

І.Н. Бурчак

Луцький національний технічний університет

## ВІРТУАЛЬНА РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ 3D КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

*Дана робота присвячена розв'язанню науково-практичної проблеми збереження історичної спадщини України. Станом на сьогоднішній день існує багато способів музеєфікації історичних споруд серед, яких зовнішня музеєфікація – це механізм перетворення історичного комплексу в музей під відкритим небом, незалежно від стану збереженості чи наявності музейної експозиції. По суті, пам'ятка виступає як музейний об'єкт та вважається основним, а часто – єдиним експонатом. Віртуальною формою музеєфікації є сучасна інформаційна анімаційна технологія, яка дає змогу створити 3D-моделі історичних будівель, відновити первісний архітектурний вигляд та репрезентувати матеріали про пам'ятку в інтерактивному середовищі, що покращує візуальне сприйняття об'єкту.*

*Робота є мультидисциплінарною, вона зачіпає історію, мистецтво, архітектуру, будівництво, та найбільш смісною її частиною є комп'ютерні, мультимедіа технології та комп'ютерна графіка.*

*У роботі проаналізовані сучасні види, форми та напрями музеєфікації історичних споруд. Запропоновано комп'ютерну реалізацію 3D зображення Хрестовоздвиженської церкви в м.Луцьку.*

*Ключові слова: комп'ютерна графіка, CAD-системи, музеєфікація, історичні споруди, віртуальна реконструкція, 3D зображення, CAD модель*

I. Burchak

## VIRTUAL RECONSTRUCTION OF HISTORICAL BUILDINGS USING 3D COMPUTER GRAPHICS

*This work is devoted to solving the scientific and practical problem of preserving the historical heritage of Ukraine. As of today, there are many ways of museification of historical buildings, among which external museification is a mechanism for transforming a historical complex into an open-air museum, regardless of the state of preservation or the presence of a museum exposition. In fact, the monument acts as a museum object and is considered the main, and often the only, exhibit. The virtual form of museification is modern information animation technology, which makes it possible to create 3D models of historical buildings, restore the original architectural appearance and represent materials about the monument in an interactive environment, which improves the visual perception of the object.*

*The work is multidisciplinary, it affects history, art, architecture, construction, and its most comprehensive part is computer, multimedia technologies and computer graphics.*

*The paper analyzes modern types, forms and directions of museification of historical buildings. A computer implementation of a 3D image of the Church of the Exaltation of the Holy Cross in Lutsk is proposed.*

*Key words: computer graphics, CAD-systems, museification, historical buildings, virtual reconstruction, 3D images, CAD model*

**Постановка проблеми.** У наші дні 3D-моделювання все повніше охоплює області, в яких раніше не застосовувалось. На черзі новий простір просування – історична реконструкція архітектурних будівель та споруд.

Серед сучасних світових та вітчизняних тенденцій спостерігається зростання уваги до відновлення об'єктів історико-культурної спадщини. Процеси урбанізації та глобалізації, захоплюючи традиційний культурний простір, загострюють проблему збереження об'єктів історико-культурного надбання та національно-культурної ідентичності. Внаслідок чого видозмінюються архітектурні ансамблі населених пунктів, маєтки, храми та монастирі; іноді об'єкти історико-культурної спадщини повністю або частково зникають в результаті воєн, катаклізмів, стихійних лих або політичних рішень.

Відновлювати зниклі або зруйновані пам'ятки культури у фізичних формах, тобто реставруючи або реконструюючи їх, не завжди вдається через визначені об'єктивні причини. До недавнього часу реконструкція зруйнованих або втрачених історичних об'єктів нерідко проводилася на папері у вигляді малюнків, креслеників або настільних макетів, які з певним ступенем достовірності відображали загальний вигляд досліджуваного зразка. На сьогоднішній день, на заміну консервативним та малоефективним технологіям ручного (фізичного) макетування приходять комп'ютерно-інтегровані, мультимедійні та віртуально спрямовані засоби відтворення об'єктів на екрані монітора. Така форма представлення історичної інформації є більш наочною, точнішою та надійнішою у порівнянні із фізичними макетами або графічними реконструкціями.

