

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК  
СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Віртуальна екскурсія історичною пам'яткою "Круглий двір"  
м. Тростянець»

за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»,  
освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

Виконавець роботи: студентка групи ІТ-62 Пономаренко В.С.

Кваліфікаційна робота бакалавра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою

\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Науковий керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доц., Федотова Н.А.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Голова комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Шифрін Д. М.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає  
запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми-2020

Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук  
Секція інформаційних технологій проектування  
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»  
Освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. секцією ІТП

\_\_\_\_\_ В. В. Шендрик  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ**

*Пономаренко Вікторія Сергіївна*

**1 Тема роботи** Віртуальна екскурсія історичною пам'яткою «Круглий двір» м. Тростянець

**керівник роботи** Федотова Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від «14» травня 2020 р. № 0576-III

**2 Строк подання студентом роботи** «1» червня 2020 р.

**3 Вхідні дані до роботи** Фото історичної пам'ятки «Круглий двір»

**4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** 1) Аналіз предметної області

2) Моделювання та проектування

3) Практична реалізація

**5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)** Постановка задачі, дослідження аналогів, вимоги до роботи, порівняльна характеристика аналогів, вхідні дані, контекстна діаграма процесу розробки, діаграма декомпозиції процесу розробки, діаграма варіантів використання, вибір програмного забезпечення, структура моделі, етапи

моделювання, призначення матеріалів, перенесення на рушій, публікації проекту, висновки.

---

**6. Консультанти розділів роботи:**

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.10.2019

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення планування робіт	До 08.03.2020	
2	Оформлення технічного завдання	До 03.04.2020	
3	Проведення аналізу предметної області	До 08.04.2020	
4	Проведення структурно-функціонального моделювання процесів	До 18.04.2020	
5	Проектування моделей сцени	До 05.05.2020	
6	Проведення текстурування	До 10.05.2020	
7	Перенесення моделей на рушій	До 19.05.2020	
8	Задача пояснювальної записки та файлів розробленого проекту	До 01.06.2020	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Пономаренко В.С.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доц. Федотова Н.А.

## РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Віртуальна екскурсія історичною пам'яткою «Круглий двір» м. Тростянець».

Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 21 найменувань, додатків. Загальний обсяг роботи – 85 сторінок, у тому числі 61 сторінок основного тексту, 3 сторінки списку використаних джерел, 21 сторінок додатків.

Кваліфікаційну роботу бакалавра присвячено розробці створення візуальної моделі головної пам'ятки міста Тростянець «Круглий Двір». В роботі проведено моделювання, текстурування та перенесення виконаної роботи на рушій. Результатом проведеної роботи є додаток віртуального туру. Практичне значення роботи полягає у застосуванні сучасних технологій, які допоможуть користувачеві ознайомитися з містом Тростянець Сумської області та його пам'яткою «Круглий двір».

Даний проект - це можливість відкрити для туриста цікаве історичне місце України. Головною метою є розробка доповнення, що допоможе користувачеві ознайомитися з місцевістю самого туристичного об'єкта, а також переглянути місце проведення більшості масштабних проєктів, а саме «Стара Фортеця», «Схід рок», «Чайковський-фест».

Ключові слова: МОДЕЛЮВАННЯ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, 3D МОДЕЛЬ, ПОЛІГОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, АНІМАЦІЯ, AUTODESK 3DS MAX, SUBSTANCE PAINTER, UNREAL ENGINE.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Огляд останніх досліджень і публікацій.....	8
1.2 Аналіз програмних продуктів.....	13
1.3 Постановка задачі.....	20
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	22
2.1 Структурно-функціональне моделювання процесу.....	22
2.2 Моделювання діаграми варіантів використання.....	23
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ.....	26
3.1 Розробка моделі «Круглий двір».....	26
3.2 Налаштування матеріалів.....	42
3.3 Перенесення моделей до рушія.....	50
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	66
ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ.....	74

## ВСТУП

Віртуальна екскурсія – це моделювання реальної місцевості й зазвичай складається з серії відео чи нерухомих зображень. На сьогоднішній час ми маємо безліч можливостей їх реалізацій, використовуючи різні мультимедійні функції. Наприклад, додаткові звуки місцевості, музика чи інші додаткові ефекти. Це радикально відрізняється від перегляду телевізора чи будь-яких відеоматеріалів, перш за все, через те, що користувач може контролювати пересування самостійно під час такого типу подорожі.

Таким чином використовуються дієвий спосіб засвоєння інформації, а саме активне навчання [1] або ознайомлення з місцевістю. Даний процес являє собою безпосередню взаємодію користувача з досліджуваним їм об'єктом, в нашому випадку історична пам'ятка Круглий двір.

Одним із найпопулярнішим типом віртуальної екскурсії в Україні є панорама. Дане представлення місцевості становить собою серію фотографій або відеозаписів, об'єднаних в один об'єкт. У більшості випадків терміни «панорама» та «віртуальна подорож» можуть майже не відрізнятися для звичайного користувача.

Головна відмінність в тому, що в одному випадку ми маємо обмеження в переміщенні, а в іншому вони відсутні. Панорама складається з безлічі знімків, зроблених з однієї точки зору. Для віртуального ж туру використовуються заздалегідь заготовлені 3d моделі. У сучасному світі даний тип створення прототипів став невідмінною частиною найрізноманітніших проєктів, починаючи від дизайну інтер'єрів, закінчуючи біоінженерією.

Наприклад, у Європейських університетах під час інтерактивної сесії студенти мають можливість разом з викладачами вивчити деякі галереї в Австралії в Канберрі, а також фотографії, твори мистецтва та фільми за певною тематикою, не покидаючи аудиторії. Вони можуть дізнатись про реальні об'єкти та взяти участь у заходах чи програмах, пов'язаних з австралійськими курсами.

Вираз, що краще один раз побачити, ніж сто разів почути залишається актуальний й зараз. Екскурсія – гарний спосіб дізнатися багато цікавого та нового про певні місця чи навіть періоди часу [2]. Звичайне, є певні перешкоди. Наприклад, не кожен має змогу відвідати будь-яке місце через певні перешкоди. На щастя, сучасні технології у наш час відкривають безліч можливостей. Завдяки різноманітним додаткам кожен має можливість відвідати найкращі музеї світу чи відомі історичні пам'ятки. Перед користувачем відкрито безліч дверей до відомих галерей, національних виставкових комплексів або інших видатних пам'яток та місцевостей. З легкістю можна дізнатися всю потрібну інформацію та побачити дивовижні краєвиди, потрібно лише мати доступ до інтернету.

Власне мій проект буде представляти сучасний тип віртуального туру, а саме в стилі доповненої реальності, що відповідає меті проекту - створення візуальної моделі головної пам'ятки міста Тростянець «Круглий Двір». Віртуальна реальність (VR) – це імітація, яка може бути схожою або зовсім не відрізнятися від реального світу. Застосування даних технологій використовуються не лише в розважальних цілях, а й в навчальних.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Визначальна тенденція світового розвитку – повсюдне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в усі сфери людської діяльності: державне і місцеве управління, матеріальне виробництво, охорону здоров'я, культуру, науку, соціальну та інші сфери людської діяльності.

Адже світ стає все мобільнішими, а значить ігнорувати додатки для смартфонів – це втрачати великий шматок ринку. Як відомо, головна відмінність – це активне використання сучасних технологій та пошукових форм. Дана тематика не обійшла стороною і сферу туризму [3].

Впровадження інформаційних технологій та обчислювальної техніки – стратегічний напрям реформування галузі. Швидкість, точність, якість і доступність одержуваної інформації стали одними з найголовніших параметрів віртуального туризму. Сучасні методи інформатики дозволяють забезпечити передачу перевіреної та правдивих фактів, точність розташування і донесення всієї потрібної інформації.

### 1.1 Огляд останніх досліджень і публікацій

Нагальною проблемою звичайного туризму є загальна еволюція туриста, а так само його бажання до самоорганізації. Таким чином, людина може самостійно переглянути цікавить його місце, відповідно до своїх потреб й інтересам.

Гарний приклад – компанія Matterport 360°. Дана технологія відкриває захоплюючий досвід, який дозволяє вивчити кожен останню деталь об'єкта, як би



ви насправді відвідали це місце. Завдяки своїм зображенням високої чіткості вони також є найбільш реалістичними панорамними турами на ринку (рис.1.1).

Вони створюють реалістичні додатки, за допомогою яких ви можете зануритися в інтерактивний віртуальний простір, який відчуває себе таким же реальним, як і там. В Йоганнесбурзі компанія працює по всій Південній Африці та обслуговує всіх, хто продає, будує, переробляє або спілкується про реальні простори та місця. Партнерство з нами для ефективних, швидких та безпроблемних послуг та рішень [4].

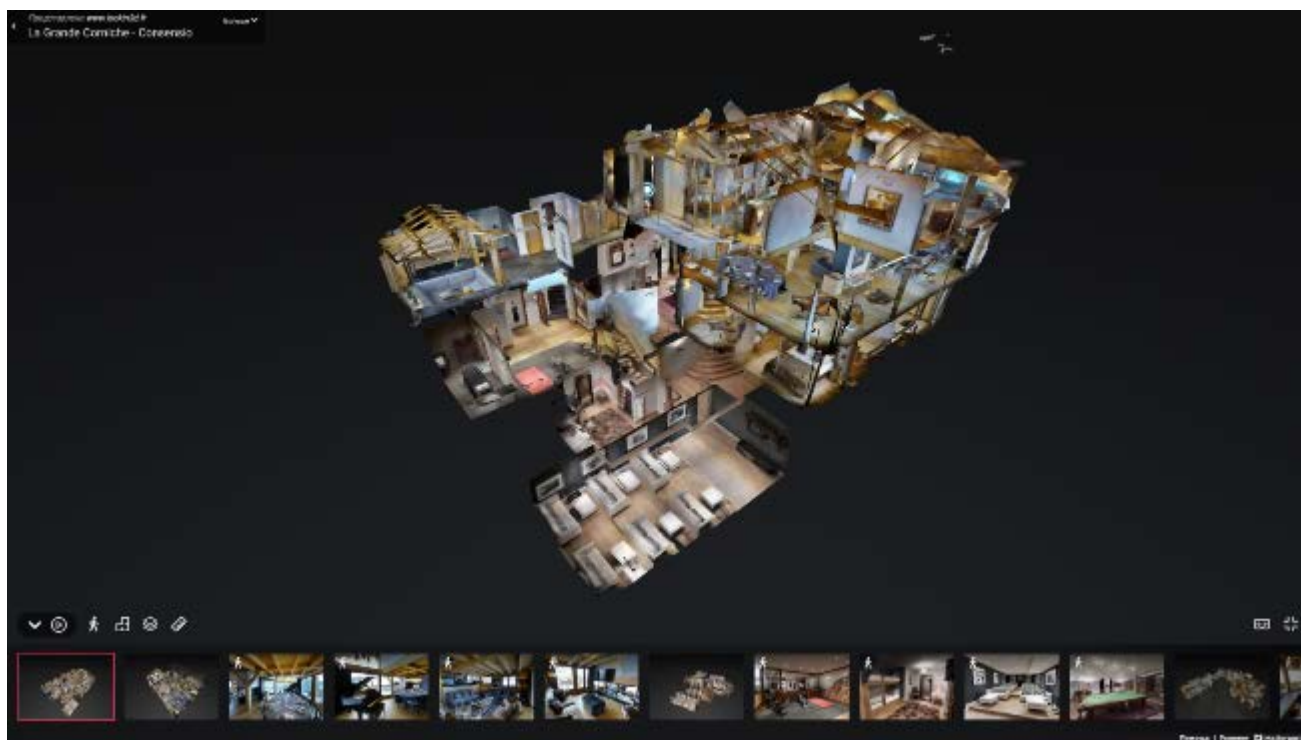


Рисунок 1.1 – Приклад віртуального 3d туру

Гарним прикладом є дослідження спадщини дерев'яної архітектури львівського музею просто неба імені Климентія Шептицького. Марта Домбровська відома тим, що понад 10 років вона працює над створенням цифрових 3d моделей та їх використанням у галузі збереження культурної спадщини (рис.1.2). Вона підкреслює важливість для відвідувачів аурі не лише об'єктів, зібраних

культурними установами, а й аудіовізуальних факторів, що складають виставку, що значною мірою сприяє її привабливості аудиторії [5].

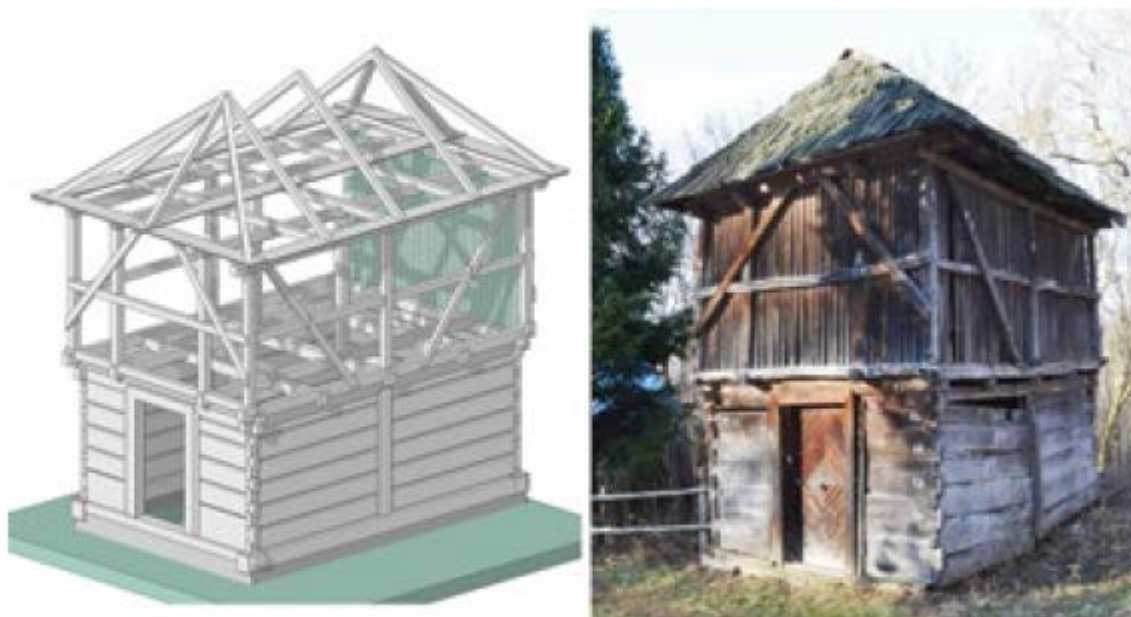


Рисунок 1.2 – Приклад будівлі та її створення

У Національному заповіднику «Софія Київська» розробили панорамний тур по Софійському собору. Отже, кожний охочий зможе відвідати дану пам'ятку, розглядати всі її найдрібніші деталі навіть не виходячи з дому [6]. Сьогодні це одна з найвідоміших визначних пам'яток міста та перша українська спадщина, яка була внесена до Списку всесвітньої спадщини.

Звичайно, 3d моделі, що використовуються в Інтернеті, дає можливість доповнити загальне уявлення про архітектуру, дозволяючи глядачам досліджувати дизайн для себе, а не поглядати все через фотографії. Вдалий приклад використання сучасних технологій було представлено у 2016 році у Вінниці (рис.1.3) [7].

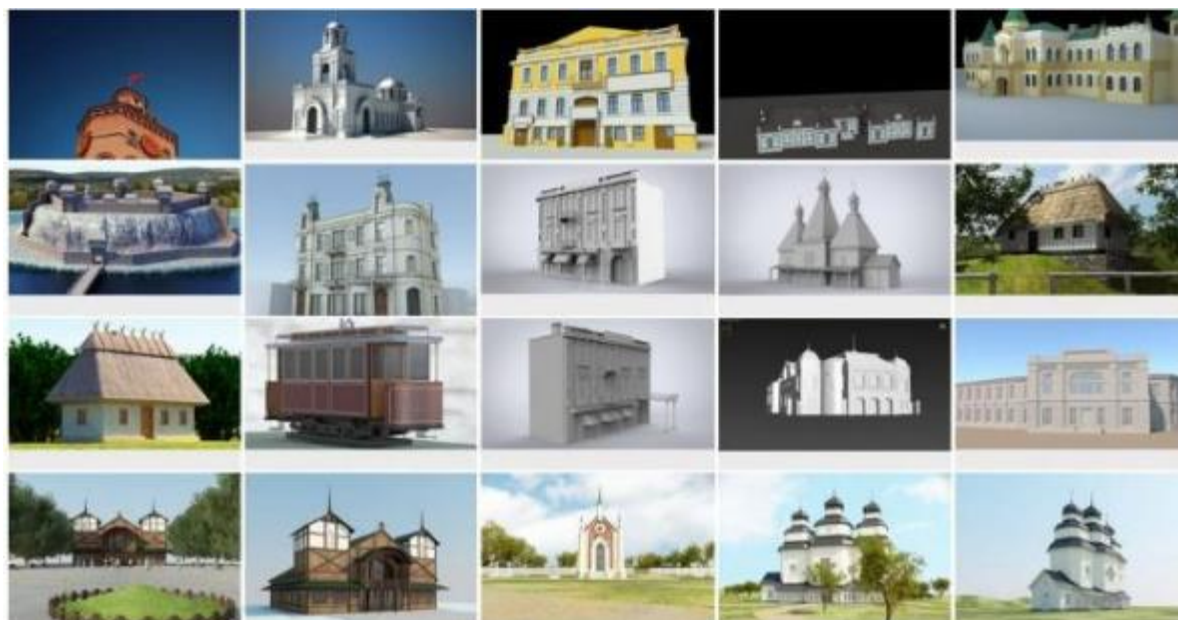


Рисунок 1.3 – Приклад моделей 3d моделей студентів з Вінниці

Для того, щоб спростити визначення приміщень та галузей нерухомості: віртуальна екскурсія становиться найкращим вирішенням задачі. Існує кілька типів віртуальних турів, які є популярними способами продемонструвати інтер'єри та екстер'єри [8].

Складемо порівняльну таблицю типів представлення даної інформації (табл.1.1).

Таблиця 1.1 - Порівняння типів віртуального туру

№	Назва	Переваги	Недоліки
1	Панорамний тур	Фото, що відкривають повний вигляд області.	Повільний час завантаження панорами.
		Можливість детально перегляду.	Неефективний при використанні мобільних пристроїв.
			Відсутність контролю перегляду.

Продовження таблиці 1.1.

№	Назва	Переваги	Недоліки
2	Відео тур	Швидкий час завантаження.	Не дає можливості повноцінного перегляду кожної кімнати.
		Зручно у використанні на мобільних пристроїв.	Відсутність контролю перегляду.
3	Звичайні фото	Швидкий час завантаження.	Одновимірний вигляд, який не дає відвідувачам повноцінного уявлення про об'єкт.
		Контроль перегляду глядача.	Не вистачає загального виду розміру та плану приміщення.
			Відсутність контролю перегляду.
4	VR туризм	Може включати звукові та рухомі елементи	Нові інтерфейси можуть збити з пантелику користувача.
		Використовується вражаюча візуалізація.	Неефективні людські зв'язки
		Підвищує навчальну цінність об'єкта.	Високі вимоги до системи.

Для оптимізації важливо передбачити спосіб, як ваша цільова аудиторія зможе здійснити екскурсію.

Головна відмінність уже описаних проєктів від віртуальної екскурсії «Круглий двір» буде в тому, що користувачу буде надана можливість переміщуватися створеною сценою самостійно.

## 1.2 Аналіз програмних продуктів

Можна виділити основні види тривимірної комп'ютерної графіки, а саме, такі як полігональна, аналітична та сплайнова. Найрозвиненіший та найчастіше використовуваний спосіб моделювання – полігональний. Даний тип проектування, насамперед, відрізняється високою швидкістю обробки створених моделей. Будь-який об'єкт полігональної графіки задається набором полігонів. Полігон - це плоский багатокутник. Таким чином, можна задати тривимірний об'єкт як масив або як структуру [9].

Засобами комп'ютерної графіки, візуалізація конструктор має можливість спроектувати та побачити, що може вийти в результаті. У даному випадку, результат повинен передавати місцевість та зовнішній вигляд споруди «Круглий двір».

### 1.2.1 Етап моделювання

Даний етап найважливіший, адже саме він є фундаментом для наступних дій. На створені 3d моделі будуть накладені текстури та даний результат буде перенесені на ігровий рушій.

За для створення повноцінного майданчика із реалізованими об'єктами, ми повинні обрати програмні продукти для розробки моделей. Програма повинна бути оптимальна за функціоналом, мати певний перелік можливостей, що необхідні для коректного створення віртуального туру. Адже головна мета – повністю зобразити екстер'єр будівлі «Круглий двір» та найближчу місцевість навколо нього.

Для наочного порівняння була створена таблиця характеристик декількох розповсюджених програм (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Порівняння програм для моделювання

№	Назва	Переваги	Недоліки
1	Autodesk Maya	Швидкодія роботи та забезпечення оптимальної продуктивності.	Високий рівень складності роботи з моделюванням та анімації.
		Завершені роботи можна перевірити з більшою швидкістю.	Відсутність вбудованого V-Ray для візуалізації 3d моделей.
		Має велику бібліотеку динамічних ефектів анімації.	Недолік плагінів для додаткової роботи з 3d моделюванням.
		Завдання для редагування відео є універсальним, де ми можемо включати потрібні кліпи та фільтрувати ефекти.	
2	Autodesk 3ds Max	Робота із 3d анімацією та динамікою.	Програма професійна, вимагає базових навичок та знань.
		Вбудовані інструменти для анімації персонажів.	Комп'ютер повинен бути потужним, адже програма має високі вимоги для роботи.
		Можливість отримання безкоштовної студентської підписки на додаток.	Висока ціна ліцензії.
3	3D-Coat	Використовується 3d скульптинг та моделювання.	Незвичний інтерфейс, що буде складний для новачків.
		Можливість виконання якісної ретопології.	Використання векселів у роботі.

Продовження таблиці 1.2.

№	Назва	Переваги	Недоліки
3	3D-Coat	Низька ціна ліцензії.	Відносно слабкий функціонал для виконання всіх потреб.
4	Cinema 4D	Швидка робота рендеру.	Висока ціна ліцензії.
		Лаконічний та зрозумілий інтерфейс навіть для новачка.	Використовується переважно для створення рекламних відеороликів невеликого розміру.
		Вбудована російська локалізація додатку.	
5	ScetchUp	Підтримує імпорт та експорт різних форматів.	Обмеженість у можливостях моделювання складних поверхонь.
		Онлайн колекції для роботи з Google 3D Warehouse.	Відсутність повноцінних анімаційних можливостей.
6	TinkerCAD	Нема потреби в завантаженні окремого додатку.	Лише англomовний інтерфейс.
		Безкоштовна.	Малий функціонал.
		Підтримує роботу з 3d-принтером.	Працювати у додатку можна лише в онлайн режимі.
		Підходить для новачків.	Відсутність оновлення додатку.

Отже, враховуючі усі вище описані недоліки та переваги шести додатків, можна зробити висновок, що найбільш вдалою для створення 3d моделей віртуальної екскурсії «Круглий двір» буде Autodesk 3ds Max. Дана програма має весь потрібний функціонал для якісного виконання роботи.

### 1.2.2 Текстурування

Після створення додатку не менш важливим етапом є створення текстур. При їх створенні потрібно враховувати такі аспекти як, поглинання та відбивання світла, матеріали та загальний вигляд об'єкта. Все це можна виконати за допомогою шейдинга, що й допомагає візуалізувати складні поверхні, але кожна програма має власні можливості та ті чи інші обмеження. Існує безліч параметрів та критеріїв, які відповідають за налаштування та отримання коректного результату [10].

