

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Острозька академія»
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та бізнесу
Кафедра інформаційних технологій та аналітики даних

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

на тему: **«Розробка інтерактивної візуалізації Замкового комплексу міста
Острог»**

Виконав: студентка 4 курсу, групи КН-41
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки»
Вікторія Вікторівна Бабаєва

Керівник: викладач, фахівець практик
Володимир Віталійович Місай

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри прикладної математики
Донецького національного університету
імені Василя Стуса
Загоруйко Любов Василівна

РОБОТА ДОПУЩЕНА ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри інформаційних технологій та аналітики даних
_____ (проф., д.е.н. Кривицька О.Р.)

Протокол № 11 від «20» травня 2026 р.

Острог, 2026

АНОТАЦІЯ
кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Тема: Розробка інтерактивної візуалізації Замкового комплексу міста Острог

Автор: студентка спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки»
 Бабаєва Вікторія Вікторівна

Науковий керівник: викладач, фахівець практик
 Володимир Віталійович Місай

Захищена «.....»..... 20__ року.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 65 (кількість сторінок роботи) с., 95 (кількість рисунків) рис., 0 (кількість таблиць) табл., 7 (кількість додатків) додатків, 19 (кількість джерел) джерел.

Ключові слова: 3D-ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, BLENDER, UNREAL ENGINE 5, ЗАМКОВИЙ КОМПЛЕКС МІСТА ОСТРОГ, ІНТЕРАКТИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, СТВОРЕННЯ, ТЕКСТУРУВАННЯ.

Короткий зміст праці: Кваліфікаційна робота присвячена розробці інтерактивної візуалізації Замкового комплексу міста Острог засобами тривимірної графіки. Метою роботи є створення реалістичного віртуального середовища, що дозволяє користувачу ознайомитися з архітектурними особливостями та атмосферою історичного об'єкта. Реалізовано процес створення тривимірної сцени: від побудови базової структури локації та моделювання архітектурних об'єктів до налаштування матеріалів та інтеграції сцени в ігровий рушій. Спроектовано детальні моделі краєзнавчого музею, Круглої вежі, Богоявленської церкви та дзвіниці. Інтерактивна частина проєкту забезпечує користувачу можливість дослідження території замкового комплексу, огляду екстер'єру архітектурних об'єктів із різних ракурсів та ознайомлення з особливостями історичного середовища. Результатом роботи є створення цілісного візуального застосунку, придатного для використання у сфері освіти, туризму та цифрового представлення культурної спадщини.

ABSTRACT
of the qualification work
for a Bachelor's degree

Theme: *Development of an interactive visualization of the Ostroh Castle Complex*

Author: *Student of degree programme 122 Computer Science within the vocational education programme «Computer Science»*

Babaieva Viktoriia Viktorivna

Supervisor: *Lecturer, Practising Specialist*
Volodymyr Vitaliyovych Misai

Defended on «.....»..... 20__.

Explanatory note to the qualification work: *65 (number of pages) pp., 95 (number of figures) figs., 0 (number of tables) tables, 7 (number of appendices) appendices, 19 (number of sources) sources.*

Keywords: *3D VISUALIZATION, BLENDER, UNREAL ENGINE 5, OSTROH CASTLE COMPLEX, INTERACTIVE ENVIRONMENT, CREATION, TEXTURING.*

Abstract: *The qualification work is devoted to the development of an interactive visualization of the Ostroh Castle Complex using three-dimensional graphics technologies. The purpose of the work is to create a realistic virtual environment that allows users to explore the architectural features and atmosphere of the historical site. The process of creating a three-dimensional scene was implemented, including the construction of the basic location structure, modeling of architectural objects, material setup, and integration of the scene into a game engine. Detailed models of the museum of local history, the Round Tower, the Epiphany Church and the belfry were designed. The interactive part of the project provides users with the opportunity to explore the territory of the castle complex, observe the exterior of architectural objects from different perspectives, and become familiar with the characteristics of the historical environment. The result of the work is a complete visual application suitable for use in education, tourism, and the digital representation of cultural heritage.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ.....	7
1.1 Вибір середовища для моделювання та текстурування.....	7
1.2 Вибір середовища для створення інтерактивної візуалізації.....	10
1.3 Аналіз аналогів.....	12
1.4 Обґрунтування вибору комплексу «Замкова гора».....	13
1.5 Виклики, з якими довелося стикнутися, та шляхи їх вирішення.....	14
1.6 Інтеграція з сучасними платформами та сценарії використання.....	15
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МАТЕРІАЛИ.....	16
2.1 Моделювання будівель.....	16
2.2 Текстурування будівель.....	33
2.3 Додаткові налаштування.....	47
РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРАЦІЯ В UNREAL ENGINE.....	49
3.1 Налаштування зовнішнього середовища.....	49
3.2 Налаштування інтерактивності.....	51
ВИСНОВОК.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Актуальність теми. Збереження історичних пам'яток є одним із важливих завдань сучасного суспільства, адже саме вони відображають культурний розвиток, традиції та історичну пам'ять народу. Багато об'єктів культурної спадщини поступово руйнуються під впливом часу, природних факторів, змін клімату, людської діяльності або воєнних дій. Через це виникає потреба у пошуку ефективних способів їх фіксації, дослідження та збереження. Одним із сучасних інструментів, що активно застосовується для цього, є тривимірна комп'ютерна графіка. Вона дозволяє створювати детальні та реалістичні цифрові моделі архітектурних об'єктів, відтворювати їх зовнішній вигляд, просторову структуру та окремі деталі.

В умовах збройного конфлікту в Україні питання збереження історичних пам'яток набуває ще більшої актуальності. Частина культурних об'єктів може бути пошкоджена або повністю знищена, тому важливо завчасно створювати їхні цифрові копії. Цифрове моделювання дозволяє не лише зафіксувати сучасний стан пам'яток, а й у майбутньому використовувати ці матеріали для реставрації або відновлення об'єктів. Крім того, створення тривимірних моделей сприяє збереженню історичної інформації та робить її доступною для ширшої аудиторії через цифрові платформи.

Особливо актуальним є дослідження та цифрове відтворення унікальних історичних комплексів. Одним із таких об'єктів є комплекс «Замкова гора» у місті Острог, який має значну історичну, культурну та туристичну цінність. Ця територія пов'язана з розвитком міста, історією князів Острозьких та формуванням архітектурного середовища регіону. На території комплексу розташовані важливі архітектурні пам'ятки, які привертають увагу дослідників, туристів та поціновувачів історії. Саме тому створення детальної 3D-моделі цього комплексу може стати важливим кроком у його цифровому збереженні та популяризації.

Мета роботи. Метою роботи є створення 3D-моделі історичного комплексу «Замкова гора» та забезпечення її інтерактивності. Робота спрямована на створення та текстурування моделі, перенесення її в ігровий рушій та додавання можливості перегляду сцени від першої особи. Отриманий результат може бути використаний у

сфері архітектурної візуалізації, створенні віртуальних екскурсій, інтерактивних освітніх проєктів та різноманітних цифрових додатків, що сприятимуть популяризації історичної спадщини.

Об'єкт дослідження – історичний комплекс «Замкова гора» у місті Острог.

Предмет дослідження – інструментарій та методи 3D-моделювання, текстурювання й побудови віртуального середовища в Blender, а також принципи інтеграції та налаштування інтерактивної сцени в Unreal Engine 5 для створення реалістичної візуалізації Замкового комплексу міста Острог.

Завдання роботи:

1. Дослідити особливості комплексу «Замкова гора» на основі відкритих джерел, архівних матеріалів та фотодокументації;
2. Вивчити сучасні інструменти тривимірного моделювання (зокрема, Blender) та їх розширення (BlenderKit);
3. Розробити 3D-модель комплексу, враховуючи архітектурні деталі та історичну достовірність;
4. Створити матеріали та текстури для підвищення рівня реалістичності віртуального середовища;
5. Вивчити можливості рушія Unreal Engine 5 для створення інтерактивних тривимірних середовищ, налаштування освітлення та матеріалів;
6. Інтегрувати створені моделі в середовище Unreal Engine 5 та реалізувати інтерактивну сцену.

Методи дослідження. У роботі використано методи комп'ютерного моделювання для створення архітектурних об'єктів, методи текстурювання та налаштування матеріалів для підвищення реалістичності сцени, а також методи побудови інтерактивного середовища для створення цілісної візуалізації історичного комплексу.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Вибір середовища для моделювання та текстурування

Для виконання задачі створення 3D-моделей екстер'єру будівель історичного комплексу «Замкова гора» було обрано програму Blender – одну з найпопулярніших програм для 3D-моделювання, яка має широкий спектр можливостей для створення як простих, так і складних моделей.

Основні переваги Blender:

- Безкоштовність і відкритий код – Blender є абсолютно безкоштовним програмним забезпеченням. Його відкритий код дозволяє користувачам змінювати програму під власні потреби та створювати розширення;
- Підтримка сторонніх плагінів і розширень – доступна велика кількість плагінів для розширення функціональності: від автоматизації рутинних процесів до використання спеціалізованих інструментів для створення ігор, архітектурної візуалізації та інших професійних задач;
- Постійні оновлення – Blender швидко розвивається, регулярно оновлюється з новими функціями, виправленнями та покращеннями продуктивності;
- Експорт у різні формати – Blender підтримує велику кількість форматів (FBX, OBJ тощо), що дозволяє легко передавати моделі до інших програм;
- Широка спільнота та навчальні ресурси – існує велика база уроків, курсів, форумів, плагінів і документації, що робить навчання та вирішення проблем значно простішими.

Вибір програми Blender також був зумовлений його сумісністю з технічними характеристиками мого комп'ютера, а також наявністю численних додаткових розширень. Зокрема було використано BlenderKit – плагін, що надає доступ до великої бібліотеки високоякісних матеріалів, текстур і готових деталізованих моделей, що значно прискорило процес розробки та дозволило досягти більш реалістичного результату.

Основні переваги BlenderKit:

- Велика бібліотека контенту – BlenderKit надає доступ до тисяч безкоштовних та преміум-ресурсів: 3D-моделей, матеріалів, текстур тощо;
- Інтеграція безпосередньо в Blender – весь контент можна переглядати, завантажувати та застосовувати напряму в інтерфейсі Blender без необхідності відкривати сторонні сайти чи переносити файли вручну;
- Сортування та фільтрація – зручна система пошуку дозволяє швидко знаходити потрібний контент за категоріями, тегами, рейтингом чи типом;
- Підтримка PBR-матеріалів – всі матеріали в бібліотеці адаптовані до сучасних стандартів візуалізації (PBR – physically based rendering), що забезпечує високий рівень реалізму;
- Підходить для ArchViz (Архітектурної візуалізації) – BlenderKit особливо корисний для архітектурної візуалізації – у бібліотеці є безліч меблів, оздоблювальних матеріалів, елементів декору тощо.

Під час виконання роботи було використано такі основні **інструменти** Blender:

Edit Mode – режим редагування, що дозволяє змінювати форму об'єкта шляхом маніпуляції вершинами, ребрами та гранями.

Subdivision Surface Modifier – використовується для згладжування об'єкта.

Mirror Modifier – використовується для симетричного моделювання, що значно пришвидшує процес створення об'єкта.

Knife Tool – дозволяє створювати додаткові розрізи в геометрії об'єкта для деталізації форми.

Loop Cut – команда, яка додає нові розрізи по контуру моделі, допомагаючи покращити топологію та надаючи підвищений контроль над формою.

Bevel – функція для згладжування країв, що робить модель більш реалістичною.

Insert Faces – дозволяє створювати внутрішній контур вибраної грані, зменшуючи її розмір і додаючи додаткові геометричні деталі.

Proportional Editing – дозволяє плавно змінювати частини об'єкта, впливаючи не лише на вибрані вершини, а й на сусідні.

Extrude – один із ключових інструментів у Blender, який дозволяє витягувати нову геометрію з вибраних граней, ребер або вершин. Використовується для створення складніших форм, наприклад, стін, колон, сходів або виступів.

Scale – змінює розмір об'єкта або його частин по вибраних осях (X, Y, Z). Це дозволяє швидко коригувати пропорції моделі, що особливо важливо при створенні архітектурних об'єктів.

Solidify Modifier – використовується для надання товщини плоским поверхням, наприклад, стінам, балюстрадам або дахам, що робить модель більш реалістичною та зручною для ArchViz.

Boolean Modifier – застосовується для виконання операцій додавання або віднімання між об'єктами (наприклад, створення отворів у стінах, дверних і віконних прорізів), що значно полегшує процес моделювання складних архітектурних конструкцій.

UV Shading (UV Mapping) – використовується для розгортки моделі на двовимірну площину (U по горизонталі та V по вертикалі) з метою коректного нанесення текстур та матеріалів, що особливо важливо для досягнення високого рівня реалізму при візуалізації.

Separate – дозволяє відокремити частину геометрії в новий об’єкт. Це зручно при моделюванні складних сцен, де потрібно обробляти окремі елементи індивідуально, наприклад, розділити дах від стін або виділити декоративні деталі.

Subdivide – розділяє наявну геометрію на дрібніші частини, додаючи нові вершини, ребра та грані. Це дозволяє створити більш детальну поверхню для подальшого редагування або деформацій.

Array Modifier – дозволяє створювати копії об’єкта за певним напрямком або шаблоном, що зручно при створенні повторюваних архітектурних елементів, таких як колони, вікна або фасадні елементи.

Merge at Center – об’єднує вибрані вершини в одну, розміщену в центрі між ними. Цей інструмент часто застосовується для зменшення кількості вершин після об’єднання об’єктів та виправлення помилок при редагуванні геометрії.

1.2 Вибір середовища для створення інтерактивної візуалізації

Для реалізації інтерактивної частини проєкту було обрано Unreal Engine 5 – сучасний рушій, який широко використовується для створення ігор, архітектурних візуалізацій, симуляцій та віртуальних середовищ. Основним завданням було створення інтерактивної сцени Замкового комплексу міста Острог з можливістю вільного переміщення користувача та перегляду екстер’єру архітектурних об’єктів у режимі реального часу.

Основні переваги Unreal Engine 5:

- Високоякісна графіка – рушій забезпечує реалістичне освітлення, тіні та відображення, що дозволяє створювати візуально достовірне середовище;
- Підтримка технології Lumen – система глобального освітлення, яка автоматично адаптує освітлення сцени;

- Технологія Nanite – дозволяє використовувати високодеталізовані моделі без значної втрати продуктивності, що особливо важливо для архітектурної візуалізації;
- Зручна система роботи з матеріалами – Unreal Engine має потужний Material Editor для створення складних матеріалів і налаштування поверхонь;
- Інтерактивність – рушій дозволяє реалізовувати взаємодію користувача з об'єктами, налаштовувати навігацію та створювати повноцінні віртуальні середовища;
- Сумісність із Blender – Unreal Engine підтримує імпорт моделей у форматах FBX та GLB, що значно спрощує перенесення створених моделей у сцену.

Вибір Unreal Engine 5 також був зумовлений його широкими можливостями для створення інтерактивних візуалізацій та підтримкою сучасних технологій рендерингу. Рушій дозволяє реалізувати реалістичне освітлення, налаштувати атмосферу сцени та забезпечити переміщення користувача територією комплексу.

Під час виконання роботи було використано такі основні **інструменти** Unreal Engine 5:

Landscape Tool – застосовується для створення рельєфу та формування навколишнього середовища сцени.

Material Editor – використовується для створення та налаштування матеріалів поверхонь об'єктів.

