIX століть – маєтку князя Г. О. Потьомкіна в Богоявленську. Метою дослідження є віртуальна реконструкція будинку князя Г. О. Потьомкіна, що спирається на сучасні мультимедійні технології (зокрема технології віртуальної реальності) та розробка методики створення повноцінного інтерактивного 3d-туру навколо будинку і його приміщень. В ході дослідження був використаний ряд методів, зокрема аналіз архівних, літературних та епістолярних джерел, метод аналогій, порівняльний аналіз програмного забезпечення та емпіричний метод розробки оптимальної методики створення віртуального інтерактивного продукту. Дослідження охоплювало три кола завдань: історичне, технологічне та методологічне.

За підсумками дослідження було доведено ряд висновків. Визначено, як саме виглядав будинок, які мав інтер'єри, меблювання та оздоблення. З'ясовано, що для найбільш ефективного виконання завдання бажано використовувати додаток Autodesk 3dsmax, у якості базової технології візуалізації – PBS/PBR, а у якості середовища створення функціоналу – движок Unreal Engine 4. Розроблено оптимальну послідовність операцій та перелік дій, які необхідні для найефективнішого створення інтерактивного додатку. Були виявлені труднощі, пов'язані із обернено пропорційною залежністю якості кінцевого продукту від деталізації моделей. Для вирішення цієї проблеми запропонована схема «подвійного моделювання», з широким використанням текстурних карт нормалей та використання лодових клонів об'єктів. Дані, що були отримані в результаті методологічного дослідження лягли в основу методики, яку рекомендується застосовувати дизайнерам та розробникам у всіх подібних випадках.

**Ключові слова:** Інтерактивна віртуальна реконструкція, 3d-тур, маєток князя Потьомкіна в Богоявленську, мультимедійні технології, віртуальна реальність.

The article deals with the process of creating an interactive virtual reconstruction of the lost monument of the history of XVIII–XIX centuries – the estate of G. O. Potemkin in Bohoyavlensk. The aim of the research is the virtual reconstruction of Potemkin's house, based on modern multimedia

technologies (including virtual reality technologies), and development of a technique for creating a complete interactive 3d tour around the building. We used such methods as analysis of archival, literary and epistolary materials, the method of analogies, comparative analysis of software and empirical method for developing an optimal method for creating a virtual interactive product. There are three tasks of research: historical, technological and methodological.

We have made some conclusions. The house look with interiors, furniture and decoration have been determined. The Autodesk 3ds max application as the basic visualization technology – PBS/PBR, and the Unreal Engine engine 4 as the functional creation environment are the most effective tools. We have had some difficulties associated with the inverse proportional dependence of the quality of the final product on the detail of the models. To solve this problem, a «double simulation» scheme with widespread use of textural normal maps and the use of open-loop object clones has been proposed. The data obtained as a result of the methodological research are basic for a methodology recommended for designers and developers in all such cases.

**Keywords:** interactive virtual reconstruction, 3d-tour, Potemkin's estate in Bohoyavlensk, multimedia technologies, virtual reality.

Останнім часом на світовому ринку спостерігаються тенденції до все більшого застосування систем, що використовують явище віртуальної реальності (VR). Про це свідчать успіхи ряду провідних компаній, які пропонують різноманітне обладнання та програмне забезпечення для використання VR у різних сферах людської діяльності. VR характеризується:

– *породженістю* (віртуальна реальність створюється активністю іншої реальності, зовнішньої щодо неї – константною);

– *актуальністю* (віртуальна реальність існує тільки «тут і тепер», поки активна константна реальність);

– *автономністю* (у віртуальній реальності свій час, простір і закони існування, що можуть бути відмінними від таких у константній реальності);

– *інтерактивністю* (віртуальна реальність може взаємодіяти з іншими реальностями, в тому числі і з тією, що її створює) [7];

Іноді VR набуває додаткових властивостей, таких як:

– *перетвореність* (віртуальна реальність є перетворена інша реальність);

– *спостержуваність* (вона є реальністю, якщо її можна сприймати органами чуття);

– *потенційність* (вона є тим, що можливе, але не втілене);

– *символічність* (відмінність від справжньої реальності);

– *іраціональність* [3].

Різні зразки обладнання для VR зазвичай мають вигляд шолома, який повністю ізолює спостерігача від константної реальності і дозволяє абсолютно зануритись у віртуальний світ [14]. Явище VR має різновиди, які, хоча і є складовою частиною його, але відрізняються за деякими ознаками.