Крім того, для створення деяких текстур використовуються додатки для редагування фото. У створенні заготовок використовується Adobe Photoshop, адже у неї зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Дана програма не безкоштовна, але дана компанія надає тестовий період тривалістю в місяць, що буде достатнім для виконання поставлених завдань.

Отже, складемо порівняльну таблицю програм для текстурування, які найчастіше використовуються при візуалізації будівель, інтер'єрів та екстер'єрів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Порівняння додатків для текстурування

№	Назва	Переваги	Недоліки
1	Corona Renderer	Не потребує в детальному налаштуванні для якісної роботи.	Більша затрата часу на рендер високої якості.
		Якісний інтерактивний рендер, що не гальмує загальну роботу.	Додаток вимагає високу кількість оперативної пам'яті для швидкої роботи.
		Реалістичне передання якості матеріалів.	Значна чутливість камери до незначних змін параметрів.
		Висока зручність налаштування параметрів.	



Продовження таблиці 1.3.

№	Назва	Переваги	Недоліки
2	V-Ray	Швидкодія рендеру зі статичними об'єктами та незначними змінами.	Незручний функціонал.
		Велика кількість додаткової інформації із детальним описом налаштувань різних матеріалів.	Не якісна робота алгоритму при рендеру тіней та будь-яких темних частин на текстурі 3d моделі.
3	Substance Painter	Вбудований потужний генератор процедурних масок та патернів.	Не вистачає деяких інструментів для роботи з текстом, згинання фрагмента текстури уздовж сплайну та інші.
		Можна малювати по 3d моделі, що також впливає на текстуру.	Проблеми зі стабільністю додатку.
			Високі системні вимоги додатку.

Враховуючи всю інформацію та загальне порівняння, можна зробити висновок, що Substance Painter краще відійде для виконання текстуровання. Вирішальним пунктом у даному випадку стала легкість роботи.

Даний додаток дозволяє досягти високої реалістичності, але сил та часу цього витрачається менше, адже стандартні налаштування пакету підходять для 95% вироблених сцен. Звичайно, даний додаток відмінно працює в Autodesk 3ds Max.

### 1.2.3 Вибір рушія

Ігровий рушій – додаток, що закладає програмне забезпечення для конструювання відеоігор різного типу. Вони надають безліч можливостей від анімації до використання штучного інтелекту. Ігрові двигуни відповідають за візуалізацію графіки, виявлення зіткнень, управління пам'яттю та інший функціонал [11].

Ознайомившись із інформацією про найпопулярніші та найрозвиненіші ігрові рушії, можна скласти порівняльну таблицю (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Порівняння ігрових рушіїв

№	Назва	Переваги	Недоліки
1	Unity	Легкий інтерфейс для новачка.	Складні сцени негативно впливають на загальну продуктивність.
		Наявність величезної бібліотек та різних доповнень у додатку.	Для створення повноцінного продукту потрібні знання мови програмування C#.
2	Unreal Engine	Наявність редактора для користувачів, що не знайомі з мовою програмування C++.	Можуть виникнути проблеми при створенні великих безшовних світів.
		Достовірно передає навіть складні фізичні властивості матеріалу.	Обмежена дія в використанні вторинних анімацій.
		Гнучке підлатування під платформу розробки.	

## Продовження таблиці 1.4.

№	Назва	Переваги	Недоліки
3	CryEngine	Робить якісну ігрову атмосферу завдяки можливостям програмування на рівні користувача.	У безкоштовній версії ігрового двигуна не вистачає належної підтримки.
		Вбудований в рушій найпотужніший аудіо інструмент.	Відносно новий у цій галузі, недостатньо додаткової інформації.
		Рушій пропонує також найпростіший кодування будь-яких технологій.	Досить складний рушій для початківців.
4	GameSalad	Використовується для невеликих проєктів та прототипів.	Обмежена фізика рушія.
		Безкоштовна ліцензія.	Відсутня інтеграція до Mac та iOS.
		Сумісність із популярними мобільними платформами.	Обмежений набір інструментів розробки
			Висока ціна за розширену версію рушія.
5	Cocos2D	Різноманітний вибір інструментів та бібліотек.	Використовується переважно для розробки для Mac та iOS.
		Добре оптимізований для розробників.	Високий поріг входження для розробки на даному рушії.
		Гарна інтеграція до Mac та iOS.	Складніший та вибагливіший до системних параметрів, а ніж аналоги.

У такий спосіб було обрано Unreal Engine. Даний рушій надає всі необхідні інструменти для виконання віртуального туру «Круглий двір».

### 1.3 Постановка задачі

Мета проекту: створення візуальної моделі головної пам'ятки міста Тростянець «Круглий Двір», згідно з оригіналом та перенесення на рушій Unreal Engine для можливості переміщення по створеній сцені.

Перелік вимог до проекту:

- Користувач повинен мати можливо взаємодіяти зі створеними об'єктами;
- У створеній сцені повинна використовуватися фізика, що буде передавати реалізм оточення;
- Всі створені моделі повинні бути достовірними та передавати всі особливості будівель, навколишнього ландшафту та інших об'єктів;
- Кожен об'єкт повинен мати свою унікальну карту текстур, яка повинна якісно передавати зовнішній вигляд об'єкта і створювати ефект реалістичності;
- Створені об'єкти повинні мати якісну топологію, для коректного відображення моделі в додатку;
- Інтерфейс повинен бути зрозумілий та легкий у використанні;

Застосування сучасних технологій в даній сфері допоможе користувачеві ознайомитися з містом Тростянець Сумської області та його пам'яткою «Круглий двір». Даний проект - це можливість відкрити для туриста цікаве історичне місце України. Головною метою є розробка доповнення, що допоможе користувачеві ознайомитися з місцевістю самого туристичного об'єкта, а також переглянути місце проведення більшості масштабних проєктів, а саме «Стара Фортеця», «Схід рок», «Чайковський-фест».

Ознайомитися з більш детальним описом поставленої задачі можна в технічному завданні (Додаток А).

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Структурно-функціональне моделювання процесу

IDEF представлений як збірка стандартизованих методів інформаційного моделювання бізнес-процеси та об'єкти та вдосконалення бізнес-процесів.

Семантичність графічної мови IDEF0 впливає на значення компонента синтаксичної мови та полегшує корекція інтерпретації [12]. Інтерпретація описує такі частини, як позначення активності, стрілки та штрихи функціональні відносини(рис.2.1).



Рисунок 2.1 – IDEF0 віртуальної екскурсії історичною пам'яткою «Круглий двір»

Найважливішою перевагою в застосуванні моделювання діяльності є доступ до прототипу, можна швидко та просто перевіряються альтернативні ідеї. Набагато

дешевше намалювати модель процесу та модель даних, а потім розробити нову інформаційна система. Це дуже важливий атрибут, адже швидший розвиток інформаційних технологій та застосування умов обслуговування в Інтернеті потребує реінжинірингу, що вимагає радикального переробки діяльність, яку потрібно описати перед проведенням перевірки прототипу[13].

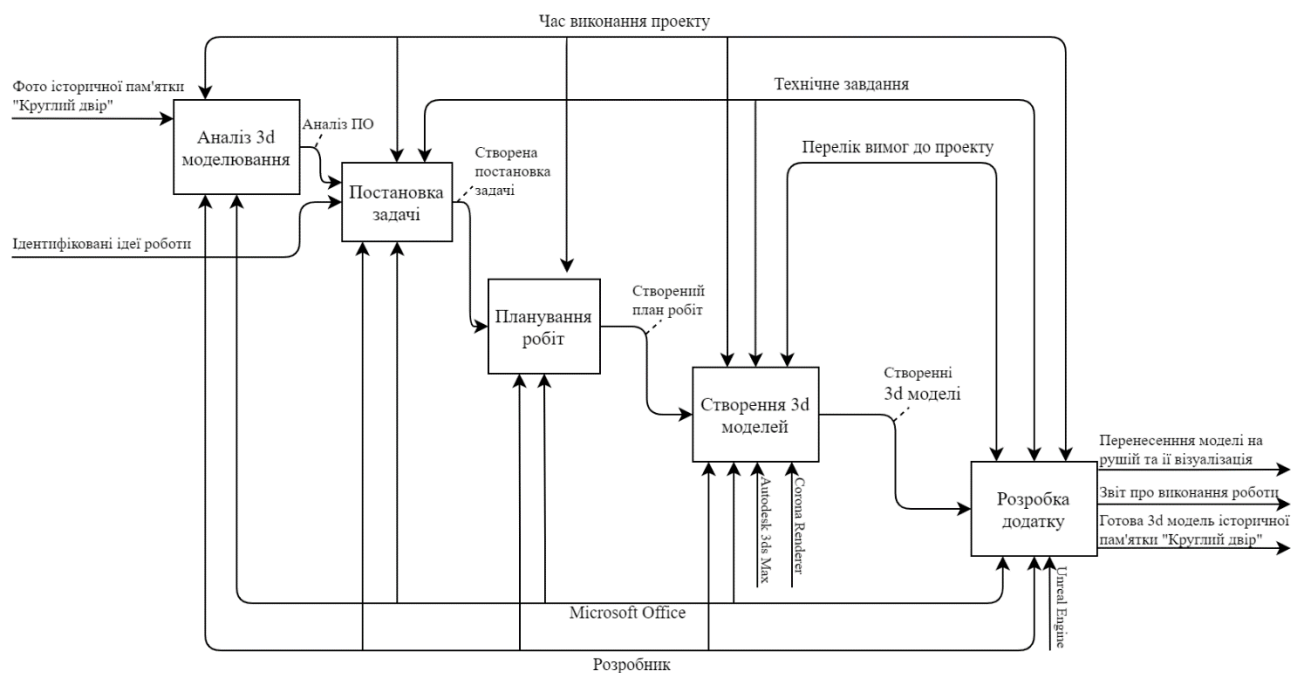


Рисунок 2.2 – IDEF1 проекту

## 2.2 Моделювання діаграми варіантів використання

За результатами вивчення роботи секції було виділено акторів майбутнього проекту (табл.2.1) та сформовано опис варіантів його використання (табл.2.2) [14].

Табл. 2.1. - Опис акторів

Назва	Опис
Користувач	Користувач додатка, що використовує функції «гість».

Табл. 2.2. - Опис варіантів використання

Назва	Опис
Перегляд	Користувач має можливість перегляду створених 3d моделей у проекті.
Ознайомитися з інформацією	Користувач має можливість ознайомитися з додатковою інформацією у додатку.
Взаємодія з об'єктами	Користувач має можливість взаємодіяти з об'єктами у додатку.
Переміщення сценою	Користувач має можливість переміщатися по твореній сцені.

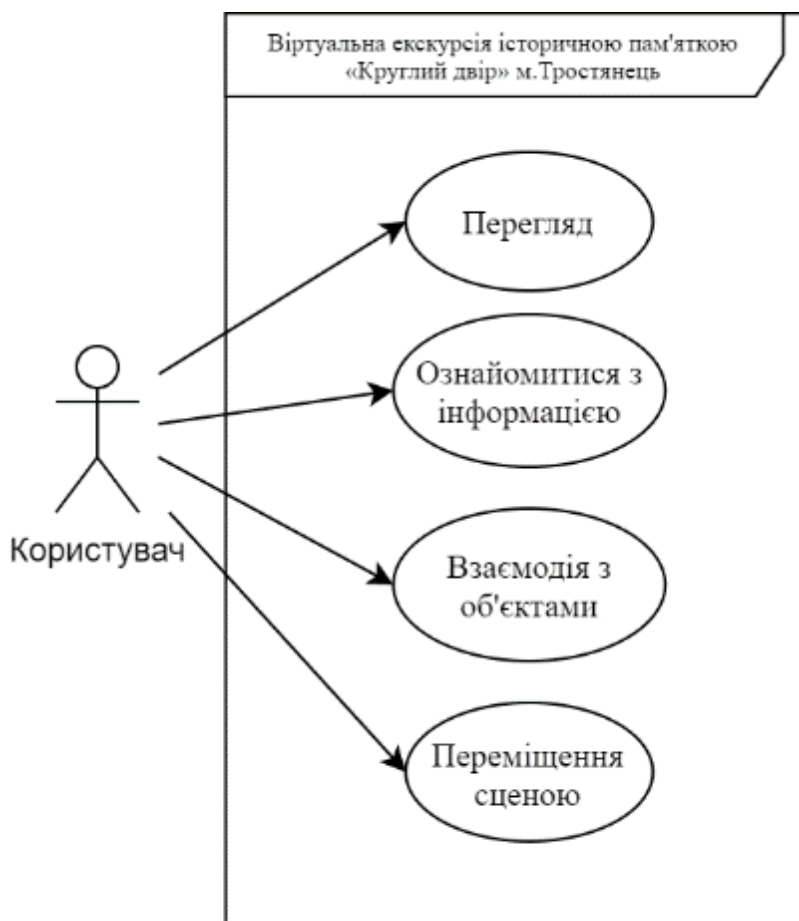




Рисунок 2.3 – Діаграма варіантів використання

## 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ

### 3.1 Розробка моделі «Круглий двір»

#### 3.1.1 Моделювання основи загальної моделі

Розробка кожної моделі складається з багатьох етапів. Спочатку потрібно створити простий об'єкт «Tube». Дана фігура буде змінена та надана форма основи стін історичної пам'ятки «Круглий двір». Для того, щоб надати більш видовжену форму, ми повинні виконати конвертацію, для цього використаємо модифікатор «EditPoly» та за допомогою переміщення певних точок отримуємо потрібну за формою фігуру (рис.3.1) [15].

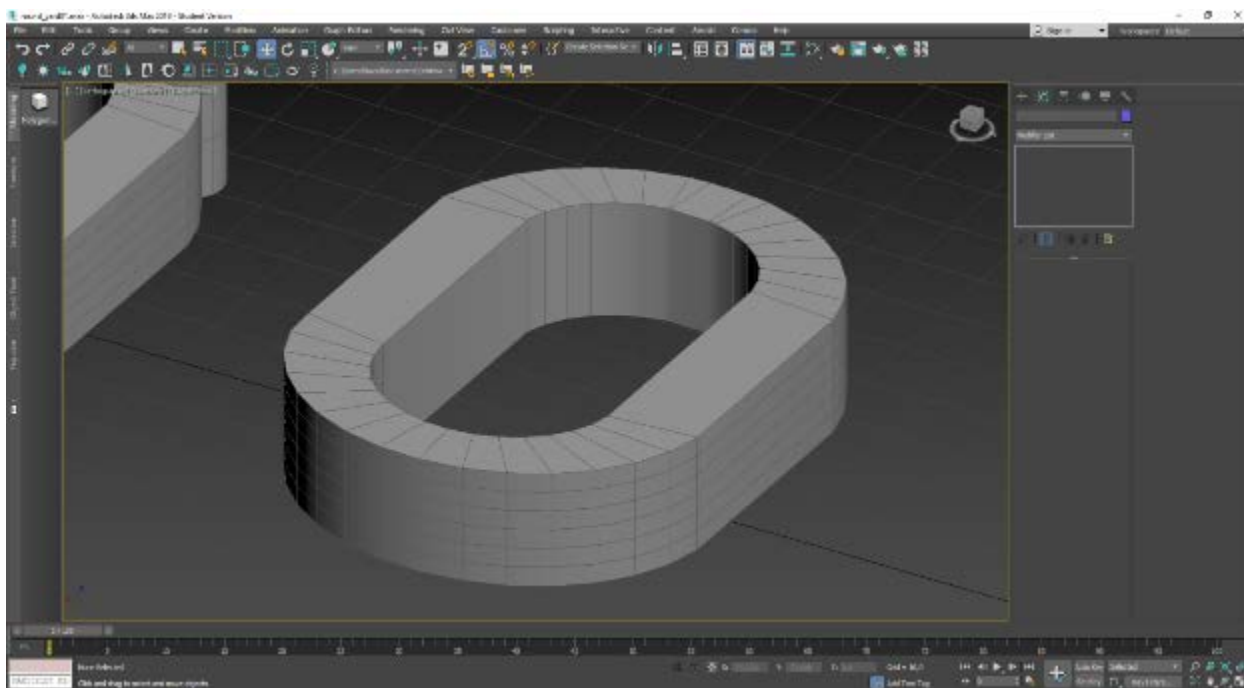


Рисунок 3.1 – Видозмінена форма «Tube»

Звіряючись з оригіналом, створюємо колони за допомогою простого об'єкта «Cylinder». При створенні основи майбутньої колони висоту обираємо в пропорції

3:2 до раніше створеної фігури (рис.3.2). Для вірного радіуса та їх розміщення використовуємо фото історичної будівлі, виконане виглядом зверху (рис.3.3).

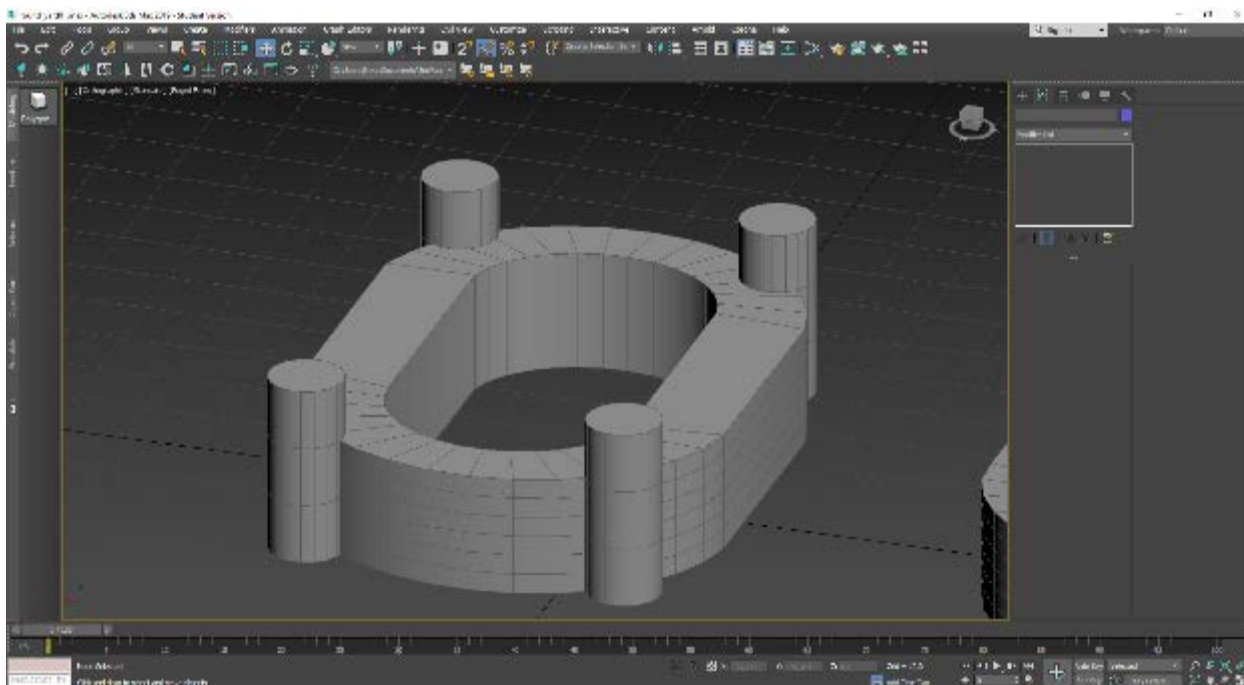


Рисунок 3.2 – Створені колони

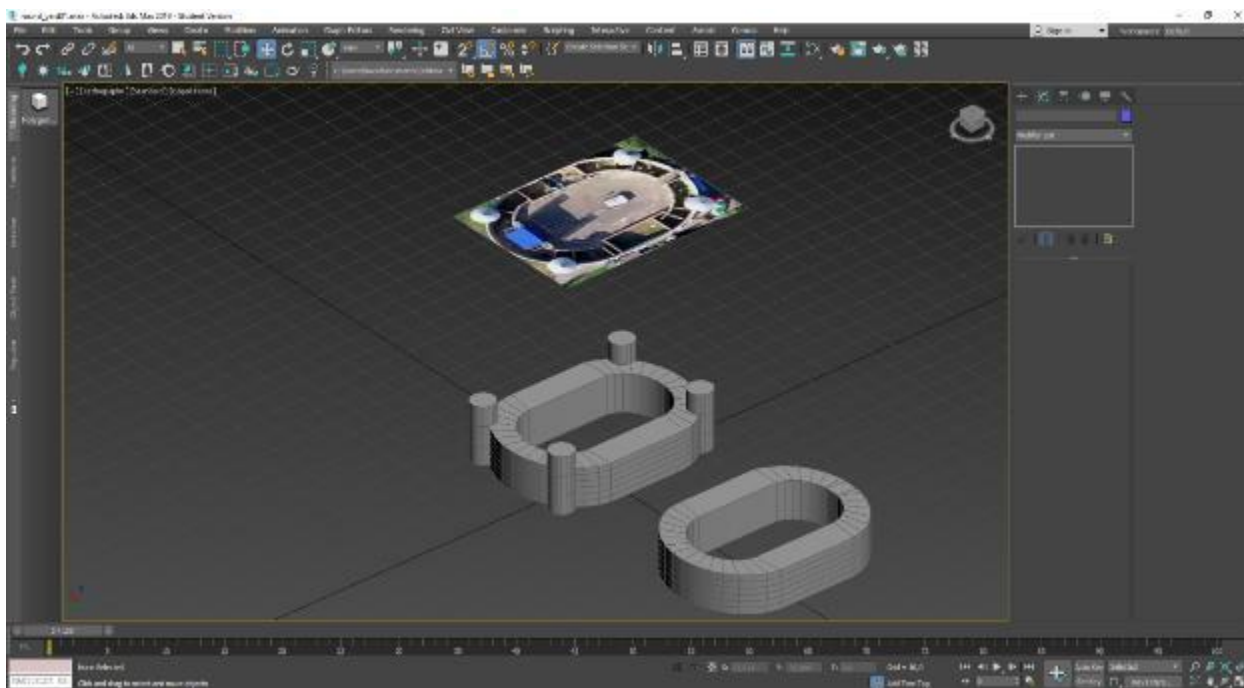


Рисунок 3.3 – Розміщення об'єктів по фото

Для подальшої розробки будівлі потрібно об'єднати уже створенні об'єкти, а саме, колони та основа. Для виконання даної задачі ми використовуємо вбудовану функцію програми Autodesk 3ds Max, «ProBoolean». Використовувати даний тип об'єднання потрібно з обережністю, адже можуть виникнути труднощі із топологією [16].

Створюємо отвори в колонах моделі за допомогою інструментів модифікатора «EditPoly». Після отримання даної фігури, для створення симетрії використовуємо модифікатор «Symmetry». Кінцевий результат представлений на рисунку 3.4.