Foliage Tool – інструмент для швидкого розміщення великої кількості рослинності, дерев, трави та декоративних елементів на території сцени.

Blueprints – візуальна система програмування для реалізації інтерактивності та логіки взаємодії користувача з середовищем.

1.3 Аналіз аналогів

Під час дослідження було проаналізовано існуючі проекти, пов'язані з цифровою реконструкцією міста Острог та його архітектурної спадщини.

Одним із розглянутих аналогів є проект «Ostróg, Ostroh – XVI/XVII century» на Sketchfab, створений у межах проекту Shtetl Routes. Дана робота представляє цифрову реконструкцію міста Острог XVI-XVII століття та демонструє загальний вигляд історичної забудови того часу. Основний акцент зроблено на відтворенні архітектури минулих століть, історичній достовірності та оглядовому представленні міста. Проте проект має низку обмежень: обмежену інтерактивність користувача, а також невисокий рівень деталізації окремих елементів середовища. Крім того, модель орієнтована переважно на презентаційний перегляд, а не на повноцінну взаємодію з віртуальним простором.

Іншим прикладом є проект «3D екскурсія Острогом XVI ст.» від Town Image Studio, який реалізовано у форматі віртуальної екскурсії з використанням VR-технологій. Проект дозволяє користувачу переглядати реконструйовані локації міста XVI століття, включаючи об'єкти, що не збереглися до нашого часу. Основною особливістю цього проекту також є орієнтація на історичну реконструкцію та демонстрацію вигляду міста в минулі століття.

На відміну від розглянутих аналогів, дана робота не зосереджується на історичній реконструкції вигляду міста чи замкового комплексу в минулих століттях. Основною особливістю проекту є створення інтерактивної візуалізації Замкового комплексу міста Острог з відтворенням саме його актуального архітектурного стану. Для цього використовуються актуальні фотографії, сучасні архітектурні особливості об'єктів та реалістичне оточення.

1.4 Обґрунтування вибору комплексу «Замкова гора»

Комплекс «Замкова гора» у місті Острог є визначною пам'яткою історії та архітектури. Це місце впродовж століть виконувало важливу оборонну та адміністративну функцію і було центром князівської влади в регіоні. Кругла та Мурована вежі та інші будівлі становлять унікальне культурне надбання, яке потребує збереження, дослідження та популяризації. Тривимірна модель дає змогу відтворити та зберегти історичні будівлі у їхньому сучасному вигляді.

Вибір цієї теми також пов'язаний зі значенням комплексу для місцевої громади. «Замкова гора» є важливою частиною культурного та туристичного життя Острога, оскільки приваблює туристів і дослідників з усієї України та з-за кордону. Якісна 3D-модель може стати основою для створення віртуальних турів, інтерактивних виставок, а також навчальних програм для місцевих шкіл та університетів. Це сприятиме зміцненню місцевої ідентичності та підвищенню обізнаності громади щодо власної історичної спадщини.

Окрім освітнього значення, проєкт відкриває можливості для популяризації культурних об'єктів. 3D-модель «Замкової гори» може бути представлена у сучасних візуальних медіа: на сайтах, у соціальних мережах, на туристичних платформах та у музеях. Це дозволить не лише зберегти пам'ятку, а й зробити її доступною для ширшої аудиторії, стимулюючи культурний туризм та залучаючи інвестиції у розвиток міста.

Також проектування моделі «Замкової гори» дає змогу поєднати особистий інтерес до історії Острога та професійні вміння у сфері тривимірної комп'ютерної графіки, що відкриває нові можливості для реалізації себе у цій галузі.

На початку виконання завдання було здійснено пошук референсів для роботи: Краєзнавчий музей [Додаток А], Кругла вежа [Додаток Б], дзвіниця [Додаток В], Богоявленська церква [Додаток Г], монумент біля церкви [Додаток Д], підземний вхід [Додаток Е], вигляд комплексу зверху [Додаток Ж].

1.5 Виклики, з якими довелося стикнутися, та шляхи їх вирішення

Однією з основних проблем стала недостатність даних, оскільки кількість референсів будівель, особливо з ракурсу зверху або менш доступних сторін, була обмеженою. Через це в окремих випадках доводилося інтерпретувати архітектурні елементи, спираючись на загальні особливості будівель та логіку їх конструкції.

Під час створення складніших моделей виникали проблеми з топологією, пов'язані зі збереженням правильної геометричної сітки. Для усунення таких недоліків застосовувався ручний підхід до редагування геометрії та використовувалися модифікатори для корекції окремих елементів.

На процес розробки також впливали технічні обмеження комп'ютера. Велика кількість деталізованих моделей і текстур збільшувала навантаження на систему, що уповільнювало роботу зі сценою. Для часткового вирішення цієї проблеми моделі створювалися окремо з подальшим об'єднанням у фінальному проєкті, а також проводилася оптимізація об'єктів.

Під час перенесення моделей із Blender до Unreal Engine 5 виникали проблеми імпорту, серед яких помилки масштабування, некоректне відображення матеріалів та відмінності у відображенні окремих модифікаторів. Для усунення цих недоліків виконувалося додаткове налаштування моделей перед експортом та коригування параметрів безпосередньо після імпорту в рушій.

Окремою складністю стало налаштування освітлення сцени. Під час створення більш реалістичного середовища виникали проблеми з надмірною яскравістю поверхонь, відображенням тіней та загальним балансом освітлення. Для досягнення потрібного результату проводилося додаткове коригування параметрів освітлення та експозиції сцени.

Додатковою проблемою стало налаштування колізії об'єктів у Unreal Engine 5. Під час взаємодії персонажа з окремими моделями виникали ситуації, коли колізія

працювала некоректно: персонаж стикався з невидимими перешкодами. Для вирішення цієї проблеми виконувалося ручне налаштування колізії та коригування параметрів взаємодії об'єктів у рушії.

Ще однією складністю стало створення анімації воріт. Під час відкривання ворота частково кліпувалися в стіни моделі, що негативно впливало на реалістичність сцени. Для усунення проблеми виконувалося коригування pivot point та налаштування траєкторії анімації.

1.6 Інтеграція з сучасними платформами та сценарії використання

Одним із ключових етапів роботи стала інтеграція створених моделей у середовище Unreal Engine 5 для формування повноцінного інтерактивного віртуального простору. Це дозволило створити інтерактивну сцену з можливістю вільного переміщення територією комплексу та огляду архітектурних об'єктів.

Можливі сценарії подальшого використання:

- Віртуальні екскурсії – інтерактивна сцена може використовуватися для ознайомлення користувачів із територією Замкового комплексу в цифровому форматі для популяризації історико-культурної спадщини міста та презентації туристичних локацій;
- Освітні проекти – візуалізація може бути використана як навчальний матеріал для демонстрації архітектурних особливостей історичних об'єктів;
- VR та AR середовища – інтеграція сцени в системи віртуальної та доповненої реальності дозволяє створювати більш імерсивний досвід взаємодії з історичним середовищем.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МАТЕРІАЛИ

2.1 Моделювання будівель

Для моделювання загальної форми будівлі Краєзнавчого музею (Вежі Мурованої) використовувався куб. Оскільки будівля стоїть на схилі, для відтворення її форми було використано інструменти Scale та Move у режимі редагування. Також для створення вирізів для вікон і дверей було використано Extrude.

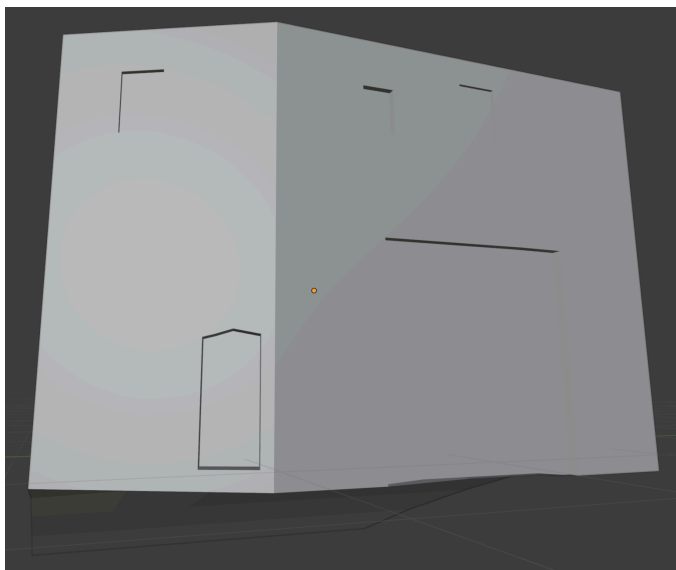


Рис. 2.1. Модель загальної форми будівлі музею

Джерело: зроблено автором

У цій моделі використовується три види вікон, які відрізняються формою та розмірами. Усі вони створювалися на основі примітива Cube з подальшим редагуванням геометрії. Для забезпечення симетричності та пришвидшення роботи застосовувався модифікатор Mirror. Також використовувалися інструменти Insert Faces для створення внутрішніх контурів і заглиблень та Extrude для формування рам, виступів і надання вікнам об'єму.

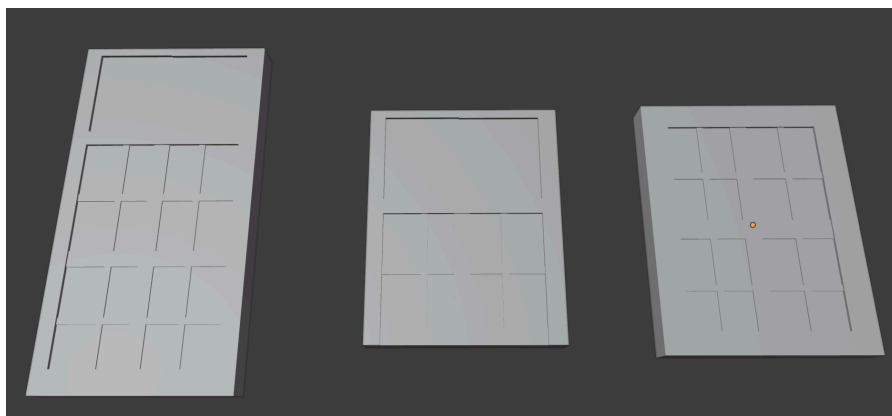


Рис. 2.2. Моделі вікон зліва направо: оглядова кімната, задня стіна, стандартне вікно музею

Джерело: зроблено автором

Дах було створено на основі примітива Cube з подальшим редагуванням форми. У процесі моделювання використовувалися інструменти Scale для зміни пропорцій об'єкта, Extrude для формування димарів, Loop Cut для додавання нових розрізів, а також Knife для створення додаткових деталей та коригування форми даху.

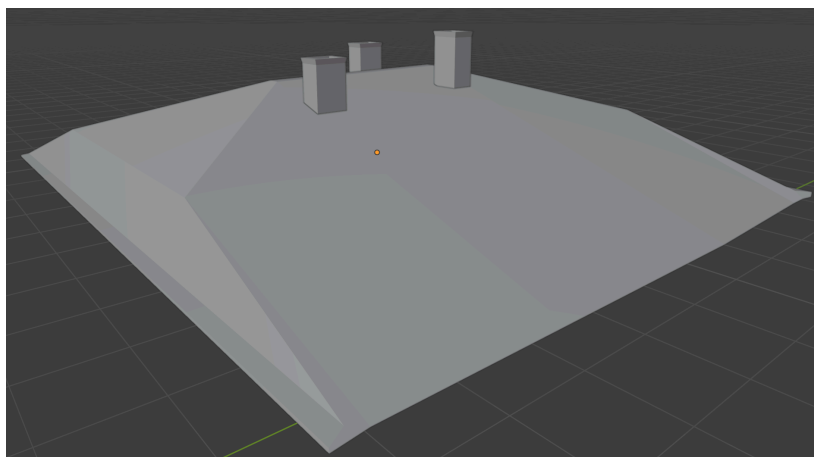


Рис. 2.3. Модель даху будівлі музею

Джерело: зроблено автором

Оглядова кімната зроблена з циліндра, а дах – з конусу. Обидві фігури були змінені за допомогою інструментів Scale та Move, додатково для модифікації циліндру використовувалися Loop Cut та Knife.

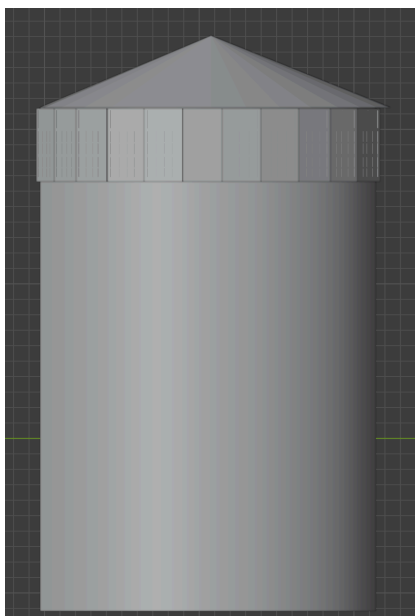


Рис. 2.4. Модель оглядової кімнати музею

Джерело: зроблено автором

Сходи зроблені з кубу за допомогою інструменту Bevel, для стовпів використовувався Insert Faces. В цілому також були використані Extrude, Loop Cut та Knife.

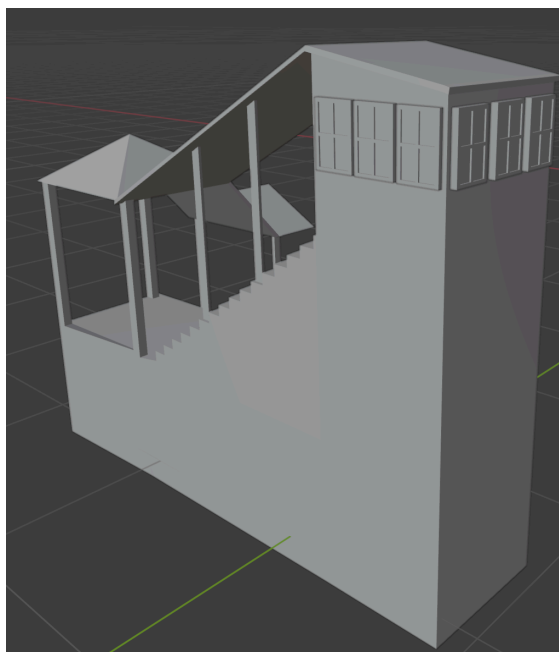


Рис. 2.5. Модель сходів музею

Джерело: зроблено автором

Запасний вихід зроблено з окремих кубів з використанням інструментів Scale та Rotate, а також переміщенням точок у режимі редагування.

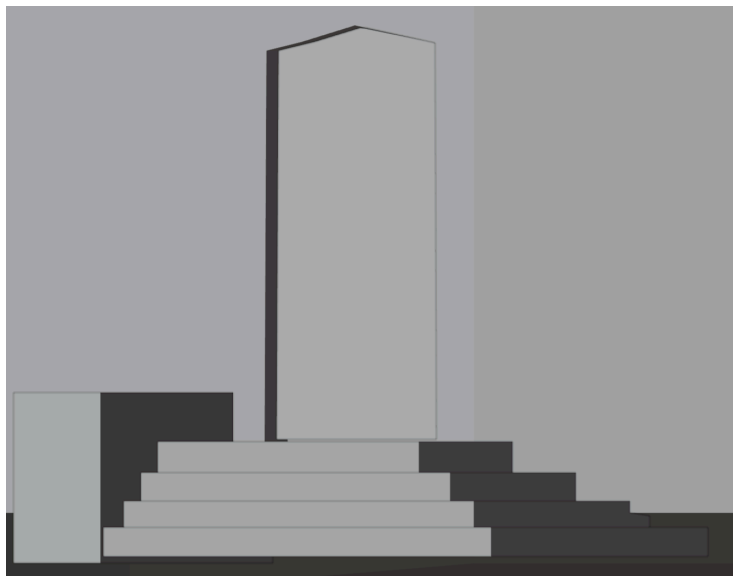


Рис. 2.6. Модель запасного виходу музею

Джерело: зроблено автором

Руїни Круглої вежі зроблені з кубів, які було поділено на частини за допомогою інструментів Knife та Loop Cut, а далі викривлено за допомогою Scale, Move та Extrude.