Одним з них є *змішана реальність* (mixed reality – MR), вона характеризується частковою присутністю елементів константної реальності, які «змішуються» з віртуальними за допомогою програмних засобів. Важливо зауважити, що обладнання для MR так само ізолює спостерігача від константної реальності, як і у випадку з VR, а ті елементи константної реальності, що потрапляють у ізолюваний віртуальний світ є комп'ютерним відображенням константної реальності, захопленої

та оцифрованої камерами, що вмонтовані в обладнання [4].

Іншим різновидом VR є *доповнена реальність* (augmented reality – AR), яка по суті є варіантом MR і відрізняється тим, що обладнання не ізолює спостерігача від константної реальності, а віртуальні елементи лише доповнюють її за допомогою напівпрозорих екранів, та мікропроекторів, що вмонтовані в обладнання [8].

Стрімкий розвиток технологій VR, MR та AR і програмного забезпечення для них дозволяють ефективно використовувати їх у сферах *освіти* (для моделювання складної чи небезпечної діяльності, наприклад, керування транспортом, хірургічних операцій, тощо), *науки* (для візуалізації зовнішньої та внутрішньої будови об'єктів, молекулярних і атомних структур, процесів, що неможливо побачити неозброєним оком), *дизайні* (для створення редагування тривимірних моделей механізмів, споруд тощо), *туризмі* (для створення віртуальних турів, тривимірних моделей історичних пам'яток, тривимірних реконструкцій), *індустрії розваг* (для створення відеоігор з ефектом занурення у віртуальний світ).

Прикладні можливості VR привернули до себе увагу дослідників різних галузей науки. Не стали виключенням і фахівці з історичної реконструкції. Ця тема об'єднує істориків, архітекторів, дизайнерів і багато спеціалістів суміжних напрямів, таких, як, наприклад, програмісти, графічні дизайнери, художники, скульптори тощо. Можливості VR для завдань реконструкції історичних будівель знайшли своє використання в роботах групи дослідників під керівництвом Р. А. Сингагуліна (створення віртуальної моделі середньовічного міста Золотої Орди – «Віртуальний Укек») [13]; вітчизняних дослідників під керівництвом Михайла Федоровича Рожка (дослідження та створення віртуальної моделі давньоруської наскельної фортеці Тустань) [10; 11]; багатьох зарубіжних дослідників [18; 17].

**Актуальність.** Аналізуючи досвід колег у питаннях створення віртуальних реконструкцій можна зазначити, що більшість з них використовує технології VR не в повному обсязі і цьому є об'єктивні причини – роботи над проектами потребують багато часу (наприклад, віртуальна реконструкція фортеці Тустань розпочиналася у 90-х роках минулого століття, а технічні засоби VR з'явилися значно пізніше), тому сучасні тривимірні моделі, хоч і перекладені на двійки VR, але не з максимальним наповненням. Фортеця Тустань, наприклад, має VR-екстер'єр, але повноцінний інтерактивний 3d-тур зовнішнім простором та внутрішніми приміщеннями для неї не був розроблений. Розробка такого туру потребує радикальної переробки моделей та оптимізації їх під сучасні двійки, що підтримують VR-технологію, а це, в свою чергу, потребує додаткового фінансування. Можна впевнено стверджувати, що на момент написання даної статті в Україні відсутні приклади повноцінної інтерактивної тривимірної реконструкції історичних об'єктів, що базуються на VR-технології.

З іншого боку, завдання реконструкції втрачених історичних пам'яток завжди було актуальним, а з появою можливостей VR його виконання стало більш доступним. Сучасні обчислювальні потужності та програмне забезпечення дозволяє значно скоротити період розробки моделей та підвищити якість та реалістичність візуалізації, тому стає дуже актуальним завдання розробити методику створення мультимедійної інтерактивної реконструкції історичних об'єктів на базі VR-технологій у вигляді повноцінного інтерактивного 3d-туру з максимальною якістю візуалізації та високим ступенем достовірності.

Предметом даного дослідження є втрачена історична пам'ятка, цікавий об'єкт, що представляє величезний інтерес для краєзнавців, істориків і всіх небайдужих любителів минулого – літня резиденція князя Потьомкіна, що існувала на рубежі XVIII–XIX століть і була розташована на території сучасного міста Миколаєва, так званий «Палац Потьомкіна» у Богоявленську.