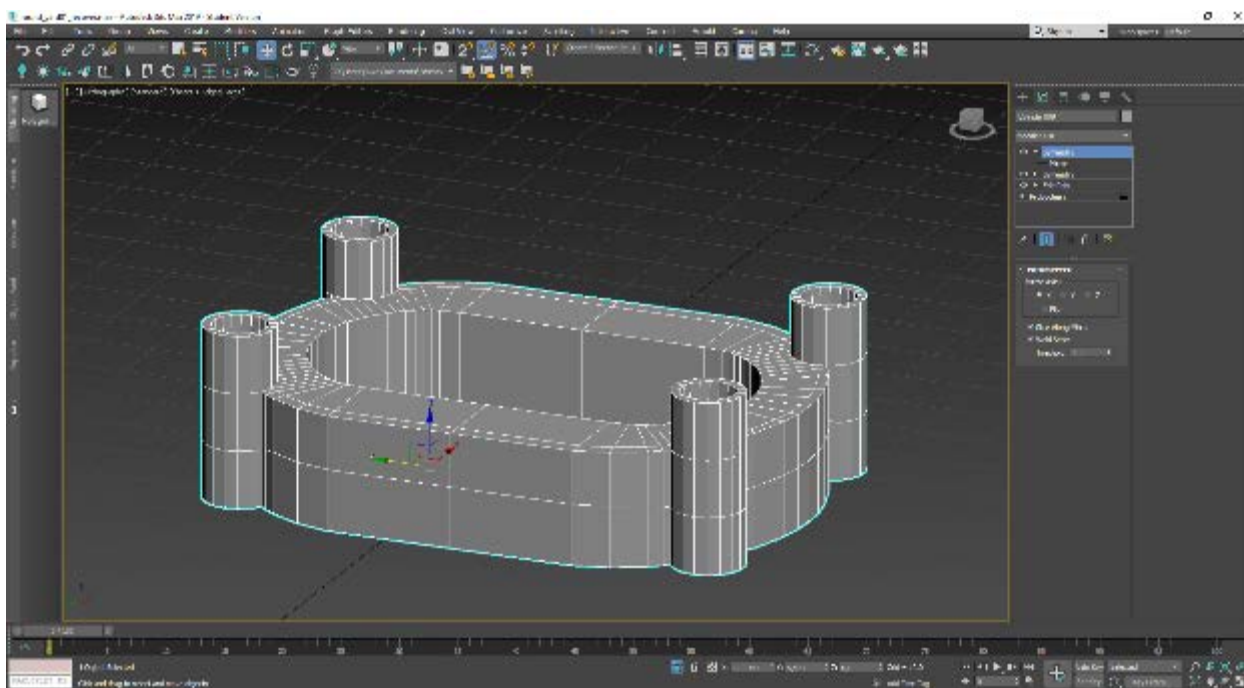


Рисунок 3.4 – Цільна основа 3d моделі

Наступний етап – редагування уже створеної сітки. Для цього знову використовуємо «EditPoly». Створюємо додаткові з'єднання, щоб кожен полігон мав чотири або три вершини (рис.3.5). Якщо залишити все, як було від початку, то помилки в топології призведуть до деформації фігури при перенесення її на ігровий рушій [17].

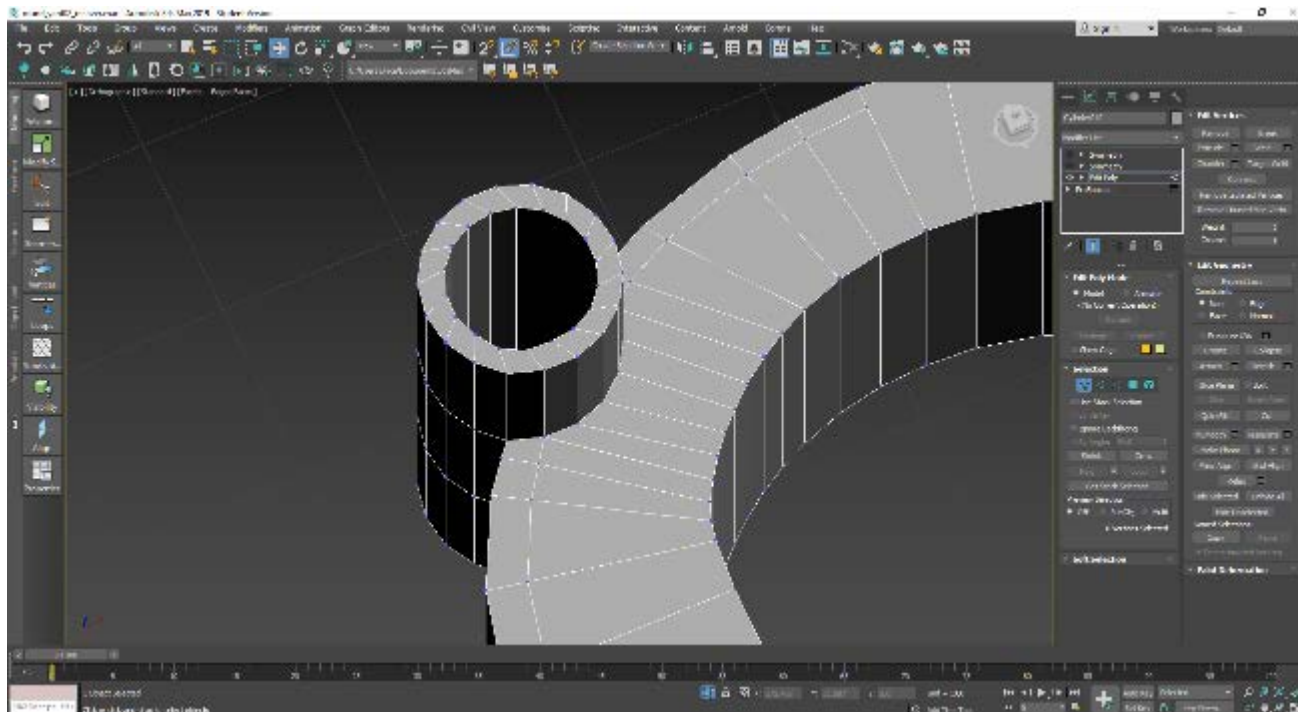


Рисунок 3.5 – Виправлення топології

Наступні модифікації будуть виконані, щоб була можливість кінцевий результат зробити максимально реалістичним. За для цього будемо використовувати «TurboSmooth».

Даний модифікатор надає можливість за допомогою нього додавати сегменти та згладжувати в Autodesk 3ds Max кути. Крім того, не рекомендується ставити числове значення інтенсивності більше ніж три. «TurboSmooth» має цікаву функцію «Iterations», при включенні якої в сцені об'єкт буде звичайним, а в рендер – плавним, що дуже зручно при моделюванні. Також, даний параметр необхідний для можливість економити оперативну пам'ять [18].

Для якісної згладженої поверхні зробимо додаткові лінії. На кутах, що повинні зазнати мінімальних змін, потрібно створити паралелі на невеликі відстані на кожній зі сторін (рис.3.6). У вкладці «Modeling» обираємо «Edit» та інструмент «Swift».

Результат згладжування представлений на рисунку 3.7.

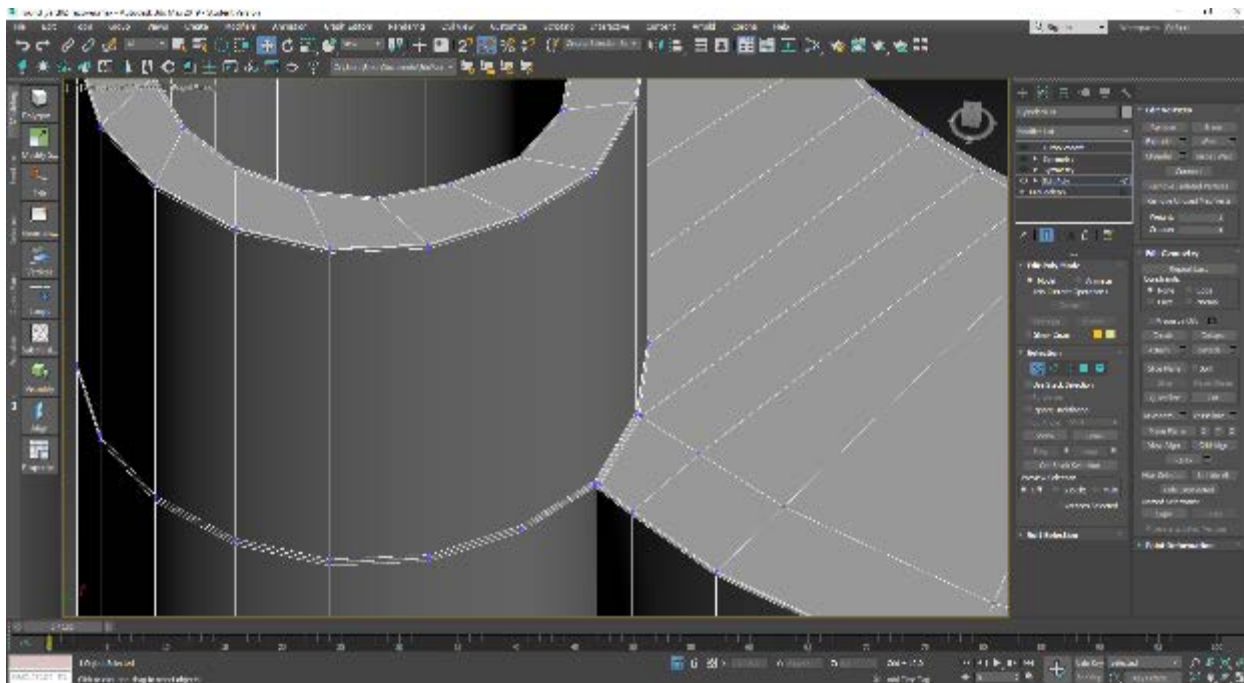


Рисунок 3.6 – Додаткові лінії на кутах 3d моделі

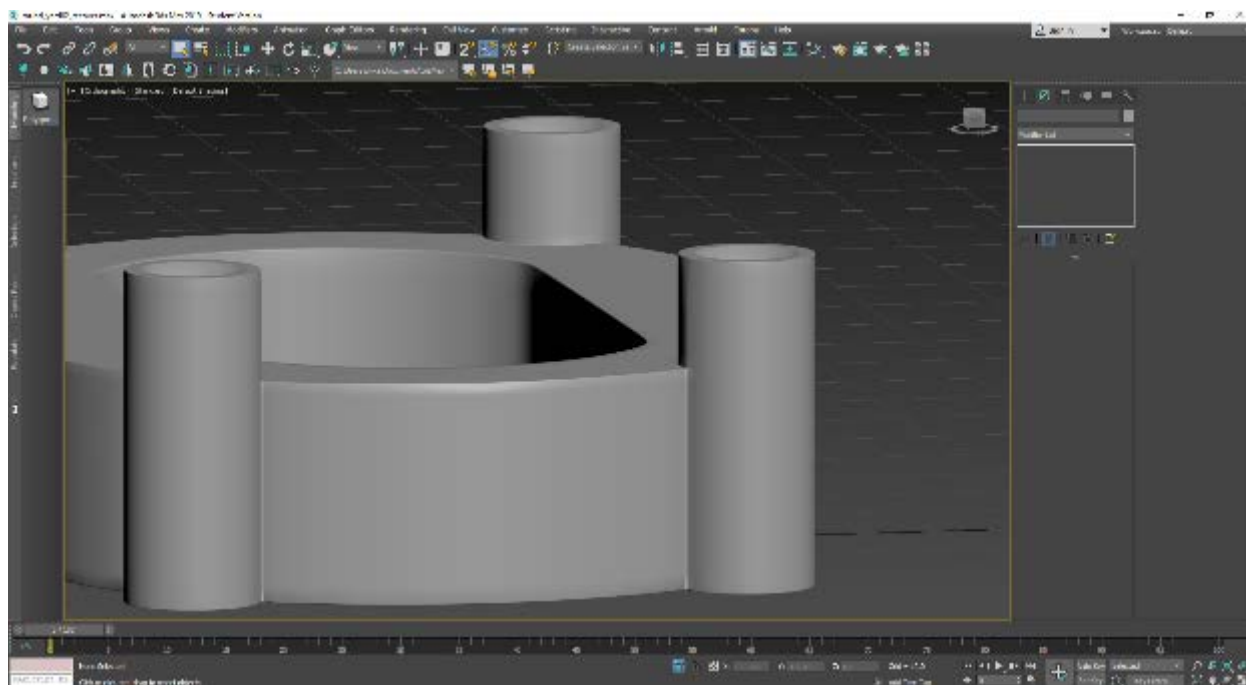


Рисунок 3.7 – Модель з модифікатором «TurboSmooth»

При перегляді сітки з модифікатором для згладжена поверхня, бачимо, що топологія вірна (рис.3.8)

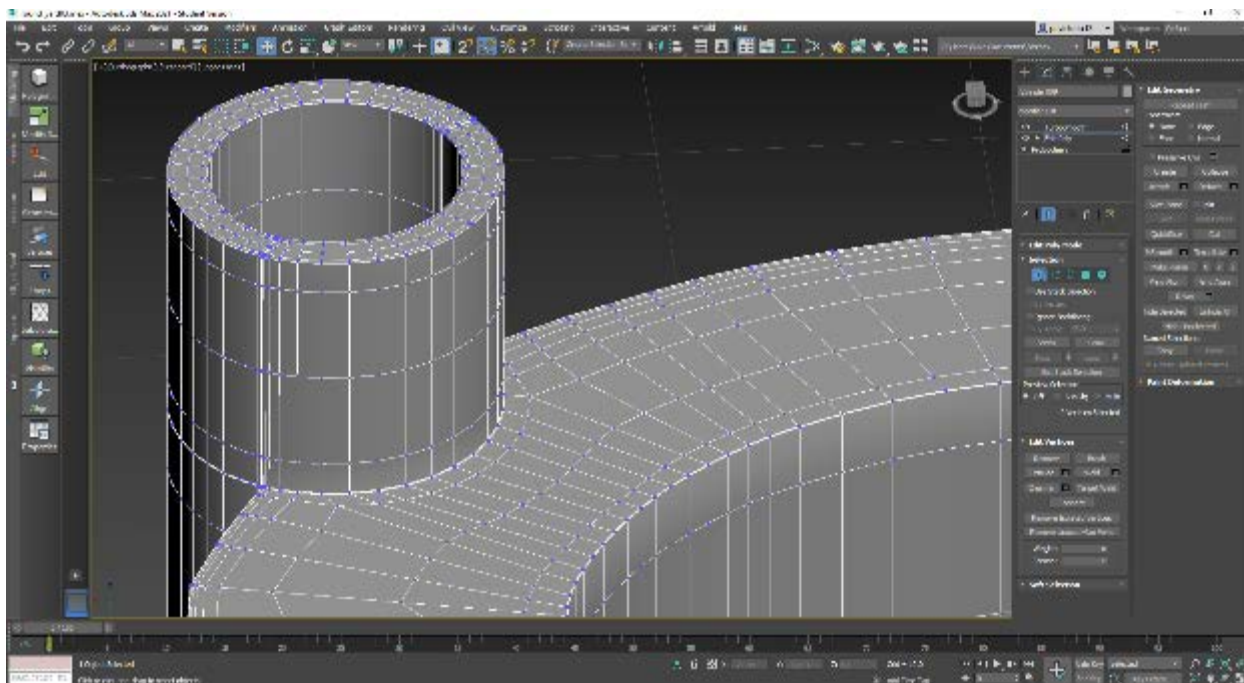


Рисунок 3.8 – Сітка 3d моделі

Створюємо отвір для входу в історичну будівлю. Після цього створюємо основу входу. Перш за все, створюємо простий об'єкт «Вох» та з допомогою інструменту «Extrude» в «EditPoly» копіюємо форму оригіналу (рис.3.9).

Пропорції та розміри підбираються загально виконаним фото, які використовуються як шаблон моделювання.

Наступним етапом буде віддзеркалення виконаної половини за допомогою модифікатора «Symmetry» та її детальніше опрацювання інструментами «EditPoly». В кінці виконуємо функцію для отримання згладженої 3d моделі (рис.3.10).

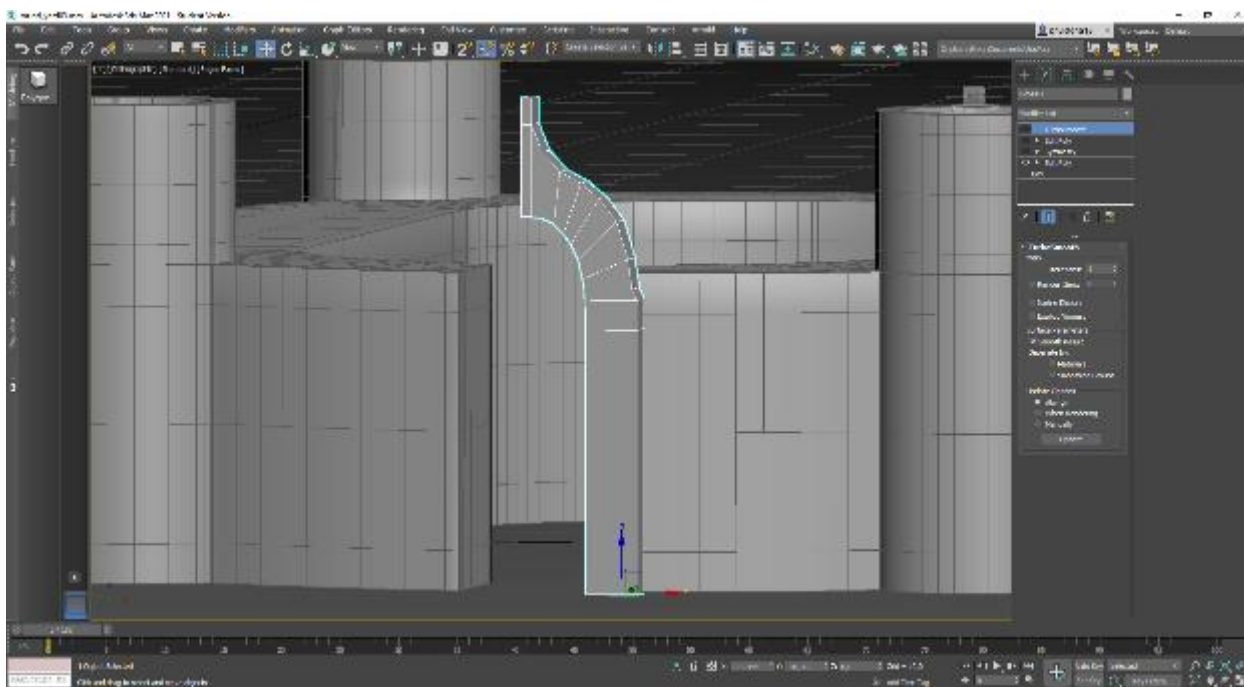


Рисунок 3.9 – Початкова форма входу будівлі «Круглий двір»

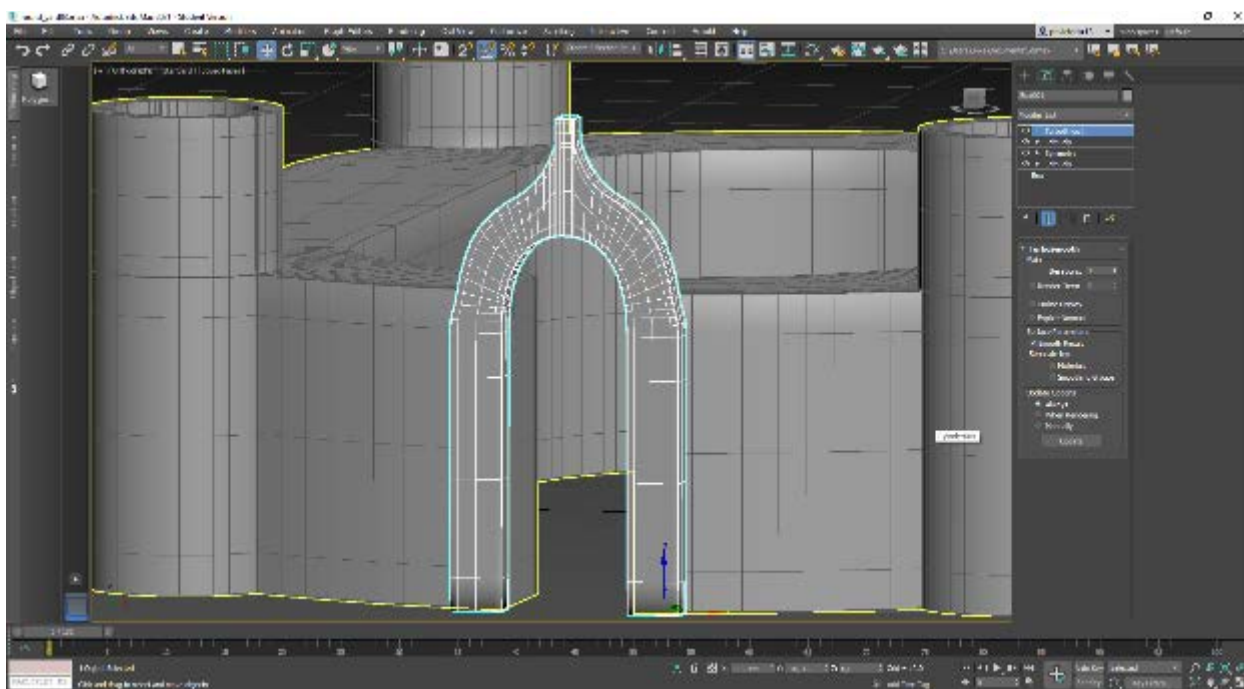


Рисунок 3.10 – Створена 3d модель входу

На рисунку 3.11 представлений виконаний обсяг роботи. Крім того, було додано прості фігури «Cone», як основа майбутнього даху колон.



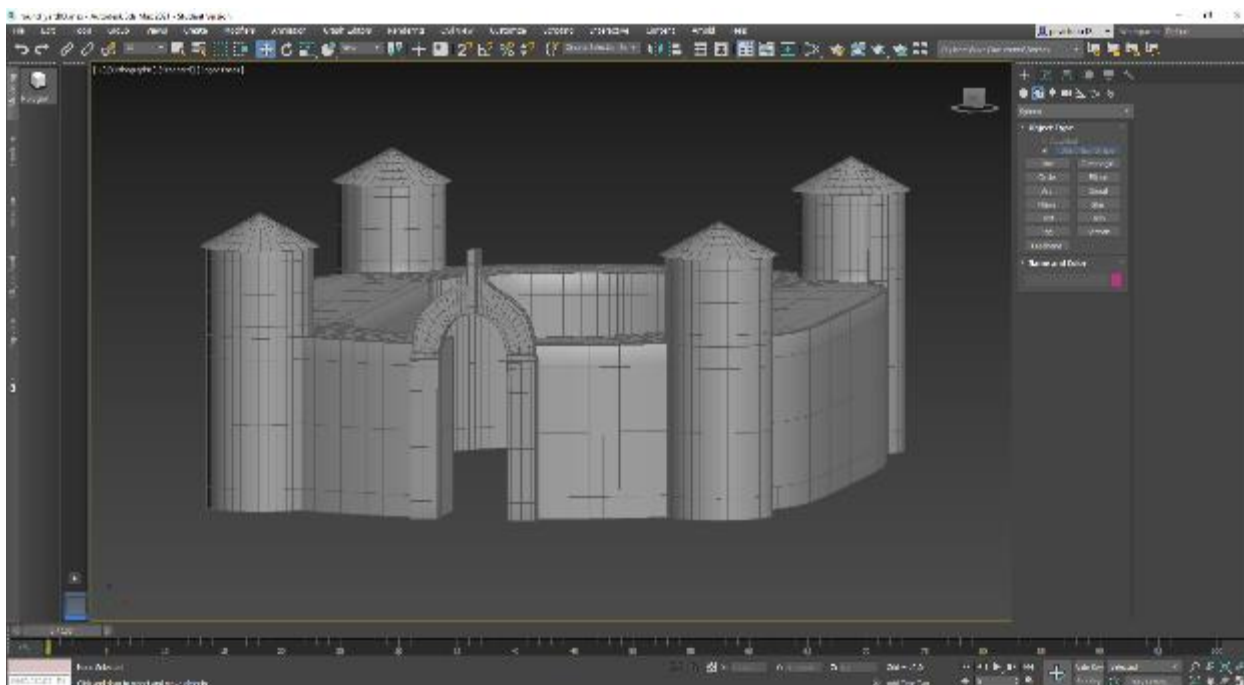


Рисунок 3.11 – Модель із колонами та дахом

Виконуємо редагування основи, створюємо робимо отвори у внутрішній частині будівлі (рис.3.13).