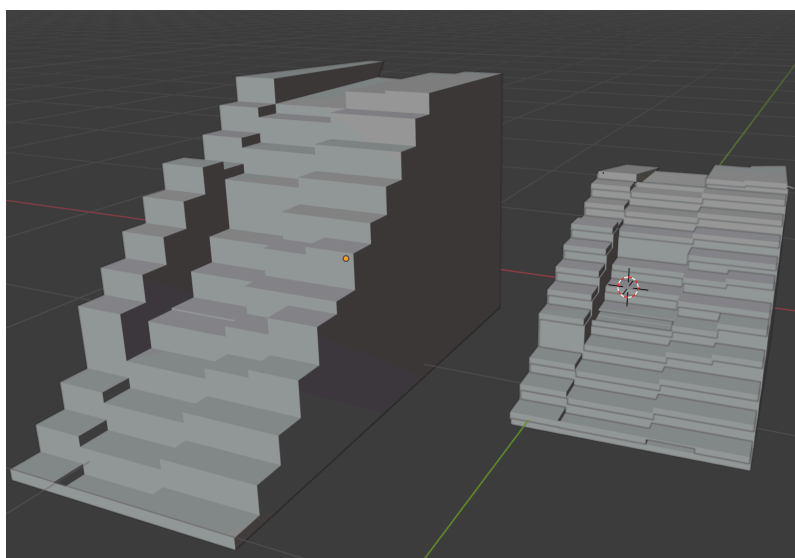


Рис. 2.7. Моделі лівої (ліворуч) та правої (праворуч) частин руїн вежі

Джерело: зроблено автором

Стіни вежі було зроблено з циліндру, якому було надано потрібний вигин за допомогою пропорційного переміщення. Бійниці та вікна було зроблено за допомогою інструментів Insert Faces та Extrude і подальшого видалення поверхні.

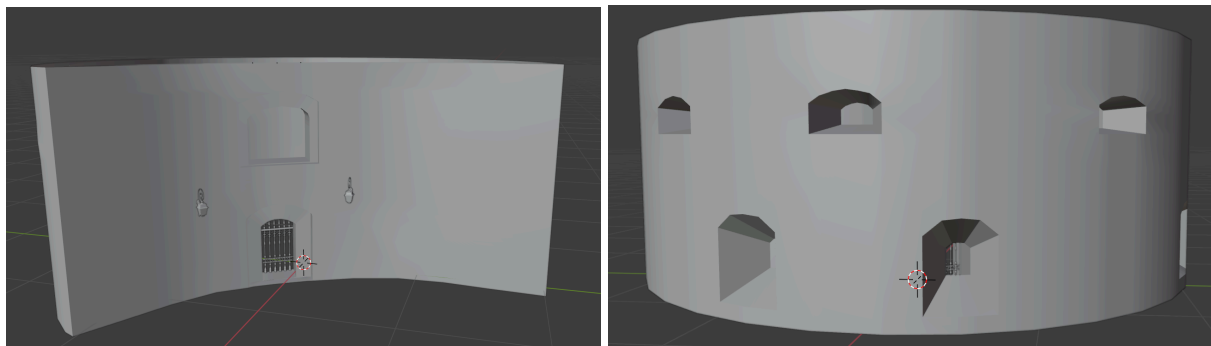


Рис. 2.8., 2.9. Модель стін вежі спереду (2.8.) та ззаду (2.9.)

Джерело: зроблено автором

Основу вежі було відрізано від стін за допомогою інструментів Separation та Fill, а потім Move для надання потрібного викривлення для будівлі, що стоїть на схилі. Опорні колони зроблені з кубів з використанням інструментів Move, Scale та Extrude. Також середину башти було зроблено порожньою за допомогою інструменту Insert Faces, видалення граней та заповнення порожнини інструментом Fill.

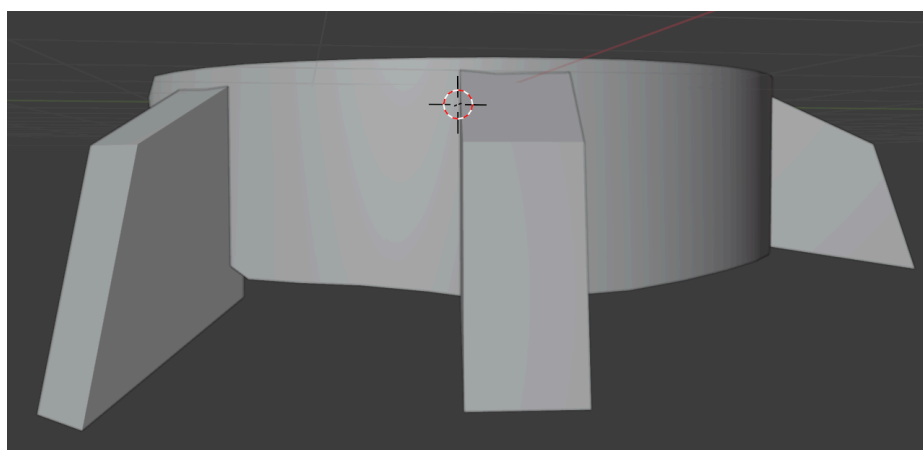


Рис. 2.10. Модель основи вежі

Джерело: зроблено автором

Верхівку вежі було відрізано від стін за допомогою інструменту Separation та заповнено Fill, потім розрізано інструментами Loop Cut та Knife. Вирізи у вигляді арок по центру та внизу верхівки зроблені за допомогою модифікатора Boolean. Прямокутні виступи зроблено інструментом Extrude. Для симетричності було використано Mirror modifier.

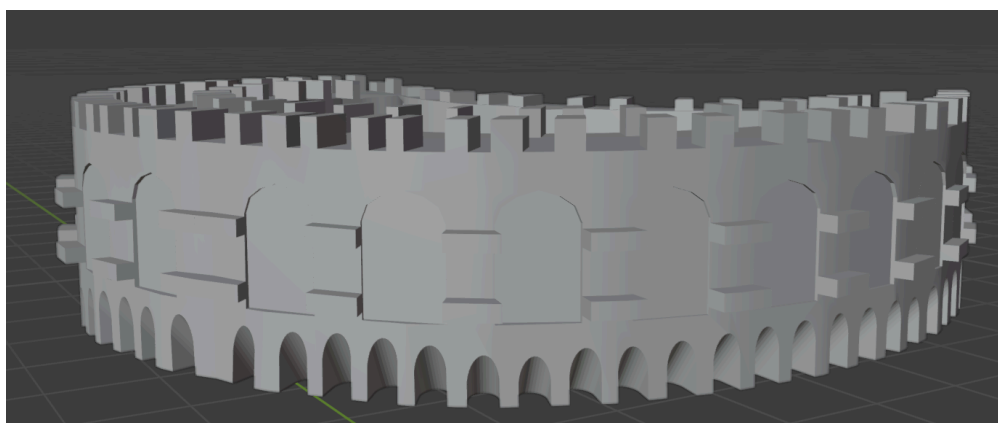
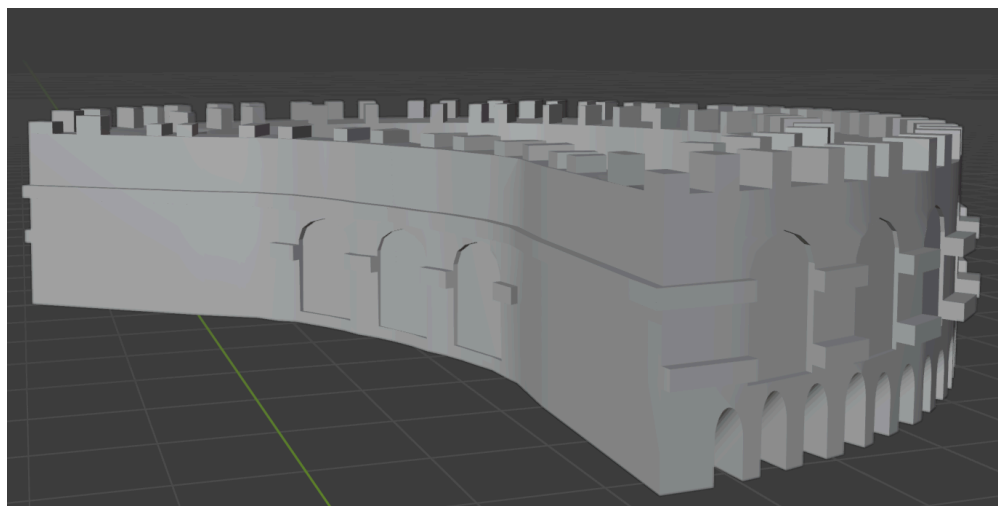


Рис. 2.11., 2.12. Модель верхівки вежі спереду (2.11.) та ззаду (2.12.)

Джерело: зроблено автором

Стіни основної будівлі дзвіниці було зроблено з кубу, розрізаного інструментами Loop Cut та Knife та видовженого інструментом Extrude. Вирізи у вигляді арок по центру зроблені за допомогою модифікатора Boolean. Дахи зроблено за допомогою з'єднання вершин та переміщення. Хрест зроблено з окремого куба з використанням Insert faces та видаленням поверхонь. Для симетричності було використано Mirror modifier.



Рис. 2.13., 2.14. Модель дзвіниці ззовні (2.13.) та з території комплексу (2.14.)

Джерело: зроблено автором

Стіни башти дзвіниці зроблені з циліндру з використанням інструментів Loop Cut, Knife, Scale та Extrude. Аркоподібні вирізи було зроблено з допомогою модифікатора Boolean. Двері були зроблені з кубу та модифіковані інструментами Loop Cut, Move, Extrude та Separate. Для симетричності було використано Mirror modifier.

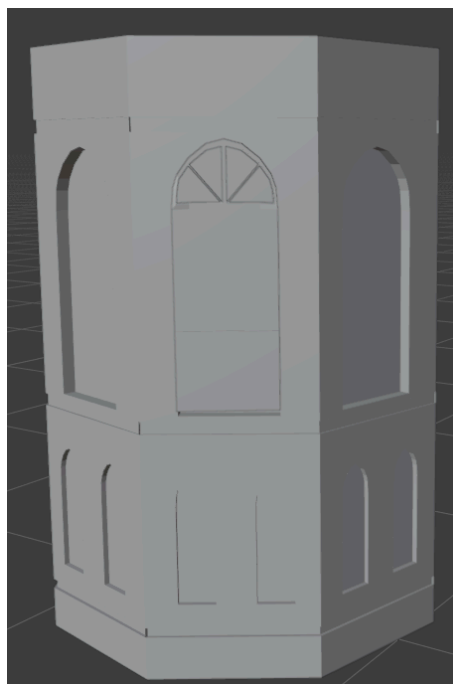


Рис. 2.15. Модель стін башти дзвіниці

Джерело: зроблено автором

Дах башти дзвіниці було відрізано від стін за допомогою інструменту Separation, потім розрізано інструментами Loop Cut та Knife. Гостра верхівка була зроблена інструментами Scale та Extrude. Хрест зроблено з окремого куба з використанням Insert faces та видаленням поверхонь, потім Fill для створення нових. Для симетричності було використано Mirror modifier.

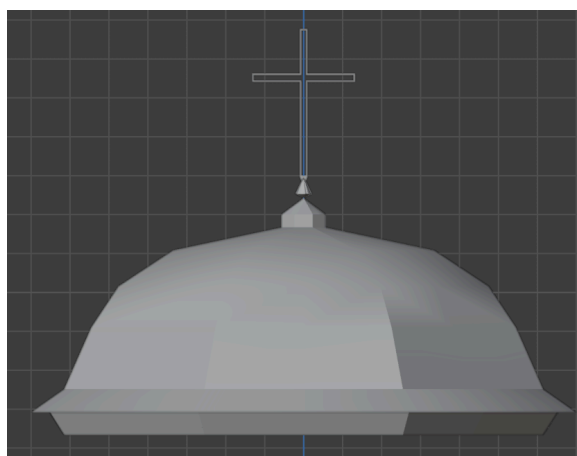


Рис. 2.16. Модель даху башти дзвіниці

Джерело: зроблено автором

Головний вхід Богоявленської церкви складається з багатьох елементів, більшість з яких зроблені з кубів. Двері та сходи зроблено з використанням інструментів Extrude, Loop Cut, Knife та Move. Колони зроблено з циліндру, який було розрізано Loop Cut та надано потрібну форму інструментами Scale та Extrude. Дах було взято з моделі дзвіниці та змінено форму інструментами Move та Scale.



Рис. 2.17., 2.18. Модель головного входу церкви спереду (2.17.) та збоку (2.18.)

Джерело: зроблено автором

Колони церкви було відрізано від основи будівлі за допомогою інструменту Separation, потім розрізано інструментами Loop Cut та Knife. Виступи було зроблено інструментами Extrude та Join, потім дахи на виступах було відрізано та накладено на них модифікатор Solidify.

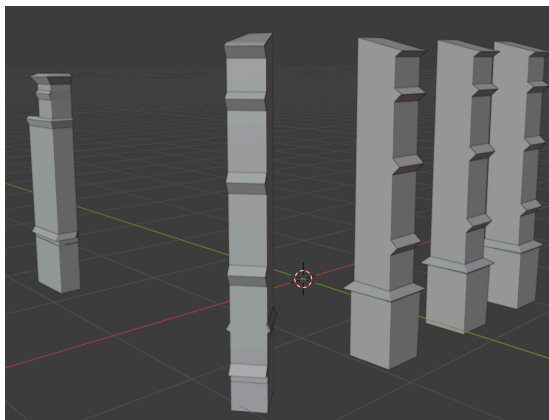


Рис. 2.19. Модель колон церкви спереду та з правого боків церкви

Джерело: зроблено автором

Арки навколо дверей бокового входу церкви зроблені з одного кубу, який було трансформовано за допомогою інструментів Move та Scale та розрізано на частини. Двері було зроблено аналогічно, з додаванням Extrude для імітування виступів на дверях. Сходи зроблені з кубу, розрізаного Loop Cut та подовженого Extrude.

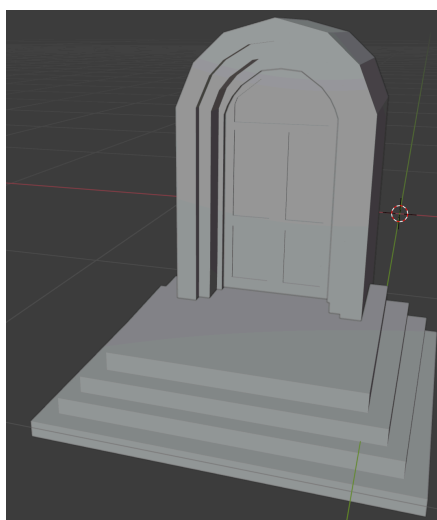


Рис. 2.20. Модель бокового входу з правого боку церкви

Джерело: зроблено автором

Сходи заднього входу церкви були розрізані Loop Cut та Knife та потім видовжені інструментом Extrude. Двері – це дублікат дверей бокового входу, розмір якого було змінено інструментами Scale та Move. Навіс зроблено з чвертини циліндру, форму якого було змінено тими ж інструментами. Огорожа взята з безкоштовних моделей BlenderKit та також трансформована.