Враховуючи світовий досвід у царині збереження культурної спадщини та з огляду на процеси, що відбуваються у вітчизняному суспільстві на теренах державотворення та збереження національної автентичності, на даний час є особливо актуальним вивчення, дослідження, відновлення та збереження пам'яток історико-культурного надбання. Ідея розробки проекту з елементами комп'ютерного моделювання об'єктів та споруд виникла у процесі співпраці істориків та науковців ІТ-технологій.

Використання технологій тривимірного моделювання в історичному дослідженні вимагає чіткої розстановки пріоритетів і завдань дослідження. Вони вимагають від дослідників наявності широкого кругозору в досліджуваній проблематиці. Професійні науково обґрунтовані проекти побудови комп'ютерних реконструкцій повинні мати міждисциплінарний характер. Успішна реалізація проекту передбачає виконання значного обсягу робіт і можлива лише за умови узгодженої плідної співпраці науковців різних напрямів: істориків, археологів, музеєзнавців, філологів, архітекторів та ІТ-спеціалістів.

Як показує досвід, відновлення зруйнованих споруд як в Україні, так і в світі не завжди дає позитивні результати. Деякі відбудовані споруди залишилися лише макетами і не змогли стати достойною заміною оригінальній пам'ятці. Часто під час таких «відбудов» руйнувалися залишки автентичних пам'яток. Вчені зазначають, що відбудова зруйнованих будинків дає негативний досвід, оскільки, відтворюючи архітектурну пам'ятку або весь ансамбль, ми "забуємо про одну з їхніх основних цінностей – абсолютну неповторність" [1]. Цілісне відтворення втрачених пам'яток негативно оцінив відомий мистецтвознавець І. Грабар. Він зазначив, що під час таких "реставрацій" було безповоротно знищено більше дорогоцінних решток старовини, ніж їх загинуло під час усіх воєн, що пронеслися над Європою з часів Середньовіччя.

Так, хоч відбудована історична частина Варшави (Старе М'ясто) входить у список ЮНЕСКО, а відновлені Золоті Ворота і Михайлівський Золотоверхий собор в Києві вражають сучасників, спеціалісти-архітектори мають низку застережень щодо повного відтворення втрачених пам'яток, оскільки вони – свідки минулого, безцінні історичні документи, які необхідно оберігати від будь-яких переробок, що можуть спотворити їхній вигляд і звести нанівець їх значення.

З цією метою міжнародні організації, зокрема ЮНЕСКО, ІКОМОС, ІКОМ та інші, прийняли низку важливих документів, спрямованих на найефективнішу охорону і використання культурної спадщини людства. У 2000 р. на основі «Венеційської хартії» та низки інших документів прийнято «Ризьку хартію про автентичність та історичну реконструкцію культурної спадщини». У конференції щодо її прийняття брала участь делегація України.

В Україні пам'ятоохоронні питання регулюються такими нормативними актами: Конституція України (статті 54, 66), Закон України "Про основи містобудування" (1992), Закон України "Про відповідальність підприємств, їх об'єднань, установ та організацій за правопорушення у сфері містобудування" (1994), Кримінальний кодекс України (статті 89-91), Основи законодавства України про культуру (1992), Закон України "Про охорону культурної спадщини" (2000).

Оскільки зарубіжні та вітчизняні документи не рекомендують відновлювати втрачені пам'ятки, розглянемо методи відновлення архітектурного образу пам'ятки в історичному ландшафті за допомогою мультимедійних виставкових технологій. Такі технології широко використовуються в Україні та у світі. Наприклад, в Кракові з 2011 р. функціонує Підземний музей Торгової площі міста. Тут зроблено комп'ютерні моделі близько 500 експонатів, котрі можна дослідити в 3D на сенсорному екрані в перспективі з різних сторін. Підземний музей створено з використанням потужних сучасних мультимедійних і виставкових технологій, що застосовуються в процесі представлення зображень, фільмів, звуків і 3D-анімації, для створення яскравих ілюзій середньовічного Кракова. На виставці також працюють голографічні проектори, які застосовуються переважно в процесі тривимірної реконструкції будівель минулого. Сьогодні в Києві існує музей голограм, а у Львові працює голографічна лабораторія при Музеї історії релігії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема реконструкції архітектурних пам'яток актуальна, оскільки відроджується інтерес українського народу до своєї історії і культури. Активне розгортання процесів світової глобалізації потребує цілеспрямованого збереження та охорони української регіональної архітектурно-культурної спадщини. Ефективним механізмом у цьому напрямі, на наш погляд, є музеєфікація, технологічна сутність якої розкривається завдяки перетворенню пам'яток в об'єкти музейного показу, а також надання їм анімаційно-видовищної функції. Однак на сучасному етапі спостерігається значний дефіцит і дисбаланс міждисциплінарних