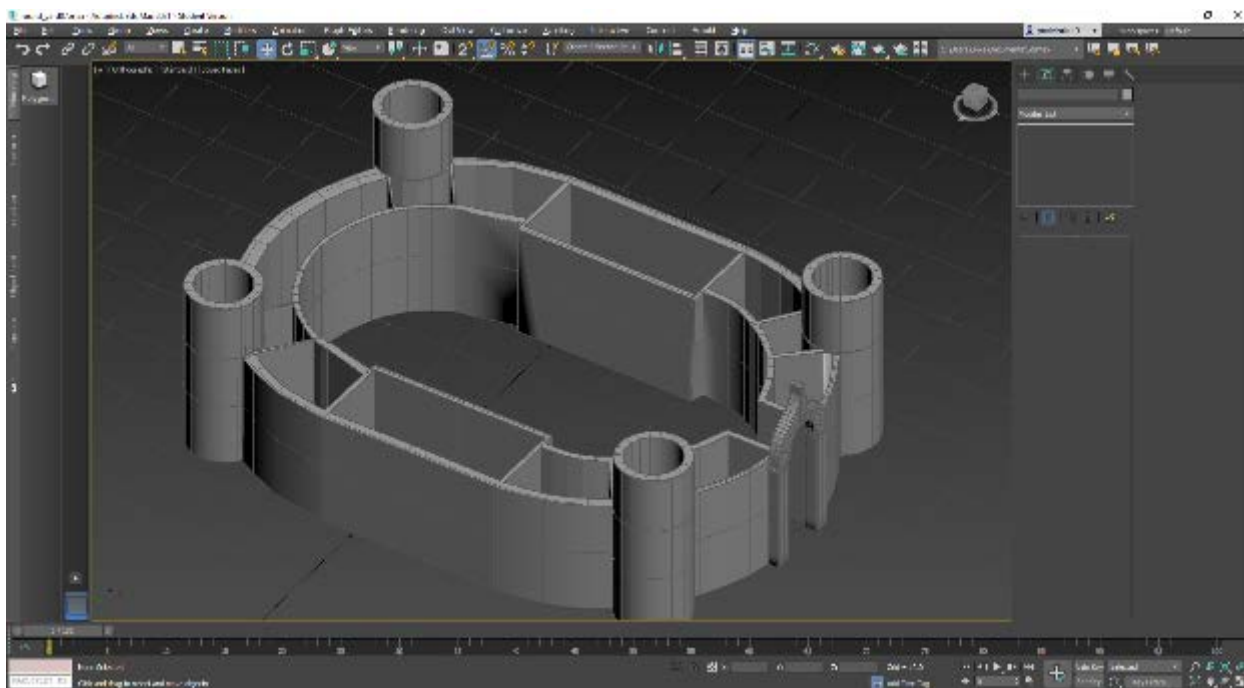


Рисунок 3.13 – Детальне моделювання основи будівлі

Продивившись фото історичної пам'ятки «Круглий двір», можна побачити, що не вистачає вирізів на стінах та колонах. Їх можна зробити за допомогою модифікатора «EditPoly», а саме, використовуючи інструментів видавлювання.

Перш за все, обираємо потрібні полігони та обираємо інструмент «Extrude». Величина значення видавлювання – пропорційне загальному об'єкту (рис.3.14).

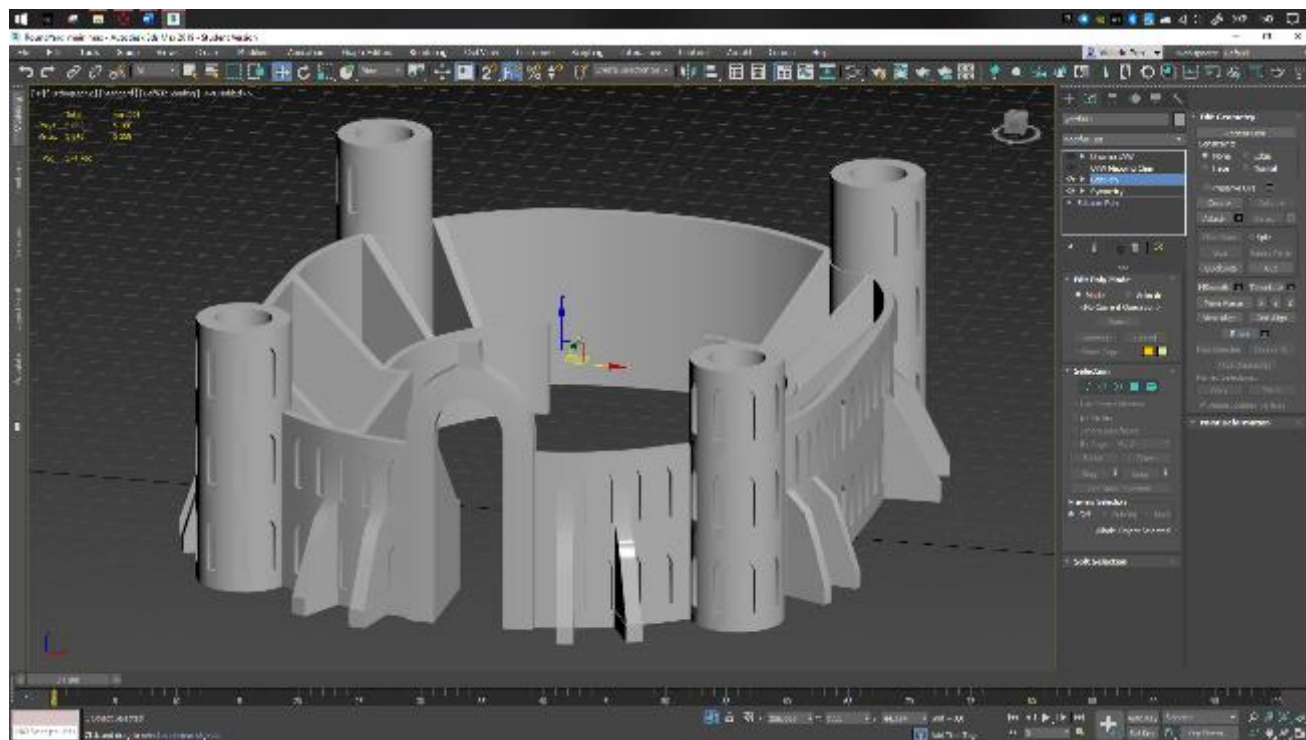


Рисунок 3.14 – Модель основи історичний пам'ятки «Круглий двір»

### 3.1.2 Моделювання даху

Переходимо до створення та редагування даху. Перш за все, створюємо основу для майбутньої моделі «Cone» (рис.3.15).

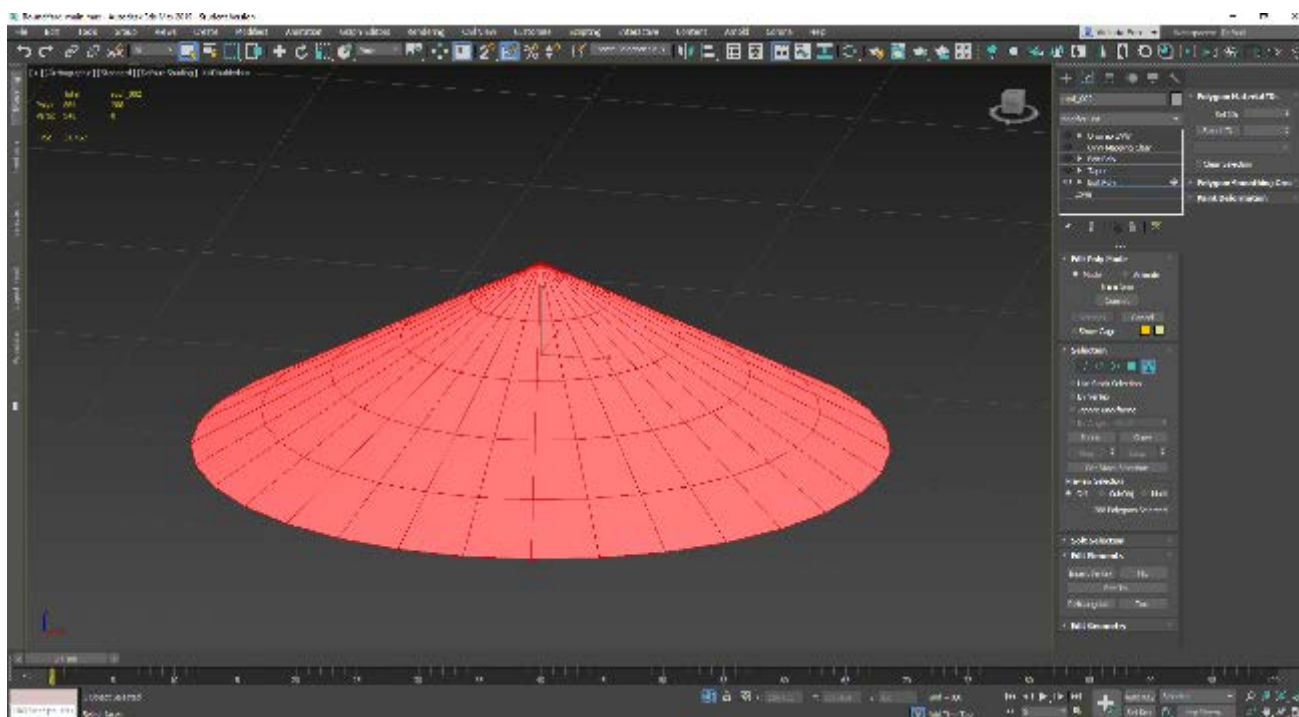


Рисунок 3.15 – Основа для даху

Обираємо модифікатор «Таргет», який використовується для деформації об'єкту. Видозмінюємо загальну форму об'єкту відповідно до вхідних матеріалів (рис.3.16).

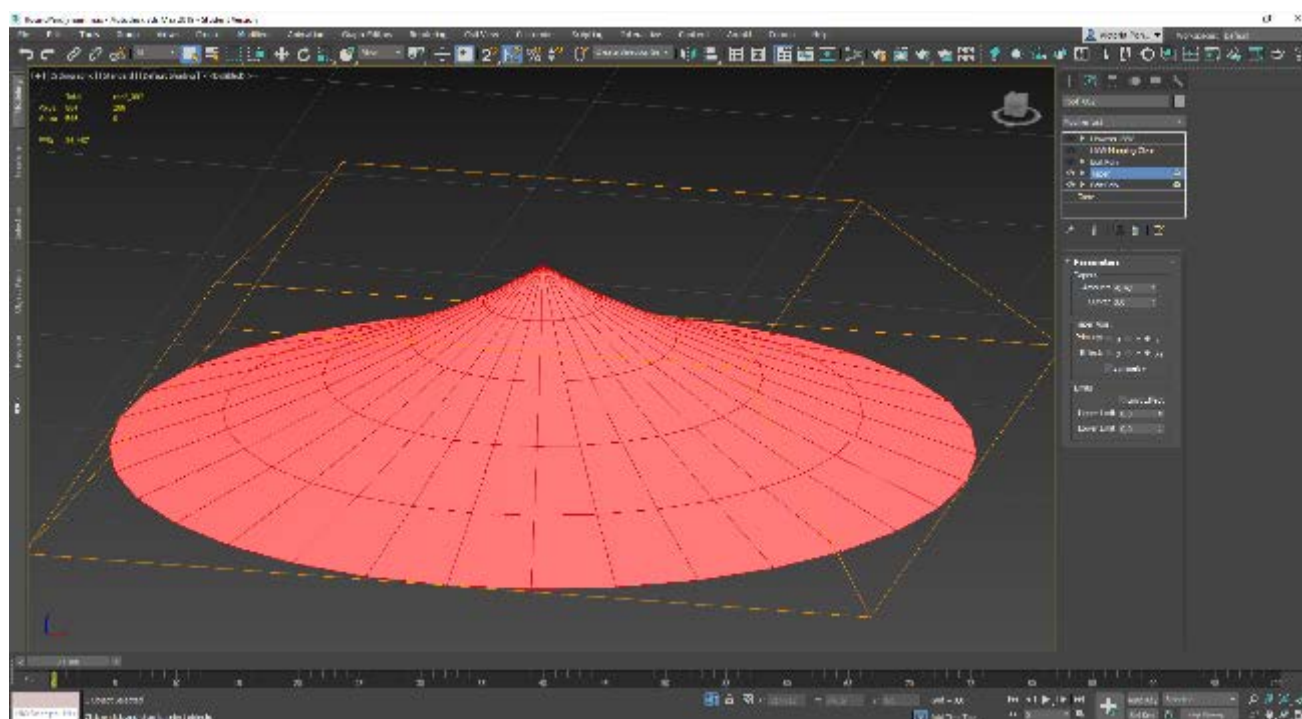


Рисунок 3.16 – Модель із використанням модифікатору



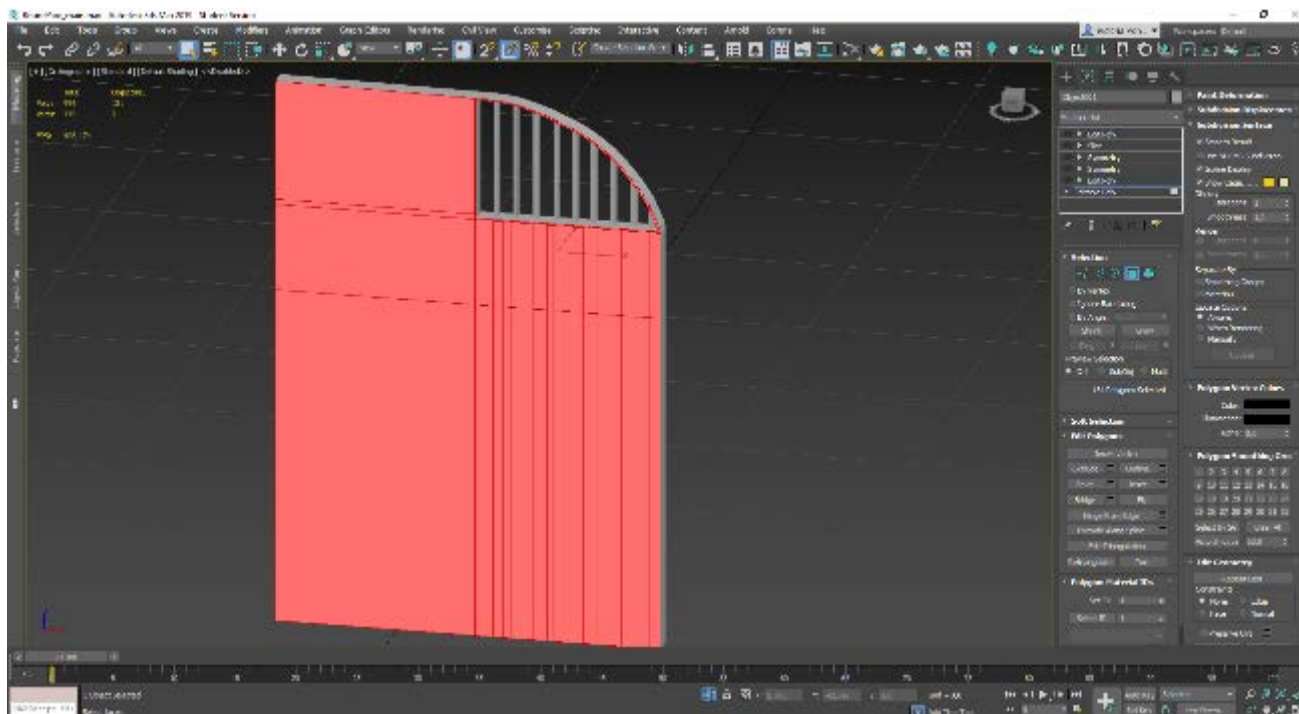
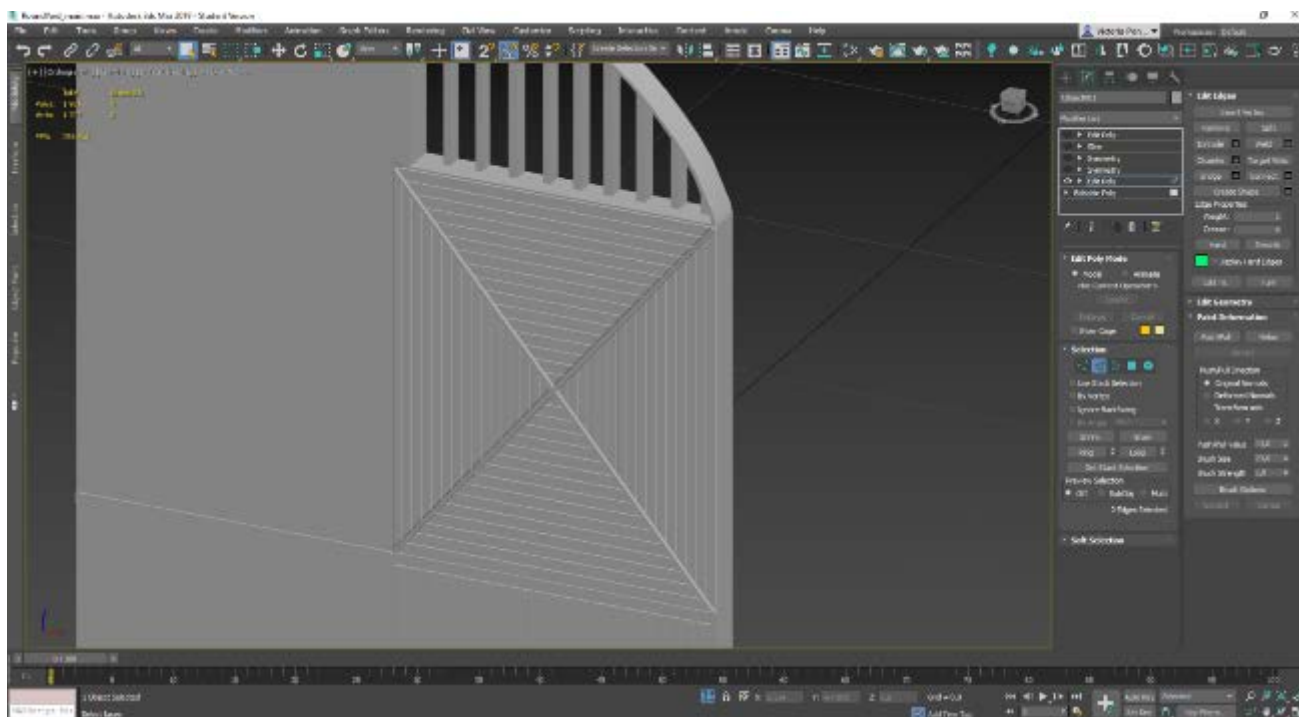


Рисунок 3.18 – Заготівка для моделі

Виконуємо візерунок, що має сам реальний об'єм. За допомогою «Connect» ми створюємо відромірні поділки та потім застосовуємо тиснення, використовуючи інструмент «Extrude» (рис.3.19).



### Рисунок 3.19 – Виконане тиснення

Видаляємо зайву частину за допомогою модифікатора «Slice» (рис.3.20). Отже, модель виконана та готова до переходу на наступний етап розробки.

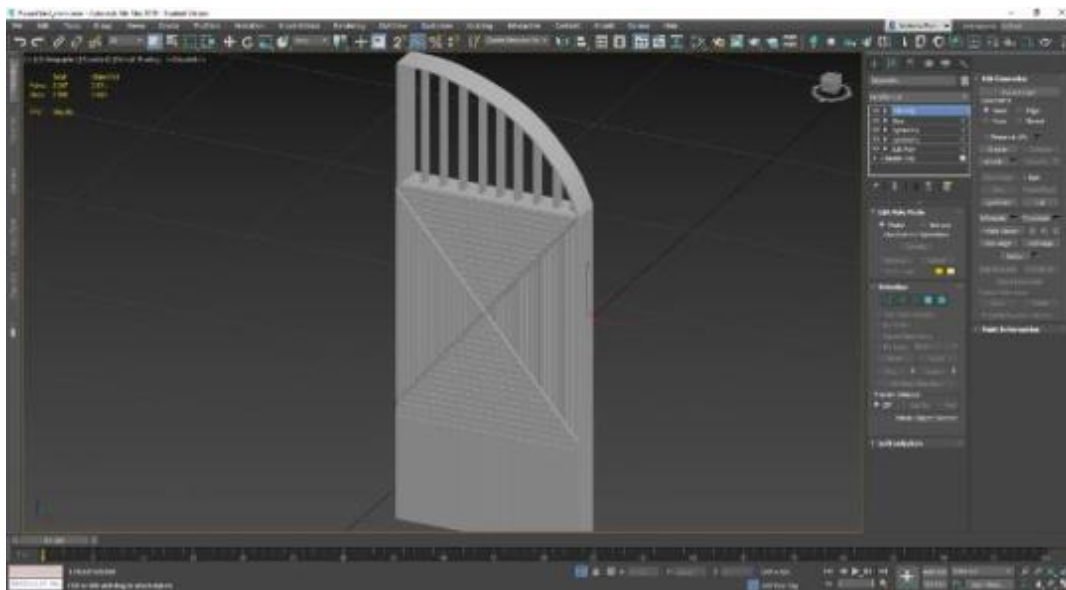


Рисунок 3.20 – Змодельований об'єкт «Двері»

### 3.1.4 Моделювання обрамлення

Розглянемо створення обрамлення на прикладі однієї її складової (рис.3.21).

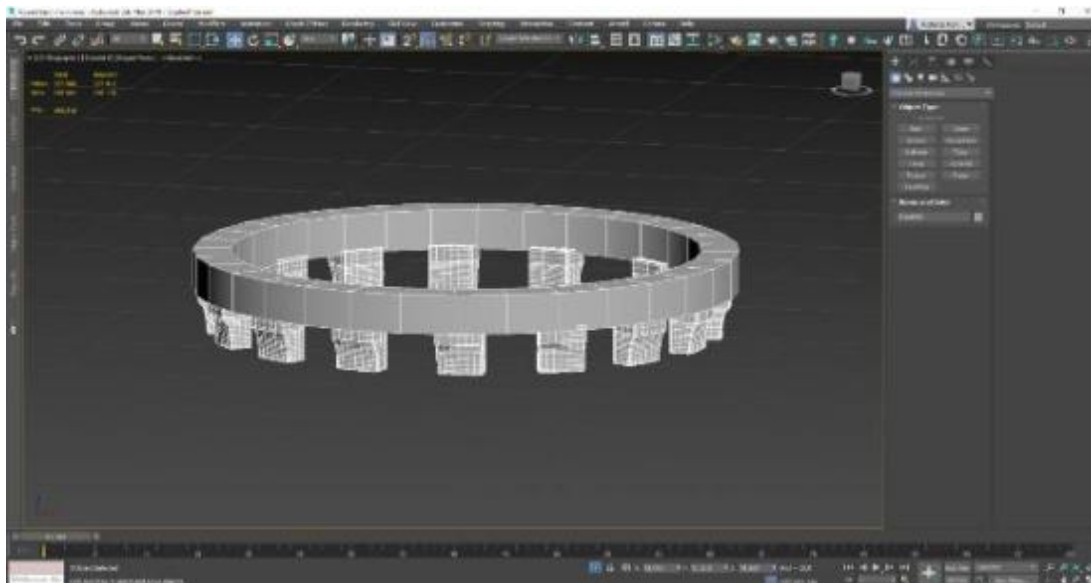


Рисунок 3.21 – Частина повноцінного обрамлення

По перше, переходимо до попередньо створеної моделі основи історичної пам'ятки. У модифікаторі «EditPoly» обираємо границі, на основі яких будуть створені майбутні обрамлення. Обираємо «Create Shape» та обираємо налаштування, як представлено на рисунку 3.22. У результаті ми отримуємо кільце, що буде основою для подальшої роботи.