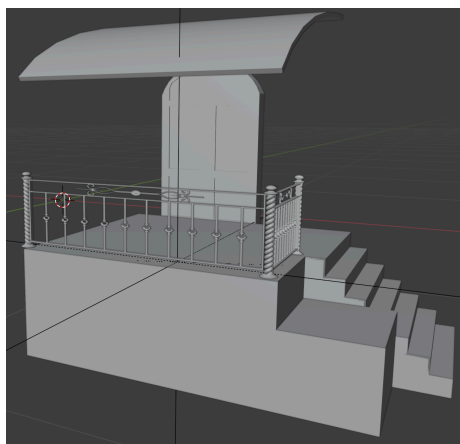


Рис. 2.21. Модель заднього входу церкви

Джерело: зроблено автором

У моделі церкви використовується сім видів вікон. Аркоподібні вікна зроблені з кубів, які розрізані інструментами Loop Cut та Knife, а потім подовжені інструментом Extrude. Для створення отворів для скла також використовувався Extrude. Кругле вікно зроблене з циліндру, один кінець якого було розширено інструментом Scale.

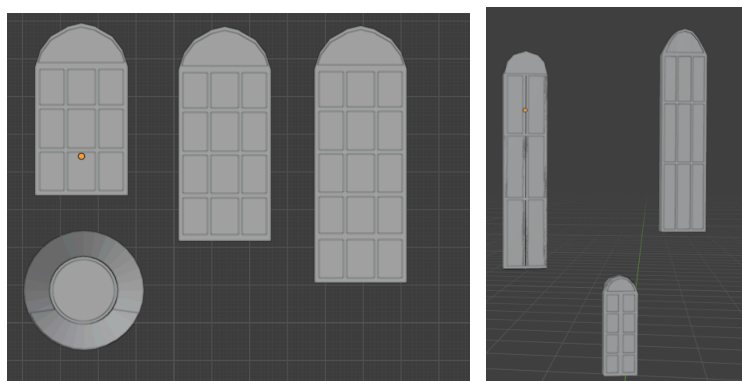


Рис. 2.22., 2.23. Моделі вікон церкви

Джерело: зроблено автором

Задня частина будівлі церкви зроблена з трьох циліндрів. Для виступів та дахів було використано Loop Cut та Knife, потім Extrude та Join. Потім дахи було від'єднано та накладено на них модифікатор Solidify. У моделі було використано широкі вікна з дев'ятьма панелями.

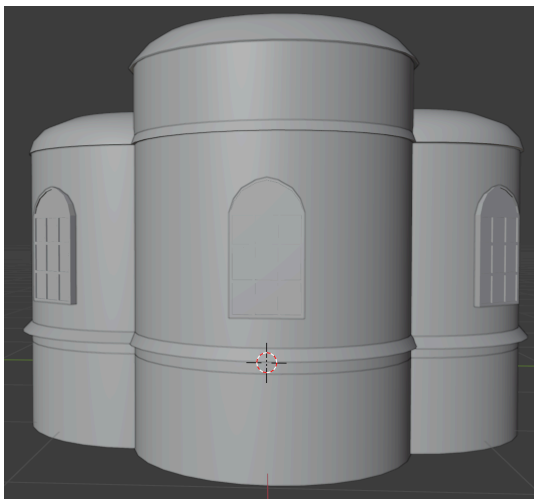


Рис. 2.24. Модель задньої частини церкви

Джерело: зроблено автором

Ліва стіна церкви відрізана від основної будівлі інструментом Separation і розрізана на частини Loop Cut та Knife. Виступи зроблені Extrude та Join, потім відрізані та на них накладено модифікатор Solidify. Усі вирізи було зроблено за допомогою модифікатору Boolean.

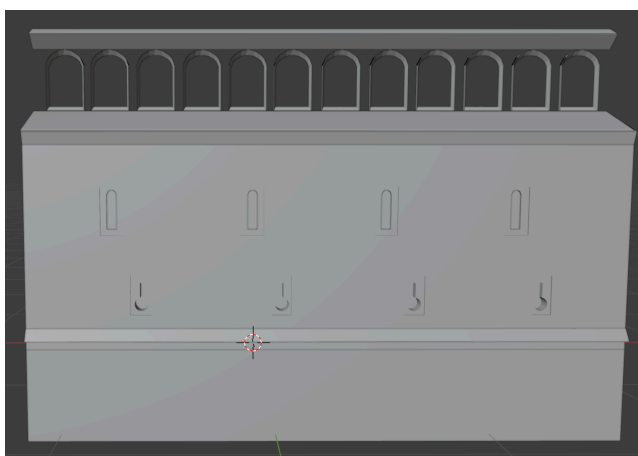


Рис. 2.25. Модель лівої частини церкви

Джерело: зроблено автором

Основа будівлі церкви зроблена за допомогою інструментів Extrude, Loop Cut, Knife та Move. Дах було зроблено інструментами Extrude та Join, потім було відрізано та накладено на нього модифікатор Solidify.

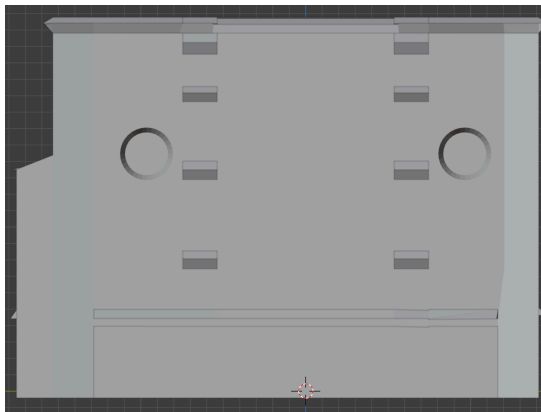


Рис. 2.26. Модель основи церкви

Джерело: зроблено автором

Башти у верхній частині церкви було зроблено за таким самим алгоритмом, як і башта на дзвіниці. Конструкція спереду зроблена з циліндру, розрізаного Loop Cut та на який потім накладено модифікатор Mirror. Зовнішня арка була зроблена інструментами Insert faces, Extrude та Join. Вирізи було зроблено модифікатором Boolean.



Рис. 2.27. Модель верхівки церкви

Джерело: зроблено автором

Для моделювання загальної форми землі було використано циліндр, необхідну форму якому було надано за допомогою інструментів Scale, Move та пропорційного переміщення. Також, для імітації різниці висоти доріжок та трави, було використано модифікатор Boolean.

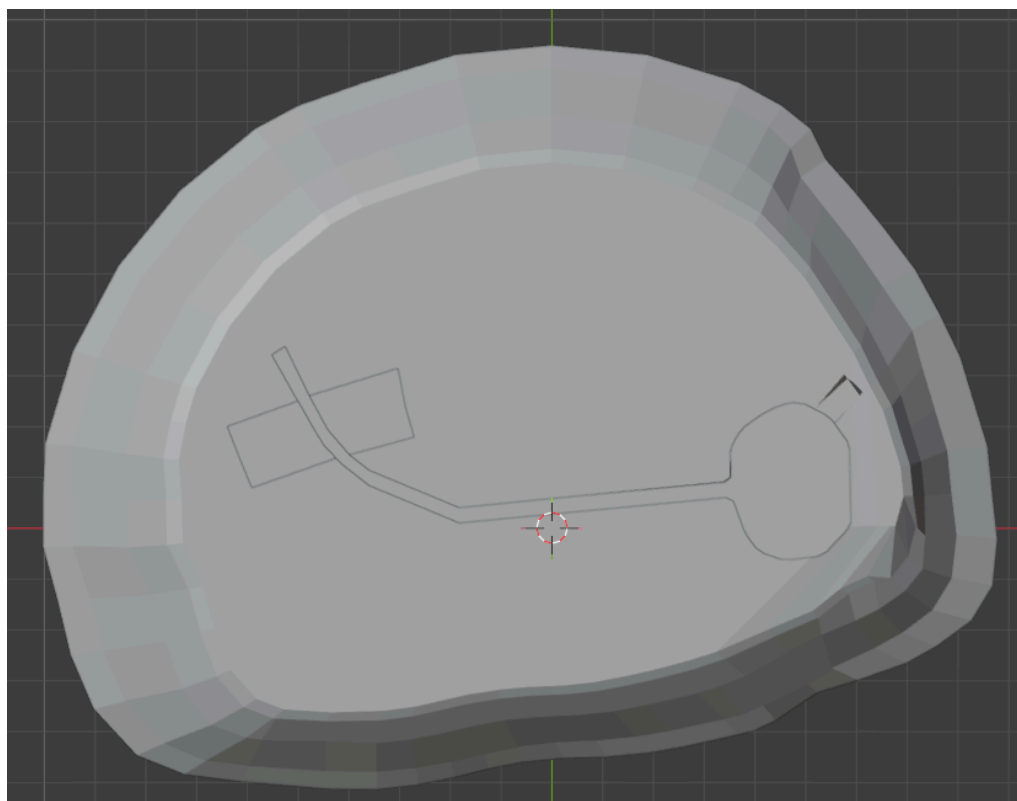
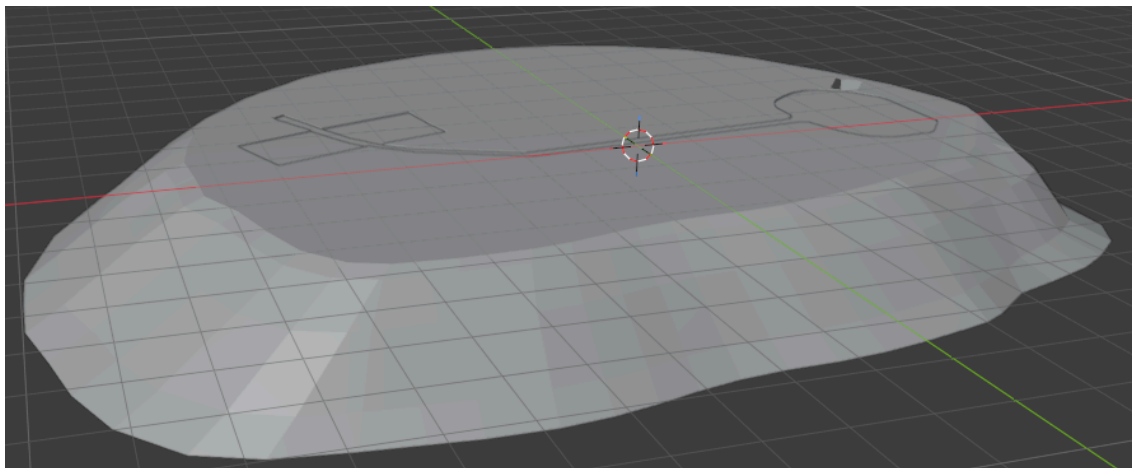


Рис. 2.28., 2.29. Модель загальної форми землі збоку (2.28.) та зверху (2.29.)

Джерело: зроблено автором

Основна дорога зроблена з кубу, який було трансформовано за допомогою інструментів Move та Scale, розрізано на частини Loop Cut та подовжено Extrude.

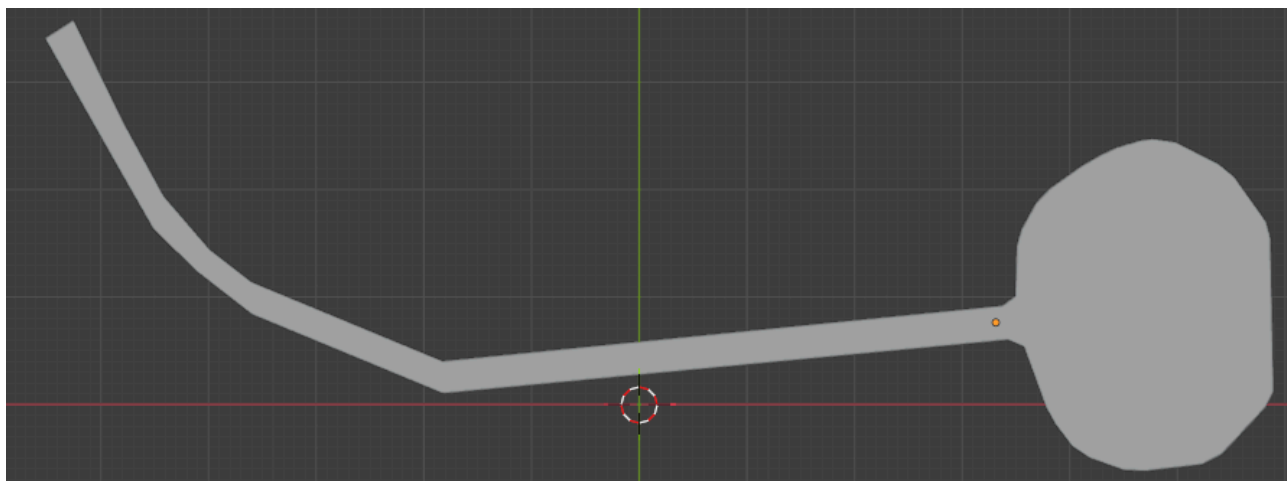


Рис. 2.30. Модель основної дороги зверху

Джерело: зроблено автором

Ділянка біля церкви та монументу зроблена з кубів, на яких використали Move, Scale, Loop Cut, а також Fill для заповнення відрізаних частин.



Рис. 2.31. Модель ділянки біля церкви та монументу

Джерело: зроблено автором

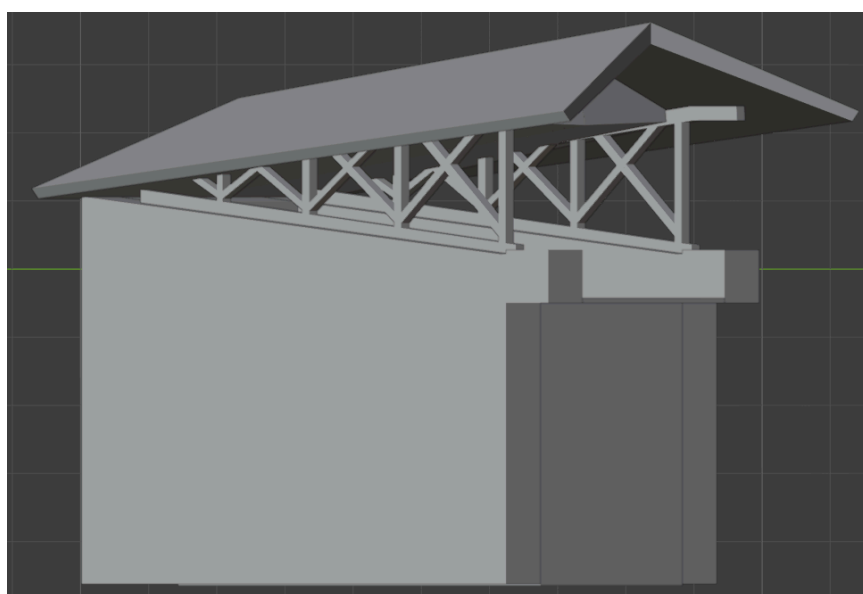
Монумент зроблено з куба, трансформованого та видовженого інструментами Insert faces та Extrude. Моделі квітів було імпортовано з бібліотеки BlenderKit та змінено їх розміри.