досліджень з музеєфікації замкових споруд, науково-теоретичного обґрунтування та практичного використання інноваційних механізмів музеєфікації [1, 2].

Аналізуючи відому роботу «Past, present and future of historical information science» [3] авторів Onno Boonstra, Leen Breure, Peter Doorn опубліковану в 2004 році, можна відслідкувати найбільш перспективні на той час напрями історичної інформатики: моделювання даних, їх стандартизація; електронна публікація джерел за допомогою технології XML; комп'ютеризований контент-аналіз тексту та аналіз зображень; використання складних статистичних технологій; розробка спеціальних інформаційно-пошукових систем для роботи з історичними даними; рефлексивне та імітаційне моделювання: ГІС (геоінформаційні системи), 3D-реконструкції, графіка та ін.; електронні публікації історичних досліджень, on-line музейні експозиції. На сьогоднішній день, усі вищенаведені напрями історичної інформатики залишаються актуальними, розвиваються і втілюються повною мірою у міжнародних проєктах RomeReborn (рис. 1), Persepolis 3D (рис. 2), KhufuReborn (рис. 3), Paris 3D (рис. 4) та багато інших [4-7], що відображають реконструкції відомих міст або об'єктів, виконані засобами комп'ютерних та мультимедійних технологій.

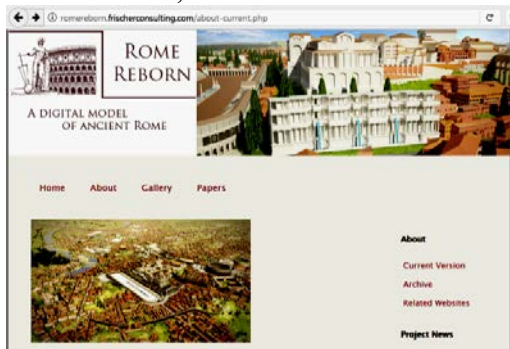


Рис. 1. Інтерфейс проєкту RomeReborn

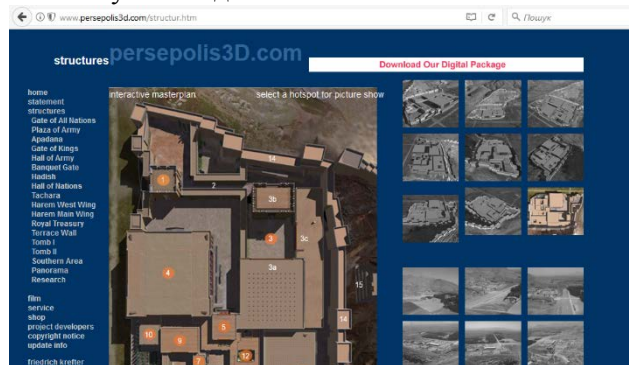


Рис. 2. Інтерфейс проєкту Persepolis 3D

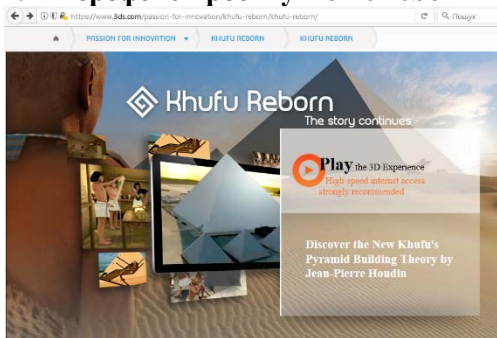


Рис. 3. Інтерфейс проєкту KhufuReborn

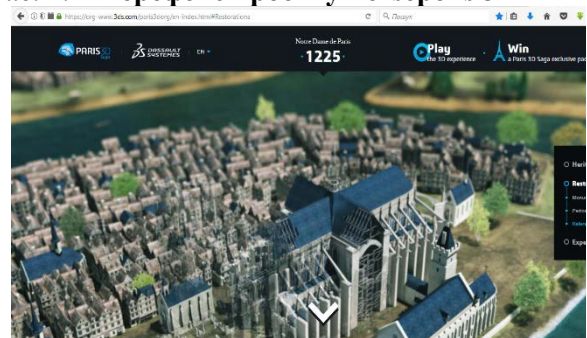


Рис. 4. Інтерфейс проєкту Paris 3D



Рис. 5. Фрагмент зображення Тустан-віртуальна

На нашу думку, це чудовий приклад використання можливостей сучасних технологій у галузі віртуальної реконструкції історичних об'єктів.

На основі вищенаведеного можна стверджувати, що використання технологій комп'ютерної графіки та зокрема 3D-моделювання є актуальним та перспективним інструментом у історико-археологічних дослідженнях. Процес створення комп'ютерних 3D-макетів (моделей) втрачених або зникаючих об'єктів історико-культурної спадщини за допомогою спеціального програмного забезпечення називають «віртуальною історичною реконструкцією» [9-12].