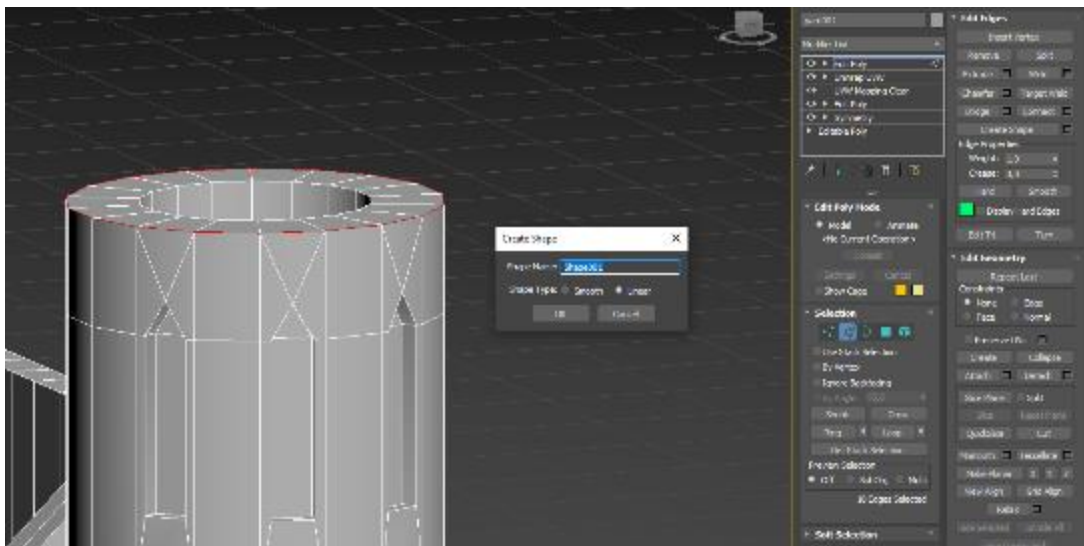


Рисунок 3.22 – Налаштування при обранні «Create Shape»

У налаштуваннях об'єкту обираємо «Enable In Viewport» та підбираємо налаштування відповідно нашому об'єкту (рис.3.23). У результаті ми отримуємо кільце, що ідеально підходить попереднім матеріалам, із мінімальними зусиллями.

Для подальшої роботи створюємо додаткову частину даної моделі, яка буде додана у подальшій роботі. Створюємо основу для моделювання «Вох» та використовуємо «EditPoly». Виконуємо модифікацію для отримання відповідної форми (рис.3.24).

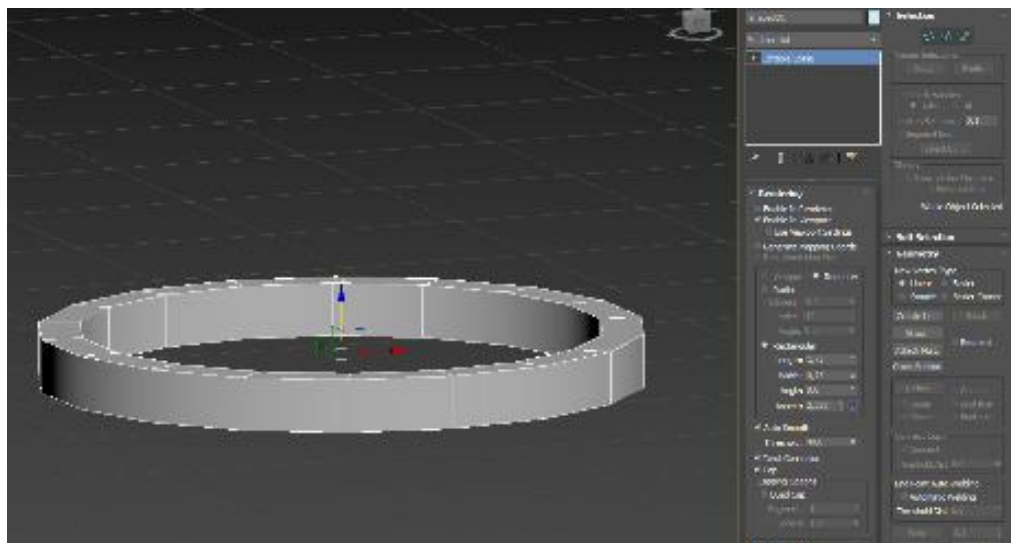


Рисунок 3.23 – Створений об'єкт

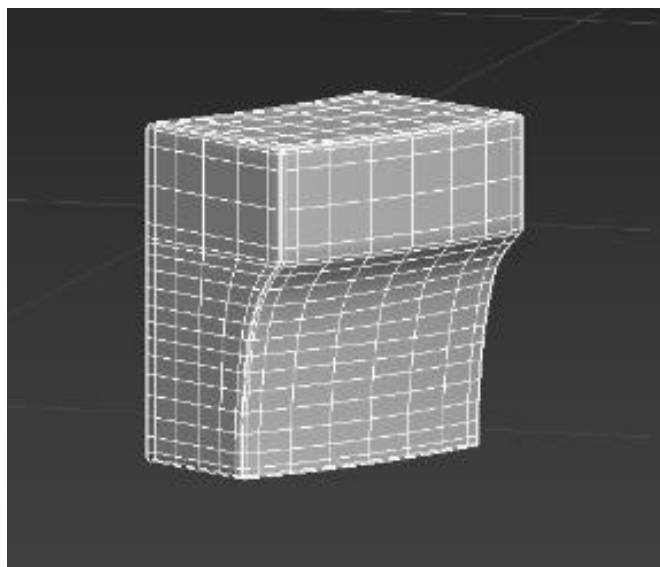


Рисунок 3.23 – Додаткова частина моделі

Для додання створеної частини використаємо інструмент «Spacing Tool» для копіювання даного об'єкту по формі (рис.3.24).



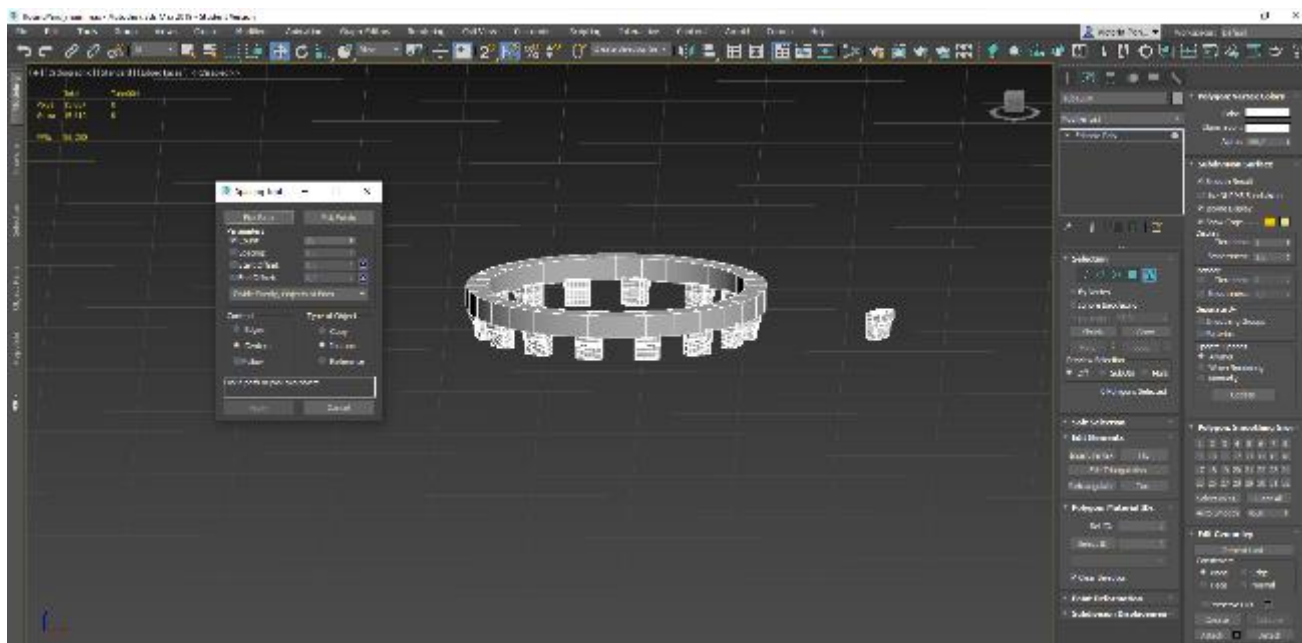


Рисунок 3.24 – Результат роботи «Spacing Tool»

Повторюємо всю поетапність для кожної частини обрамлення. Після моделювання виконуємо об'єднання усіх створених моделей за допомогою «Attach» (рис.3.25).

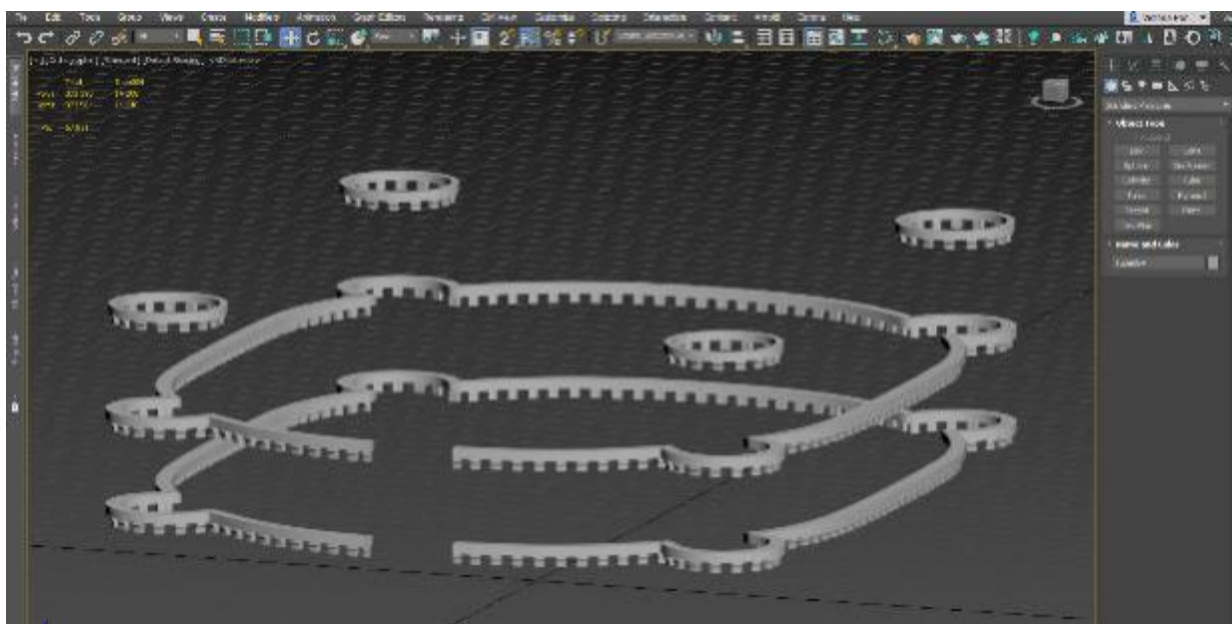


Рисунок 3.25 – Виконана модель обрамлення

## 3.2 Налаштування матеріалів

Для текстурування моделей у додатку Substance Painter попередньо потрібно підготувати моделі. Виконуємо розгортку за допомогою модифікатора «Unwrap UVW» та вбудованого інструменту «Flatten Mapping» із базовими налаштуванням. Виконуємо дану процедуру для кожної моделі, окрім моделі обрамлення (рис.3.26-28).

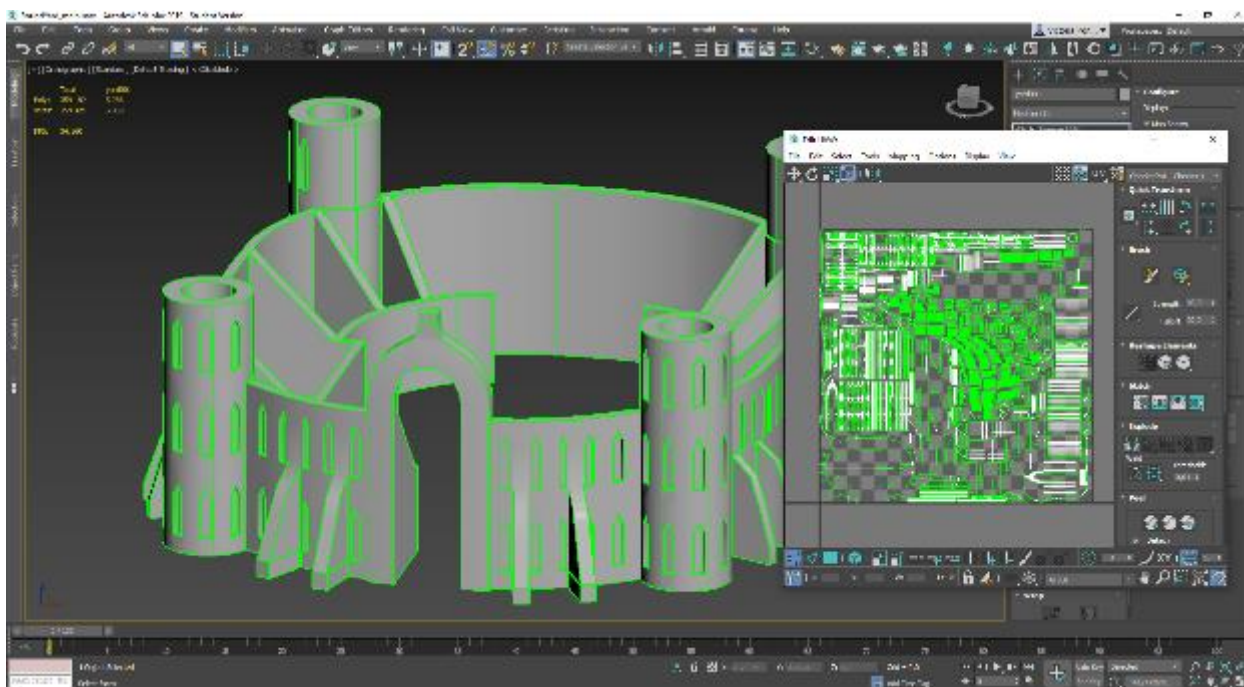


Рисунок 3.26 – Створення розгортки для моделі «Основа»

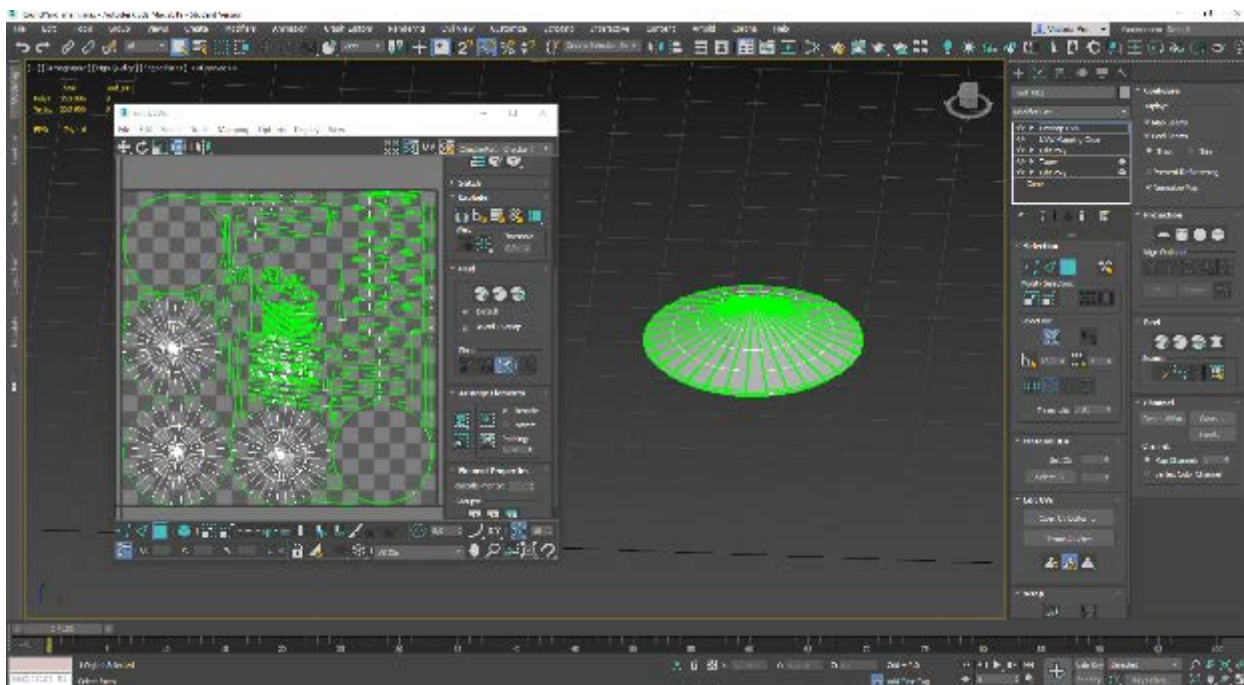


Рисунок 3.27 – Створення розгортки для моделі «Дах»

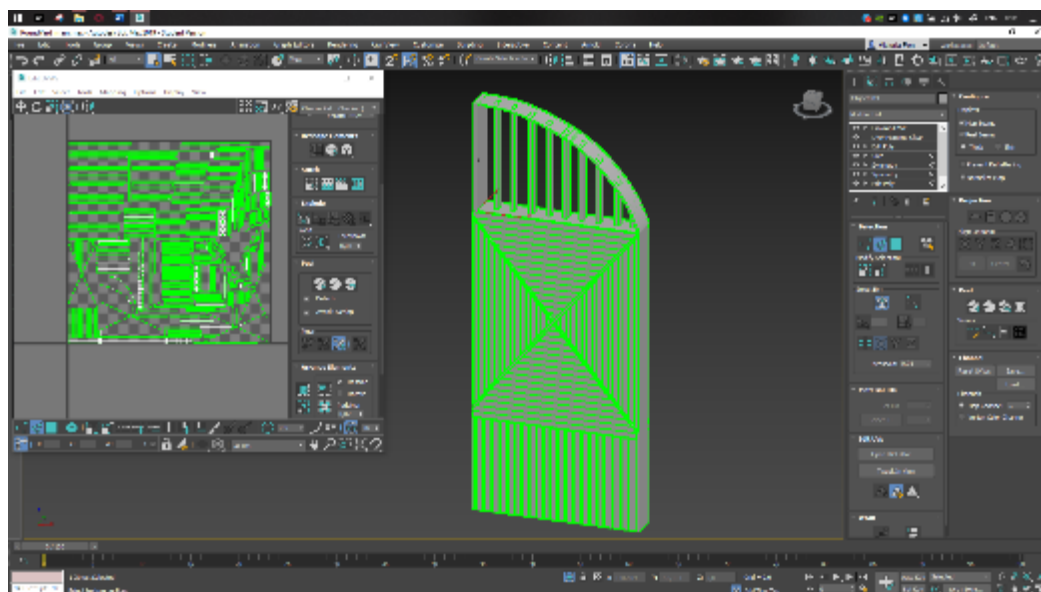


Рисунок 3.28 – Створення розгортки для моделі «Двері»

### 3.2.1 Текстурування основи

Наступним етапом текстурування буде перенесення моделі зі створеною розгорткою до додатку Substance Painter [19].

Робота в додатку виконується з допомогою шарування. Використаємо вбудований матеріал, для перенесення текстури, без кольору (рис.3.29).



Рисунок 3.29 – Перенесення рельєфу

Створюємо новий шар, для призначення загального кольору (рис.3.30). Колір підбирається відповідно вхідним матеріалами.



Рисунок 3.30 – Призначення кольору об'єкту

Створюємо додатковий шар для відображення іншої текстури на самій моделі, а саме частини цегляної стіни. Текстурування відбувається лише на ту

частину, яка буде зазначена. Ми маємо можливість створювати дану маску на будь-якому шарві. Результат роботи представлений на рисунку 3.31.



Рисунок 3.31 – Створення додаткового вигляду

Після виконання текстурування дані матеріали потрібно експортувати для використання на обраному ігровому рушії, а саме Unreal Engine. Обираємо налаштування, які представлені на рисунку 3.32.

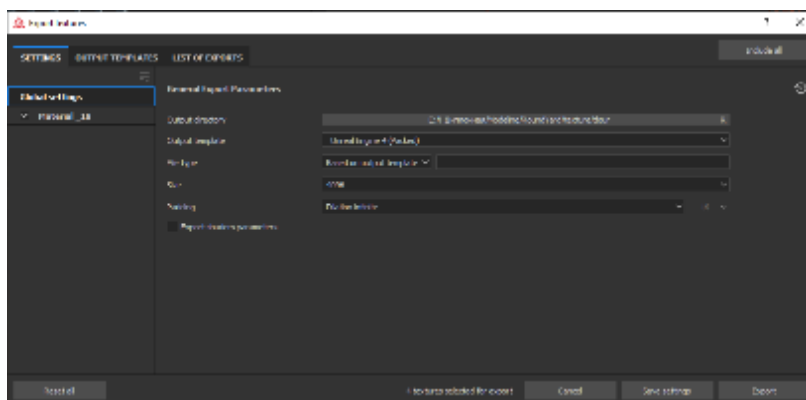


Рисунок 3.32 – Налаштування експорту

### 3.2.2 Текстурування даху

Першим етапом текстурювання даху є використання текстури металу на всю площу моделі. При перенесенні текстури створюється новий шар із даними налаштуваннями (рис.3.33). Використовуємо базові налаштування.

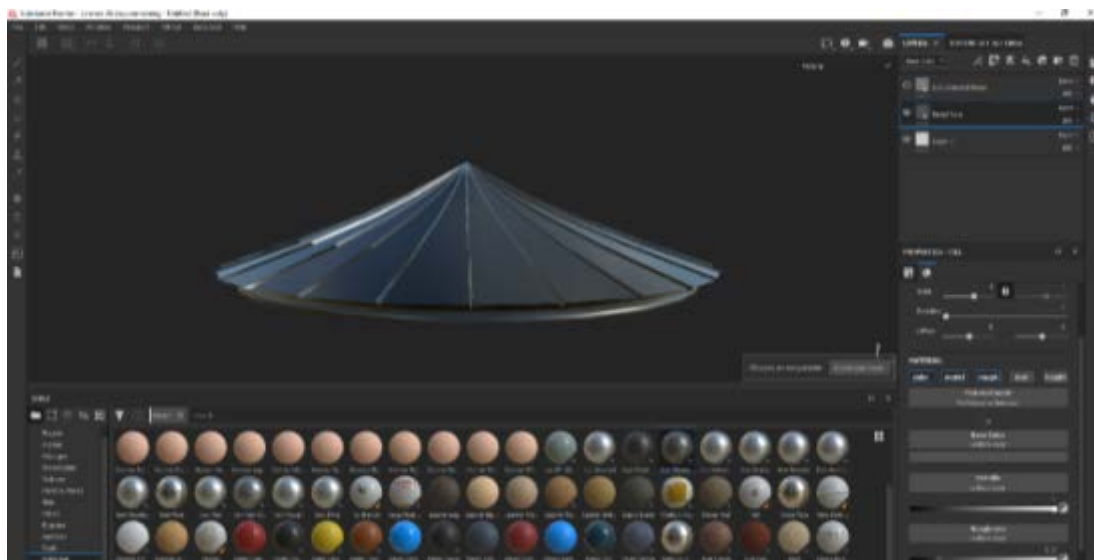


Рисунок 3.33 – Використання металевої текстури

Подальшою дією буде додавання додаткової текстури на поверхню моделі (рис.3.34). Була обрана текстура, що максимально достовірно та реалістично передає зовнішній вигляд даху.

