

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Світлана ВАЩЕНКО

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,

освітньо-професійної програми «Інформаційні технології проектування»

на тему: «Візуалізація 3D моделі середньовічного міста»

Здобувача групи IT-02 Цапенко Руслан Романович
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ (підпис)

Руслан ЦАПЕНКО
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник ст. викладач, к.т.н, доц. Наталія ФЕДОТОВА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри ІТ

_____ Світлана ВАЩЕНКО
«__» _____ 2024 р.

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

Цапенка Руслана Романовича

1 Тема роботи Візуалізація 3D моделі середньовічного міста

керівник роботи Федотова Наталія Анатоліївна к.т.н., доцент,
затверджені наказом по університету від «07» травня 2024 р. №0482-VI

2 Строк подання студентом роботи «26» травня 2024 р.

3 Вхідні дані до роботи _____
Візуальне зображення приклада для створення моделі міста

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Вступ, аналіз предметної області, проектування 3D моделі, практична реалізація, висновки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення мети роботи	10.04.2024- 12.04.2024	
2	Проведення планування робіт	12.04.2024- 18.04.2024	
3	Створення діаграми Ганта	19.04.2024- 22.04.2024	
4	Аналіз можливих ризиків та засобів протидії	22.04.2024- 27.04.2024	
5	Оформлення технічного завдання	28.04.2024- 05.05.2024	
6	Проведення аналізу предметної області	06.05.2024- 12.05.2024	
7	Проектування 3D моделей	13.05.2024- 14.05.2024	
8	Практична реалізація	14.05.2024- 21.05.2024	
8	Проведення тестування	21.05.2024- 22.05.2024	
9	Оформлення пояснювальної записки	23.05.2024- 26.05.2024	

Студент

(підпис)

Руслан ЦАПЕНКО

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доц. Наталія ФЕДОТОВА

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Візуалізація 3D моделі середньовічного міста».

Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи 59 сторінок, містить 10 таблиць, 41 рисунок, 2 додатки, список використаних джерел 19 найменувань.

Дослідження має потенціал для використання в ігровій індустрії, де візуалізація 3D моделі середньовічного міста може стати основою для створення захоплюючих ігрових світів і поглибленого культурного дослідження.

Метою даного дипломного проекту є створення реалістичної тривимірної моделі середньовічного міста з використанням програмного забезпечення Blender.

Результатом роботи є оптимізовані моделі-частинки будівель та 3D модель середньовічного міста.

Ключові слова: BLENDER, UNREAL ENGINE, ADOBE PHOTOSHOP, ТЕКСТУРА, МОДЕЛЬ, НИЗЬКО ПОЛІГОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ТРИВИМІРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, АНІМАЦІЯ.

Зміст

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Огляд останніх досліджень та публікацій.....	8
1.2 Аналіз програмних продуктів-аналогів.....	9
1.3 Мета та задачі дослідження.....	12
1.4 Вибір програмного продукту.....	13
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ 3D МОДЕЛІ	17
2.1 Структурно-функціональне моделювання моделей.....	17
2.2 Модель варіантів використання.....	18
3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	20
3.1 Розробка 3D моделей.....	20
3.2 Текстурування моделей.....	27
3.3 Збір моделей.....	32
3.4 Моделювання міста в середовищі Blender.....	34
3.5 Тестування моделі міста в середовищі Unreal Engine	37
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	43
ДОДАТОК Б ПЛАНУВАННЯ РОБІТ.....	47

ВСТУП

Вибір теми роботи «Візуалізація 3D моделі середньовічного міста» ґрунтується на тому, що сучасне суспільство прагне розуміння та мати уявлення про один із найменш відомих періодів людства, а саме середньовіччя. Хоча середньовічні міста є важливою частиною культурної спадщини усього людства, їхні соціальні та архітектурні аспекти мало досліджені. Тривимірні моделі дозволять краще розуміти та візуалізувати ці елементи для освітніх і наукових цілей. Також дані моделі можуть використовуватись у розважальних сферах як кіно чи ігрова індустрія, вперше у 1972 році було використано першу анімовану тривимірну модель у короткометражному фільмі «A Computer Animated Hand» [1], саме з цього моменту почалося використання тривимірних моделей, звідси в ці роки ця технологія була більш витратною та не досконалою, але вже зараз все частіше ми бачимо комп'ютерні моделі, що неможливо відрізнити від справжніх. Крім того, створення деталізованих і реалістичних моделей стало можливим з використанням сучасних програм для візуалізації, такі як Autodesk 3ds Max, Blender, AutoCAD, Paint 3D, [4] усі ці програми спрямовані для створення тривимірних моделей. Таким чином, тема роботи є **актуальною** та важливою як з наукового, так і з розважального погляду.

Об'єктом дослідження є процес візуалізації тривимірної моделі середньовічного міста.

Предметом дослідження є реалістична модель середньовічного міста. Робота спрямована на створення віртуальної моделі міста середньовічного періоду.

Метою даного дипломного проекту є створення реалістичної тривимірної моделі середньовічного міста з використанням програмного забезпечення Blender.

Задачі для виконання протягом роботи над проектом:

- виконати розробку технічного завдання та планування проекту згідно теми випускної роботи;

- провести аналіз існуючого програмного забезпечення, яке є на ринку моделювання об'єктів;
- провести дослідження та аналіз історичних джерел для отримання достовірної інформації про архітектурні особливості середньовічного міста;
- створити тривимірну модель міста з урахуванням історичних та географічних особливостей, використовуючи отриману інформацію та обрані програмні засоби;
- розробити та додати текстури до створеної моделі середньовічного міста;
- провести тестування моделі на відсутність колізій;
- підготувати звіт та документацію, яка описує процес створення моделі та використані джерела.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд останніх досліджень та публікацій

Досліджуючи різні публікації у галузі «реконструкції та візуалізації середньовічних міст» було проаналізовано новітнє дослідження «Digital Humanities and Virtual Reality: A Review of Theories and Best Practices for Art History» [12], у ньому розглянули застосування цифрових реконструкцій та використання віртуальної реальності для освітньої діяльності. З розвитком технологій стало можливе використання VR (Virtual Reality) технологій для покращення знань у мистецтвознавстві, археології чи в інших різноманітних гуманітарних науках. При умові що проєкт з тривимірної візуалізації середньовічного міста не є реконструкцією архітектурної спадщини, він також має корисну ціль, що являє собою відтворення та показ можливих варіантів візуалізації середньовічного міста, оснований на історичних джерелах що наразі доступні у вільному доступі, гарним прикладом є публікації «Medieval History Source» [9,10], що надає історичні відомості про устрій середньовічних міст. Ще однією статтею що розповідає про тривимірну візуалізацію є публікація M. Lo Brutto, D. Ebolese, and G. Dardanelli, 2018 , 3D MODELLING OF A HISTORICAL BUILDING USING CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY AND REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM (RPAS) [11], у ній розповіли про один із способів створення тривимірних моделей достатньо новітнім способом фотограмметрії. Він проявив себе як дієвий спосіб для детальної та точної тривимірної візуалізації, завдяки цьому це дієвий варіант для подальшого використання цього способу для підтримки проєктів зі збереження та реставрації історичних споруд. Проаналізувавши всі дані публікації, при значних досягненнях з використання сучасних технологій для візуалізації залишаються деякі проблеми, наприклад: обмежена доступність інформації, складність деталізації об'єктів та для комфортної візуалізації потрібно мати відповідне апаратне забезпечення.

1.2 Аналіз програмних продуктів-аналогів

Тривимірні моделі можуть не тільки показати як виглядають ті чи інші історичні споруди, але і зберегти вигляд що вони мають зараз або відтворити той вигляд що мали раніше і все це для збереження культурної спадщини людства.

Наприклад, на сайті Суспільного міста Рівне була опублікована стаття 2023 року про проєкт «Острозька іконописна майстерня. Віртуальний музей» [15]. У рамках цього проєкту відтворили у тривимірну модель церкву Святого Дмитра у стилі українського бароко. Під час роботи було вирішено змінити вигляд образи на іконостасі для збереження стилю Острозької іконописної школи, оскільки наразі присутні сучасні нашарування що були накладені під час його реставрації. Приклад Візуалізації представлений на рисунках 1.1 та 1.2



Рисунок 1.1- Церква Святого Дмитра (вигляд ззовні) [15]



Рисунок 1.2- Іконостас церква Святого Дмитра [15]

Ще один приклад у візуалізації тривимірної моделі є Титанік, що затонув 1912 року, основується на інформації з репортажу на сайті ТСН це стало можливо завдяки компанії Magellan Ltd у 2022 році [17]. Компанія займається картографуванням морських глибин. Команда спеціалістів протягом 200 годин обстежувала затонулий корабель та зробила понад 700 тисяч зображень для детального відтворення тривимірної моделі. Ця робота дала змогу розібрати кожну деталь корабля, що надає можливість детальніше розібратись що саме сталось у ніч 1912 року. На рисунку 1.3 представлена вже готова модель Титаніку що наразі знаходиться на глибині майже в 4000 метрів.



Рисунок 1.3 – Тривимірна модель Титаніку [17]

Ще один український проєкт з відновлення історичних місць, «Центр Візуальних Проєктів» займається відтворенням найдавніших архітектурних пам'яток міста Вінниця. Розглянемо один із об'єктів це «Вінницькі мури» інформацію про які надано на сайті «Вежа» [16]. При умові що моделі не є надто точними та не зовсім реалістичними, але реконструкцію було здійснено відповідно плану єзуїтських мурів близько 1791 року, та все ж таки наземна частина була створена на основі гіпотетичної реконструкції що запропонував професор Ричков, що не є остаточно достовірною інформацією. Приклад роботи представлений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Вінницькі мури [16]

1.3 Мета та задачі дослідження

Метою даного дипломного проєкту є створення реалістичної тривимірної моделі середньовічного міста з використанням програмного забезпечення Blender.