**Постановка завдання та мета дослідження.** У 2017 році між науковцями і студентами кафедри Інженерної та комп'ютерної графіки Луцького національного технічного університету та музею історії Луцького Братства та з нагоди відзначення 400-річного ювілею Луцького Братства було заключено угоду. Метою даної угоди було дослідження історичних документів, описів, фотографій і т.п., на основі яких стало би можливим створити 3D моделі об'єктів Луцького Братства. Першу частину зобов'язались виконувати історики та науковці Луцького Братства, за другу – створення геометричних САД – моделей та комп'ютерну візуалізацію взяли відповідальність науковці та студенти ЛНТУ.

**Виклад основного матеріалу.** Науково-технічний прогрес у царині комп'ютерних наук сприяв виникненню програм для автоматизованого проектування САД (англ. Computer-Aided Design). Їх використання дозволяє спростити процес проектування, так як результати роботи у даних програмах представлено у вигляді креслеників, тобто плоских зображень, а також тривимірних моделей, що виступають цифровими макетами реальних або віртуальних об'єктів, тому процес створення комп'ютерних 3D макетів (моделей) втрачених або зникаючих об'єктів історико-культурної спадщини у САД програмах називають «віртуальною історичною реконструкцією»

Але для початку роз'яснимо поняття віртуальної реконструкції. Вона являється однією із форм музеєфікації:

– фізична (матеріальна) музеєфікація – традиційний спосіб, що потребує значних грошових активів, проведення спектру інженерно-технологічних робіт та забезпечення музейного експозиціонування;

– віртуальна (нематеріальна) музеєфікація – сучасна інформаційна анімаційна технологія, яка дає змогу створити 3D-моделі замків, відновити первісний архітектурний вигляд та репрезентувати матеріали про пам'ятку в інтерактивному плані.

Вибору найоптимальнішого способу музеєфікації пам'яток замкової архітектури передусє ревалоризація для визначення історико-культурної, естетико-архітектурної, пізнавальної та атрактивної цінності.

На сьогоднішній день не існує чіткої класифікації або типології віртуальних реконструкцій, проте окремі фахівці у даній галузі, намагаються класифікувати їх для спрощення опису та певного узгодження у діях під час розробки. Так згідно з сучасними публікаціями було прийнято алгоритм побудови, який представлений на рис.6.

3D-модель дозволяє ефективно працювати з нею як з точною копією великих і складних об'єктів реальності, віртуально здійснювати довільні перетворення, що можуть бути руйнівні або неможливі в реальному світі. Використання в процесі побудови віртуальної реконструкції методів 3D-моделювання вимагає нових джерелознавчих підходів, орієнтованих на синтез різнотипних джерел, до того ж представлених у різні періоди часу, протягом яких відбувалася еволюція досліджуваної історичної забудови. Важливим аспектом такої роботи є і забезпечення верифікації створюваної віртуальної реконструкції.