Дослідження історичної спадщини Північного Причорномор'я загалом і міста Миколаєва зокрема так чи інакше торкаються епізоду 1790–1792 років, коли в селищі Вітовка (майбутній Богоявленськ) за наказом князя Г. О. Потьомкіна під керівництвом та з безпосередньою участю відомого садового майстра Вільяма Гульда був розбудований парк в англійському ландшафтному стилі і закладені будівлі резиденції самого князя та його племінниці графині О. В. Браницької. Проекти будівель виконував відомий архітектор, автор багатьох палаців Російської імперії, творець Генерального плану міста Миколаєва – І. Є. Старов [6]. Нажаль, ні парк, ні будівлі, що в ньому знаходилися, не збереглися на сьогоднішній день, але завдяки роботам місцевих краєзнавців Н. Кухар–Онишко, О. Ясько, І. Куприєвич, що ретельно досліджували історію Богоявленську, працям В. Антонова, Н. Белехова, Н. Болотиної, М. Кавуна, присвяченим відомим особистостям та їх діяльності в той період, ми маємо досить детальну уяву про парк і будівлі, які в ньому містилися. Це дає можливість відтворити об'єкти парку у віртуальному тривимірному вигляді і, спираючись на сучасні VR-технології, розробити повноцінний інтерактивний 3d-тур. Це завдання досить амбітне і тому на першому етапі було вирішено обмежитись розробкою загальної методики створення такого проекту і використати її для віртуальної реконструкції одного з об'єктів, а саме будівлі резиденції князя Г. О. Потьомкіна.

Отже, **метою даної роботи** є віртуальна реконструкція будинку князя Г. О. Потьомкіна в Богоявленську, що спирається на сучасні VR-технології, та розробка повноцінного інтерактивного 3d-туру навколо будинку та його приміщеннями. Розробка універсальної методики створення подібних проектів є складовою частиною мети даної роботи.

При плануванні роботи над проектом було окреслено три важливих кола досліджень: історичні, технологічні, методологічні.

## 1. Історичні дослідження.

На цьому етапі було поставлене завдання з'ясувати, як саме виглядав будинок, якими були його інтер'єри, меблювання та оздоблення. Враховуючи, що будинок в реальності не існує а інформація про нього зберіглася лише в архівних, літературних та епістолярних джерелах, дослідження проводилися методом аналізу джерел та побудови аналогій. Подібний метод уже успішно використовувався авторами при аналізі можливості реконструкції Богоявленського парку [1]. При проведенні досліджень були отримані відомості про розміри об'єкту, матеріали, з яких він був побудований, зображення фасаду та план будинку, інформацію про внутрішнє оздоблення та меблювання. Було з'ясовано, що:

– розміри будівлі в плані становили 17 x 17 сажень (36,7 x 36,7 метри);

– висота від ґрунту становила 8,7 сажень (18,8 метри);

– будинок одноповерховий з великим світловим барабаном посередині над великою залою (її розміри становили 8,2 x 8,2 сажень, або 17,7 x 17,7 метри);

– загалом будинок містив 12 приміщень, різної площини і призначення (відомо, що будинок мав 2 кабінети, більярду, кілька спалень, велику залу, довгу гостину кімнату, сінита ще кілька службових приміщень);

– перед головним входом, що був орієнтований на парк (на захід) розташовувався глибокий портик (3,5 метри) з чотирма тонкими колонами тосканського ордеру;

– висота приміщень від підлоги до стелі становила 2,66 сажень (5, 7 метри);

– всередині будинку були встановлені 6 голландських кахельних печей та 4 каміни;

– внутрішні стіни будинку були заштукатурені та розписані фресками;

– меблі для будинку було доставлено з херсонського палацу, серед них: 48 стільців, 12 крісел, 12 ломберних столиків, великий круглий стіл, столові часи, 3 панікадила (великі люстри), 48 стінних шандалів (масивних багатосвічкових підсвічників);

– покрівля будинку була зроблена з молдавського гонту;

– підлога в більшості приміщень була дерев'яна (дошка), у великій залі – з аспідного каменю, в сінях – із звичайного каменю [6; 2].