Задачі для виконання протягом роботи над проєктом:

- виконати розробку технічного завдання та планування проєкту згідно теми випускної роботи;
- провести аналіз існуючого програмного забезпечення, яке є на ринку моделювання об'єктів;
- провести дослідження та аналіз історичних джерел для отримання достовірної інформації про архітектурні особливості середньовічного міста;
- створити тривимірну модель міста з урахуванням історичних та географічних особливостей, використовуючи отриману інформацію та обрані програмні засоби;
- розробити та додати текстури до створеної моделі середньовічного міста;

- провести тестування моделі на відсутність колізій;
- підготувати звіт та документацію, яка описує процес створення моделі та використані джерела.

1.4 Вибір програмного продукту

Для зручного та ефективного моделювання було проаналізована та обрано найзручніший варіант для виконання поставленої задачі із візуалізації середньовічного міста. Для порівняння було обрано три найпопулярніші програмних забезпечення: Blender, Autodesk 3ds Max, Unreal Engine. Короткий опис кожної програми представлений у таблиці 1.1, також аналіз переваг та недоліків представлений у таблиці 1.2.

У таблиці 1.1 представлений короткий опис порівнювальних програм, оснований на інформації з публікації cgischool.ua «Програми для створення 3D графіки: найпопулярніші софт для різних задач» [7].

У таблиці 1.2 представлений порівняльний аналіз програмних продуктів, інформація була взята з офіційного сайту Unreal Engine [13], платформи Steam де присутня інформація про Blender [18], та на сайті Софтліст [14] де вказані рекомендовані системні вимоги для Autodesk 3ds Max .

Таблиця 1.1 Опис програм

№	Назва програмного забезпечення	Короткий опис
1	Blender	Безкоштовна програма, що містить великий вибір інструментів для створення тривимірних моделей, анімацій, створення повноцінних композицій і сцен, і рендерингу. Також оснащений вбудованою мовою програмування Python для зручного написання скриптів. Має велику бібліотеку

		<p>плагінів для зручного використання, хоча більшість все ж таки платні. Загалом доступне програмне забезпечення для нових користувачів та тих хто має бажання почати моделювати чи анімувати, оснащений декількома різними способами рендерингу, що дозволить обрати зручний під індивідуальний вибір. Для анімації багато гарних інструментів що також покращують способи виконання поставлених задач.</p>
2	Autodesk 3ds Max	<p>Гарний вибір для досвідчених користувачів зі створення тривимірних моделей, візуалізації та анімації. Часто використовується в архітектурі, дизайні, в іграх та кіно. Це ідеальне рішення для візуалізації різної складності з максимально реалістичним результатом. Має можливість роботи з іншими продуктами Autodesk такими як AutoCAD. Головна перепона є те що це програмне забезпечення не дешеве, що робить її менш доступною для більшості нових користувачів.</p>
3	Unreal Engine	<p>Програма для створення тривимірної графіки, перевагою якої є легкість в анімації, великій кількості бібліотек, та те що вона є повністю безкоштовною з постійною підтримкою від розробника. Гарно підходить для розробки відеоігор, візуалізації тривимірної архітектури. Зручний інтерфейс дозволяє новим користувачам з легкістю опанувати програму. Недоліком є те що програма є безкоштовною але більшість наборів готових структур та матеріалів є платною. Також для зручного використання програмного забезпечення потрібно аби характеристики персонального комп'ютера відповідали рекомендованим вимогам.</p>

Таблиця 1.2-Порівняння програмних продуктів

Назва програмного забезпечення	Ціна	Формати що підтримуються	Зручність опанування	Основні системні вимоги
Blender	Безкоштовно	OBJ, FBX, STL	Легкий, доступний для початківців, з інтуїтивним керуванням	Процесор: Quad core CPU Оперативна пам'ять: 8 GB ОЗУ Відеокарта: 4 GB ОЗП, сумісна з OpenGL 4.3
Autodesk 3ds Max	235 доларів США за місяць	OBJ, FBX, 3DS	Складний для початківців, великий набір інструментів	Процесор: Dual core CPU Оперативна пам'ять: 8 GB ОЗУ Відеокарта: сумісна з DirectX 11
Unreal Engine	Безкоштовно	OBJ, FBX, 3DS	Зручний для використання, із зрозумілим інтерфейсом	Процесор: Quad core CPU Оперативна пам'ять: 8 GB ОЗУ Відеокарта: сумісна з DirectX 11

На основі проведеного аналізу було обрано оптимальний варіант, що дасть змогу якісно, та без зайвих витрат виконати поставлену задачу. Серед наведених програмних продуктів було обрано «Blender», оскільки він є безкоштовним,

гарно оптимізований під більшість комп'ютерних систем, а також найкращий вибір для виконання більшості задач що не потребують додаткових знань. Також на основі поданих матеріалів для тестування моделей було обрано програмне забезпечення «Unreal Engine».

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ 3D МОДЕЛІ

2.1 Структурно-функціональне моделювання моделей

На рисунку 2.1 зображена структурно функціональна модель IDEF0, на цій моделі показані усю вхідну інформацію що використовувалась у розробці моделей та вихідний результат по кінцю виконання роботи.