Отже розробники (виконавці) й замовники домовились розпочати цей спільний проект реконструкції "дитинця" – території Луцького Хрестовоздвиженського братства спочатку у спрощеному варіанті. Стадія "екскурсійно-туристичної" реконструкції, яка дасть змогу наближено відтворити та розташувати історичні споруди передуватиме наступній – з обґрунтованим та більш точним моделюванням історичних споруд. Також, незалежно від стадії проекту реконструкцію "дитинця" пропонується розбити на складові частини для 3D-моделювання:

- реконструкція монастиря;
- реконструкція церкви;
- реконструкція муру та дерев'яного паркану;
- реконструкція братського шпиталю;
- реконструкція інших будівель – монастирської трапезної, стайні, возового двору, виноробні та ін.;

– реконструкція рельєфу місцевості та загального розміру території розміщення споруд, як цілісної одиниці.

На нинішньому етапі виконано моделювання Хрестовоздвиженської церкви Братства 16 століття, реконструйованої в 3D за історичними описами (візитаціями). В правій частині скріншота (рис. 7) бачимо CAD модель, а в лівій частині церква з нанесеними матеріалами



Рис. 6. Алгоритм процесу побудови віртуальної реконструкції

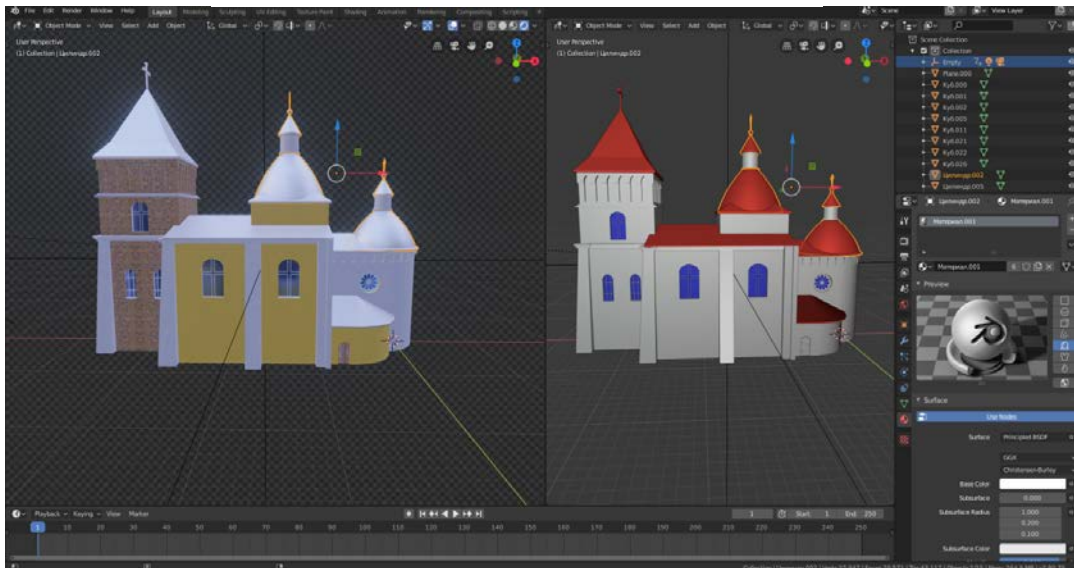


Рис. 7. Хрестовоздвиженська церква в м. Луцьку

На підготовлений в деталях об'єкт накладаються матеріали. Вони характеризуються текстурою, кольором, прозорістю, блиском, та іншими багатьма параметрами фізичних матеріалів і формують карти матеріалів. На рисунках 8 і 9 бачимо процес назначення кольорів та текстур об'єкту, адже цей об'єкт музеєфікації відтворений за описами (візитаціями).