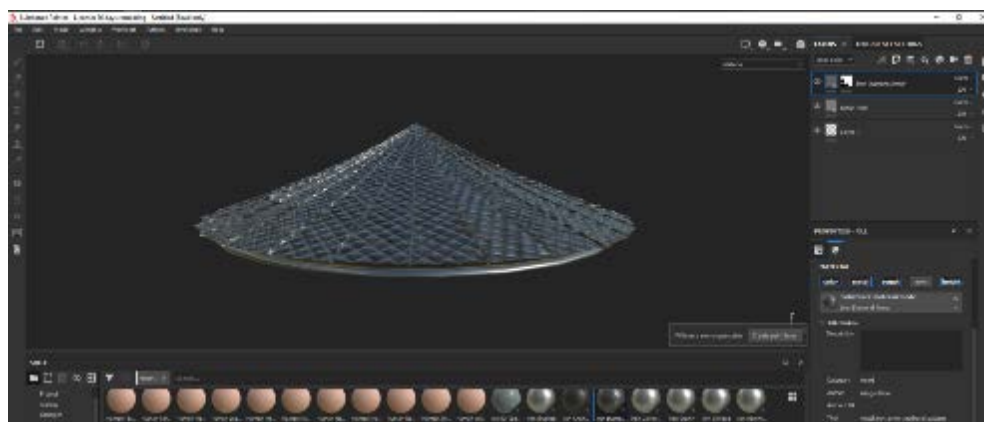


Рисунок 3.34 – Використання додаткової текстури для поверхні

Кінцевий етап – додавання показників старіння. У даному випадку це буде частинки іржі. Для її додавання потрібно створити новий шар саме з текстурою,

що імітую іржу. Після даного кроку, натискаємо правою кнопкою миші на створений шар та вибираємо пункт «Add Generator». У запропонованих варіантів використовуємо варіант «Rust» (рис.3.34).

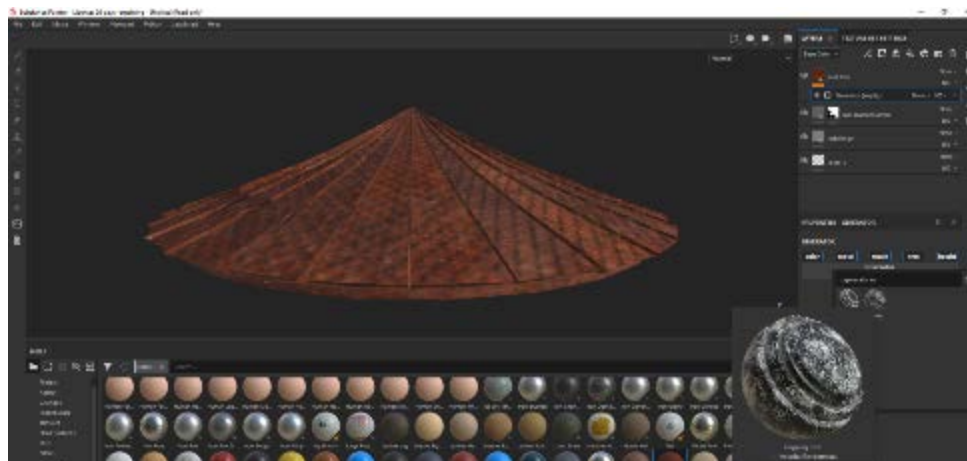


Рисунок 3.34 – Використання генератора

Обираємо налаштування, що представленні на рисунку 3.35. Загальні налаштування підбираються з урахуванням відображення роботи генератора на моделі.

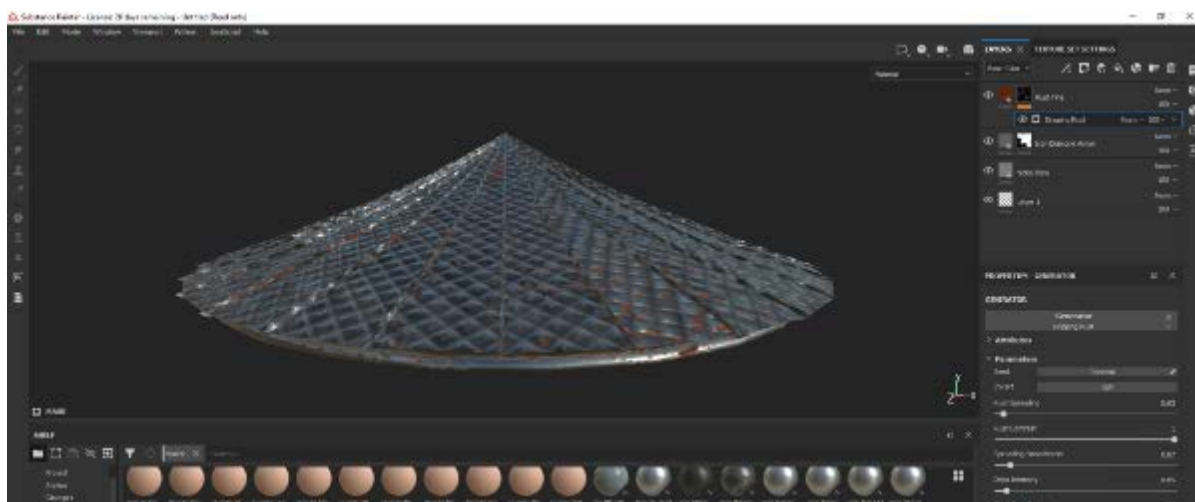


Рисунок 3.35 – Налаштування та результат роботи генератора

Кожний етап роботи також відображається на створеній у Autodesk 3ds Max розгортці. Для її перегляду потрібно натиснути «F20» на клавіатурі (рис.3.36). Після всіх маніпуляцій виконуємо експорт текстури.

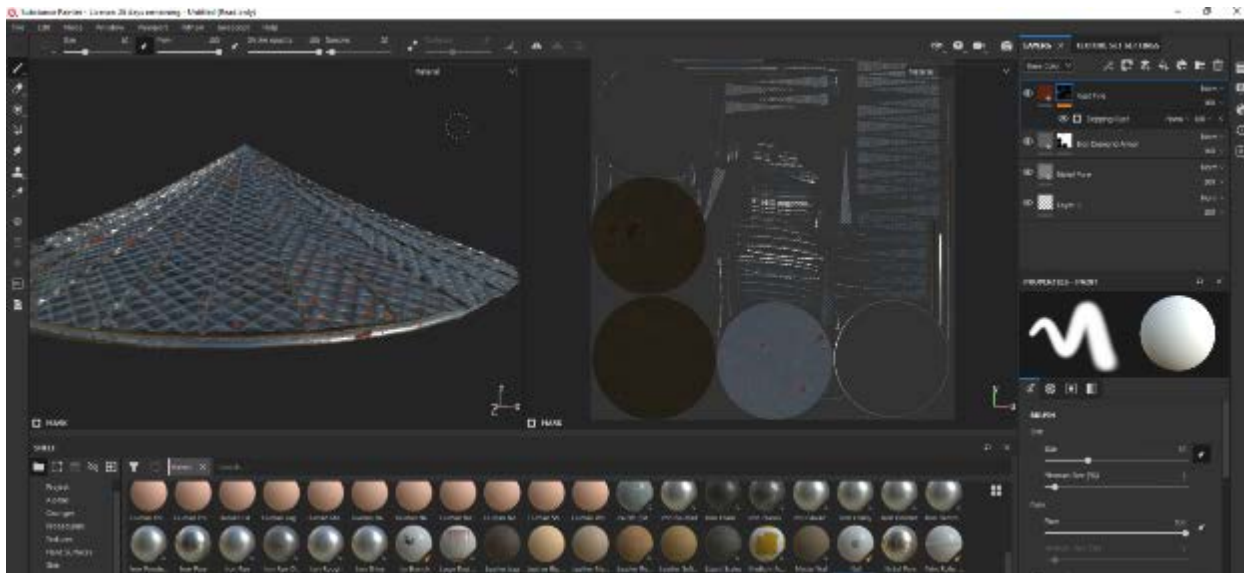


Рисунок 3.36 – Відображення розгортки моделі

### 3.2.3 Текстурування дверей

Текстурування моделі дверей відбувається за типовим алгоритмом дій, що був описаний у інших моделях. У даному випадку, двері матимуть дві текстури – металеву та дерев'яну, кожна з яких створена на окремому шарові та застосовується лише до відповідних полігонів (рис.3.37). Переглянемо її відображення на розгортці (рис.3.38).



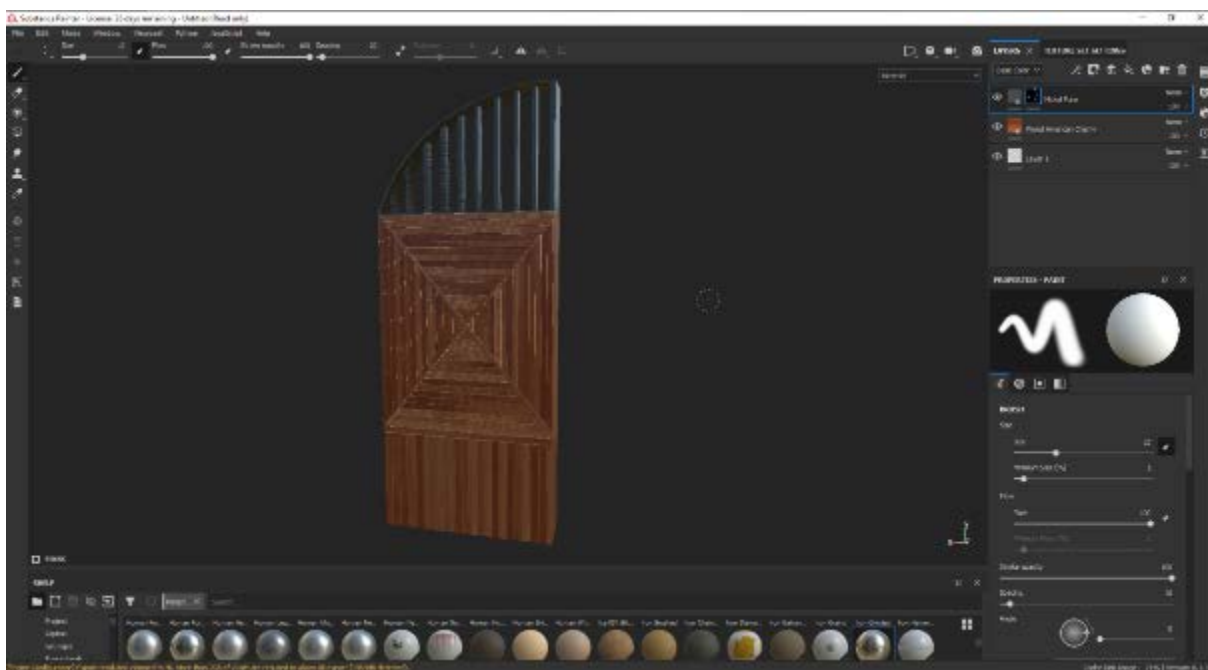


Рисунок 3.37 – Застосування текстур на модель дверей

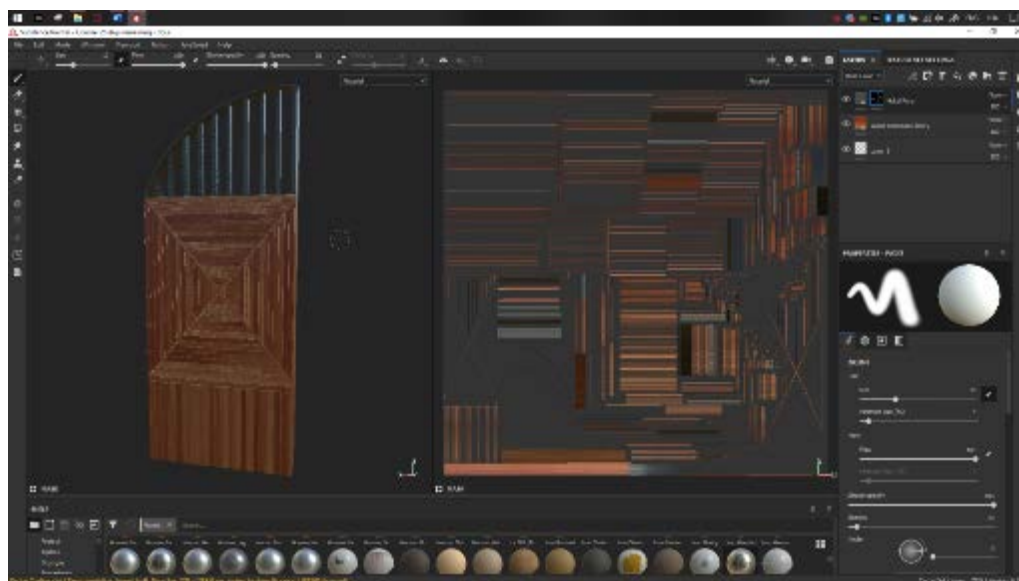


Рисунок 3.38 – Відображення текстур на розгортці

### 3.2.4 Текстурування обрамлення

Так як, обрамлення має не складну форму та зовнішній вигляд, вона не потребує додатково текстурування у додатку. Будь-які не складні маніпуляції із її зовнішнім виглядом можна буде виконати у рундзі, якщо у цьому буде потреба.

### 3.3 Імпортування моделей до рушія

Важливим етапом розробки віртуального туру є створення навігаційного меню додатку. Меню складається з переходу до перегляду моделей, ознайомлення із інформацією про розробника та додаток та виходу (рис.3.39).

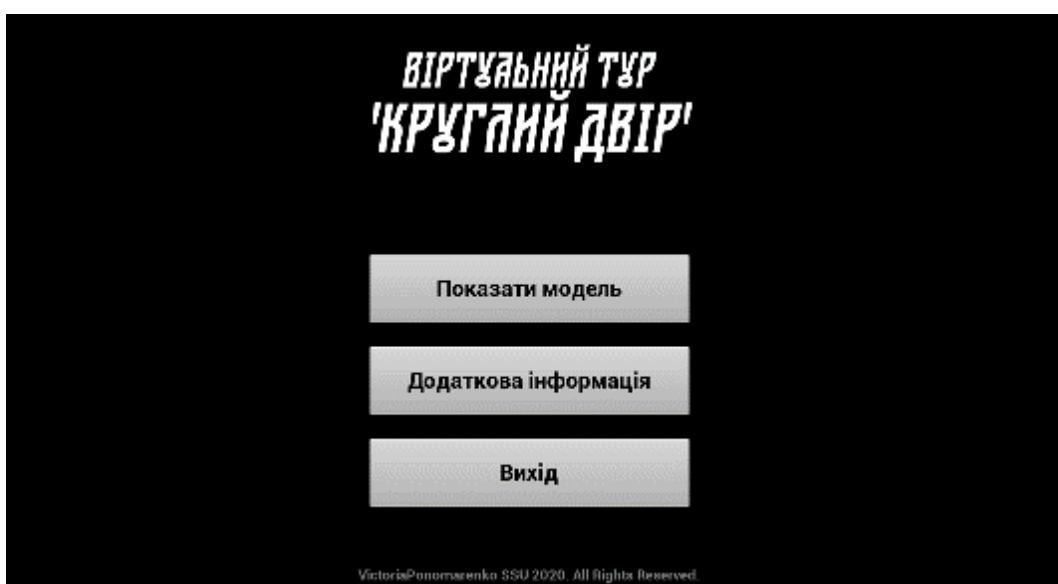


Рисунок 3.39 – Меню додатку

При обранні першого пункту меню, а саме «Показати модель», з'являється додаткове модальне вікно для обрання тематики. Назва тематики відноситься до заходів, які проводяться у місті Тростянець. У даному випадку користувачу надається вибір між «Схід-рок», «Стара-фортеця» та «Без заходів» (рис.3.40).

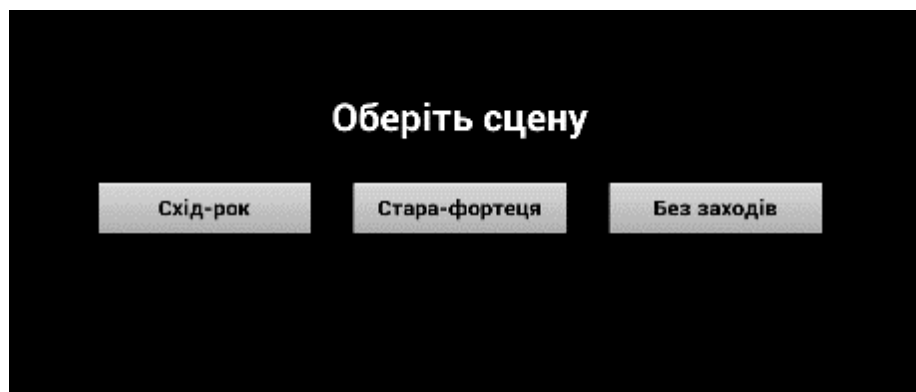


Рисунок 3.40 – Модальне вікно для обрання сцени

Розглянемо, як же саме було реалізовано навігаційне меню. На рисунку 3.41-42 представлена розробка функціоналу кожної взаємодії у blueprint файлі, наприклад такі як пауза, зображення модального вікна, перехід до певного рівня та інше.

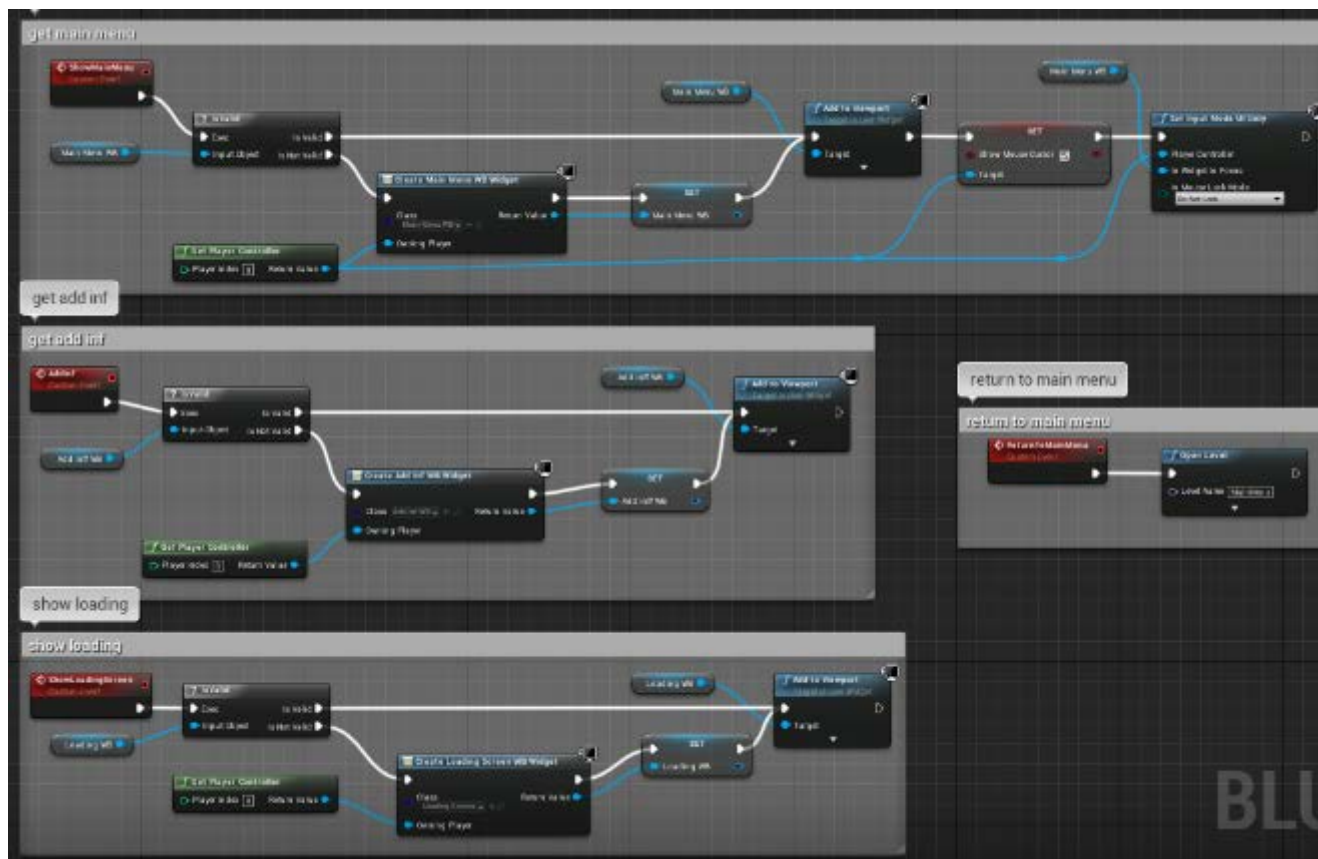


Рисунок 3.41 – Перша частина функціоналу у файлі «MainMenuInstance»

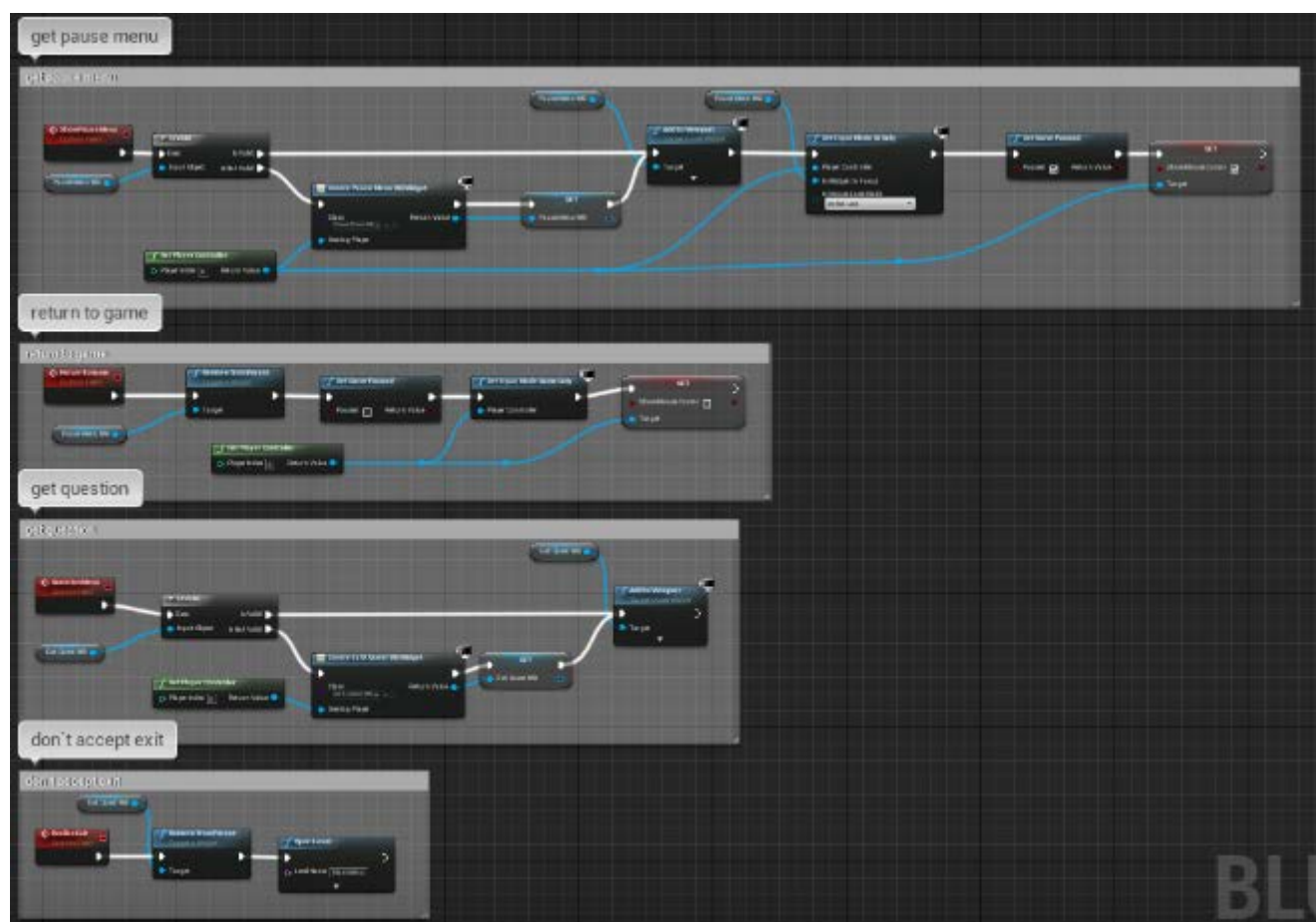


Рисунок 3.42 – Друга частина функціоналу у файлі «MainMenuInstance»

Переходимо темою «Без заходів». При завантаженні сцени ми маємо можливість переміщуватися сценою та перегляду моделей. На рисунку 3.43 представлено зображення головної історичної пам'ятки.