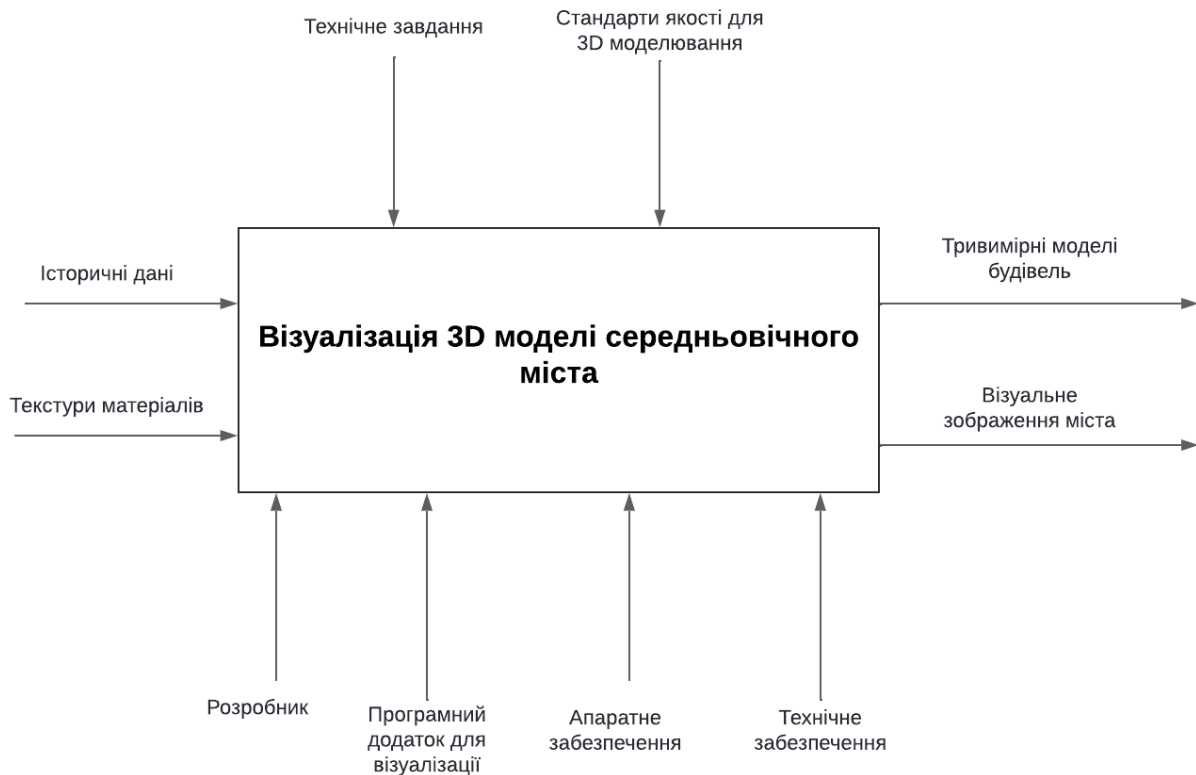


Рисунок 2.1- Структурно функціональна модель IDEF0

Контекстна діаграма діаграма з поетапним розкриттям представлена на рисунку 2.2

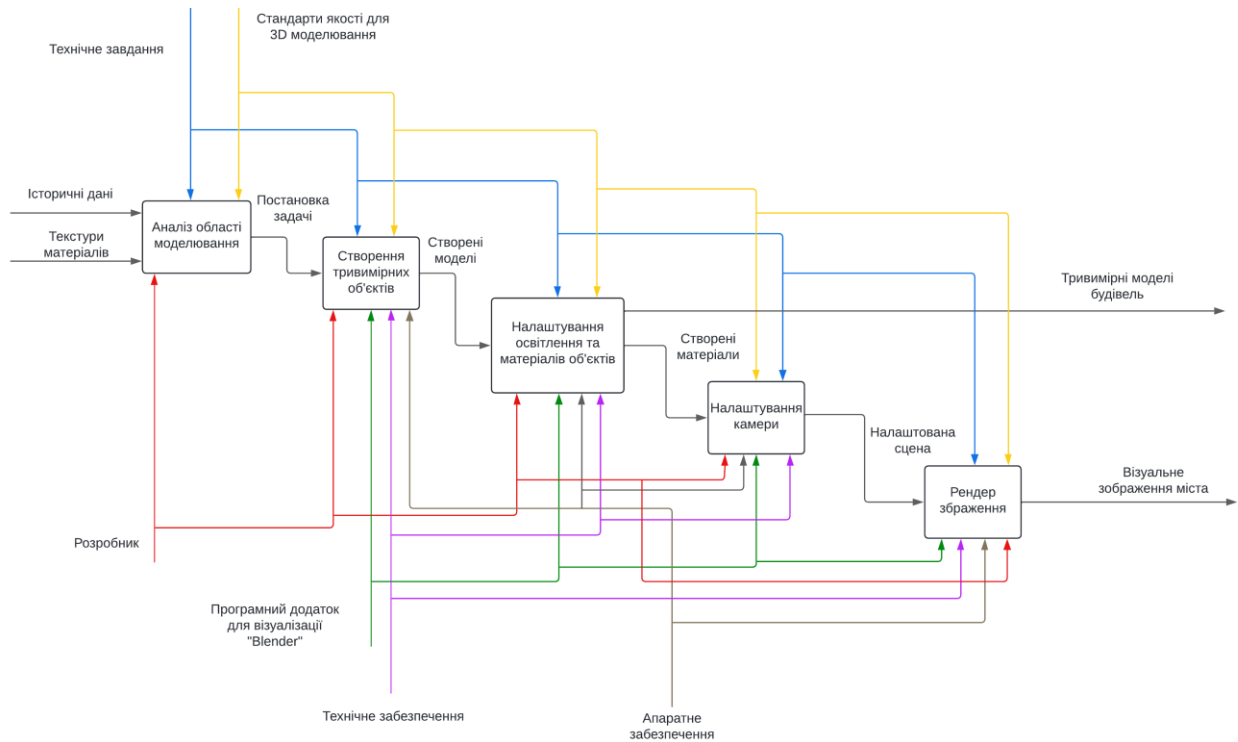


Рисунок 2.2- Контекстна діаграма

2.2 Модель варіантів використання

Модель варіантів використання 3D моделей середньовічного міста включає в себе користувачів що певним чином взаємодіють з моделями. На рисунку 2.3 представлені можливі способи використання 3D моделей

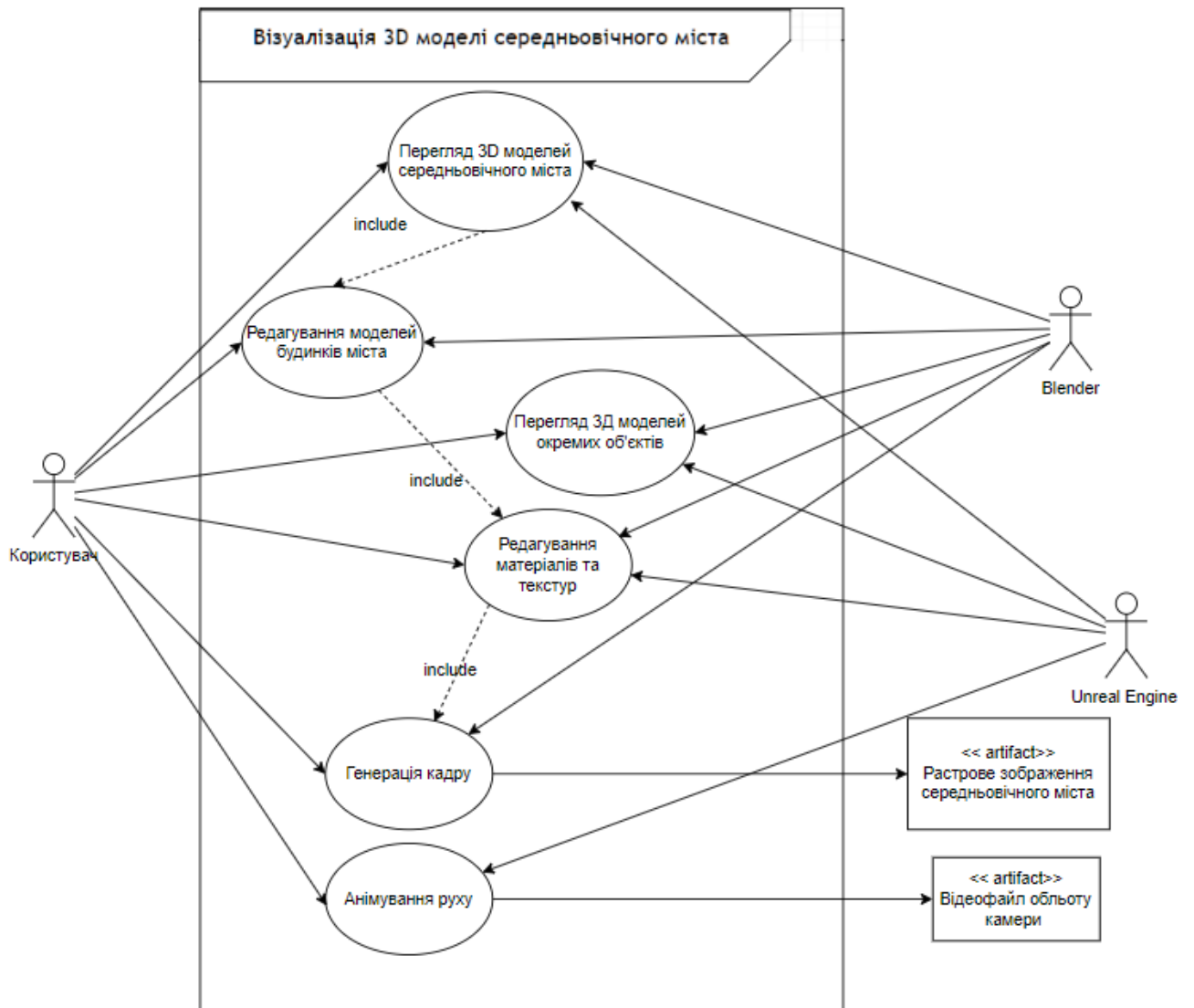


Рисунок 2.3- Модель варіантів використання

3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Розробка 3D моделей

Для моделювання будинків було прийнято рішення зі створення окремих компонентів для подальшої збірки їх у різні варіанти будівель. Також моделювання окремих частинок дозволить створювати низько полігональні об'єкти для їх використання у створенні ігрових додатків. Спершу було змодельовано кам'яні та дерев'яні стіни, двері та вікона.

Принцип створення однаковий, стіни створені з фігури «plane» (з англ. площина), була повернута відносно осі X на 90 градусів, за допомогою інструмента ніж проведені ребра та виділенні усього об'єкта, що при використанні опції «Edge split» розділить усі грані так, що кожна сусідня отримає власну копію, після чого до об'єкта будуть використані модифікатори «Solidify» та «Bevel», модифікатор «Solidify» надасть об'єму нашій стіні а модифікатор «Bevel» генерує схилені кути. Виставивши бажані параметри в результаті тримаємо низько полігональні стіни, для створення виду дерева площина була розрізана лише паралельно, а для відтворення каменю ще перпендикулярно, приклад що відображає вид стін з налаштуванням модифікаторів представлений на рисунку 3.1 та 3.2