В процесі пошукової роботи виявилось кілька проблемних питань, відповідь на які є певним припущенням:

а) невідомі сюжети та стиль настінних розписів; з'ясовано, що фресками займалися Федор Щербakov, Леонтій Кочнев, Василь Шветов та Матвій Алімпієв, фарби приготував Іван Семенов [6, с. 84]; відомо також, що вони були фахівцями з історичного живопису та перспективних архітектурних зображень [6, с. 85]; також відомо, що вони приймали участь у розпису церков Миколаєва та Таврійського палацу у Санкт-Петербурзі; нажалі у цих об'єктах оригінальний

розпис не зберігся, тому при визначенні сюжетів фресок довелося використовувати метод аналогії та звернутися до сюжетів розписів маєтків того часу, що збереглися у Латвії (на той час була у складі Російської імперії) [5; 9];

б) на плані будівлі архітектора І. Є. Старова [6, с. 82] світловий барабан вочевидь спирається на 4 міцних колони великої зали, тобто порушена центральна симетрія будинку (барабан розташовано ближче до головного входу), але це протирічить плану парку 1795 року [1, с. 257], де будинок зображено чітко симетрично відносно центру; це протиріччя було розв'язано на користь плану архітектора І. Є. Старова, як більш автентичного, але це є припущенням, тому що існує вірогідність, що в процесі будівництва у план могли бути внесені зміни;

в) чітко не визначено, як виглядали меблі, декор та яка була кольорова схема екстер'єру будинку; всі ці запитання вирішені методом аналогії, за приклади були взяті зразки меблів типових маєтків Російської імперії того часу (зокрема маєтку Кукшу, Латвія) [9; 5] та зразки зображень Таврійського палацу роботи живописців того часу [15; 12].

## 2. Технологічні дослідження.

Для обрання найефективнішої технології моделювання та програмного забезпечення для створення якісного 3d-туру було проведено порівняльний аналіз існуючих технологій та програмного забезпечення. В результаті було з'ясовано, що загалом технології моделювання незалежно від тривимірності редакторів відрізняються за принципами шедінгу (алгоритм, що емулює поведінку матеріалу при взаємодії з віртуальним джерелом освітлення) та рендерінгу (візуалізація віртуальної сцени спеціальним програмним модулем візуалізації – движком). Розрізняють традиційні шедінги та модулі візуалізації, які зазвичай входять до складу тривимірних редакторів, або інтегрованих з ними та новітні (які з'явилися у 2010–2015 роках), побудовані на технології PBS/PBR (physicalbasedshading / physicalbasedrendering – фізично достовірний шедінг / фізично достовірна візуалізація) [16]. Перед тим, як проаналізувати переваги та недоліки технологій шведінгу та візуалізації необхідно було підготувати тривимірну модель об'єкту. Для цього можна скористатися одним з багатьох редакторів, що пропонуються на ринку. Шляхом порівняння було обрано найоптимальніший в наших умовах.

У таблиці 1 приведені сучасні найвідоміші редактори тривимірного моделювання та їх властивості, до яких висуваються вимоги.

Порівняльний аналіз сучасних найвідоміших редакторів показав, що в наших умовах при приблизно рівних технічних характеристиках редакторів найбільш оптимально було б використовувати безкоштовні редактори, а серед них раціонально обрати найбільш популярний в дизайнерському середовищі, у зв'язку з більшим об'ємом інформаційної підтримки, яка завжди супроводжує популярні продукти. Отже, наш вибір – Autodesk 3dsmax.

Таблиця 1.

| Редактор                | Принцип моделювання | Наявність безкоштовної версії | Рівень популярності у вітчизняному співтоваристві |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| <i>Autodesk 3dsmax</i>  | каркасний           | Так (освітня ліцензія)        | високий   |
| <i>Blender</i>          | каркасний           | Так (безкоштовний продукт)    | середній  |
| <i>Google Sketch Up</i> | каркасний           | Так (безкоштовний продукт)    | середній  |
| <i>Autodesk Maya</i>    | сплайновий          | Так (освітня ліцензія)        | середній  |
| <i>Rhinoceros Rhino</i> | сплайновий          | Ні                            | низький   |

Аналізуючи принципи шедингу і рендерінгу, які наразі використовуються дизайнерським співтовариством, можна стверджувати, що всі сучасні редактори тривимірного моделювання підтримують кілька різних за принципами дії візуалізаторів – це і скануючі візуалізатори (їх перевага – відносна швидкість, але недолік – неможливість розрахунку глобального освітлення), і так звані рейтрейсні (*raytracing* – трасування променів) візуалізатори (*Mental Ray, V-Ray, Corona* та їм подібні), перевага останніх – висока реалістичність візуалізації, але суттєвий недолік – довгий процес рендерінгу. Для завдань створення інтерактивного віртуального продукту, адаптованого під VR необхідно використовувати візуалізацію в реальному часі, тому традиційні візуалізатори не відповідають нашим вимогам. Проте, наразі існують кілька технологій, які нас влаштовують. Проаналізувавши ті їх властивості, які мають значення для даного дослідження, можна зробити висновок щодо оптимальної системи, за допомогою якої можна створити віртуальний інтерактивний 3d-тур. Результати порівняльного аналізу сучасних систем візуалізації в реальному часі (двигків) зведені в таблиці 2.