Рис. 2.32. Модель монументу біля церкви

Джерело: зроблено автором

Всі деталі підземного входу зроблено з кубів, модифікованих інструментами Move, Scale, Loop Cut, а також Fill для заповнення відрізаних частин, Bevel для створення сходів та Extrude для створення дерев'яних опор та даху.



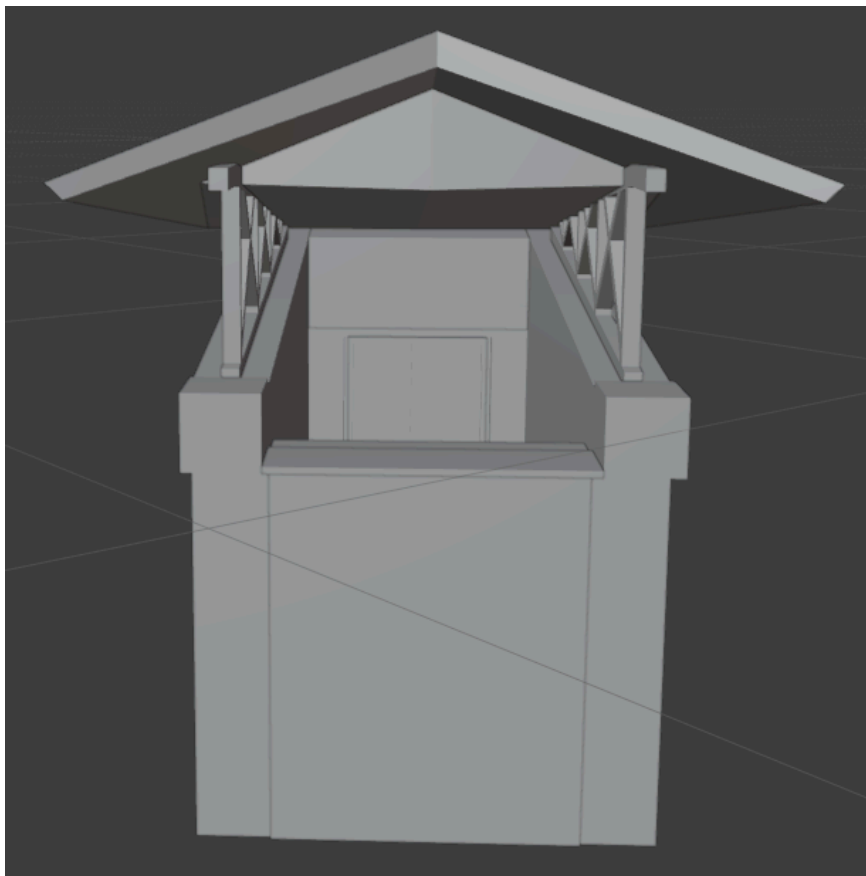
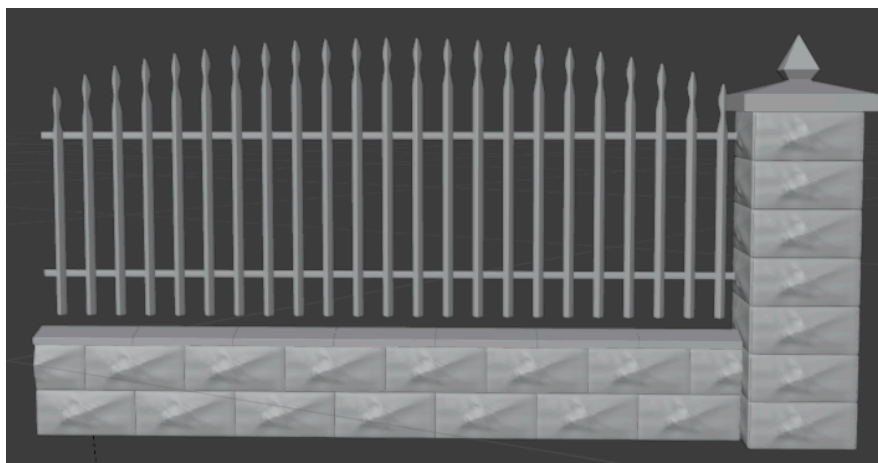


Рис. 2.33., 2.34. Модель підземного входу збоку (2.33.) та спереду (2.34.)

Джерело: зроблено автором

У проєкті також було використано моделі паркану та дерев з бібліотеки моделей BlenderKit, які були змінені інструментами Move, Scale та Knife.



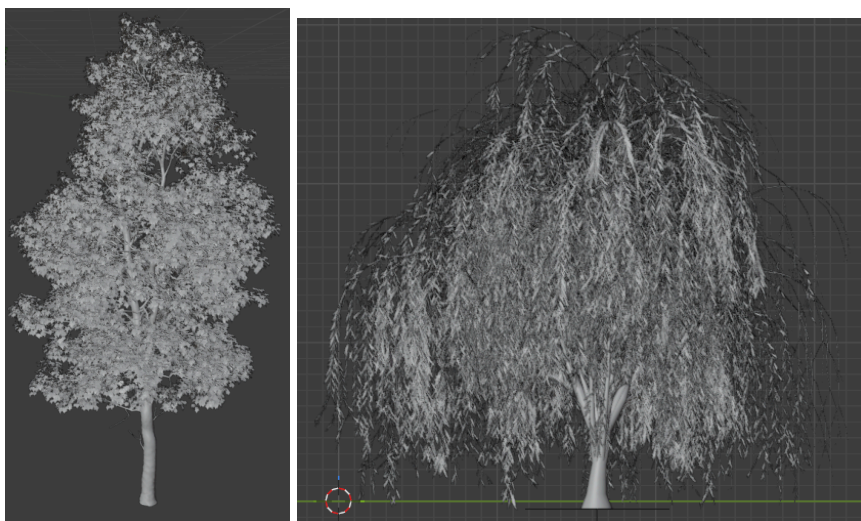


Рис. 2.35., 2.36., 2.37. Моделі паркану (2.35.) та дерев (2.36., 2.37.)

Джерело: зроблено автором

2.2 Текстурування будівель

Для текстурування Красназавчого музею (Вежі Мурованої) виконана UV-розгортка його 3D-моделі. Вона дала змогу підготувати поверхню моделі до накладання текстур та забезпечити їх правильне відображення на всіх архітектурних елементах. Завдяки цьому вдалося точно передати зовнішній вигляд кам'яних стін, покрівлі та декоративних деталей фасадів.

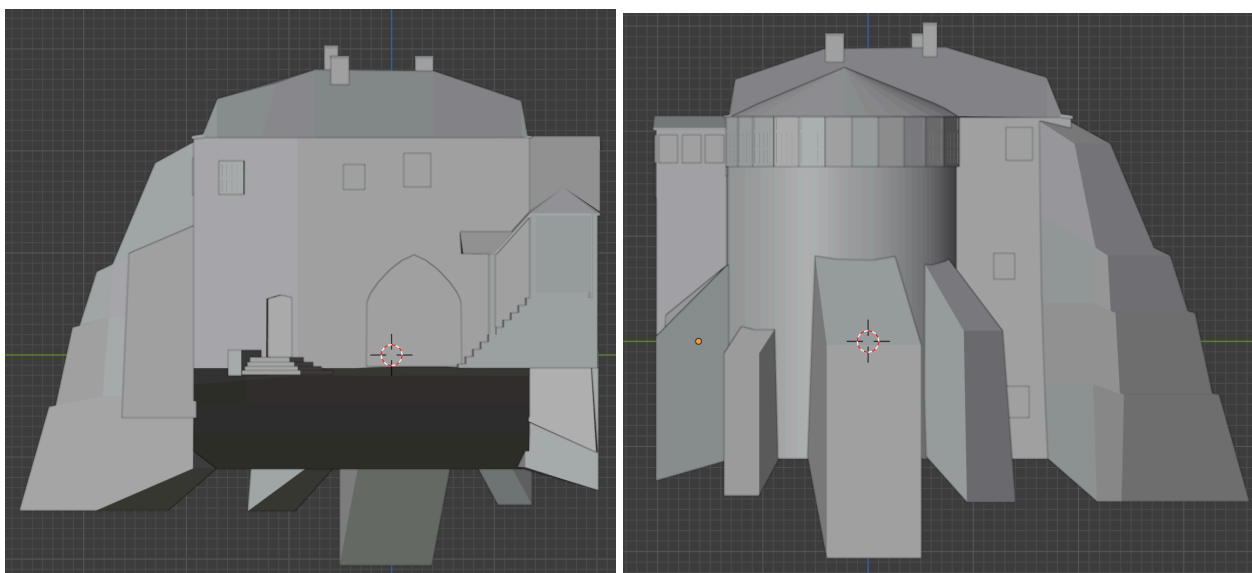


Рис. 2.38., 2.39. Вигляд моделі музею без текстур спереду (2.38.) та ззаду (2.39.)

Джерело: зроблено автором

Основним матеріалом став пісочний камінь, який застосовувався для текстурування стін, сходів та опорних конструкцій.



Рис. 2.40. Матеріал пісочного каменю

Джерело: зроблено автором

Для даху музею було використано окремий матеріал дахової покрівлі, підібраний відповідно до конструкції будівлі.



Рис. 2.41. Текстура даху музею

Джерело: зроблено автором

На оглядовій вежі та інших віконних елементах моделі використовувався матеріал скла з решітками.

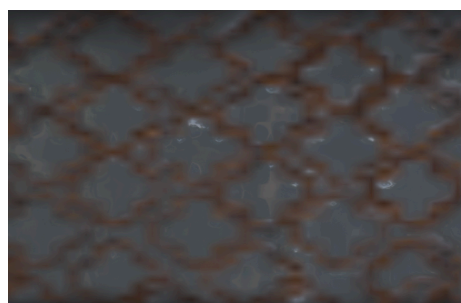


Рис. 2.42. Матеріал віконного скла музею

Джерело: зроблено автором

Для воріт головного входу музею також було застосовано окрему текстуру, що імітує решітку.

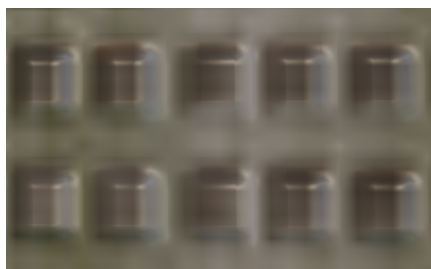


Рис. 2.43. Текстура воріт музею

Джерело: зроблено автором

У результаті текстурування модель музею набула більш реалістичного вигляду, що дозволило відтворити особливості історичної споруди, зокрема фактуру кам'яної кладки, покрівельних матеріалів та декоративних елементів фасаду.

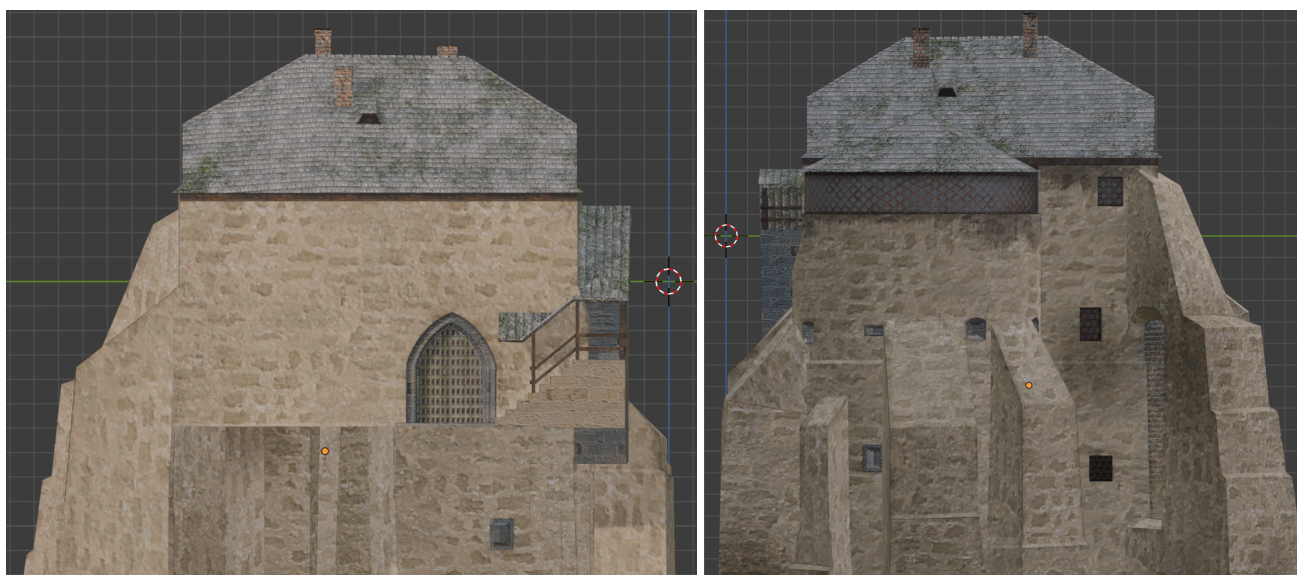


Рис. 2.44., 2.45. Вигляд моделі музею з текстурами спереду (2.44.) та ззаду (2.45.)

Джерело: зроблено автором

Для текстурування Круглої вежі було використано декілька матеріалів, підібраних відповідно до особливостей різних частин споруди.

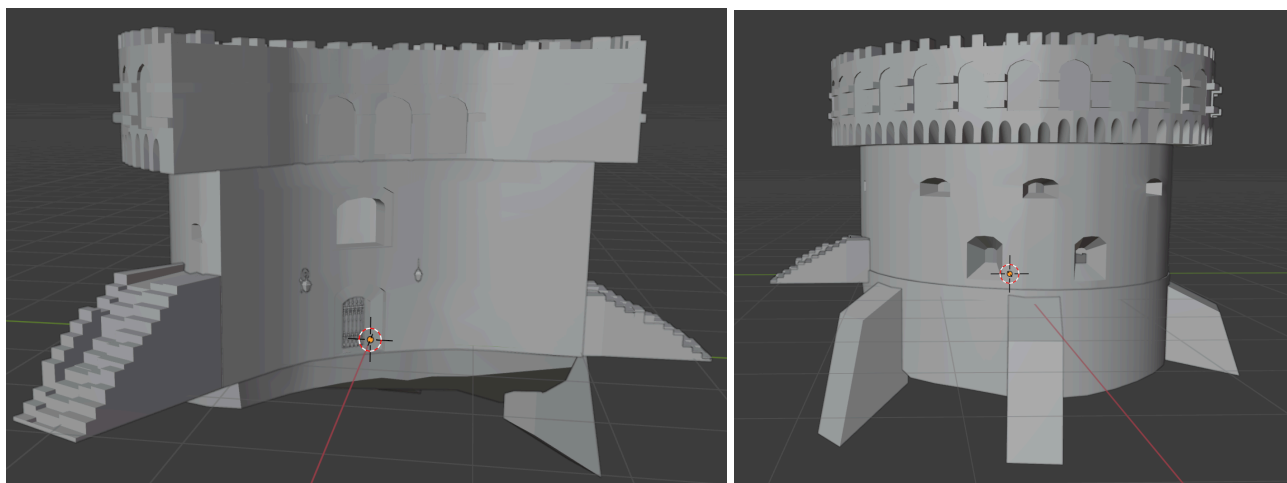


Рис. 2.46., 2.47. Вигляд моделі вежі без текстур спереду (2.46.) та ззаду (2.47.)