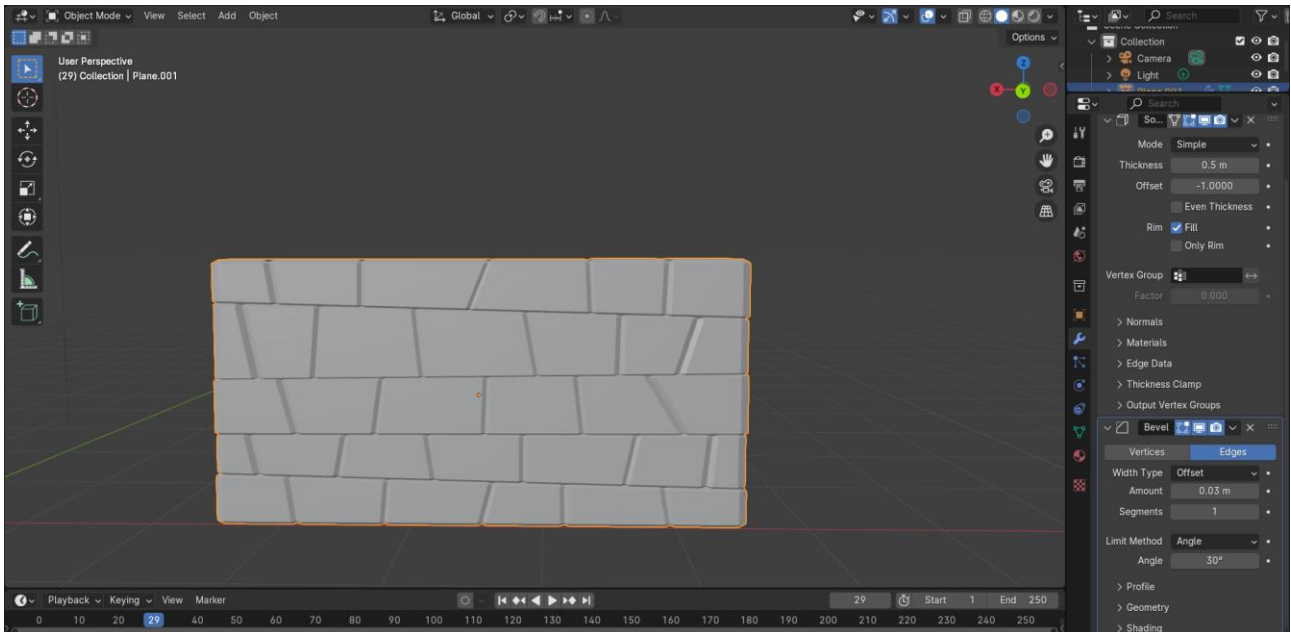


Рисунок 3.1- Кам'яна стіна

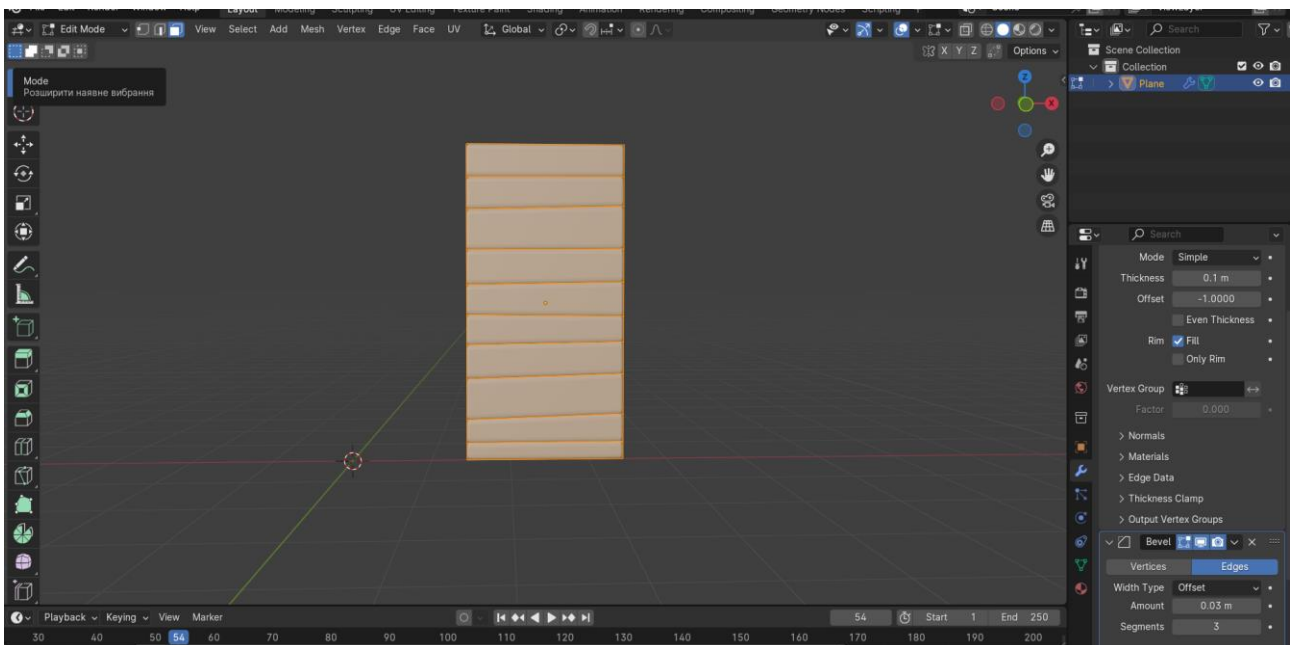


Рисунок 3.2 - Дерев'яна стіна

Після цього створюємо вікна та двері на основі стін, додані модифікатори дозволяють видаляти сегменти в наших стінах, том за допомогою інструмента ніж та опції «Edge split» вирізаємо місця для наших вікон та дверей. Двері були створені аналогічно дерев'яній стіні, віконна рама витягнута з куба а скло це звичайна площина, приклад результату представлений на рисунках 3.3 для кам'яних споруд та 3.4 для дерев'яних відповідно.

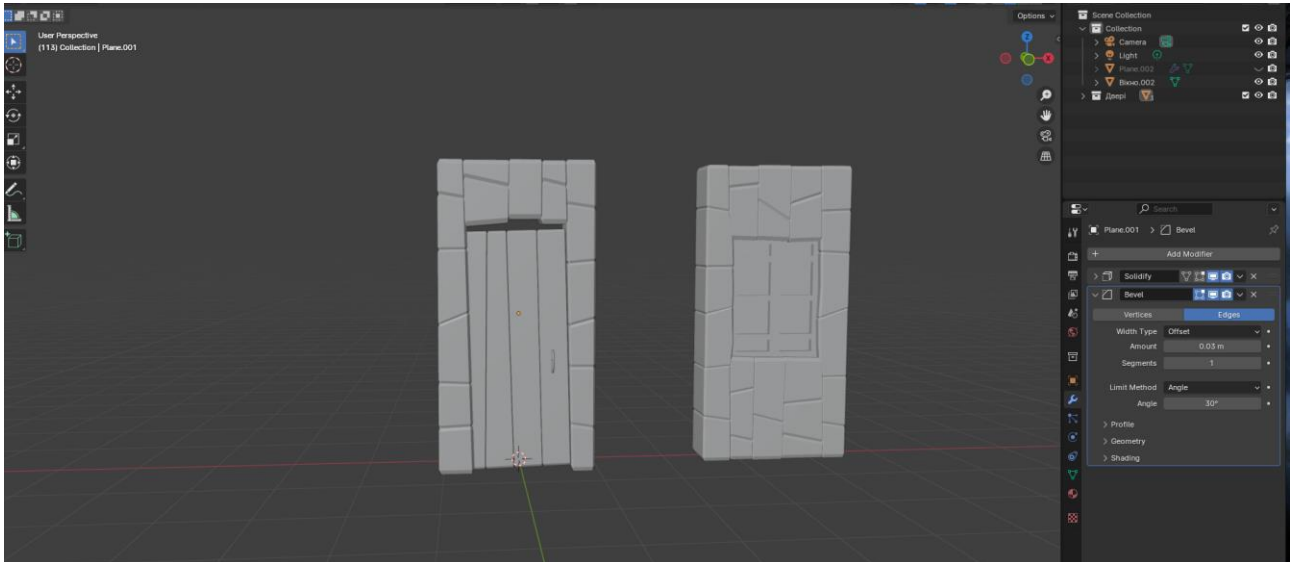


Рисунок 3.3 – Кам'яне вікно та двері

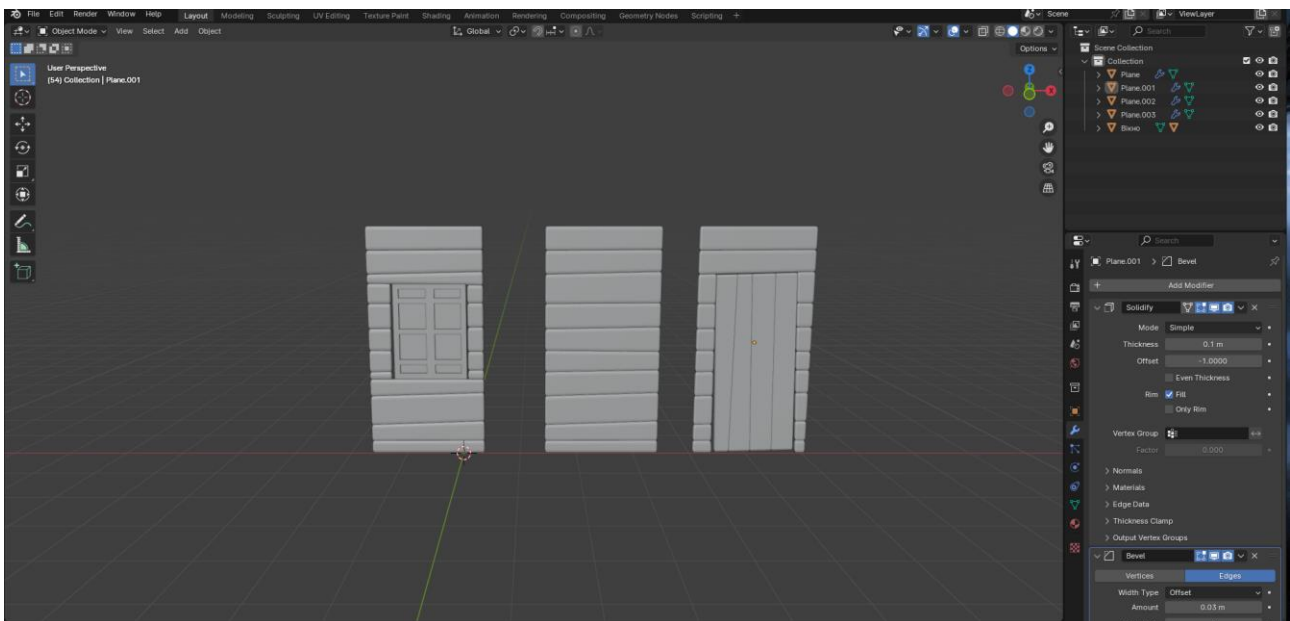


Рисунок 3.4- Дерев'яне віно та двері

Ще один елемент будівлі це підлога та дах, для дерев'яних будинків як дах буде використана підлога приклад готової підлоги представлений на рисунку 3.5, а для кам'яних створено черепицю. Підлога створена до аналогії дерев'яних стін, а черепиця створена з половини кола витягнутого та звуженого надавши йому вигляду майбутнього сегмента черепиці проміжний результат представлений на рисунку 3.6, після цього додаємо модифікатор «Solidify» для надання об'єму та два модифікатори «Array» для дублювання цього сегменту другий модифікатор «Array» налаштуємо для дублювання відносно осі Y, не затверджуємо ці два

модифікатори аби в майбутньому було легше налаштовувати розмір даху відносно змодельованого будинку. Кінцевий результат показаний на рисунку 3.7