В результаті порівняльного аналізу по сукупності переваг було обрано систему *Unreal Engine 4*. Це – двигок (двигун, або рушій, англійською – engine), що був створений компанією Epic Games як платформа для розробки комп'ютерних ігор. Вона має середовище (сцену), в яке імпортуються тривимірні об'єкти, між якими можна створити зв'язки за допомогою програмних модулів і, таким чином, побудувати повноцінний ігровий функціонал. Для підвищення реалістичності сцени двигок містить інтегровані джерела освітлення, які коректно взаємодіють із візуалізатором та

підтримують технологію PBS (physicalbasedshading – фізично достовірний шединг), суть якої полягає у використанні текстурних карт, які впливають не тільки на вигляд об'єкту, а й на його геометрію та оптичні характеристики поверхні (шорсткість, відбивна здатність, прозорість). Візуалізатор Unreal Engine 4, завдяки спеціальним алгоритмам, здатен здійснювати рендерінг сцени в реальному часі, а завдяки підтримці технології PBR (physicalbasedrendering – фізично достовірна візуалізація) забезпечує високу якість зображення. Останні властивості і пригорнули до Unreal Engine 4 увагу фахівців зі створення інтерактивного контенту.

Проте, не зважаючи на вагомні переваги, Unreal Engine 4 (як і всі інші системи візуалізації реального часу) має один суттєвий недолік. Вона критична до кількості полігонів в сцені. Якщо ця кількість перевищує певний рівень – візуалізація значно уповільнюється і об'єкти сцени втрачають плавність руху. Але ступень деталізації і, як слідство, якість зображення пропорційні кількості полігонів. Таким чином, спостерігаємо певні обмеження якості. Ці проблеми було вирішено використанням текстурних карт нормалей, які є складовою частиною процесу PBR, а також використанням багаторівневого моделювання об'єктів (так званих лодів), які мають різний ступень деталізації. Об'єкти переднього плану мають максимальну деталізацію, а по мірі віддалення від камери спостерігача, замінюються на менш деталізовані лоди. Необхідність (згідно з вимогами PBR) створення додаткових текстурних карт потребує використання на етапі моделювання додаткового програмного забезпечення, як для створення текстур, так і для нанесення їх на моделі.

Таблиця 2.

| Система                | Наявність безкоштовної версії | Рівень популярності у вітчизняному співтоваристві | Реалістичність візуалізації |
|------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|
| <i>Unity</i>           | Так                           | високий   | середня                     |
| <i>Unreal Engine 4</i> | Так                           | високий   | висока                      |
| <i>Phaser</i>          | Так                           | низький   | низька                      |
| <i>Cry Engine</i>      | Так                           | середній  | висока                      |
| <i>Turbulenz</i>       | Так                           | низький   | низька                      |
| <i>Corona SDK</i>      | Так                           | низький   | низька                      |
| <i>Game Salad</i>      | Ні                            | низький   | низька                      |
| <i>Lumberyard</i>      | Так                           | середній  | висока                      |
| <i>Hero Engine</i>     | Ні                            | середній  | середня                     |

### 3. Методологічні дослідження.

В процесі роботи над проектом був використаний досвід розробників комп'ютерних ігор в тій частині, коли створюється так зване оточення, тобто моделюються об'єкти сцени, створюються текстурні карти, налаштовуються джерела освітлення, атмосферні ефекти тощо. Завдання дослідження визначили послідовність операцій, які необхідно виконати для найбільш раціонального створення інтерактивного 3d-туру. Робота виконується в кілька етапів.

I. Ескізування. На цьому етапі створюються паперові ескізи об'єктів сцени з нанесенням всіх можливих розмірів та формується набір так званих референсів (об'єктів-прикладів, щоб створити уяву, як мають виглядати текстури та геометрія майбутньої моделі). Для цього використовують різноманітне графічне програмне забезпечення (Photoshop, Illustrator тощо).