Джерело: зроблено автором

Основним матеріалом стала кам'яна кладка зі штукатуркою, яка застосовувалася для більшої частини зовнішніх поверхонь вежі. Матеріал має світлу фактуру з нерівномірним покриттям, що дозволяє відтворити вигляд старих оштукатурених стін із частково помітною кам'яною основою.



Рис. 2.48. Матеріал кам'яної кладки зі штукатуркою

Джерело: зроблено автором

Для опорних конструкцій та руїн застосовувався матеріал старої кам'яної кладки.



Рис. 2.49. Матеріал старої кам'яної кладки

Джерело: зроблено автором

На зруйнованих ділянках вежі додатково використовувався матеріал моху, який розміщувався на бічних кам'яних поверхнях.



Рис. 2.50. Матеріал моху

Джерело: зроблено автором

Накладені текстури забезпечили деталізоване відображення кам'яних поверхонь вежі, покращивши загальне візуальне сприйняття моделі.

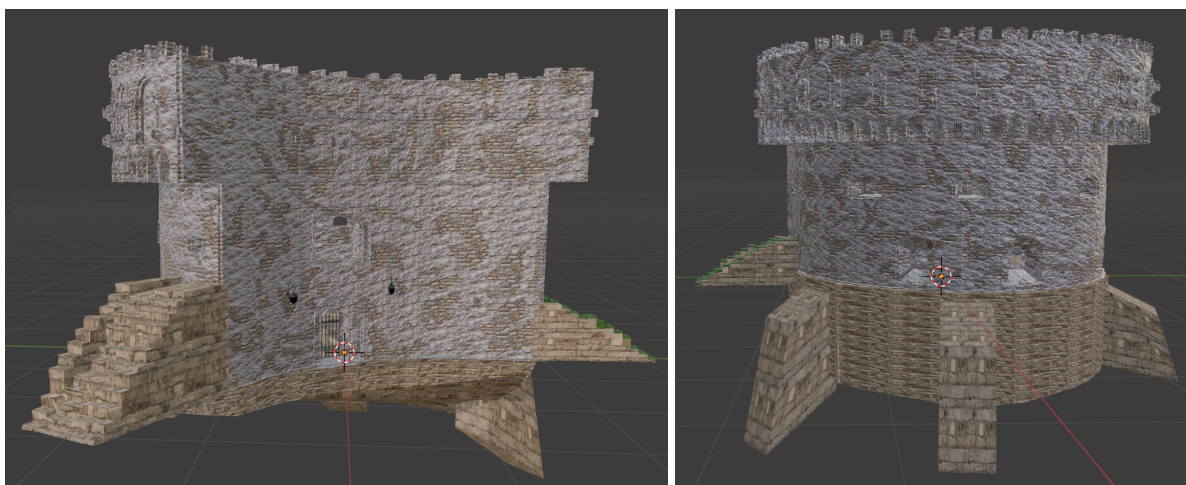


Рис. 2.51., 2.52. Вигляд моделі вежі з текстурами спереду (2.51.) та ззаду (2.52.)

Джерело: зроблено автором

Для текстурування дзвіниці було використано декілька матеріалів відповідно до окремих архітектурних елементів будівлі.

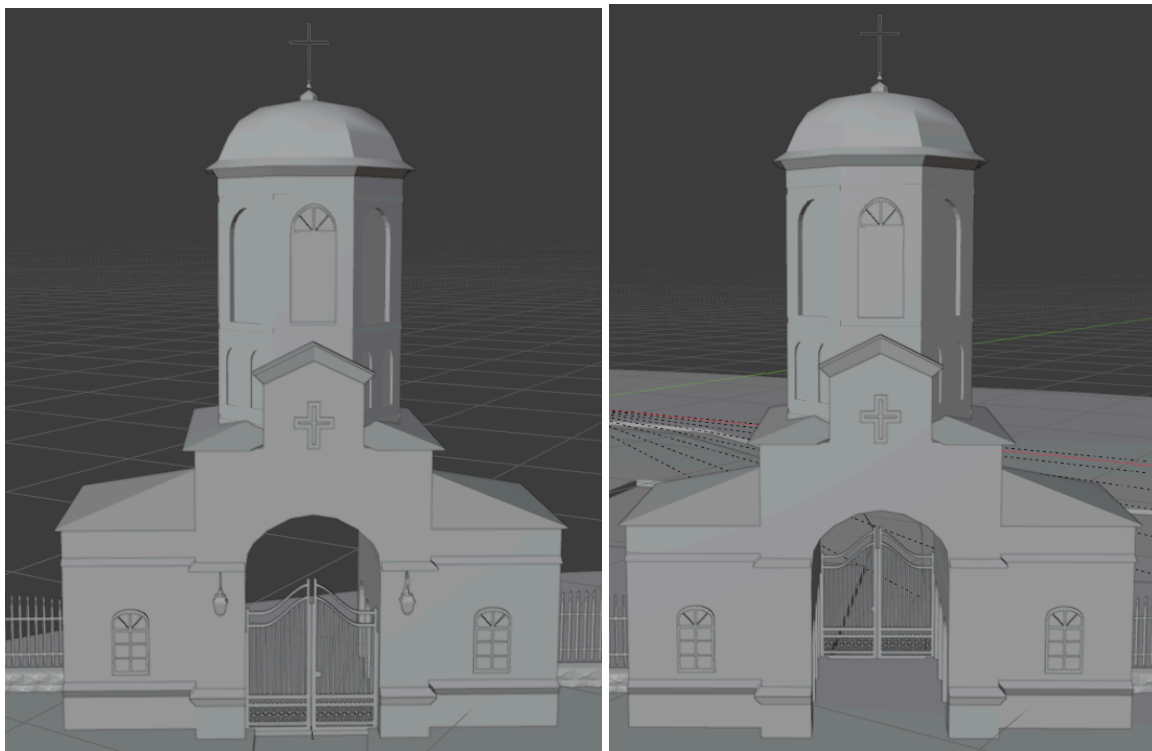


Рис. 2.53., 2.54. Вигляд дзвіниці без матеріалів ззовні (2.53.) та з території комплексу (2.54.)

Джерело: зроблено автором

Основним матеріалом стала біла штукатурка, яка застосовувалася для більшої частини поверхонь дзвіниці.

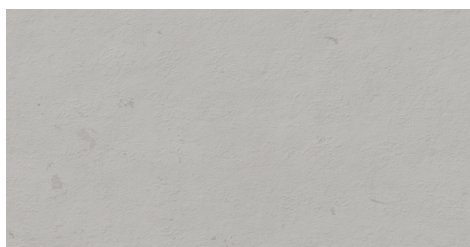


Рис. 2.55. Текстура білої штукатурки

Джерело: зроблено автором

Для декоративних елементів і деталей ліпнини використовувався матеріал бежевої фарби.



Рис. 2.56. Матеріал бежевої фарби

Джерело: зроблено автором

Для текстурування даху та невеликих виступів будівлі було застосовано матеріал зеленого кольору.



Рис. 2.57. Матеріал зеленого кольору

Джерело: зроблено автором

Для імітації дерев'яних дверей було використано матеріал коричневого кольору.

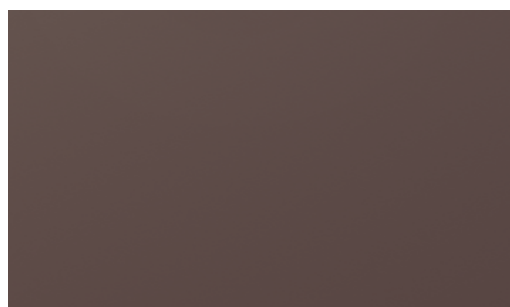


Рис. 2.58. Матеріал коричневого кольору

Джерело: зроблено автором

Для даху вежі дзвіниці застосовувався матеріал темно-сірого кольору.



Рис. 2.59. Матеріал темно-сірого кольору

Джерело: зроблено автором

Після завершення текстурування модель дзвіниці набула більш реалістичного вигляду. Використані текстури дозволили відтворити особливості матеріалів будівлі, підкреслити архітектурні деталі та забезпечити цілісне візуальне сприйняття об'єкта в тривимірному середовищі.



Рис. 2.60., 2.61. Фінальний вигляд дзвіниці ззовні (2.60.) та з території комплексу (2.61.)

Джерело: зроблено автором

Для текстурування Богоявленської церкви було використано різні матеріали відповідно до окремих частин будівлі.

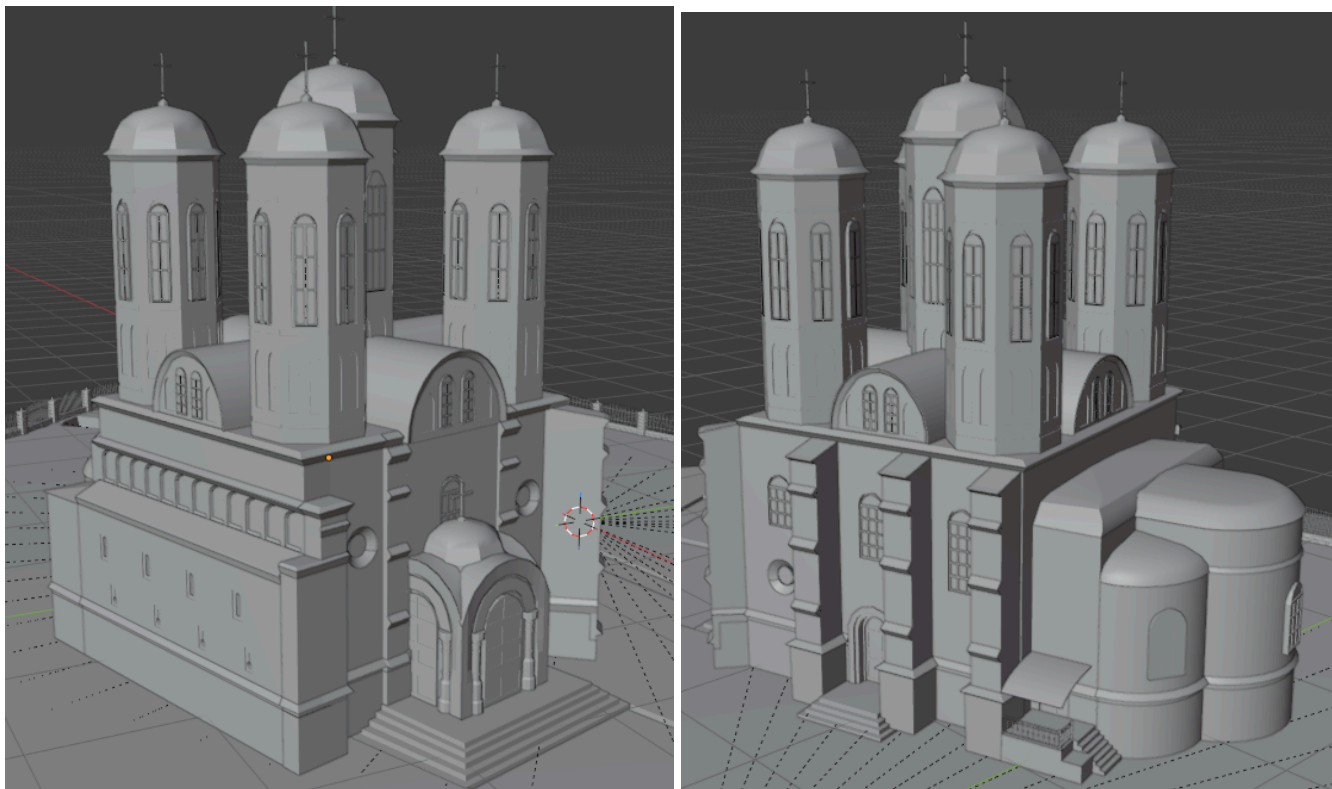


Рис. 2.62., 2.63. Вигляд моделі церкви без матеріалів спереду (2.62.) та ззаду (2.63.)

Джерело: зроблено автором

Для більшості зовнішніх поверхонь застосовувалася біла штукатурка, яка є основним матеріалом моделі.

Для декоративних елементів та деталей ліпнини використовувався матеріал темно-бежевого кольору.



Рис. 2.64. Матеріал темно-бежевого кольору

Джерело: зроблено автором

Для дахів і невеликих виступів на будівлі застосовувався матеріал сіро-зеленого кольору.



Рис. 2.65. Матеріал сіро-зеленого кольору

Джерело: зроблено автором

Нижня частина будівлі була текстурована матеріалом червоної фарби.



Рис. 2.66. Матеріал червоної фарби

Джерело: зроблено автором

При текстуруванні дерев'яних дверей та віконних рам використовувався матеріал коричневого кольору.



Рис. 2.67. Матеріал коричневого кольору

Джерело: зроблено автором

На сходах головного входу застосовувався матеріал каменю.



Рис. 2.68. Матеріал каменю

Джерело: зроблено автором

Для сходів бокового входу використовувався матеріал каменю покритого МОХОМ.



Рис. 2.69. Матеріал каменю покритого мохом

Джерело: зроблено автором

Сходи заднього входу були текстуровані матеріалом мармуру.



Рис. 2.70. Матеріал мармуру

Джерело: зроблено автором

Матеріал золота використовувався для куполів башт, хрестів та головного входу. Для навісу заднього входу застосовувався матеріал золота з візерунком.

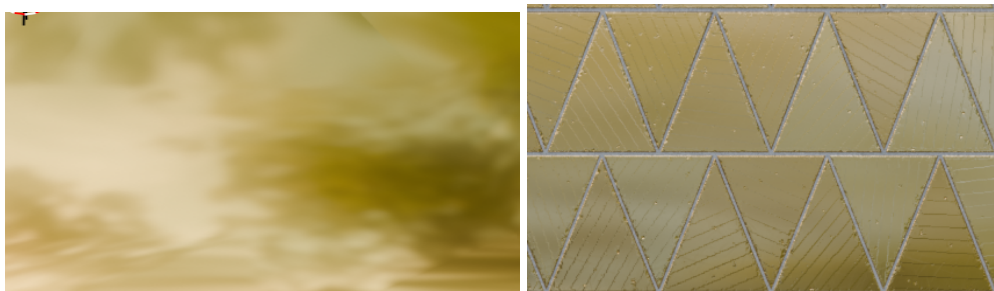


Рис. 2.71., 2.72. Матеріал золота (2.71.) та золота з візерунком (2.72.)

Джерело: зроблено автором

У результаті текстурування модель церкви отримала деталізований і реалістичний зовнішній вигляд, що забезпечило більш точне відтворення її архітектурних особливостей та характерних елементів оздоблення.



Рис. 2.73., 2.74. Фінальний вигляд моделі церкви спереду (2.73.) та ззаду (2.74.)

Джерело: зроблено автором

Завдяки правильному налаштуванню UV-розгортки та використанню відповідних текстур було досягнуто якісного відтворення матеріалів і архітектурних

особливостей будівель, що суттєво покращило візуальне сприйняття всього комплексу.

Для текстурування додаткових елементів комплексу було використано різні матеріали відповідно до особливостей окремих об'єктів середовища.

Для поверхні землі застосовувався матеріал трави.

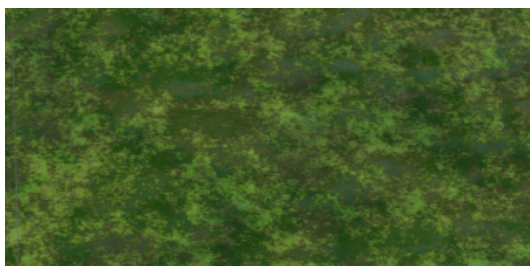


Рис. 2.75. Матеріал трави

Джерело: зроблено автором

Для основної доріжки використовувався матеріал жовтого каменю.