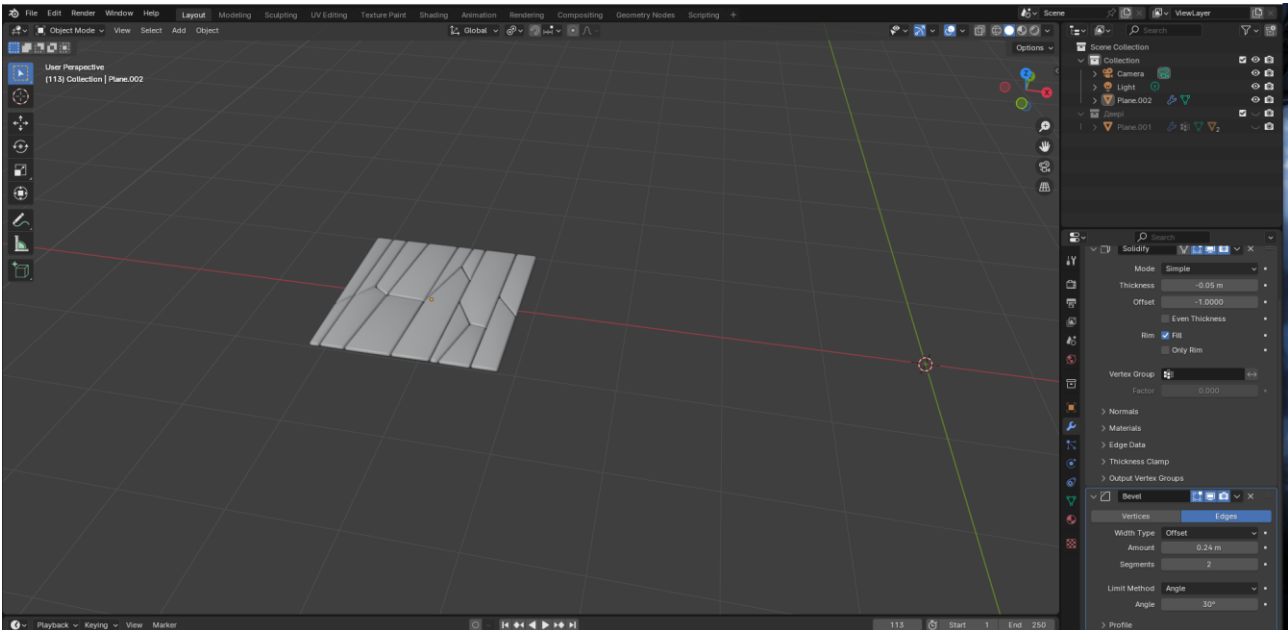


Рисунок 3.5- Змодельована підлога

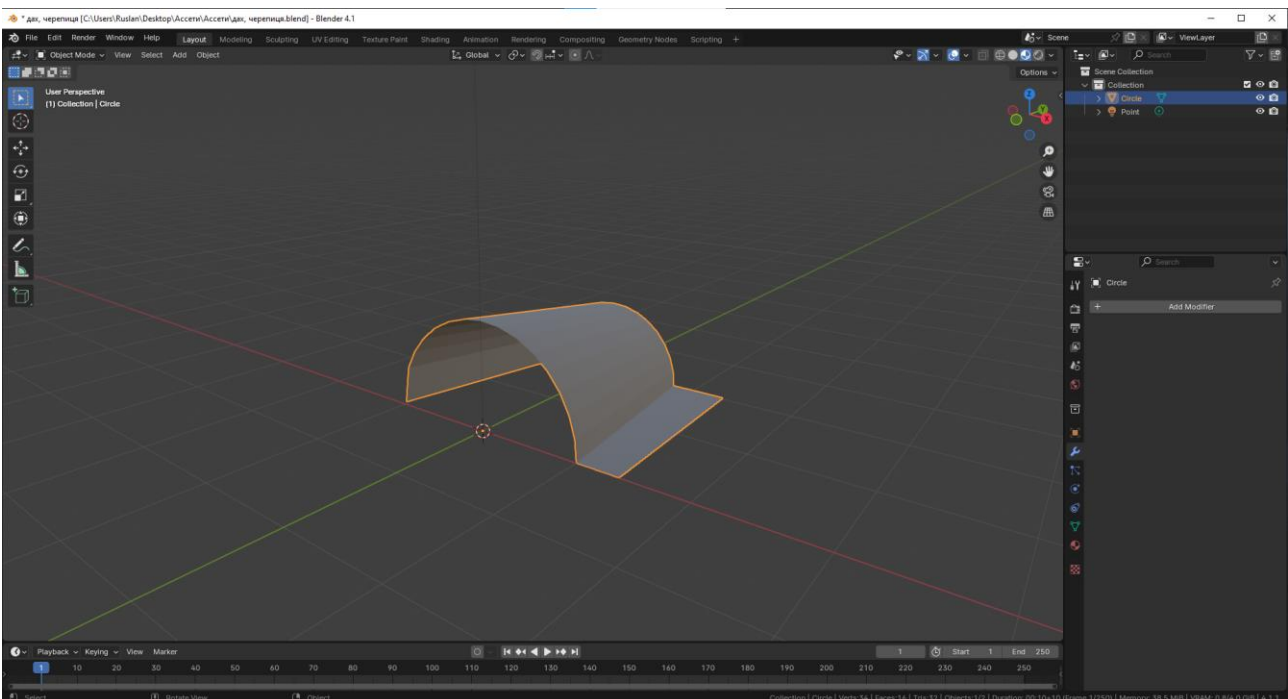


Рисунок 3.6- Проміжний результат моделювання черепиці

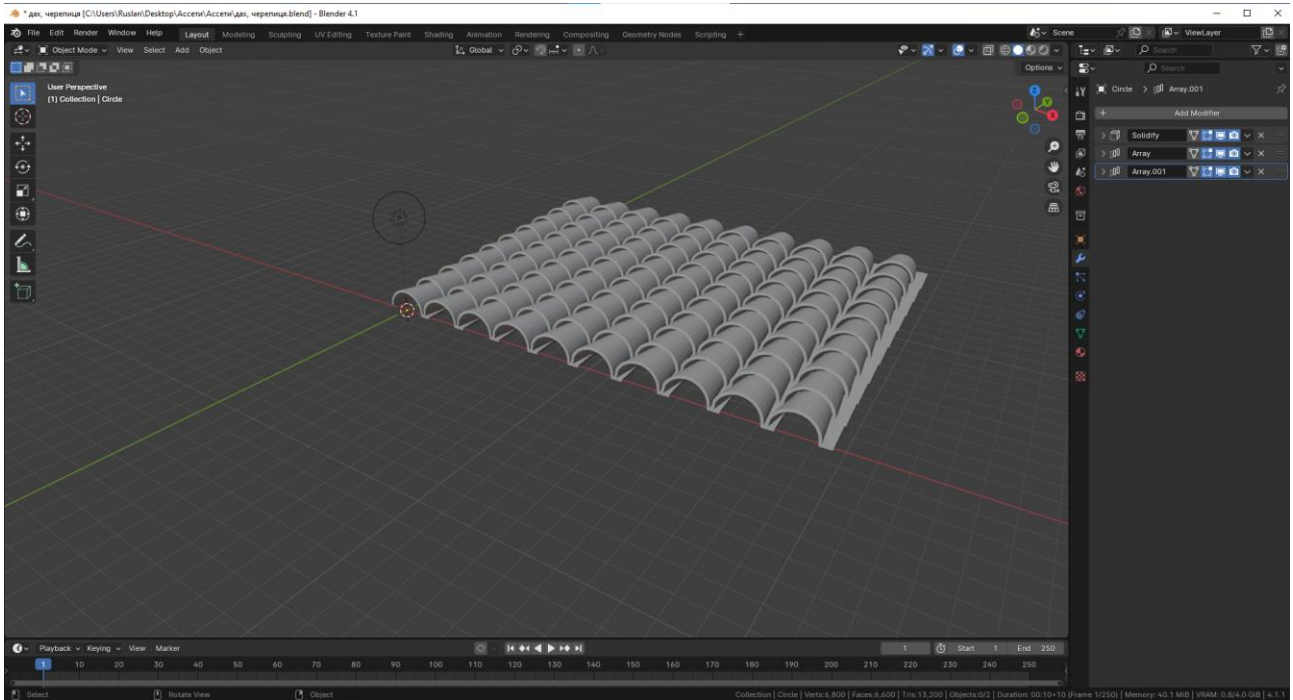


Рисунок 3.7- Готовий вигляд черепиці

Для надання майбутній сцені більш презентабельного вигляду було створено деякі декоративні елементи головним атрибутом візуалізації міста окрім будівель є дерева, для більш зручного моделювання програмне забезпечення «Blender» надає можливість використати вже готові дерева увімкнувши аддон «Sapling Tree Gen» модель дерева для подальшого використання представлена на рисунку 3.8.

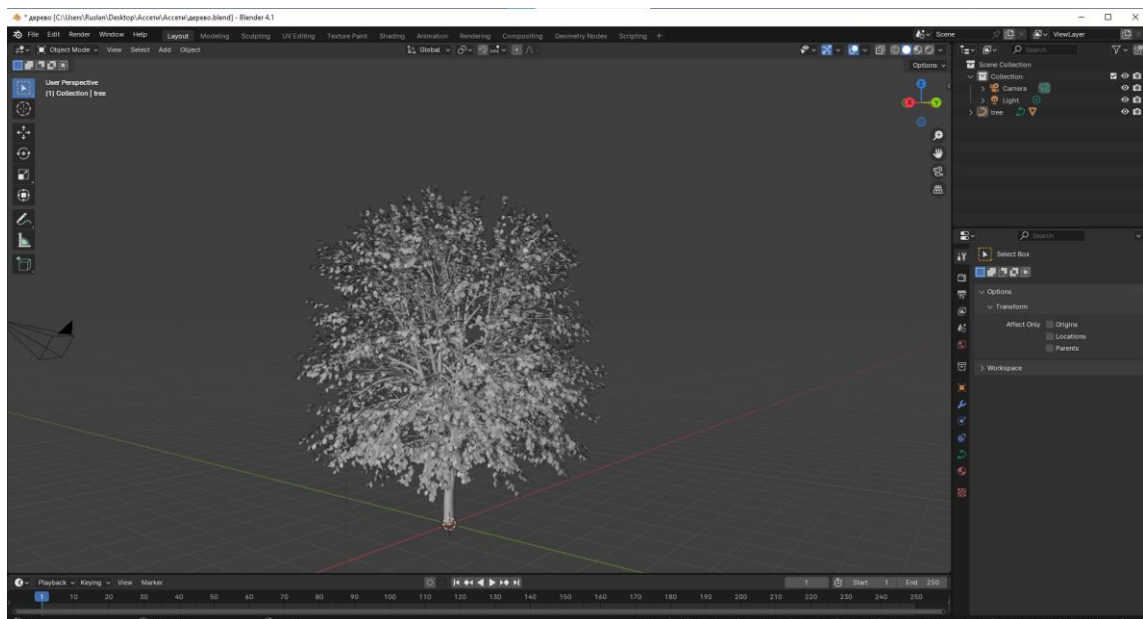


Рисунок 3.8- Дерево

Ще одним елементом декору сцени є колодязь сам колодязь був спроектований до аналогії кам'яної стіни з циліндра у якого було видалено верхню та нижню грань. Опорні балки створені з кубів що були витягнуті та розміщені належним чином, дах для як і у випадку с майбутніми дерев'яними будівлями був зроблений з підлоги. Готовий результат повної моделі колодязя представлений на рисунку 3.9.