Рисунок 3.43 – 3d модель «Круглий двір»

Для доповнення навколишнього світу було додана додаткова рослинність у вигляді трави, квітів та дерев. Усі моделі даного типу були додані за допомогою додаткових пакетів Unreal Engine – «Vegetation: Foliage Collection»[20] та «Vegetation: Spruce Forest» [21] .

Крім того, були створенні додаткові 3d моделі оточення, а саме лавки, ліхтарі, бордюри, Алея закоханих, Садиба Надаржинських-Голіциних, фонтан, Альтанка та кладка біля озера (рис.3.44-50).



Рисунок 3.44 – Алея закоханих



Рисунок 3.45 – Зображення лавки на рушії



Рисунок 3.46 – Зображення моделі ліхтаря на рушії



Рисунок 3.47 – Моделі фонтана та Садиби Надаржинських-Голіциних



Рисунок 3.48 – Садиба Надаржинських-Голіциних вигляд ззаду



Рисунок 3.49 – 3d модель Альтанки



Рисунок 3.50 – Зображення моделі «Кладка» на рушії

Також був доданий додатковий функціонал – зміна текстури головної 3d моделі. За допомогою цього, ми маємо можливість ознайомитися з зовнішнім виглядом історичної пам'ятки «Круглий двір» до реконструкції (рис.3.51).



Рисунок 3.51 – Змінена текстура 3d моделі



Для зміни текстури безпосередньо під час роботи в додатку потрібно підійти до моделі «Стенд» біля самої історичної пам'ятки. З'явиться підказка та при натисканні кнопки «Т» буде відбуватися зміна текстури (рис.3.52).



Рисунок 3.52 – Зображення підказки

Розглянемо, як саме була реалізований даний функціонал. Був створений blueprint клас до якого була перенесення модель, над якою будуть виконувати певні дії. Розглянемо налаштування класу та зміни текстури (рис.3.53-54).

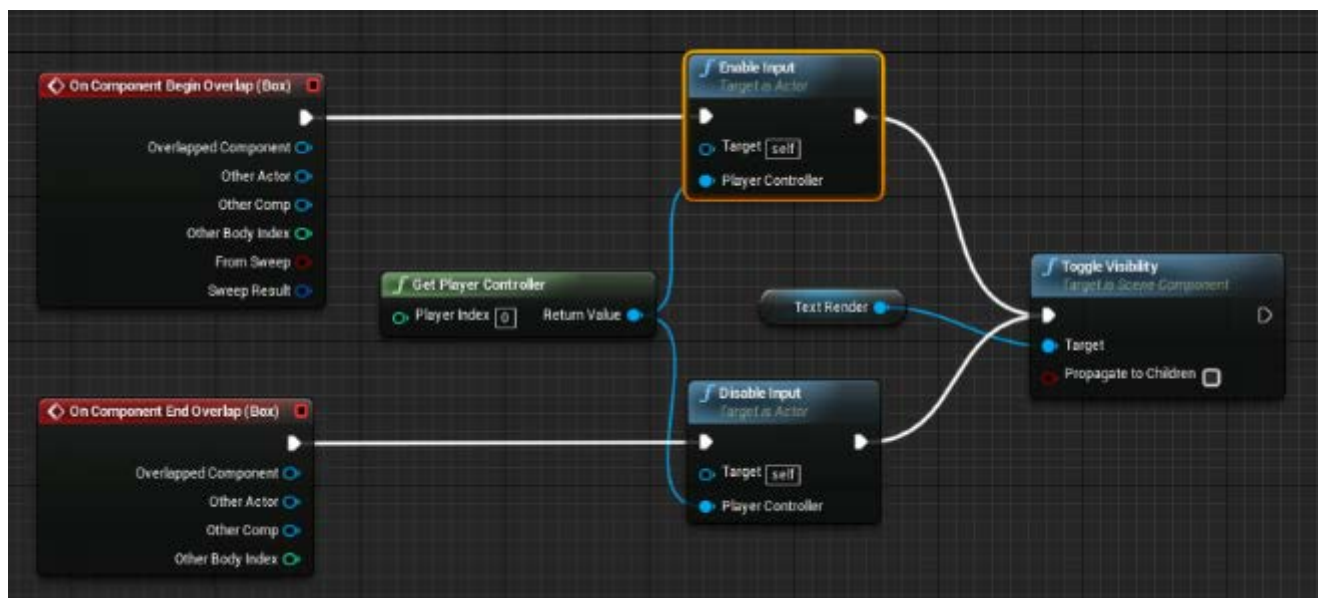


Рисунок 3.53 – Налаштування класу

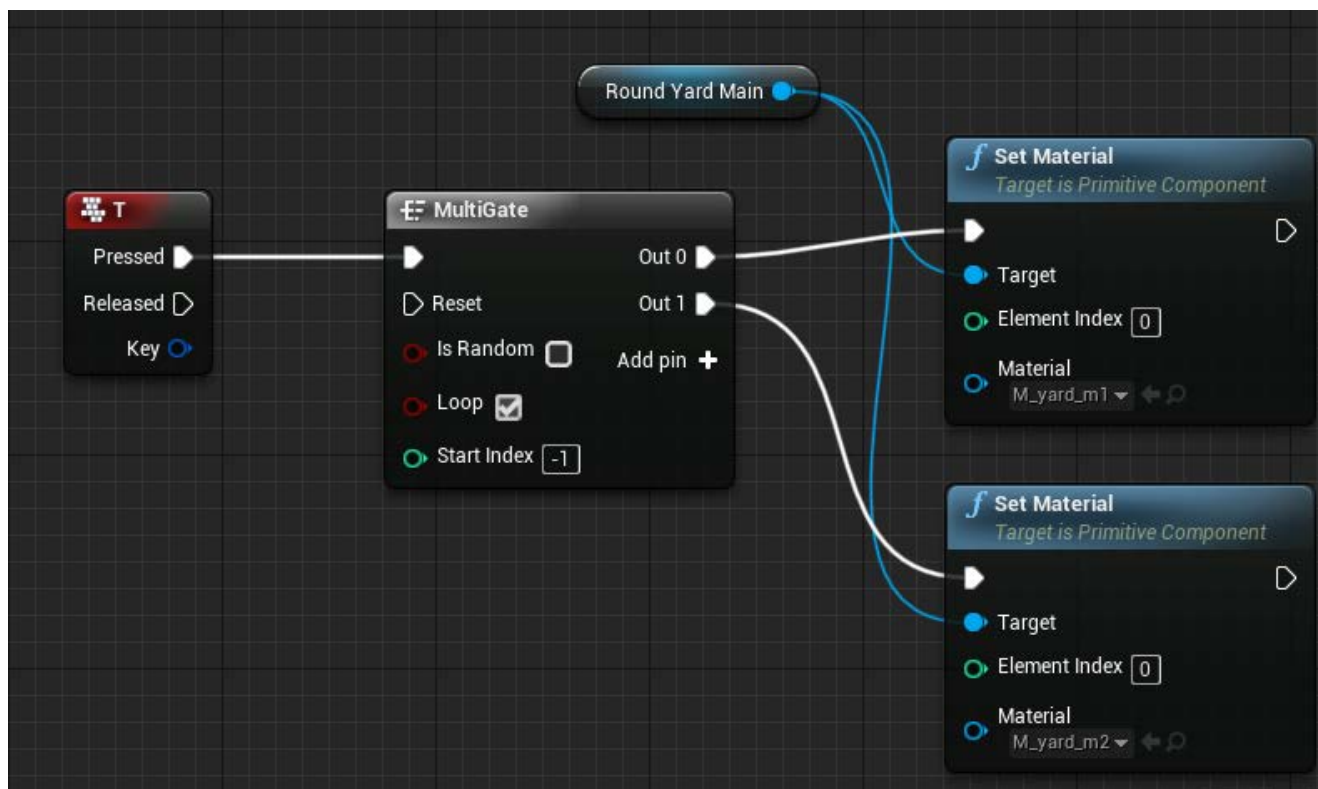


Рисунок 3.54 – Налаштування зміни текстури

Розглянемо детальніше рівні за типом проведення заходів. Наприклад, на рисунку 3.55-57 представлені додаткові моделі на тематику фестивалю «Стара-фортеця», а саме шоломи, мечі, трибуни та інше.



Рисунок 3.55 – Вигляд із додатковими 3d моделями



Рисунок 3.56 – Додатковий вигляд із зміненою текстурою



Рисунок 3.56 – Додаткові 3d моделі на історичну тематику

Також був створений додатковий рівень із відображенням тематичних 3d моделей, а саме «Схід-рок». Були розроблені такі моделі як, сцена, плакати, білборди та інше (рис.3.57-59).



Рисунок 3.57 – Вид історичної пам'ятки із тематикою «Схід-рок»



Рисунок 3.58 – Моделі у середині будівлі

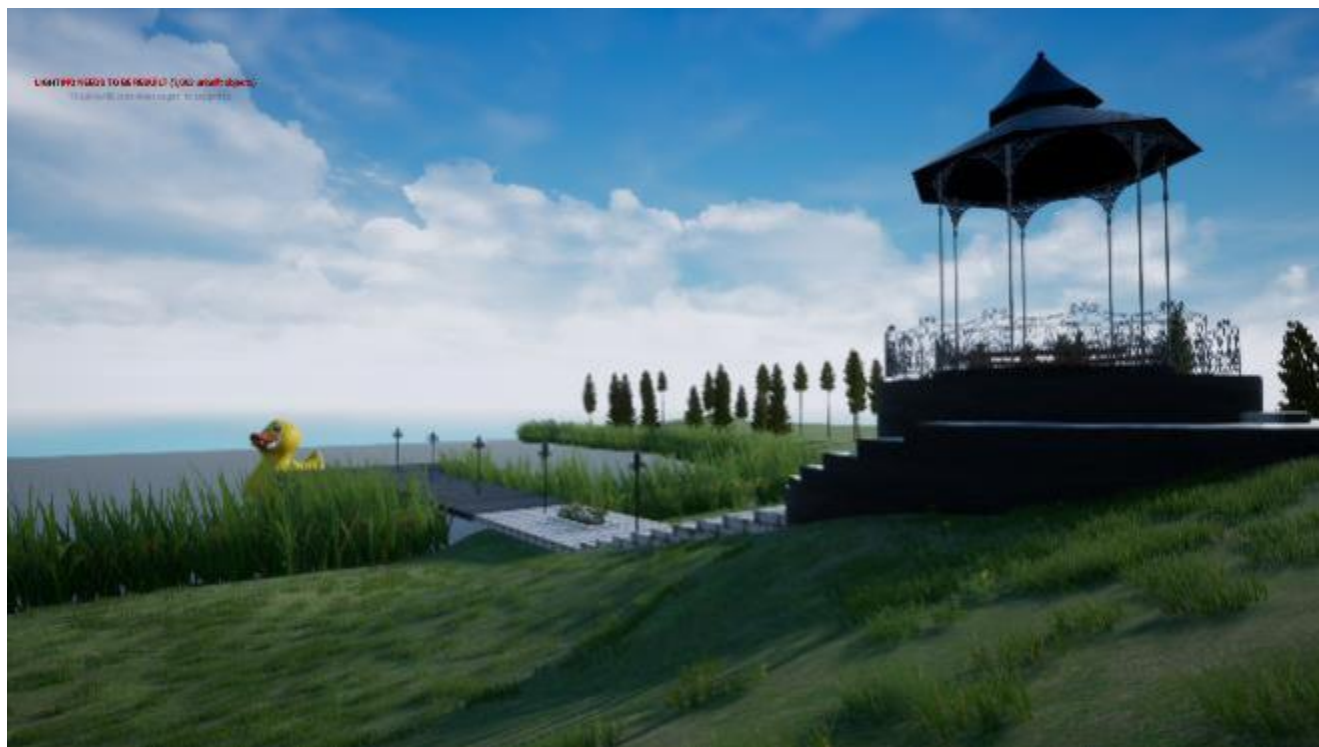


Рисунок 3.59 – Модель «надувна качка» за тематикою «Схід-рок»

## ВИСНОВКИ

Головним завданням проекту є досягнення всіх цілей та виконання завдань проекту, а саме створення якісного віртуального туру. Було створено за допомогою 3D можливість переміщатися, переглядати окремі області, наближати або навпаки віддаляти окремо взяті предмети. Таким чином, можна відвідати історичну пам'ятку «Круглий двір» міста Тростянець.

При виконанні бакалаврської роботи було проведено необхідний аналіз предметної області та на основі літературних джерел визначено актуальність роботи. Висвітлено інформацію про об'єкт моделювання а саме створено діаграми використання та контекстні діаграми.

Після аналізу програмних засобів було обрано інструменти для моделювання та створення додатку. Найбільш вдалою для створення 3d моделей віртуальної екскурсії «Круглий двір» буде Autodesk 3ds Max. Substance Painter краще підійде для виконання текстурування. У Unreal Engine створено саме віртуальну екскурсію з використанням самостійно розроблених 3d моделей.

Було сформульовано технічне завдання до дипломної роботи, в якому описується призначення моделі, мета створення, цільова аудиторія використання. Підготовлена документація по планування робіт.

Дана робота допоможе відкрити більше можливостей в майбутньому. Перш за все, місто Тростянець матиме можливість підвищити попит та цікавість туристів до пам'ятки «Круглий двір» та інших історичних місць.

Додаток допоможе майбутнім туристам ознайомитися з місцевістю туристичного об'єкта, а також переглянути місце проведення більшості масштабних проєктів, а саме «Схід рок», «Стара Фортеця», «Чайковський-фест».

Отже, власне проєкт буде представляти сучасний тип «віртуального туру», а саме в стилі доповненої реальності. Опираючись на всю інформацію та знання була виконана 3d модель історичної пам'ятки «Круглий двір» та додаткове оточення місцевості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Музиченко Я. С. Активні й інтерактивні освітні технології в музейних програмах для дітей. Музейна педагогіка – проблеми, сьогодення, перспективи: наук.-практ. конф., м. Київ, 28–29 вересня 2017 р. Київ, С.60–61.
2. Профорієнтаційна екскурсія [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://proforientator.com.ua/ua/vopros-otvet-o-proforientacii/proforientaczionnaya-ekskursiya.html>. (дата звернення: 10.04.2020).
3. 3D моделі об'єктів у проекті «InovEduc» [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [www.cer.sk](http://www.cer.sk). (дата звернення: 10.04.2020).
4. Lookin3D [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lookin3d.fr/matterport-virtual-tours/?lang=en>. (дата звернення: 10.04.2020).
5. Tsybrovska M., Tsybrovskyi I., Using 3D Models for Conservation and Study of the Wooden Architecture Heritage in Lviv Skansen: Uncommon Culture, Cultural Heritage, Real and Virtual. 2018. Vol. 7, NO. 1/2 (13/14), P.172–177.
6. Софія Київська. Національний заповідник [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://st-sophia.org.ua/en/home/>. (дата звернення: 13.04.2020).
7. 3D ВІННИЦЯ [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://3dvin.vntu.edu.ua>. (дата звернення: 12.04.2020).
8. What is a virtual tour, floor plan tour, 360 tour, etc.? [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vrminetel.com/virtual-tour-floor-plan-tour-360-tour-etc/>. (дата звернення: 12.04.2020).
9. Просте полігональне моделювання. модифікатор (Edit Poly) [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: [https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson\\_tv.html](https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson_tv.html). (дата звернення: 12.04.2020).

10. Текстуриг та шейдинг [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://tvkinoradio.ru/article/article4991-kak-sdelat-teksturing-i-shejding-dlya-3d-modeli>. (дата звернення: 13.04.2020).

11. The Top 10 Video Game Engines [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gamedesigning.org/career/video-game-engines/>. (дата звернення: 15.04.2020).

12. МЕТОДОЛОГИЯ IDEF [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/pris/lecture/tema6/tema6\\_2](https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/pris/lecture/tema6/tema6_2). (дата звернення: 16.04.2020).

13. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://pm.khpi.edu.ua/article/download/2413-3000.2016.1174.17/57227>. (дата звернення: 13.03.2019).

14. UML Use Case Diagram Examples [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.uml-diagrams.org/use-case-diagrams-examples.html>. (дата звернення: 15.04.2019).

15. 3D-МОДЕЛЮВАННЯ [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://qvarta.com/blog/podrobno-o-3D-modelirovanii>. (дата звернення: 07.04.2019).

16. Логічні операції Boolean [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson\\_03.html](https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson_03.html). (дата звернення: 15.04.2020).

17. Editable Poly Surface [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/3DSMax-Modifiers/files/GUID-D05DF785-F905-453E-BF64-DB4D59A9F200-htm.html>. (дата звернення: 17.04.2020).



18. TurboSmooth Modifier [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/3DSMax-Modifiers/files/GUID-EA8FF838-B197-4565-9A85-71CE93DA4F68-htm.html>. (дата звернення: 17.04.2020).

19. SUBSTANCE PAINTER [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.adobe.com/ua/products/substance.html>. (дата звернення: 18.04.2020).

20. Temperate Vegetation: Foliage Collection [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/interactive-foliage-collection>. (дата звернення: 19.04.2020).

21. Temperate Vegetation: Spruce Forest [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/interactive-spruce-forest>. (дата звернення: 20.04.2020).

## **ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ на розробку віртуальної екскурсії історичної пам'ятки «Круглий двір» м. Тростянець**

# **1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й МЕТА СТВОРЕННЯ ДОДАТКУ**

## **1.1 Призначення інформаційної системи**

Розроблений проект повинен представляти віртуальну екскурсію історичної пам'ятки «Круглий двір» м. Тростянець.

## **1.2 Мета створення інформаційної системи**

Метою роботи є створення візуальної моделі історичної пам'ятки міста Тростянець «Круглий двір», згідно з оригіналом в Autodesk 3ds Max 2019 та перенесення сцени до Unreal Engine 4 для можливості пересуватися по ньому.

## **1.3 Цільова аудиторія**

Дана робота допоможе відкрити більше можливостей в майбутньому. Перш за все, місто Тростянець матиме можливість повисити попит та цікавість туристів до пам'ятки «Круглий двір» та інших історичних місць.

За рахунок отриманої реклами буде можливим проведення більшої кількості заходів, що стимулюють попит, таких як виставки, ярмарки, інвестиційні форуми чи інші заходи.

Даний додаток допоможе майбутнім туристам ознайомитися з місцевістю туристичного об'єкта, а також переглянути місце проведення більшості масштабних проектів, а саме «Схід рок», «Стара Фортеця», «Чайковський-фест».

## 2 ВИМОГИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

### 2.1 Вимоги до інформаційної системи в цілому

Інформаційна система повинна бути реалізована у вигляді додатку. Користувач матиме можливість вільно пересуватися по створеній сцені та взаємодіяти зі створеними об'єктами. Управління буде відбуватися від першої особи. Описаний режим є типовим для комп'ютерних ігор, коли гравець бачить все очима персонажа.

Даний ефект має гарний психологічний вплив, що тільки допомагає передати інформацію більш детально та достовірно.

Розглянемо перелік вимог до системи:

- Користувач повинен мати можливість взаємодіяти зі створеними об'єктами;
- У створеній сцені повинна використовуватися фізика, що буде передавати реалізм оточення;
- Всі створені моделі повинні бути достовірними та передавати всі особливості будівель, навколишнього ландшафту та інших об'єктів;
- Кожен об'єкт повинен мати свою унікальну карту текстур, яка повинна якісно передавати зовнішній вигляд об'єкта і створювати ефект реалістичності;
- Створені об'єкти повинні мати якісну топологію, для коректного відображення моделі в додатку;
- Інтерфейс повинен бути зрозумілий та легкий у використанні;
- Інформація, що буде використовуватися в самому проекті повинна бути достовірною. До даної вимоги можна віднести зовнішній вигляд та пропорції моделей, розміщення об'єктів відносно один одного та інше.

## 2.2 Вимоги до 3d моделей

Всі створені 3d моделі повинні бути достовірними і передавати всі особливості будівель, ландшафту навколо і інших об'єктів.

Розглянемо перелік вимог до моделей:

– Модель повинна бути достовірною, що результати моделювання не викликає сумнівів.

– Модель відображає тільки істотні сторони об'єкта;

– Модель повинна містити достатню інформацію про систему - в рамках гіпотез, прийнятих при побудові моделі.

– Модель відображає оригінал лише в кінцевому числі його відносин і, крім того, ресурси моделювання кінцеві;

Практичне значення візуальної моделі – продемонструвати наглядно архітектуру, планування та зовнішній вигляд історичної пам'ятки.

## 2.3 Вимоги до текстур

Кожен об'єкт має свою унікальну карту текстур, яка повинна якісно передавати зовнішній вигляд об'єкта і створювати ефект реалістичності. Потрібно достовірно передавати фізичні властивості матеріалів і їх властивості, такі як фактуру, блиск, складки, тріщини, шви та інше.

Розглянемо перелік вимог до створення текстур:

– Текстура повинна бути в 2-4 рази більше потрібного розміру для якісного відображення дрібних деталей;

– У фіналі модель з текстурою повинна виглядати об'ємною та цілісно, а не розвалюватися на шматки - окремі, не пов'язані між собою обсяги.

– Використовуйте відповідні «чисті» кольори. Відчуття «брудного» кольору виникає, коли його затемнюють зниженням тону, т. Е. Відводять в сірий;

– Потрібно використовувати різноманітні форми та обсяги по всій текстурі;  
Для створення текстур можна використовувати як готові матеріали, так і створені вручну в фото редакторах, як Adobe Photoshop. Від використаних зображень безпосередньо буде залежати якість отриманого результату.

## **2.4 Вимоги до роботи з графікою**

Важливим фактором є оптимізація графіки в Unreal Engine для швидкості рендера сцени. Якщо виникають деякі труднощі, потрібно визначити через що саме з'явилися подібні проблеми з продуктивністю та запропонувати кілька методів для їх вирішення.