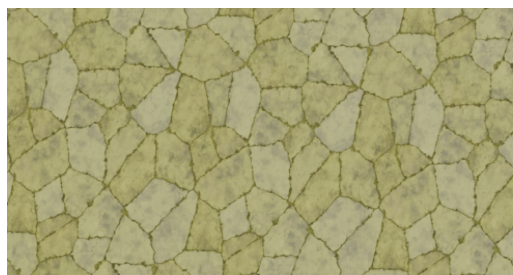


Рис. 2.76. Матеріал жовтого каменю

Джерело: зроблено автором

Доріжка, що веде до церкви та монументу, була текстурована матеріалом сірого каменю.

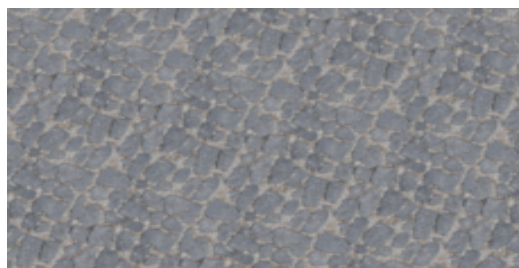


Рис. 2.77. Матеріал сірого каменю

Джерело: зроблено автором

Для основи монументу застосовувався матеріал червоного кольору.

Центральна частина монументу була виконана з використанням матеріалу червоного мармуру.

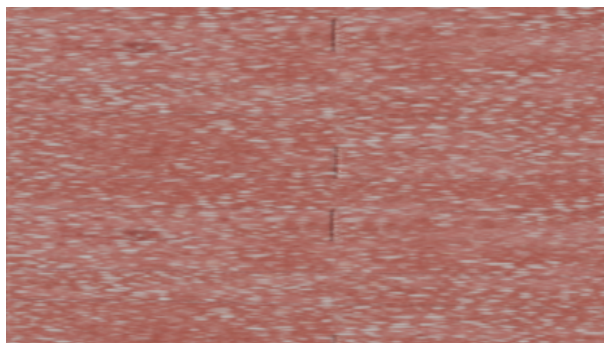


Рис. 2.78. Матеріал червоного мармуру

Джерело: зроблено автором

Для таблички монументу використовувався матеріал сірого мармуру.

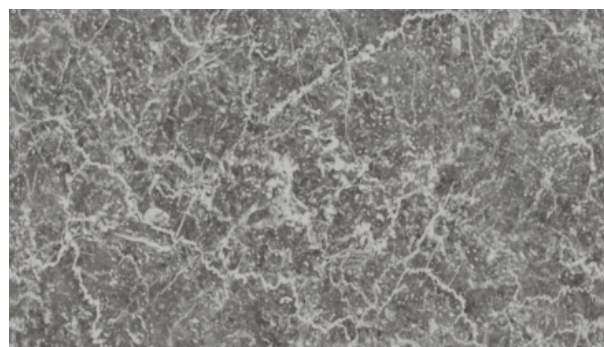


Рис. 2.79. Матеріал сірого мармуру

Джерело: зроблено автором

Сходи підземного входу текстурувалися матеріалом світлого каменю.

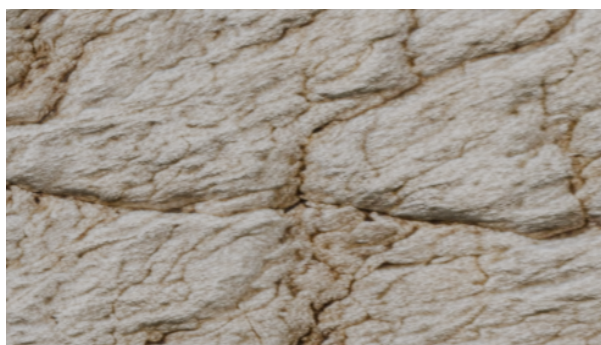


Рис. 2.80. Матеріал світлого каменю

Джерело: зроблено автором

Для даху підземного входу застосовувався матеріал червоної покрівлі.



Рис. 2.81. Матеріал червоної покрівлі

Джерело: зроблено автором

Дерев'яні підпори підземного входу були текстуровані матеріалом темного дерева.



Рис. 2.82. Матеріал темного дерева

Джерело: зроблено автором

2.3 Додаткові налаштування

Під час створення тривимірних моделей та підготовки сцени було виконано низку додаткових налаштувань, спрямованих на підвищення реалістичності візуалізації та оптимізацію продуктивності проєкту.

Для налаштування освітлення в середовищі Blender було використано HDRI-мапу (Зображення з високим динамічним діапазоном). Використання HDRI дозволило створити більш природне навколишнє освітлення, реалістичні відбиття на поверхнях матеріалів та покращити загальне сприйняття сцени.

Окрему увагу було приділено оптимізації моделей. Через значну кількість декоративних елементів та рослинності виникла потреба зменшити навантаження на систему без помітної втрати якості. Для цього було застосовано модифікатор Decimate, який дозволяє автоматично зменшувати кількість полігонів у моделі.

Decimate переважно використовувався для оптимізації моделей дерев та паркану, оскільки ці об'єкти містили велику кількість полігонів та багаторазово повторювалися у сцені. Зменшення кількості полігонів дозволило покращити продуктивність під час роботи з проєктом та підготувати моделі до подальшої інтеграції в Unreal Engine 5.



Рис. 2.83., 2.84. Загальний вигляд Замкового комплексу

Джерело: зроблено автором

РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРАЦІЯ В UNREAL ENGINE

3.1 Налаштування зовнішнього середовища

Після завершення етапу моделювання та текстурювання архітектурних об'єктів у Blender було виконано інтеграцію створених моделей у середовище Unreal Engine 5. Основною метою цього етапу стало створення інтерактивної сцени з можливістю вільного переміщення користувача територією Замкового комплексу міста Острог.

Перед імпортом моделей було виконано підготовку об'єктів у Blender. Для коректного експорту для подальшої роботи з моделями в Unreal Engine було використано формат JLB. Також було перевірено прив'язку матеріалів для подальшого коректного відображення текстур у рушії.

Після імпорту моделей до Unreal Engine було розпочато формування основної сцени. Створені будівлі замкового комплексу були розміщені відповідно до їх реального розташування у просторі. На цьому етапі виконувалося позиціонування моделей, налаштування масштабу та обертання об'єктів для максимально наближеного відтворення території комплексу.

Наступним етапом стало створення навколишнього середовища за допомогою системи ландшафтів Unreal Engine Landscape. Було сформовано рельєф місцевості навколо замкового комплексу.

Під час роботи з Landscape використовувалися такі **інструменти**:

Sculpt Tool – застосовується для зміни висоти поверхні та створення нерівностей рельєфу. За його допомогою формуються підвищення, заглиблення та загальний рельєф місцевості.

Smooth Tool – використовується для згладжування різких переходів між ділянками ландшафту, що дозволяє зробити поверхню більш природною.

Flatten Tool – інструмент для вирівнювання окремих частин рельєфу. Використовується при створенні рівних поверхонь під розміщення будівель комплексу.

Їх використання дало змогу створити більш реалістичне оточення та підготувати основу для подальшого розміщення рослинності й архітектурних об'єктів.

Після створення базового рельєфу проводилося текстурування поверхні ландшафту та наповнення сцени природними елементами. Для цього використовувався інструмент Foliage, який дозволяє швидко розміщувати велику кількість рослинності, розташування якої виконувалося з урахуванням особливостей реальної території, що дозволило зробити середовище більш природним і деталізованим.

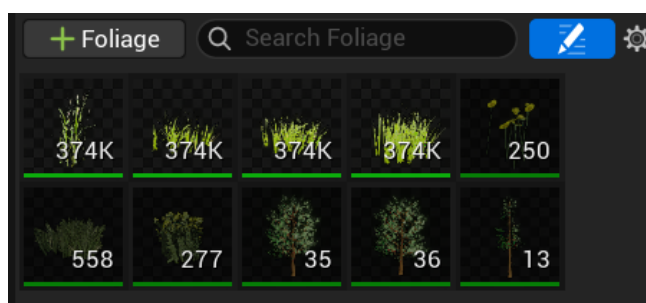
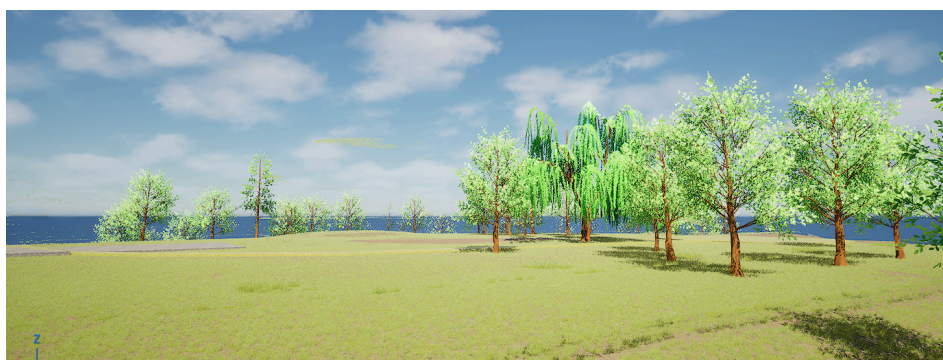


Рис. 3.1., 3.2. Рослинність (3.1.) та її види (3.2.)

Джерело: зроблено автором

Окрему увагу було приділено налаштуванню освітлення сцени. Для створення природного зовнішнього освітлення використовувався інструмент SunSky, який поєднує параметри сонця, неба та атмосферного освітлення в єдиній системі. Це дозволило отримати більш реалістичне освітлення сцени, природні тіні та коректне відображення матеріалів залежно від положення джерела світла. Налаштування

SunSky також дало можливість покращити загальне сприйняття середовища та створити більш наближений до реальних умов вигляд архітектурних об'єктів.



Рис. 3.3. Загальний вигляд комплексу

Джерело: зроблено автором

3.2 Налаштування інтерактивності

Для забезпечення інтерактивності проєкту було реалізовано перегляд сцени від першої особи. Для цього використовувалася система Blueprints, яка дозволяє створити базову логіку взаємодії користувача з середовищем без написання програмного коду, використовуючи візуальне налаштування поведінки об'єктів.

На початковому етапі до проєкту було додано шаблон персонажа від першої особи, який містить камеру, систему переміщення та базові параметри керування.

Було налаштовано систему керування персонажем: переміщення вперед, назад, вправо та вліво, стрибок, а також зміну напрямку огляду через рух миші. Це дозволяє користувачу вільно досліджувати територію Замкового комплексу та переглядати архітектурні об'єкти з різних ракурсів.

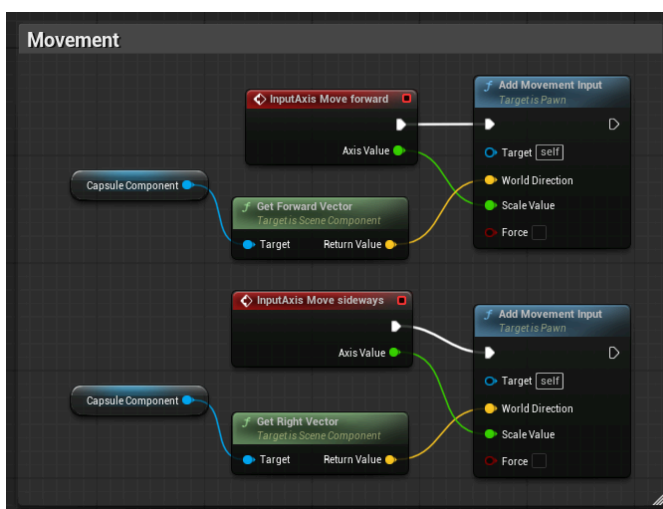
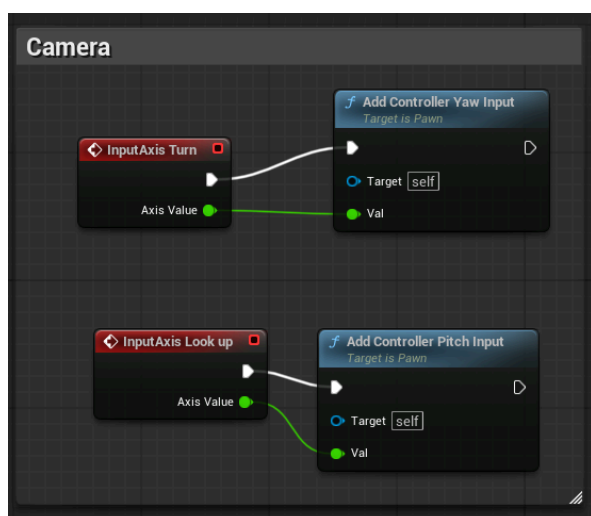
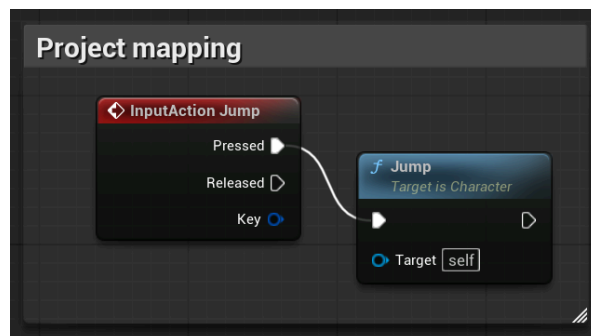
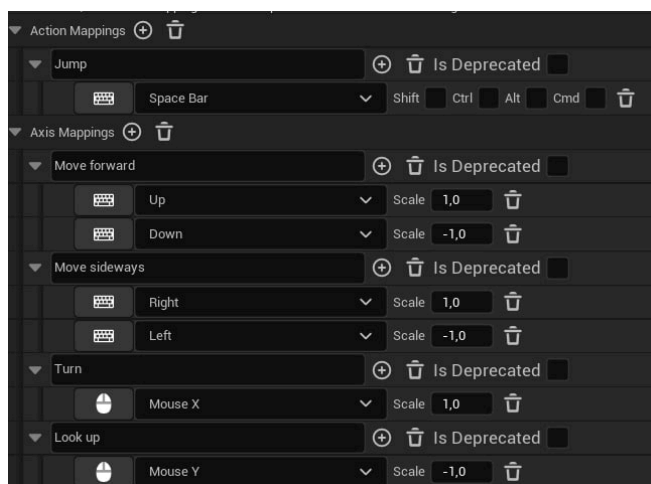


Рис. 3.4., 3.5., 3.6., 3.7. Створення мапінгів (3.4.) та скрипти руху персонажа (3.5., 3.6., 3.7.)

Джерело: зроблено автором

Також було скориговано параметри швидкості руху персонажа для комфортного перегляду великої території. Це дозволило пришвидшити переміщення, що призвело до покращення досвіду огляду пам'яток архітектури.



Рис. 3.8., 3.9. Вигляд комплексу від першої особи

Джерело: зроблено автором

Додатково у проєкті було реалізовано швидке переміщення між віддаленими будівлями комплексу. За допомогою Blueprint було створено механізм телепортації користувача через тригерні зони (Trigger Volume).