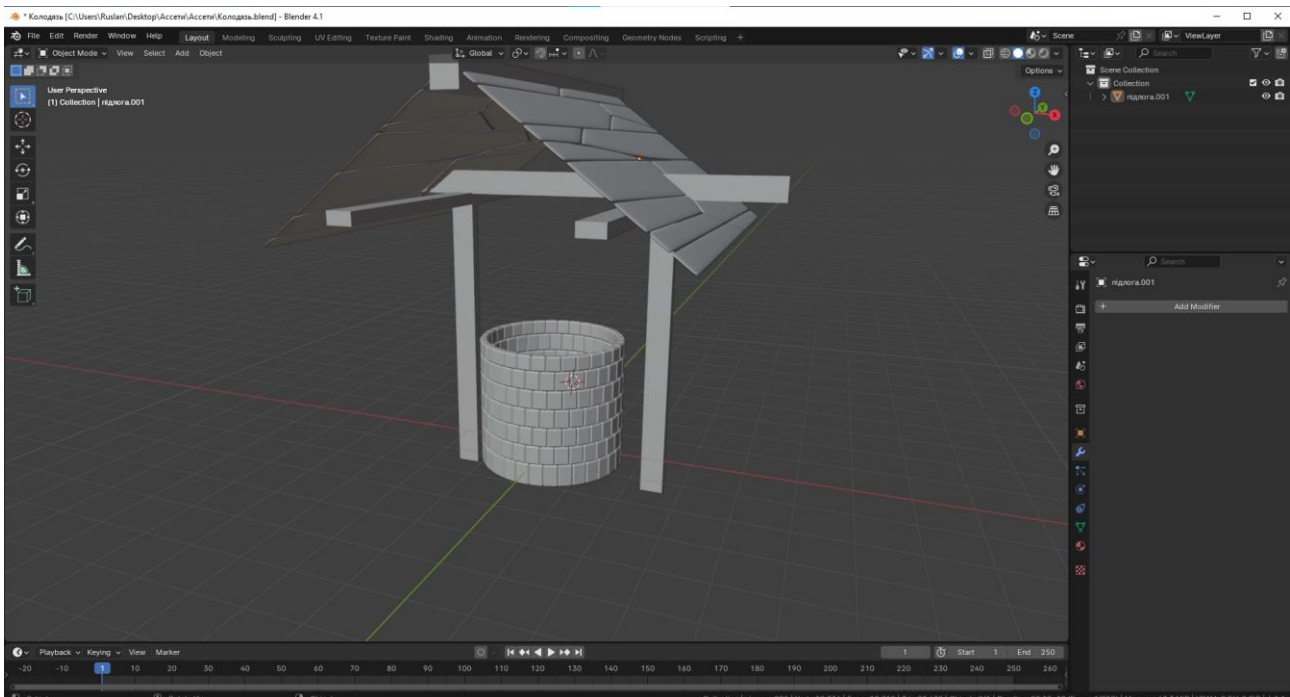


Рисунок 3.9- Модель колодязя

Останній елемент декору стала діжка, створена з циліндра, попередньо видалили верхню та нижню грань , було додано три горизонтальних ребра жорсткості для збільшення середньої частини та надання форми, після чого ще по одному до кожного ребра як вказано на рисунку 3.10. Виділивши створені сегменти продублювали та додали модифікатор «Solidify» для створення металевих обручів навколо діжки. Далі виділили вертикальні ребра циліндра та використавши опцію «Edge split» та модифікатор «Bevel» надали діжці вигляду форми, що вже більш нагадує діжку. Після цього до основної частини застосували модифікатор «Solidify», для надання об'єму. Дно та кришку діжки створили за допомогою кругів які були також перетворені до аналогії дерев'яної

підлоги, на кришку бу доданий невеличкий циліндр- корок. Готовий результат представлений на рисунку 3.11