Наприклад, можна використовувати – статичні сітки-екземпляри. Кожен раз, коли на сцені з'являється новий об'єкт, це вимагає виклику додаткової команди відтворення на пристрої, що обробляє графіку. Якщо це статична сітка, то для кожної копії цієї сітки буде потрібно окремий виклик команди відтворення. Даний спосіб оптимізації – створення екземплярів статичних сіток і тим самим зниження кількості викликів команд відтворення.

При такому якщо у такої сітки рендериться якась частина, вона буде рендери і у всіх інших «клонів» цієї сітки. Тобто, якщо якийсь з «клонів» виявляється за межами камери, наш оптимізаційний потенціал витрачається даремно. Тому рекомендуємо робити сітки-екземпляри невеликими купками - на зразок купи каміння, купи мішків для сміття, гори коробок або модульних будівель, що знаходяться віддалік.

## **2.5 Вимоги до апаратного забезпечення**

Системні вимоги Unreal Engine 4 – це орієнтир того, яка потужність необхідна для розкриття повного графічного і технологічного потенціалу. Із

зазначеними рекомендаціями робота над проектом буде комфортною та продуктивною.

Мінімальні вимоги для запуску програмного продукту Unreal Engine 4:

- ОС: Windows 2000, XP, Vista, 7, Mac OS 10.4.5 (Intel);
- Процесор Dual core з частотою 1,8 ГГц;
- Оперативна пам'ять: 2048 МБ;
- Вільного місця: 15 ГБ;
- Відеокарта: Nvidia GTX560 1024 mb відеопам'яті;
- DirectX®: 9.0c;

Вимоги для запуску програмного продукту 3Ds Max 2019:

- ОС: Windows 7, 8, 8.1, 10;
- Процесор: 64-розрядний Intel або багатоядерний AMD;
- Відеокарта: 1GB і більше, DDR5;
- ОЗУ: не менше 4 ГБ;
- Вільного місця: 6 ГБ;

Вимоги до використання Corona Renderer:

– Процесор: Intel i3 / i5 / i7 / Core 2 і більш пізні версії, AMD Bulldozer і більш пізні версії.

– 3ds Max версія: Autodesk 3ds Max x64 версія 2012-2019, Microsoft Windows (7, 8, 8.1 або більш пізня версія).

– Standalone: Microsoft Windows (7, 8, 8.1 або більш пізня версія).

– Corona Distributed rendering (доступно тільки в 3ds Max) вимагає Backburner на вузлах рендеринга.

– Corona Renderer підтримує тільки x64 розрядні ОС.

### 3 СКЛАД І ЗМІСТ РОБІТ ЗІ СТВОРЕННЯ ДОДАТКУ

Докладний опис етапів роботи наведено в табл. А.1.

Таблиця А.1 – Етапи створення моделей

№	Склад і зміст робіт	Строк розробки (у робочих днях)
1.	Вступна інформація	10
1.1.	Ознайомлення з предметною областю проекту	2
1.2.	Вивчення конкурентів	2
1.3.	Ідентифікація ідей	2
1.4.	Робота над недоліками та перевагами	4
2.	Планування деталей віртуального туру	12
2.1.	Ознайомлення та аналіз програмних додатків для реалізації	2
2.2.	Підготовка матеріалу	2
2.3.	Вивчення вимог проекту	3
2.4.	Розробка календарного плану	2
2.5.	Вибір мови програмування для додаткових функцій	3
3.	Розробка візуальної частини проекту	30
3.1.	Моделювання всіх об'єктів	21
3.2.	Збір готових об'єктів у сцені	3
3.3.	Робота з готовими матеріалами	7
4.	Розповсюдження матеріалів проекту	10



## **4 ВИМОГИ ДО СКЛАДУ Й ЗМІСТУ РОБІТ ІЗ ВВЕДЕННЯ ДОДАТКУ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ**

Головним завданням проекту є досягнення всіх цілей та виконання завдань проекту, а саме створення якісного віртуального туру. За допомогою 3D можливо переміщатися, переглядати окремі області, наближати або навпаки віддаляти окремо взяті предмети. Таким чином, можна відвідати міста, пам'ятки або переглянути різні історичні місця.

На сьогоднішній час віртуальні панорами закладів є відмінного роду рекламою, оскільки вони цікаві, незвичайні і дозволяють користувачам не виходячи з дому все дізнатися і спланувати.

Даний додаток дає потенційному клієнту можливість візуально ознайомитися із зовнішнім виглядом історичної пам'ятки, використовуючи дані технології. Віртуальна екскурсія розкриває безліч можливостей показати користувачеві, все, що не в змозі розповісти. Відчуття присутності позитивно відбивається на загальній зацікавленості до продукту.

Як відомо, базові блоки в Unreal Engine називаються об'єктами та містять безліч необхідних функцій для створення повнофункціонального додатку. Отже, загалом проект може бути масштабований, адже кожна 3d модель створюється окремо в програмі 3Ds Max.

## ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Тема дипломного проекту: Віртуальна екскурсія історичною пам'яткою "Круглий двір" м. Тростянець

Ціль проекту: Розробка повноцінної віртуальної екскурсії історичною пам'яткою.

### 1 ОПИС ПРОЕКТУ НА ФАЗІ ІНІЦІАЛІЗАЦІЇ

#### 1.1 Розробка концепції проекту

##### 1.1.1 Ідентифікація ідеї проекту

Віртуальна екскурсія - це моделювання існуючого місця і зазвичай складається з серії відео чи нерухомих зображень. Він також може використовувати різні мультимедійні елементи, такі як звукові ефекти, музику чи виступи доповідачів. Це радикально відрізняється від перегляду телевізійних програм чи іншого відеоматеріалу, адже ми власноруч контролюємо переміщення в даних екскурсіях.

Власне мій проект буде представляти сучасний тип «віртуального туру», а саме в стилі доповненої реальності. Віртуальна реальність (VR) - це імітація, яка може бути схожою або зовсім не відрізнятися від реального світу. Застосування даних технологій може включати розважальні та навчальні цілі.

##### 1.1.2 Деталізація мети методом SMART

Завдання курсового проекту є створення віртуальної 3D екскурсії навколо головної пам'ятки міста Тростянець Сумської області - Круглий Двір.

Головна сцена, для створення віртуальної екскурсії, буде складатися з декількох об'єктів. У результаті, робота становитиме повноцінну сцену з можливістю її використання у подальшій реалізації.

Віртуальні екскурсії на сьогоднішній день є ефективним інструментом маркетингу, що дозволяє показати потенційному споживачеві товар, послугу або об'єкт особливим чином.

Процес створення сцени складається з таких послідовних етапів:

– Зйомка. Проводиться фотозйомка об'єктів з різних ракурсів, охоплюючи як загальні форми будівель, скульптур або навколишньої місцевості, так і певні деталі або особливості. На основі даних фотографій буде створюватися точна передача зовнішнього вигляду 3D моделей.

– Обробка фотоматеріалу. Фото підготовлюються до подальшого використання в програмах 3D моделювання: видалення дефектів, небажаних елементів, корекція спотворень об'єктива. Так само на основі даних фотографій розроблюються різні безшовні текстури для максимальної реалістичності.

– 3D-моделювання. В даний етап включається розробка основних об'єктів, що будуть використовуватися в даній роботі, але без обліку будь-яких фізичних властивостей об'єкта.

– Візуалізація. Рівень реалістичності майбутньої моделі безпосередньо залежить від вибраних і підготовлених текстур. Сучасні професійні програми для роботи з тривимірною графікою практично не обмежені в можливостях створення реалістичних зображень.

– Розробка сцени. Даний етап є завершальним. Він полягає в деталізації налаштувань відображення 3D-моделей на готовій сцені. Так само, що включає в себе додавання графічних спец-ефектів, таких, як відблиски, туман, сяйво і т.д.

### 1.1.3 Опис функціонування продукту

На основі розроблених методів і моделей запропонована програмна і організаційна реалізація інформаційної підтримки проекту.

До числа результатів і рекомендацій, які мають найбільше значення, належать:

- Розглянути теоретичні аспекти віртуального туризму.
- Проаналізувати досвід використання онлайн екскурсій для формування іміджу.
- Провести оцінку туристичного іміджу міста Тростянець сумської області.
- Дослідження ресурсів регіону для розвитку туризму і загального іміджу з використання віртуального туризму.
- На основі проведених досліджень сформувати новий туристичний продукт.
- Розробити повноцінну сцену для віртуальної екскурсії історичною пам'яткою.

## **1.2 Техніко-економічне дослідження**

### **1.2.1 Дослідження продукту IT-проекту, організації, регіону**

Розроблені протягом виконання проекту необхідні моделі для впровадження в структури з аналітики та статистики. Результати проекту можуть бути використані у діяльності інших підприємств, рекламних компаніях чи інших медіа.

### **1.2.2 Дослідження проекту в соціально-економічному, технічному, комерційному, економічному, фінансовому, соціально-інституційному аспектах**

У комерційному, економічному та фінансовому аспектах продукт проекту може підвищити рівень міському та іміджевому маркетингу.

Міський маркетинг - це стратегічне просування міста або міського району з метою сприяння його розвитку. Використовується для зміни зовнішнього сприйняття міста з метою заохочення розвитку туризму, збільшення в'їзний міграції, залучення інвестицій. Це часто виражається в спробах міста залучити культурно-масові, спортивно-масові чи змішані заходи.

### 1.2.3 Оцінка цінності, життєздатності та економічної ефективності ІТ-проекту

Продукт проекту є практичним та актуальним як для маркетингових відділів міста, так і для звичайних відвідувачів міста.

Маркетингові відділи зможуть використовувати створений проект для підвищення зацікавленості туристів до міста Тростянець. Дана робота допоможе отримати більше можливостей в майбутньому. Місто, за рахунок реклами, має більше приводів для проведення заходів, що стимулюють попит, таких як виставки, ярмарки, інвестиційні форуми чи інші заходи. Іноді, за допомогою саме таких заходів, можна підкреслити специфіку міста.

Крім того, саме цей продукт допоможе майбутнім туристам ознайомитися з місцевістю туристичного об'єкта, а також переглянути місце проведення більшості масштабних проектів в Тростянці, а саме «Схід рок», «Стара Фортеця», «Чайковський-фест».

## 2 ОПИСАННЯ ФАЗИ РОЗРОБЛЕННЯ ІТ-ПРОЕКТУ

### 2.1 Планування змісту структури робіт ІТ-проекту

Планування змісту структури робіт включає в себе розбиття дій або заходів, які ведуть до досягнення мети, на елементарні роботи. Таким чином, розбивка цих дій триває доти, поки не відбувається виконання дій елементарних робіт.

Елементарні роботи – це роботи, які мають один чіткий результат, який використовується при прийнятті цієї роботи. Зазвичай декомпозиція завершується тоді, коли для розкриття змісту потрібні вузькі фахівці, що знають технологічні особливості їх виконання.

Таким чином після розбиття дій на елементарні роботи отримуємо WBS діаграму даного проекту, зображену на рисунку Б.1.



Рисунок Б.1 – WBS діаграма проекту

### 2.2 Планування структури організації, для впровадження готового проекту

Після побудови WBS розробляють організаційну структуру виконавців. Організаційна структура представляє собою графічне відображення учасників проекту та їх відповідальних осіб, які задіяні в реалізації проекту. Основними

учасниками розробки проекту виступають Федотова Н.А. – куратор проекту, Пономаренко В.С. – виконавець проекту.

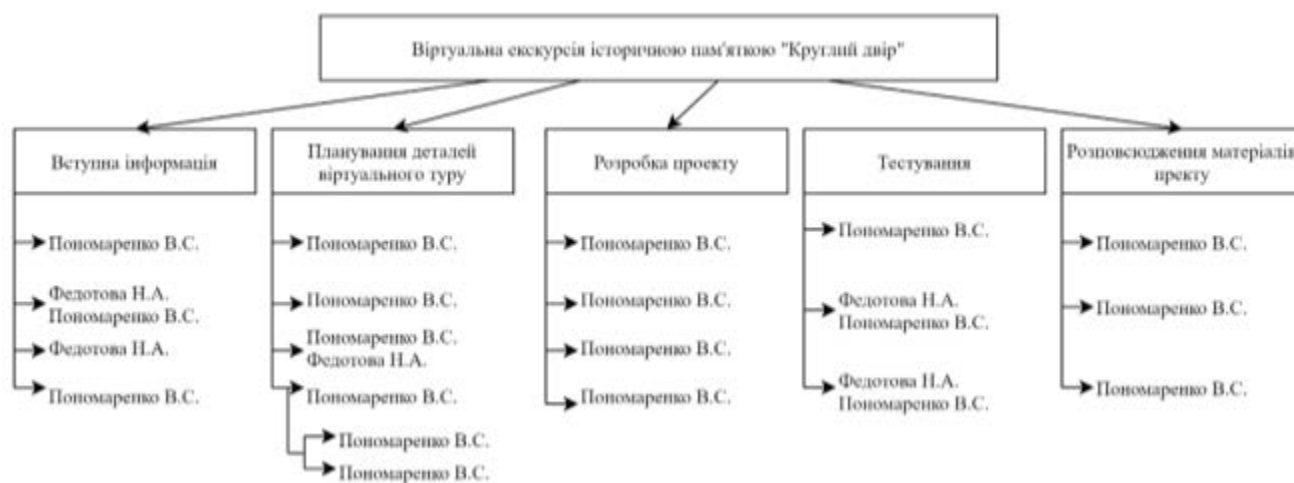


Рисунок Б.2 – OBS-структура проекту

### 2.3 Побудова матриці відповідальності

На підставі OBS та WBS структур будують матрицю відповідальності проекту. Матриця відповідальності закріплює за кожною елементарною роботою виконавця.

На підставі OBS та WBS структур було побудовано матрицю відповідальності. Для кожного з виконавців була визначена його роль:

- Відповідальний (В) – повністю відповідає за виконання задачі та має право приймати рішення щодо способу її реалізації;
- Консультант (К) – наглядає за ходом виконання завдання і висловлює свої міркування стосовно способу та якості реалізації. Несе відповідальність,
- Якщо не помітить явного недоліку. Спостерігач (С) – те ж саме що і консультант, але відповідальності не несе.

Таким чином на основі побудованої раніше WBS діаграми (рис.Б.1) та OBS-структури проекту (рис.Б.2) будуємо матрицю відповідності, яка зображена у таблиці (табл.Б.1).

Таблиця Б.1 – Матриця відповідальності

Елементи WBS	Пономаренко	Федотова	Рецензент
1. Вступна інформація	В	К	
1.1. Ознайомлення з предметною областю проекту	В	К	
1.2. Вивчення конкурентів	В	К	
1.3. Ідентифікація ідей	В	К	
1.4. Робота над недоліками та перевагами	В	К	
2. Планування деталей віртуального туру	В		
2.1. Ознайомлення та аналіз софту для реалізації	В	С	
2.2. Підготовка матеріалу	В	С	
2.3. Вивчення вимог проекту	В	С	
2.4. Розробка календарного плану	В	С	
2.4.1. Діаграма Ганта	В	С	
2.4.2. Мережевий графік	В	С	
3. Розробка проекту	В	С	
3.1. Моделювання 3d об'єктів	В	С	
3.2. Текстурування та шейдинг	В	С	
3.3. Збір готових об'єктів у проекті ігрового рушія	В	С	
3.4. Робота з готовими матеріалами	В	С	
4. Тестування	В	К	С
4.1. Тестування 3d моделі	В	К	С
4.2. Тестування віртуального туру в ігровому рушії	В	К	С



Продовження таблиці Б.1.

4.3. Тестування загальної взаємодії	В	К	С
5. Розповсюдження матеріалів проекту	В	К	
5.1. Підготовка документації	В	К	
5.2. Підготовка матеріалів до експлуатації	В	К	
5.3. Розповсюдження інформації та файли проекту	В	С	

## 2.4 Розробка календарного плану, діаграми Ганта та PDM-мережі

Для того щоб мати реальне уявлення про тривалість виконання робіт, з урахуванням обмеженості у використанні ресурсів, на підставі часткової мережевої моделі, а також, проекту в цілому з урахуванням вихідних та святкових днів, будують календарний графік робіт.

Він є реальним розподілом робіт з пакету за календарними датами, тобто своєрідним розкладом виконання робіт.

За допомогою програмного додатку автоматично буде побудована діаграма Ганта, яка представляє собою прямокутники робіт розташованих на шкалі часу, та мережевий графік, який показує відношення робіт та залежності їх друг від друга.

На основі створеної раніше WBS діаграми був створений календарний план, графік Ганта, та мережевий графік.

	Название задачи	Duration	Resource Names
1	▲ Интерактивный додаток "Віртуальна екскурсія історичною пам'яткою "Круглий двір" м. Тростянець"	49 days	Пономаренко В.С.;Федотова Н.А.
2	▲ 1 Вступна інформація	6 days	
3	1.1 Ознайомлення з предметною областю проекту	2 days	Пономаренко В.С.
4	1.2 Вивчення кокурентів	2 days	Пономаренко В.С.;Федотова Н.А.
5	1.3 Ідентифікація ідеї проекту	1 day	Федотова Н.А.
6	1.4 Робота над недоліками та перевагами	2 days	Пономаренко В.С.
7	▲ 2. Планування деталей віртуального туру	9 days	
8	2.1. Ознайомлення та аналіз софту для реалізації	2 days	Пономаренко В.С.
9	2.2. Підготовка матеріалу	2 days	Пономаренко В.С.
10	2.3. Вивчення вимог проекту	3 days	Пономаренко В.С.;Федотова Н.А.
11	▲ 2.4. Розробка календарного плану	2 days	Пономаренко В.С.
12	2.4.1. Діаграма Ганта	1 day	Пономаренко В.С.
13	2.4.2. Мережевий графік	1 day	Пономаренко В.С.
14	▲ 3. Розробка візуальної частини проекту	20 days	
15	3.1. Моделювання всіх об'єктів	10 days	Пономаренко В.С.
16	3.2. Збір готових об'єктів у сцені	3 days	Пономаренко В.С.
17	3.3. Робота з готовими матеріалами	7 days	Пономаренко В.С.
18	▲ 4. Тестування	3 days	
19	4.1. Тестування 3d моделі	1 day	Пономаренко В.С.
20	4.2.Тестування віртуального туру в ігровому рушії	1 day	Пономаренко В.С.;Федотова Н.А.
21	4.3. Тестування загальної взаємодії	1 day	Пономаренко В.С.;Федотова Н.А.
22	▲ 5. Розповсюдження матеріалів проекту	11 days	
23	5.1. Підготовка документації	5 days	Пономаренко В.С.
24	5.2. Підготовка матеріалів до експлуатації	2 days	Пономаренко В.С.
25	5.3. Розповсюдження інформації та файли проекту	1 day	Пономаренко В.С.

Рисунок Б.3 – Календарний графік проекту

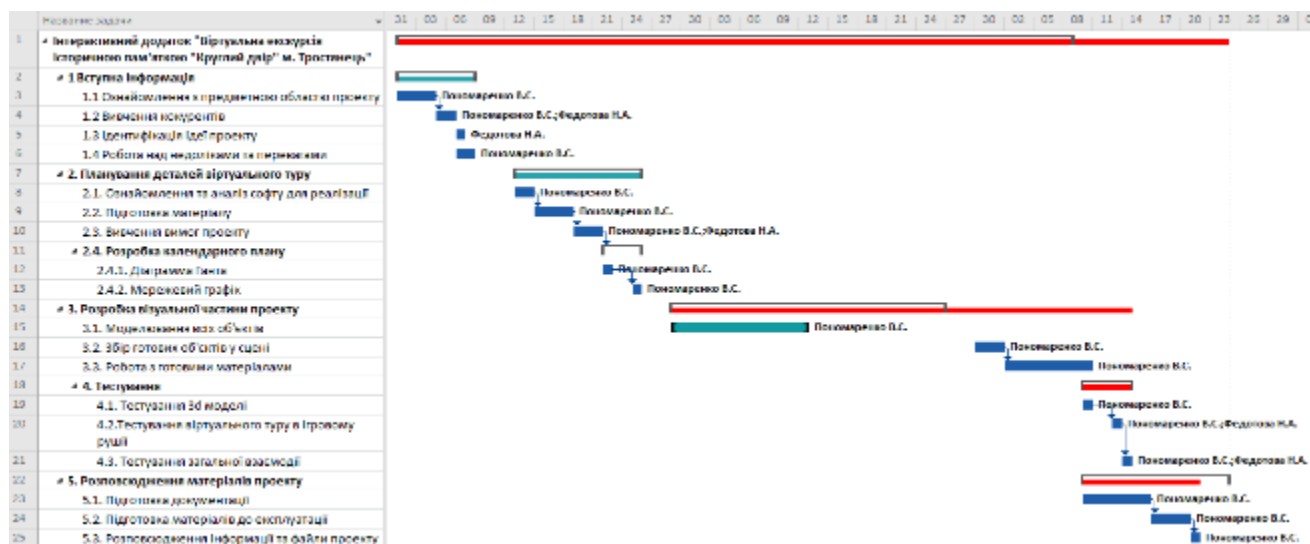


Рисунок Б.4 – Діаграма Ганта



Таблиця Б.2 – Матриця оцінки наслідків

Ціль проекту	Дуже слабкий вплив – 0,05	Слабкий вплив - 0,01	Середній вплив - 0,2	Сильний вплив - 0,4	Дуже сильний вплив - 0,8
Вартість	Несуттєве збільшення бюджету	Збільшення бюджету до 10%	Збільшення бюджету на 10-20%	Збільшення бюджету на 20-30%	Збільшення бюджету більше, ніж на 40%
Терміни	Несуттєве збільшення календарного плану	Порушення календарного плану не більше ніж на 5%	Порушення календарного плану на 5-10%	Порушення календарного плану на 10-20%	Порушення календарного плану більш ніж на 20%
Якість	Несуттєве зниження якості	Суттєве зниження якості	Зниження якості потребує узгодження з замовником	Зниження якості неприйнятне для замовника	Результат проекту повністю даремний

Існують три стратегії реагування на появу негативних ризиків, до яких відносяться:

- Ухилення від ризику передбачає змінення плану управління проектом таким чином, щоб виключити ризик, убезпечити цілі проекту від наслідків ризику.
- Передача ризику має на увазі перекладення негативних наслідків на третю сторону. Передача ризику просто переносить відповідальність за його управління іншій стороні, але ризик при цьому не зникає. Передача ризику є найбільш ефективною у відношенні фінансових ризиків. Передача ризику

практично завжди передбачає виплату премії за ризик стороні, яка прийняла ризик на себе. В якості інструментів передачі ризиків використовуються страховки, гарантійні зобов'язання і т.д. У ряді випадків витрати на ризики можуть перекладатися на покупця або продавця, що оговорюється у контракті.

– Зниження ризику передбачає зниження вірогідності наслідків негативної ризикованої події до прийнятних границь. Прийняття попереджувальних заходів зі зниження вірогідності настання ризику або його наслідків часто буває більш ефективним, ніж зусилля з усунення негативних наслідків, що здійснюються після настання події ризику.

До стратегій реагування на позитивні ризики (сприятливі можливості) відносяться:

– Використання. Дана стратегія призначена для усунення всіх невизначених частин, пов'язаних з ризиком верхнього рівня. До числа заходів прямого реагування відноситься, наприклад, залучення до участі у проекті більш талановитих спеціалістів для того, щоб скоротити строки виконання проекту або домогтися більш високої якості.

– Спільне використання. Спільне використання позитивних ризиків передбачає передачу відповідальності третій стороні, яка здатна найкращим чином скористатися сприятливою можливістю в інтересах проекту. До числа таких заходів відносяться: утворення партнерства зі спільною відповідальністю за ризики команд, спеціалізованих компаній або спільних підприємств.