Далі створюється освітлення – розташовуються джерела світла та рух камери і об'єкт „рендериться” (рис.10), тобто комп'ютер прораховує відбиття світла та нанесення світлотіней. У цьому проєкті світло прив'язується до камери, яка рухається навколо „пустишки”. Пустышка це пустий, нульовий об'єкт, який розміщений в центрі моделі. Коли ми обертаємо пустышку навколо осі z – камера зі світлом крутиться кругом моделі. Так відбувається рендерінг і анімація об'єкта.

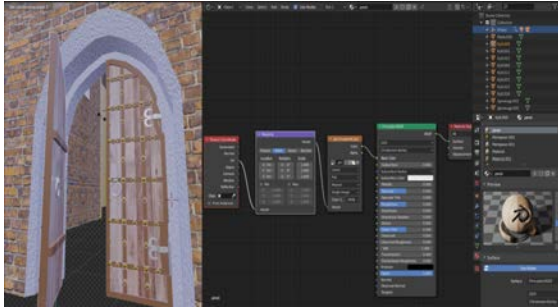


Рис. 8. Нанесення текстур та кольорів

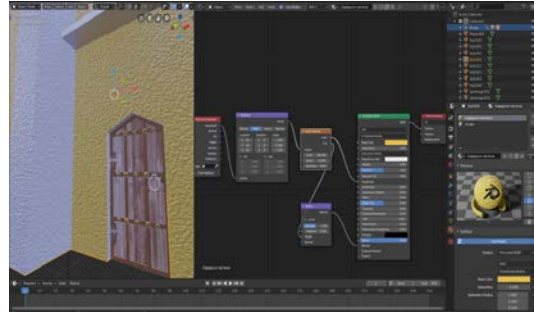


Рис. 9. Нанесення текстур та кольорів

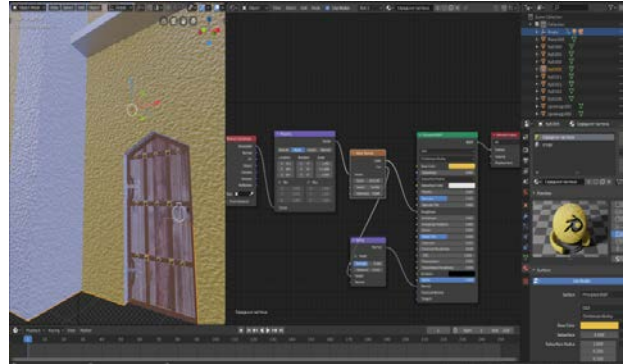
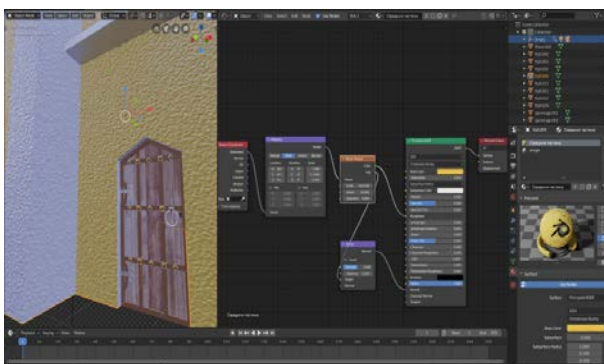
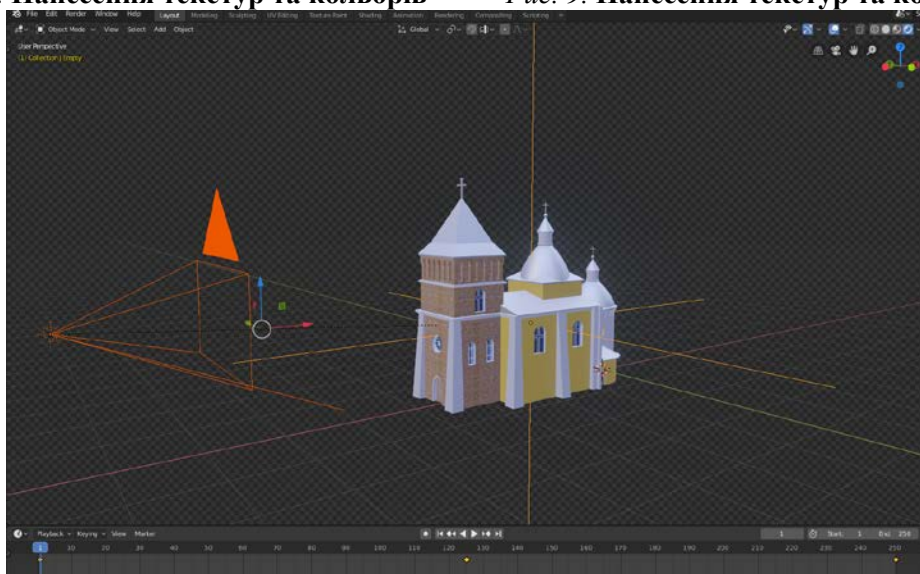