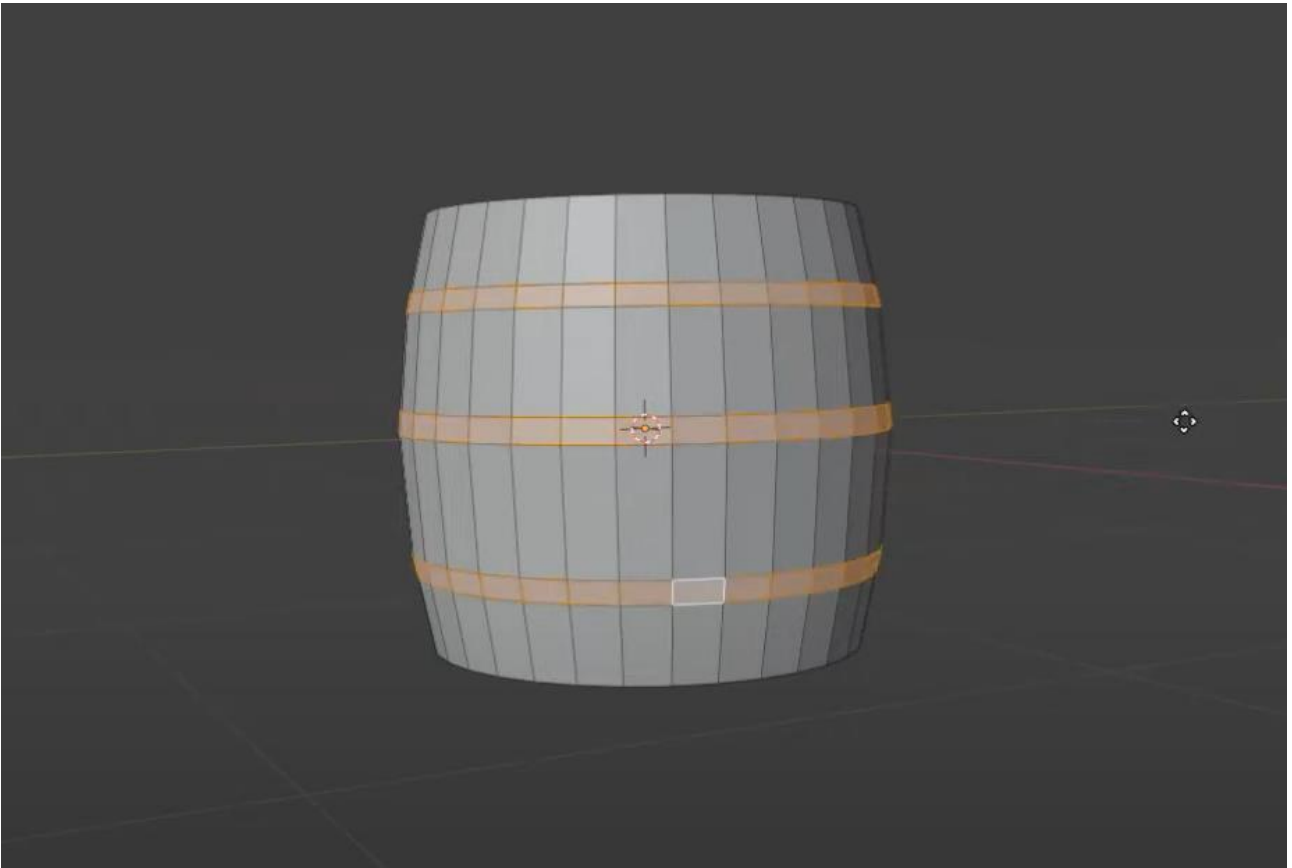


Рисунок 3.10- Розділення циліндру для подальшого моделювання

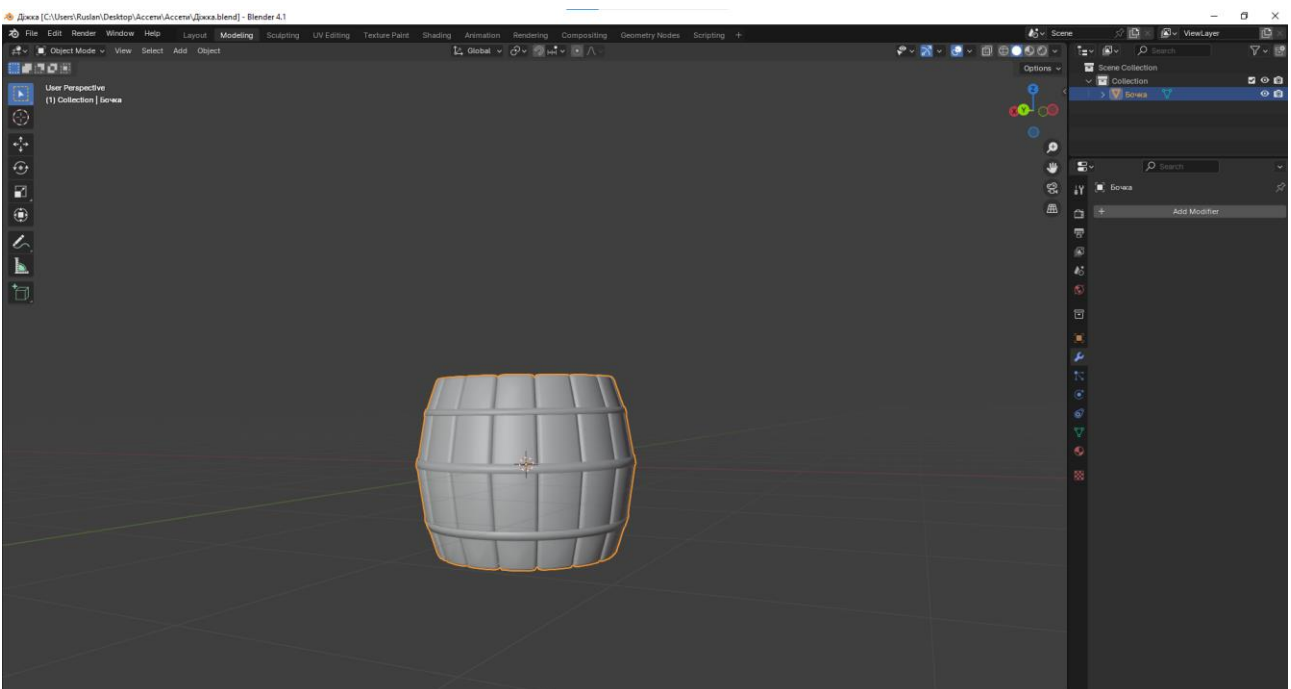
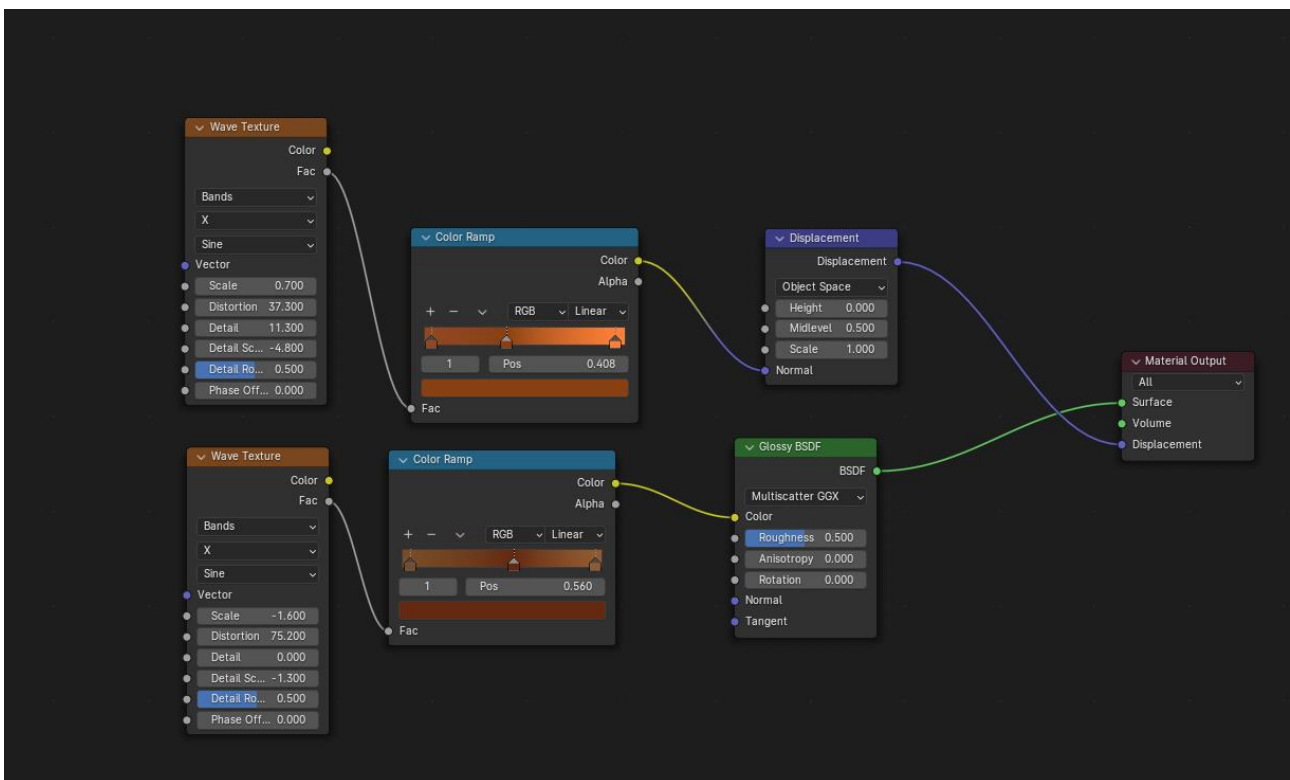


Рисунок 3.11- Модель діжки

3.2 Текстурування моделей

Перед тим як зібрати створені частинки до купи було прийнято рішення накладати матеріали. Для моделей з дерева було розроблено власний матеріал у редакторі шейдерів, усі налаштування представлені на рисунку 3.12. Після чого накладений на усі моделі де буде використовуватись матеріал дерево. Приклад накладеного матеріалу на рисунку 3.13.



3.12- Налаштування матеріалу «дерев'яний»

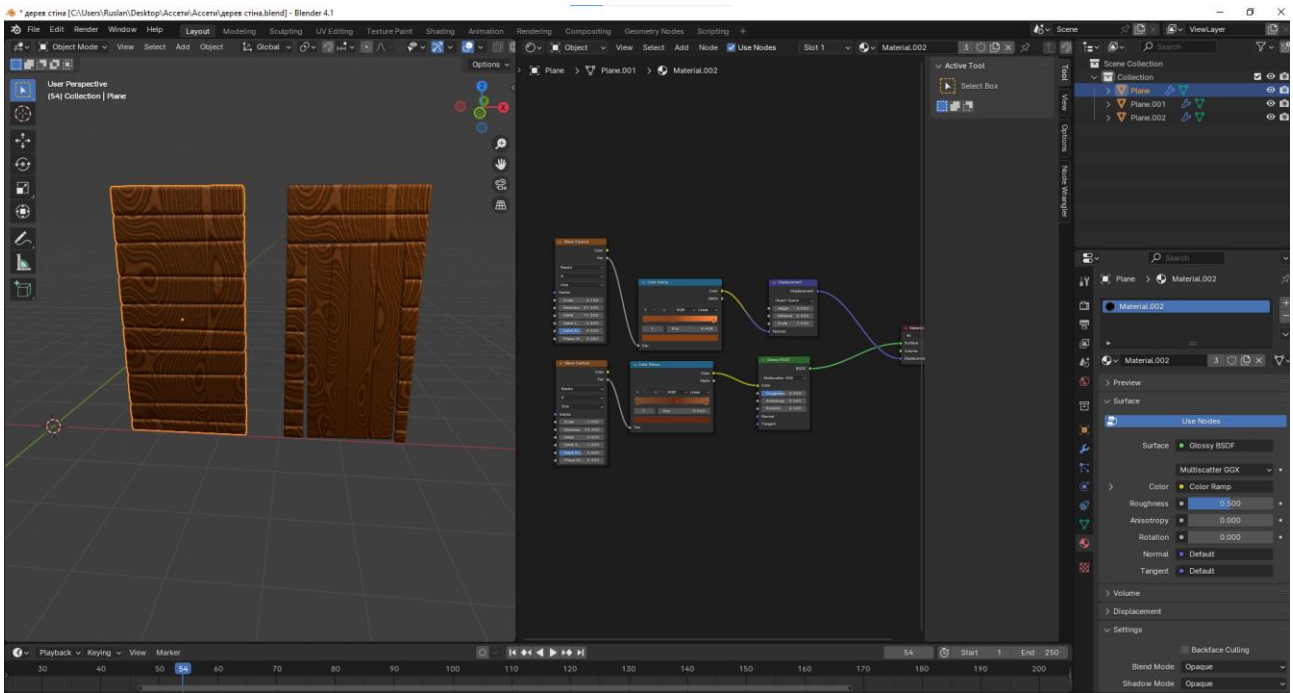


Рисунок 3.13- Накладений матеріал «дерев'яний»

Для кам'яних споруд було прийнято рішення використати накладення зображення [19], для різноманітності створені три види стін. Приклад результату та налаштувань редактора шейдерів представлені на рисунку 3.14.