II. Моделювання та текстурізація. На цьому етапі створюються тривимірні моделі об'єктів сцени в середовищі редакторів 3d-графіки. В нашому випадку використовується редактор Autodesk 3dsmax. Робота відбувається по схемі «подвійного» моделювання, тобто одночасно створюється по два клони кожного об'єкту, один з яких – модель з високою кількістю полігонів (так звана High Poly-модель), а інша – спрощена (Low Poly-модель), з мінімальною кількістю полігонів. Low Poly-модель у подальшому імпортуватиметься у движок, а High Poly-модель слугує для створення текстурних карт нормалей. Текстурні карти можна створювати різними засобами, але емпіричні дослідження таких засобів продемонструвало, що найбільш ефективно і якісно створювати текстурні карти за допомогою програми Substance Painter. Для більшої деталізації карти нормалей рекомендується High Poly-модель «доводити» в редакторі ZBrush. Унікальна технологія піксольної побудови моделі в цій програмі дозволяє отримувати ультрависоку деталізацію без суттєвого витрачання обчислювального ресурсу. Текстурні карти нормалей, що створені з використанням ZBrush дозволяють отримати максимальну реалістичність візуалізації.

III. Створення функціоналу. На цьому етапі відбувається остаточна «збірка» проекту. Операції цього етапу проходять в середовищі Unreal Engine. Тут створюється освітлення, атмосферні ефекти, програмується рух камери тощо. Об'єкти, що були створені заздалегідь, імпортуються та розташовуються на штатні місця. В середовищі Unreal Engine можна провести налагодження проекту та відредагувати проблемні місця. Після остаточного «прогону» проект піддається процедурі рендерінгу. В результаті створюється пакет файлів, які в комплексі являють додаток, що виконується. Це і є інтерактивний віртуальний продукт – фінал проектування. Його можна запускати незалежно на Windows – сумісній платформі будь-якого комп'ютеру. Тут є певні вимоги до міцності графічного адаптера, бо від неї залежить якість відображення текстур та

плавність руху. Керування камерою віртуального туру здійснюється з клавіатури так само, як в комп'ютерній грі. При наявності VR-обладнання додаток легко адаптується до режиму VR.

**Висновки.** Отже, спираючись на дані, що були отримані в процесі роботи над створенням віртуальної інтерактивної тривимірної реконструкції будинку князя Г. О. Потьомкіна, що був розташований на рубежі XVIII–XIX століть на території Богоявленську, можна зробити кілька важливих висновків.

1. Історичне дослідження, що було проведено на першому етапі роботи над проектом дозволило з'ясувати, як саме виглядав будинок, які він мав інтер'єри та меблювання. На цьому етапі виявилися кілька нез'ясованих питань:

- а) невідомі сюжети та стиль настінних розписів;
- б) протиріччя між планом будинку та його зображенням на картах того часу;
- в) невідомий зовнішній вигляд меблів та інших об'єктів інтер'єру.

Вирішуючи ці питання були зроблені певні припущення, а пошуки більш точної відповіді є завданням для майбутніх досліджень.

2. Технологічне дослідження дозволило визначити коло технологій та програмного забезпечення, яке найбільш раціонально і якісно дозволило б вирішити завдання створення віртуальної інтерактивної реконструкції. В результаті порівняльного аналізу існуючих технологій та програм було сформовано набір програмного забезпечення, в середовищі якого виконання завдання було б найбільш ефективно і якісно. В якості тривимірного редактору рекомендується використовувати додаток Autodesk 3dsmax, у якості базової технології візуалізації – PBS/PBR, а у якості середовища створення функціоналу – движок Unreal Engine 4.

3. В результаті методологічного дослідження було розроблено оптимальну послідовність операцій та перелік дій, які необхідні для найефективнішого створення інтерактивного додатку. Були виявлені труднощі, пов'язані із обернено пропорційною залежністю якості кінцевого продукту від деталізації моделей. Для вирішення цієї проблеми запропонована схема «подвійного моделювання», з широким використанням текстурних карт нормалей та використання лодових клонів об'єктів. Дані, що були отримані в результаті методологічного дослідження лягли в основу методики, яку рекомендується застосовувати дизайнерам та розробникам у всіх подібних випадках.

4. Результати роботи над проектом віртуальної інтерактивної реконструкції маєтку князя Потьомкіна в Богоявленському стануть складовою частиною більш амбітного проекту – віртуальної інтерактивної реконструкції Богоявленського парку загалом, а в подальшому будуть запропоновані музеям Миколаєва у якості демонстраційних матеріалів. Крім того, вони можуть стати поштовхом для подальших віртуальних інтерактивних реконструкцій втрачених історичних пам'яток України та світу.