Рис. 10. Підготовка до реалізації анімаційного ролика

**Висновок.** Оскільки нині інтенсивно розвиваються мультимедійні виставкові медіа-технології, такий спосіб доцільно розглядати як один зі шляхів збереження мистецької спадщини людства.

Фактично віртуальна реконструкція і є форма інтерпретації пам'ятки історії та культури, але обов'язково науково обґрунтована. Це багатогранна модель, яка спирається на історичну реконструкцію як метод історичного дослідження, але виражається у новій формі за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Отримавши розвиток в 90-і роки ХХ століття і знайшовши

статус самостійного міждисциплінарного напрямку, віртуальні реконструкції стають все більш затребуваними в сучасну музейну справу.

Знищений твір неможливо відтворити, як не можна відтворити минулий час із його матеріальними і духовними атрибутами. Але є способи "відтворити" споруду, створивши замість оригінальної пам'ятки сучасну інженерну конструкцію – архітектурну інсталяцію, яка імітує ті чи інші історичні архітектурні форми. Такі засоби, як і жодні інші, не зможуть відновити втрачене. Але вони зможуть зберегти і донести до нащадків безцінні образи мистецької спадщини України.

В Україні і, зокрема, на «музейні технології», існує безліч зруйнованих чи близьких до знищення архітектурних пам'яток. Необхідно шукати нові способи їх збереження та відновлення з метою відтворення ціннісних автентичних зразків пам'яток, зокрема їх архітектурних образів у історичному ландшафті.

#### Список використаних джерел

9. Тустань. Місто-фортеця [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://tustan.ua/tustan\\_3d/#5](http://tustan.ua/tustan_3d/#5)
10. Логвин Н. Український архітектурний "Діснейленд" // Людина і влада. – 2000.
11. Boonstra O., Breure L., Doorn P. Past, Present and Future of Historical Information Science. — Amsterdam, 2004. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hist.msu.ru/Departments/Inf/Stud/Heuristics/Reader/PPFofHIS.pdf>.
12. RomeReborn [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future): <http://romereborn.frischerconsulting.com>
13. Persepolis 3D [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future): <http://www.persepolis3d.com>
14. KhufuReborn [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future): <http://www.3ds.com/passion-for-innovation/khufu-reborn/khufu-reborn>
15. Paris 3D [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future): <http://paris.3ds.com/en-index.html#Heritage>
16. Тріпутіна Н. Розробка технології створення тривимірної моделі історичного центру Харкова / Н. Тріпутіна, А. Онопрієнко. // Актуальні проблеми вітчизняної та всесвітньої історії: Збірник наукових праць. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – Вип. 13. – С. 187–197.
17. N. Garhøj Larsen. Virtual Reconstruction: A Tool for the Future [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future)
18. ЛИСИЙ І. Вектори музеєфікації замків Івано-Франківської області // Музеєфікація фортифікаційних пам'яток – ВІЙСЬКОВО-ІСТОРИЧНИЙ МЕРИДІАН. ЕЛЕКТРОННИЙ НАУКОВИЙ ФАХОВИЙ ЖУРНАЛ. – 2017. – № 16. – С. 75–87.
19. Babylon 3D [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_A\\_Tool\\_for\\_the\\_Future](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_A_Tool_for_the_Future): <http://www.kadingirra.com>.
20. Byzantium 1200 [http://www.academia.edu/17655075/Virtual\\_Reconstruction\\_](http://www.academia.edu/17655075/Virtual_Reconstruction_)