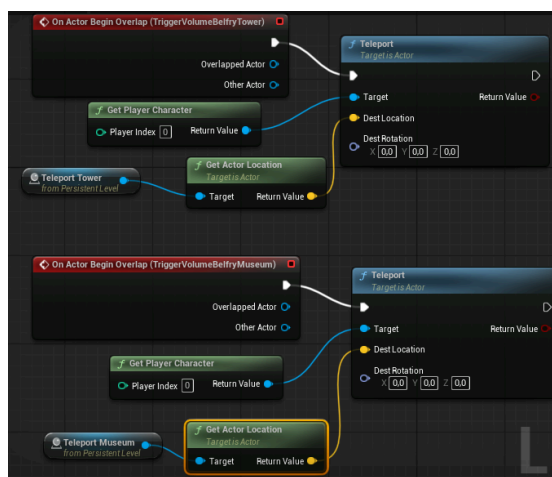


Рис. 3.10. Створення скрипту телепортації персонажа

Джерело: зроблено автором

Після входу персонажа в область тригера він автоматично переміщується до визначеної точки біля відповідної споруди. Такий підхід дозволив спростити навігацію великою територією та забезпечив швидкий доступ до ключових архітектурних об'єктів.

За допомогою Blueprint було реалізовано анімацію відкриття та закриття воріт. Для забезпечення плавної анімації було використано компонент Timeline, який дозволяє змінювати параметри об'єкта впродовж певного часу. Спочатку було створено Sphere Collision для визначення моменту, коли персонаж знаходиться поруч із воротами та може взаємодіяти з ними. Після входу персонажа в область тригера активується можливість взаємодії через натискання клавіші E.

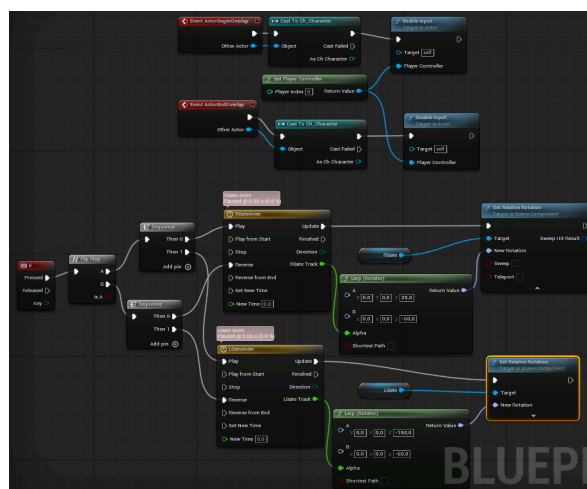


Рис. 3.11. Створення скрипту відкриття та закриття воріт

Джерело: зроблено автором

ВИСНОВОК

Під час роботи були застосовані різні інструменти моделювання, такі як Extrude, Scale, Loop Cut, Knife та інші. Це дозволило відтворити основні архітектурні елементи будівель комплексу: стіни, вікна, двері, дахи, башти, внутрішній двір та інші. Для збереження геометричної точності використовувалися референсні фотографії, зібрані під час аналізу локації, а також матеріали з відкритих джерел.

Окрему увагу було приділено текстурюванню: використовувалися фотореференси реальних матеріалів, таких як кам'яна кладка, дерев'яні конструкції, черепиця та інші елементи. Також для моделей була створена UV-розгортка, що дозволило коректно накладати текстури та забезпечити реалістичний зовнішній вигляд об'єктів.

Після завершення етапу моделювання всі основні об'єкти були інтегровані в середовище Unreal Engine 5. У рушії було виконано налаштування матеріалів, освітлення, рельєфу місцевості, навколишнього середовища, анімацію відкриття та закриття воріт, забезпечено можливість огляду комплексу від першої особи, а також можливість швидкого переміщення до віддалених будівель.

З метою забезпечення стабільної роботи сцени проводилася оптимізація моделей та матеріалів. Було зменшено навантаження на систему шляхом оптимізації геометрії, налаштування рівнів деталізації та раціонального використання ресурсів рушія. Це дозволило зберегти баланс між якістю графіки та продуктивністю застосунку.

Кваліфікаційна робота дала змогу не лише поглибити знання у сфері 3D-моделювання та архітектурної візуалізації, а й отримати практичні навички інтеграції моделей у рушій реального часу та створення інтерактивних цифрових середовищ. Це особливо важливо для сучасних напрямів цифрового представлення культурної спадщини, створення віртуальних турів та освітніх проєктів.

У результаті виконаної роботи вдалося створити повноцінну інтерактивну візуалізацію Замкового комплексу міста Острог з деталізованими архітектурними об'єктами, текстурованням, освітленням та інтеграцією в Unreal Engine 5. Отриманий досвід стане корисним для подальших проєктів у сфері 3D-графіки, ArchViz, віртуальних середовищ та цифрових технологій.

Окрім цього, проєкт має значний потенціал для подальшого розвитку. У перспективі до сцени можуть бути додані анімації, погодні ефекти, інтерактивні інформаційні елементи або підтримка VR-технологій. Це зробить застосунок ще більш корисним для туристичних сервісів, історичних досліджень, освітніх платформ та цифрової популяризації культурної спадщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Toolbar - Blender 5.1 Manual – Tutorial – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/tools/toolbar.html> (Дата звернення: 12.04.2026)
2. Model Stairs In Blender 2.8 Within 37 Seconds - Beginner Tutorial – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://youtu.be/J4T256mVKS0> (Дата звернення: 15.04.2026)
3. Blender 3.4 easy stairs modeling tutorial – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://youtu.be/XUwDRHL4oac> (Дата звернення: 15.04.2026)
4. Proportional Edit – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.blender.org/manual/en/2.80/scene_layout/object/editing/transform/control/proportional_edit.html (Дата звернення: 19.04.2026)
5. Assignment - Blender 5.1 Manual – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/materials/assignment.html#multiple-materials> (Дата звернення: 23.04.2026)
6. Blender 3.4 easy stairs modeling tutorial – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://youtu.be/XUwDRHL4oac> (Дата звернення: 30.04.2026)
7. Move 3D cursor back to center hotkey? – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blender.stackexchange.com/questions/53886/move-3d-cursor-back-to-center-hotkey> (Дата звернення: 07.05.2026)
8. Brito A. Blender 3D: Architecture, Buildings, and Scenery. Packt Publishing, 2021. – [Книга].
9. Blain J. M. The Complete Guide to Blender Graphics: Computer Modeling & Animation. 8th Edition. CRC Press, 2022. – [Книга].
10. Blender 3D: Noob to Pro – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro (Дата звернення: 08.05.2026 – 10.05.2026)

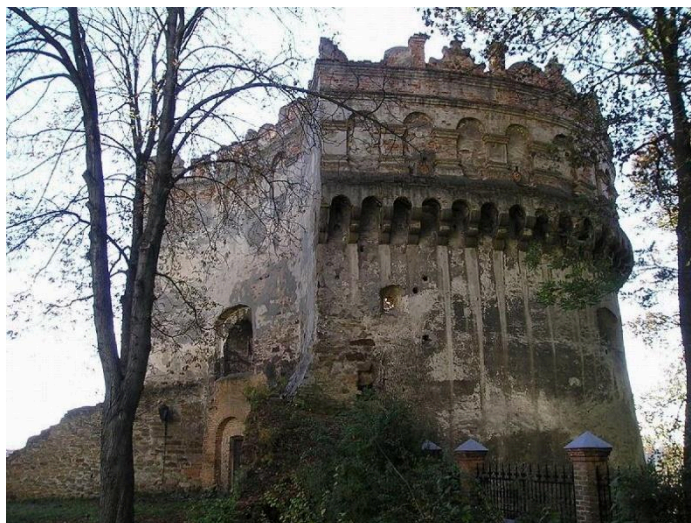
11. how do I shrink texture in blender? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blender.stackexchange.com/questions/77992/how-do-i-shrink-texture-in-blender> (Дата звернения: 09.05.2026)
12. Importing Static Meshes in Unreal Engine | Unreal Engine 5.7 Documentation | Epic Developer Community – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/importing-static-meshes-in-unreal-engine> (Дата звернения: 11.05.2026)
13. Creating Landscapes in Unreal Engine | Unreal Engine 5.7 Documentation | Epic Developer Community – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/creating-landscapes-in-unreal-engine> (Дата звернения: 12.05.2026)
14. Unreal Engine Material Editor User Guide | Unreal Engine 5.7 Documentation | Epic Developer Community – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/unreal-engine-material-editor-user-guide> (Дата звернения: 13.05.2026)
15. Character Movement in UE5 – Tutorial – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/1OjIKUQtC1k?si=7iMeWxuHPOA9AMCT> (Дата звернения: 14.05.2026)
16. Player Start Position in UE5: How to Change and Customize It – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/9tge03p70Io?si=5Kj5qMAVo1TgKBtc> (Дата звернения: 18.05.2026)
17. EASY Way To Create A Teleporter in Unreal Engine 5 (UE5 Tutorial) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=vUIPJn8Jj8Y> (Дата звернения: 18.05.2026)
18. How To Change Pivot Points In Unreal Engine 5 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/-zYokufHToY?si=2Dj4gcGzWoRsI4KS> (Дата звернения: 19.05.2026)
19. How to Make a Dubble Door In Unreal Engine 5! – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/109RBKArfZ8?si=oijsXxXAhx8LDjkR> (Дата звернения: 20.05.2026)

ДОДАТОК А
Красзнавчий музей



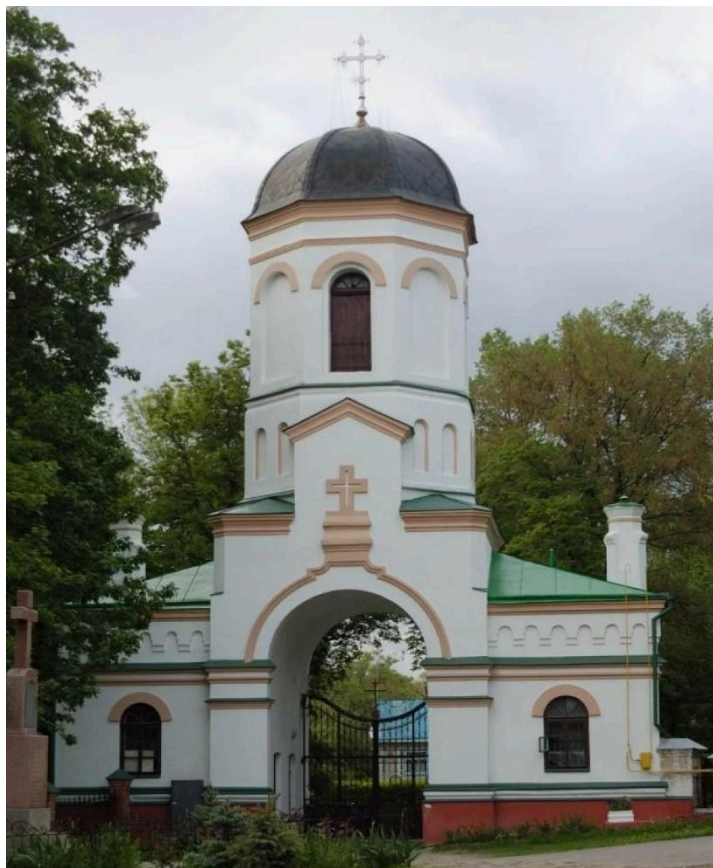
ДОДАТОК Б

Кругла вежа



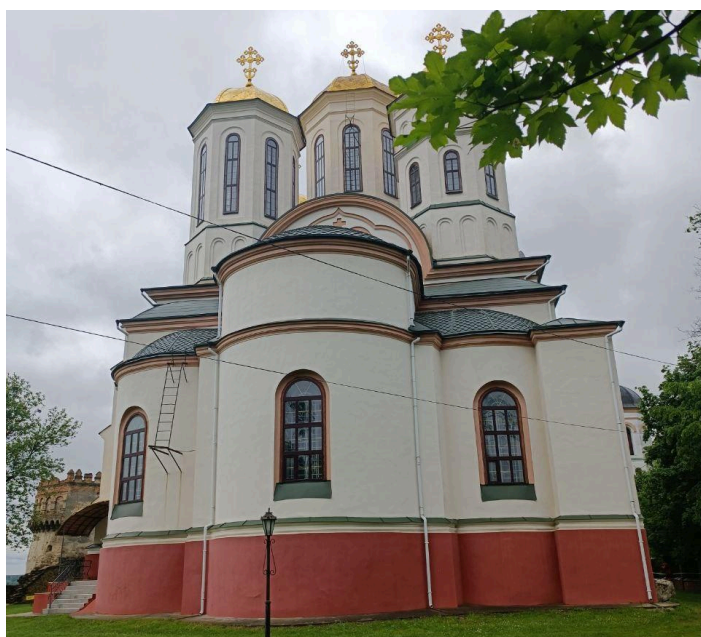
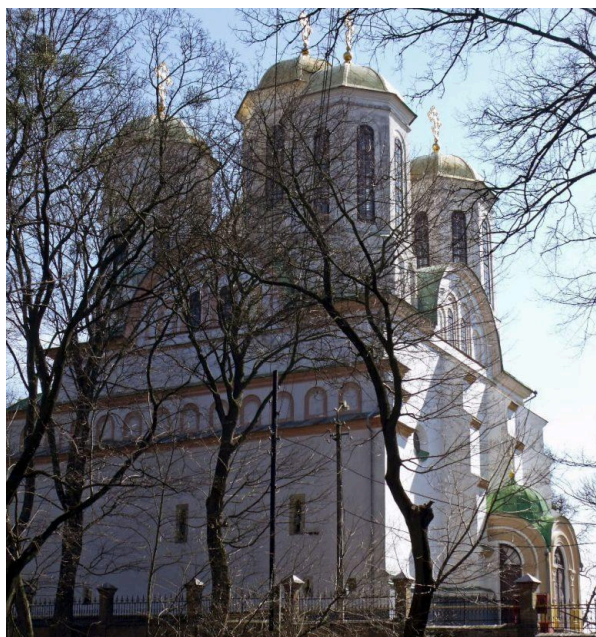
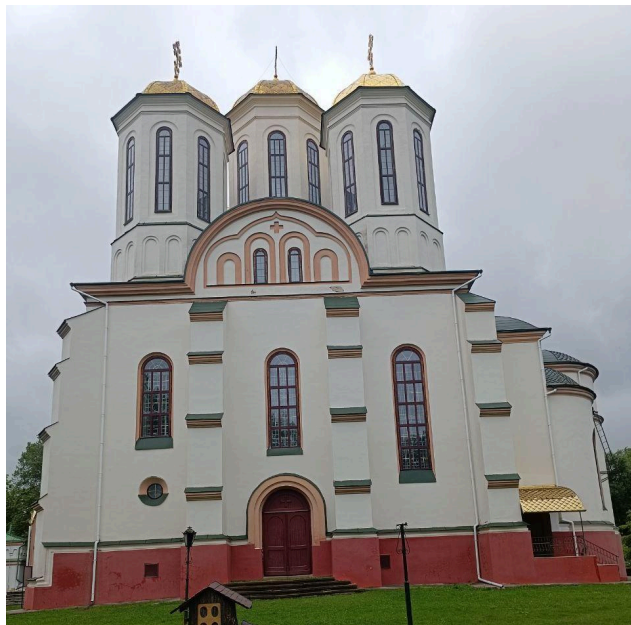
ДОДАТОК В

Дзвіниця



ДОДАТОК Г

Богоявленська церква



ДОДАТОК Д

Монумент біля церкви



ДОДАТОК Е

Підземний вхід



ДОДАТОК Ж
ВИГЛЯД КОМПЛЕКСУ ЗВЕРХУ