## Список використаних джерел

1. Атанов, В., 2018. 'Професійна діяльність Вільяма Гульда та створення з його ініціативи Богоявленського парку в 1790–1792 роках', *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Мистецтвознавство / [за ред. О. С. Смоляка]*, Тернопіль: Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, №1 (вип.38), с.252–262.
2. Белехов, Н., Петров, А., 1950. 'Иван Старов: материалы к изучению творчества', М.: *Изд-во Академии архитектуры СССР*, 178 с.
3. Грязнова, ЕВ., 2013. 'Философский анализ концепций виртуальной реальности', *Философская мысль*, №4, с.53–82. DOI: 10.7256/2306-0174.2013.4.278. [online] Доступно: [http://e-notabene.ru/fr/article\\_278.html](http://e-notabene.ru/fr/article_278.html) – дата перегляду: 27.12.2018.
4. Зеньков, А. 'Станет ли смешанная реальность будущим компьютерных технологий?'. [online] Доступно: <https://rb.ru/story/mixed-reality/> – дата перегляду: 27.12.2018.
5. Илонарига. 'Поместье Кукшу. Приют аристократа'. [online] Доступно: <https://turbina.ru/guide/Kukshas-Latviya-138942/Zametki/Pomeste-Kukshu-Priyut-aristokrata-102080/> – дата перегляду: 27.12.2018.
6. Кухар-Онисько, НА. 2013. 'Богоявленск – колыбель Николаева: очерк', Николаев: *Изд-во Ирины Гудым*, 208 с.: ил.
7. Носов, НА., 2000. 'Словарь виртуальных терминов', *Труды лаб. Виртуалистики*, Вып.7. Труды Центра профориентации, М., с.16.
8. 'Очки дополненной реальности – совмещение настоящего мира с виртуальным'. [online] Доступно: <https://aboutvr.ru/ochki-dopolnennoi-realnosti/> – дата перегляду: 27.12.2018.
9. Римша, Р. 'Унгурмуяжа – имение под дубами'. [online] Доступно: <https://renatar.livejournal.com/558622.html> – дата перегляду: 27.12.2018.
10. Рожко, ВМ., 2013. 'Методика графічної реконструкції дерев'яної наскельної архітектури (на прикладі пам'яток IX–XVI століть Західного регіону України)': автореф. дис. ... канд. архітектури: 18.00.01, Львів, 25 с.
11. Рожко, МФ., 1996. 'Тустань – давньоруська наскельна фортеця: наукове видання', К.: *Наукова думка*, 272 с.
12. 'Таврический дворец'. [online] Доступно: <http://www.citywalls.ru/house3673.html> – дата перегляду: 27.12.2018.
13. Черненко, ЕА. '3D графическая реконструкция и визуализация памятника археологии', *Информационное общество*, №2–3, с.80–85.
14. Ярослав Каплан. 'Гид по VR в 2018'. [online] Доступно: <http://indiumlab.com/blog/gid-po-vr-v-2018-obzor-oborudovaniya-dlya-virtualnoy-realnosti> – дата перегляду: 27.12.2018.
15. Benjamin Paterssen. 'View of the Tauride Palace from the Garden'. [online] Доступно: <https://www.arthermitage.org/Benjamin-Paterssen/View-of-the-Tauride-Palace-from-the-Garden.html> – дата перегляду: 27.12.2018.
16. 'PBR GUIDE'. [online] Доступно: <https://academy.allegorithmic.com/courses/pbrguides> – дата перегляду: 27.12.2018.
17. Soltani, AA.; Huang, H.; Wu, J.; Kulkarni, TD.; Tenenbaum, JB., 2017. 'Synthesizing 3D Shapes via Modeling Multi-View Depth Maps and Silhouettes With Deep Generative Networks', *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p.1511–1519, via Git Hub.
18. Vosselman, George, and Sander Dijkman. '3D building model reconstruction from point cloud and ground plans', *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*, 34.3/W4 (2001): 37–44.
3. Grjaznova, EV., 2013. 'Filosofskij analiz koncepcij virtual'noj real'nosti (Philosophical analysis of the concepts of virtual reality)', *Filosofskaja mysl'*, №4, s.53–82. DOI: 10.7256/2306-0174.2013.4.278. [online] Dostupno: [http://e-notabene.ru/fr/article\\_278.html](http://e-notabene.ru/fr/article_278.html) – data peregljadu: 27.12.2018.
4. Zen'kov, A. 'Stanet li smeshannaja real'nost' budushhim komp'juternyh tehnologij? (Will mixed reality be the future of computer technology?)'. [online] Dostupno: <https://rb.ru/story/mixed-reality/> – data peregljadu: 27.12.2018.
5. Ilonariga. 'Pomest'e Kukshu. Prijut aristokrata (Manor Kuksha. Shelter aristocrat)'. [online] Dostupno: <https://turbina.ru/guide/Kukshas-Latviya-138942/Zametki/Pomeste-Kukshu-Priyut-aristokrata-102080/> – data peregljadu: 27.12.2018.
6. Kuchar-Onyshko, NA. 2013. 'Bogojavlensk – kolybel' Nikolaeva: ocherk (Bohoyavlensk – the cradle of Nikolaev: essay)', Nikolaev: *Izd-vo Iriny Gudym*, 208 s.: il.
7. Nosov, NA., 2000. 'Slovar' virtual'nyh terminov (Virtual Glossary)', *Trudy lab. Virtualistiki*, Vyp.7. Trudy Centra proforientacii, M., s.16.
8. 'Ochki dopolnennoj real'nosti – sovmeshenie nastojashhego mira s virtual'nym (Augmented reality glasses – combining the real world with the virtual)'. [online] Dostupno: <https://aboutvr.ru/ochki-dopolnennoi-realnosti/> – data peregljadu: 27.12.2018.
9. Rimsha, R. 'Ungurmujzha – imenie pod dubami (Ungurmuiža – estate under the oaks)'. [online] Dostupno: <https://renatar.livejournal.com/558622.html> – data peregljadu: 27.12.2018.
10. Rozhko, VM., 2013. 'Metodyka grafichnoi' rekonstrukcii' derev'janoi' naskel'noi' arhitektury (na prykladi pam'jatok IX–XVI stolit' Zahidnogo regionu Ukrainy) (Method of graphic reconstruction of wooden rock architecture (on the example of monuments of IX–XVI centuries of the Western region of Ukraine))': avto-ref. dys. ... kand. arhitektury: 18.00.01, L'viv, 25 s.
11. Rozhko, MF., 1996. 'Tustan' – davn'orus'ka naskel'na fortecja: naukovye vydannja (Tustan – ancient native fortress: scientific publication)', K.: *Naukova dumka*, 272 s.
12. 'Tavrisheskij dvorec (Tauride Palace)'. [online] Dostupno: <http://www.citywalls.ru/house3673.html> – data peregljadu: 27.12.2018.
13. Chernenko, EA. '3D graficheskaja rekonstrukcija i vizualizacija pamjatnika arheologii' (3D graphic reconstruction and visualization of the archeological monument)', *Informacionnoe obshhestvo*, №2–3, s.80–85.
14. Jaroslav Kaplan. 'Gid po VR v 2018 (VR Guide 2018)'. [online] Dostupno: <http://indiumlab.com/blog/gid-po-vr-v-2018-obzor-oborudovaniya-dlya-virtualnoy-realnosti> – data peregljadu: 27.12.2018.
15. Benjamin Paterssen. 'View of the Tauride Palace from the Garden'. [online] Dostupno: <https://www.arthermitage.org/Benjamin-Paterssen/View-of-the-Tauride-Palace-from-the-Garden.html> – data peregljadu: 27.12.2018.
16. 'PBR GUIDE'. [online] Dostupno: <https://academy.allegorithmic.com/courses/pbrguides> – data peregljadu: 27.12.2018.
17. Soltani, AA.; Huang, H.; Wu, J.; Kulkarni, TD.; Tenenbaum, JB., 2017. 'Synthesizing 3D Shapes via Modeling Multi-View Depth Maps and Silhouettes With Deep Generative Networks', *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p.1511–1519, via Git Hub.
18. Vosselman, George, and Sander Dijkman. '3D building model reconstruction from point cloud and ground plans', *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*, 34.3/W4 (2001): 37–44.

## References

\* \* \*

1. Atanov, V., 2018. 'Profesijna dij'al'nist' Vil'jama G'u'l'da ta stvorennja z jogo iniciatyvy Bogojavlensk'kogo parku v 1790–1792 rokah (The work of William Gould and the creation of the Epiphany Park on his initiative in the years 1790–1792)', *Naukovi zapysky Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka. Serija: Mystectvoznavstvo / [za red. O. S. Smoljaka]*, Ternopil': *Vyd-vo TNPU im. V. Gnatjuka*, №1 (vyp.38), s.252–262.
2. Belehov, N., Petrov, A., 1950. 'Ivan Starov: materialy k izucheniju tvorcestva (Ivan Starov: materials to the study of creativity)', M.: *Izd-vo Akademii arhitektury SSSR*, 178 s.