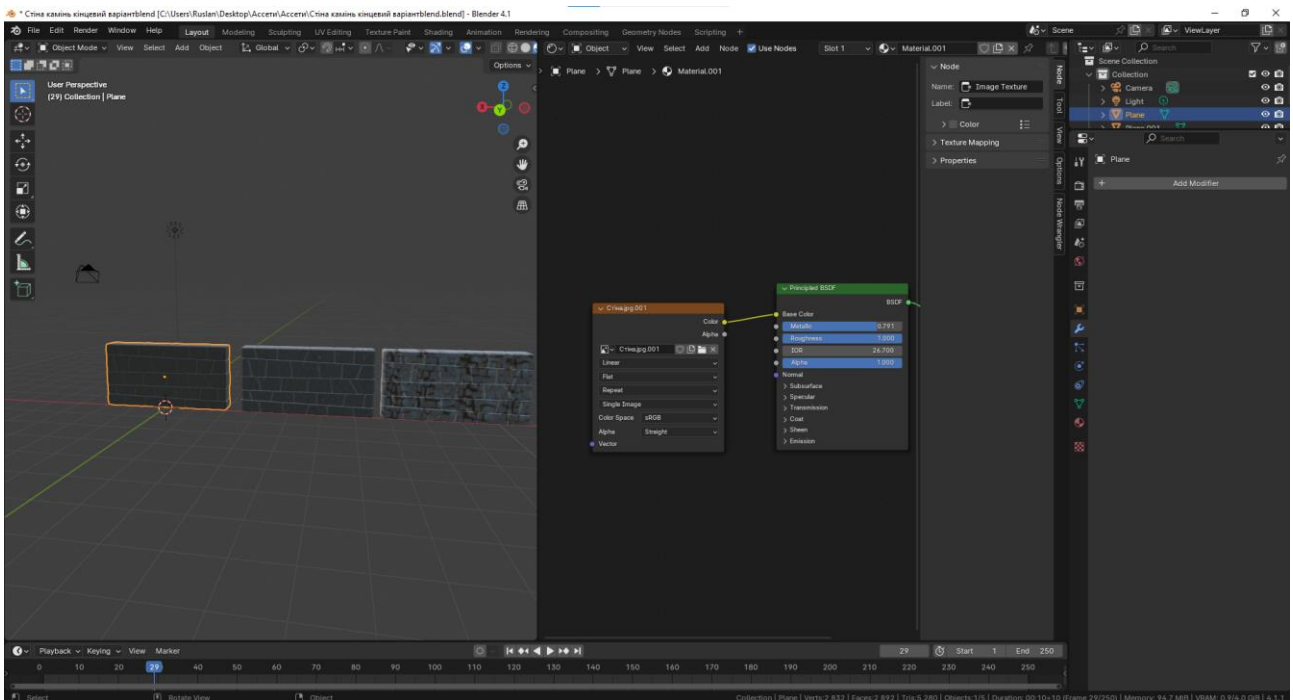
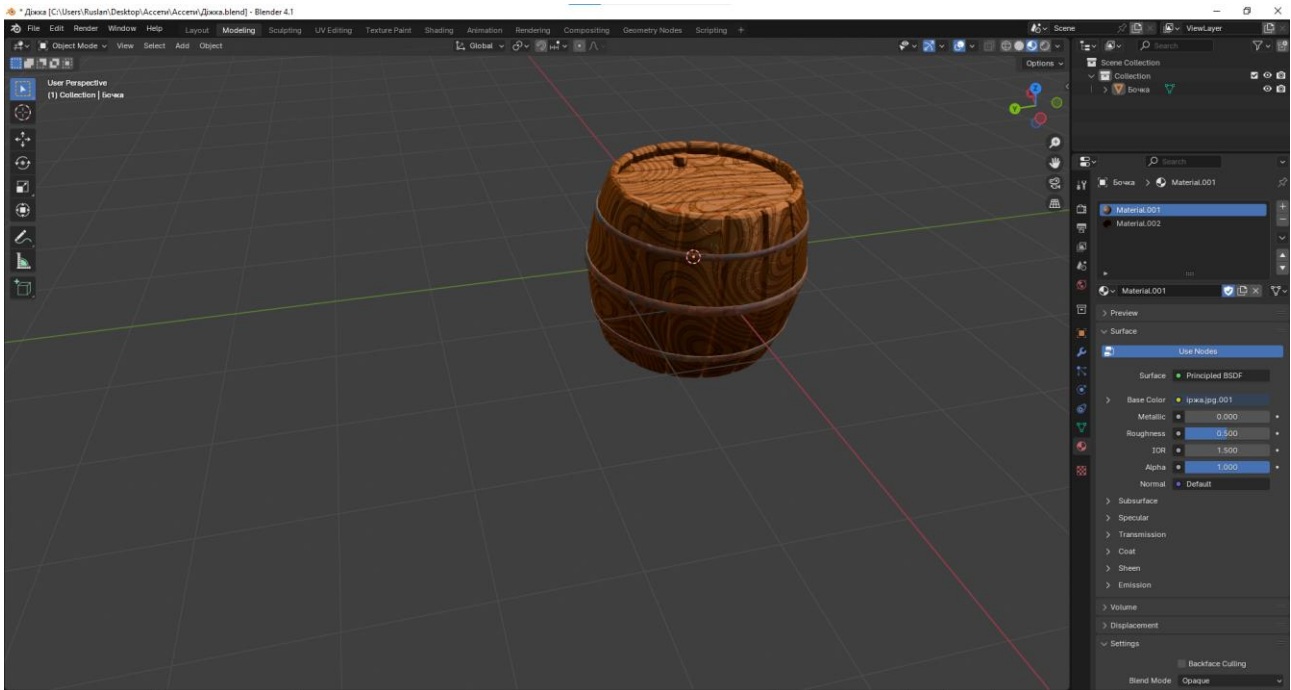


Рисунок 3.14- Кам'яна стіна

Для діжки було використано матеріал «дерев'яний» а для обручів діжки текстуру іржі [19], методом подібним до кам'яних стін. Приклад накладених матеріалів наведений на рисунку 3.15.



3.15- Текстурована діжка

Для колодязю використали сірий колір а для даху над ним текстуру «дерев'яний», приклад готового колодязю представлений на рисунку 3.16.

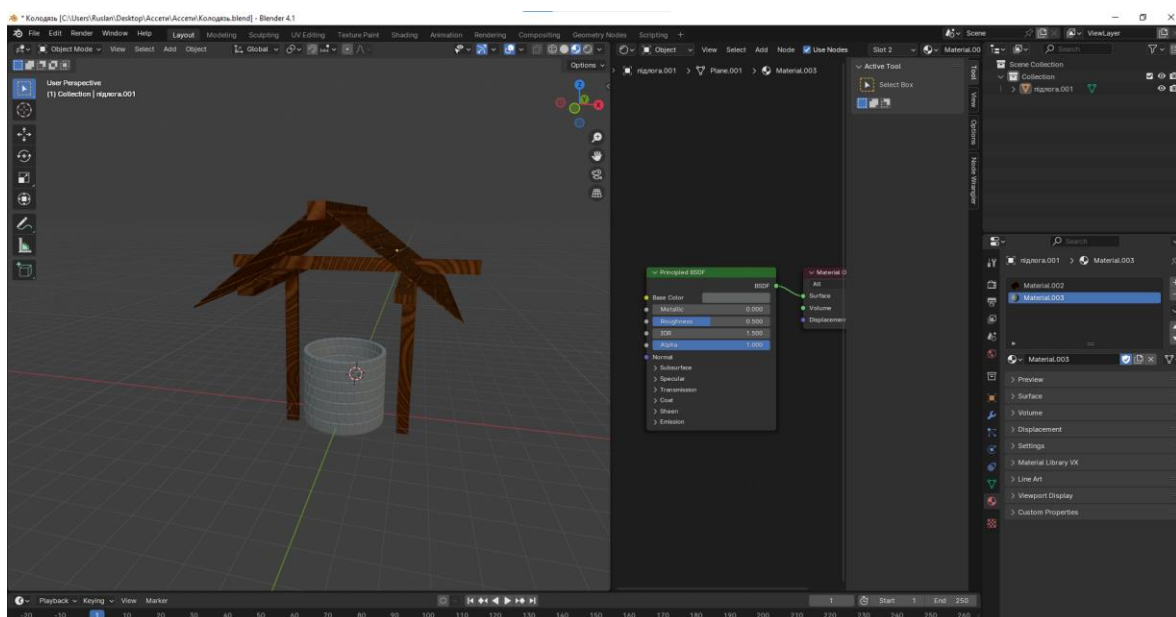


Рисунок 3.16- Колодязь

Для дерева, а саме стовбура використано коричневий колір, а для листків зображення [19], що було змінено для кращого вигляду за допомогою редактора зображень Adobe Photoshop. Приклад готового дерева представлений на рисунку 3.17.

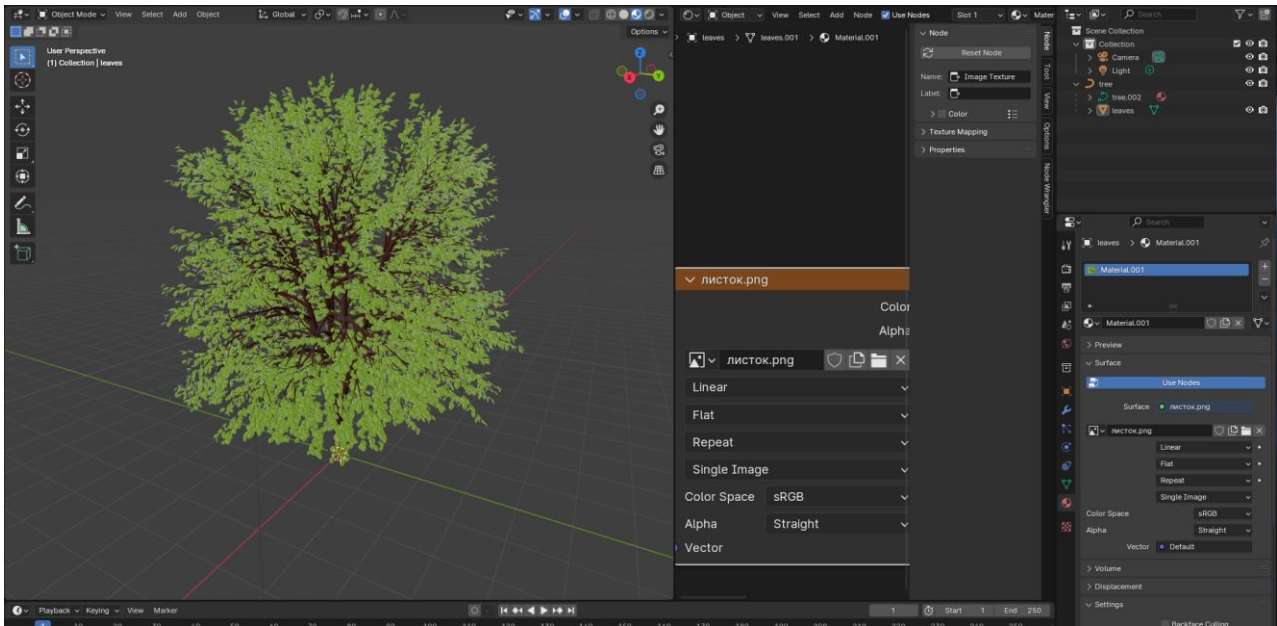


Рисунок 3.17- Дерево

Текстурування вікна було за допомогою накладення на віконну раму матеріалу що використовується для дерев'яних об'єктів, тіни відповідно до текстури стіни, а скло було вирішено залишити непрозорим та накласти матеріал неба. Також для більш реалістичного виду було використано ще одну текстуру брудної стіни на деякі місця стін. Готовий результат з використанням та налаштуванням додаткового матеріалу представлений на рисунку 3.18.

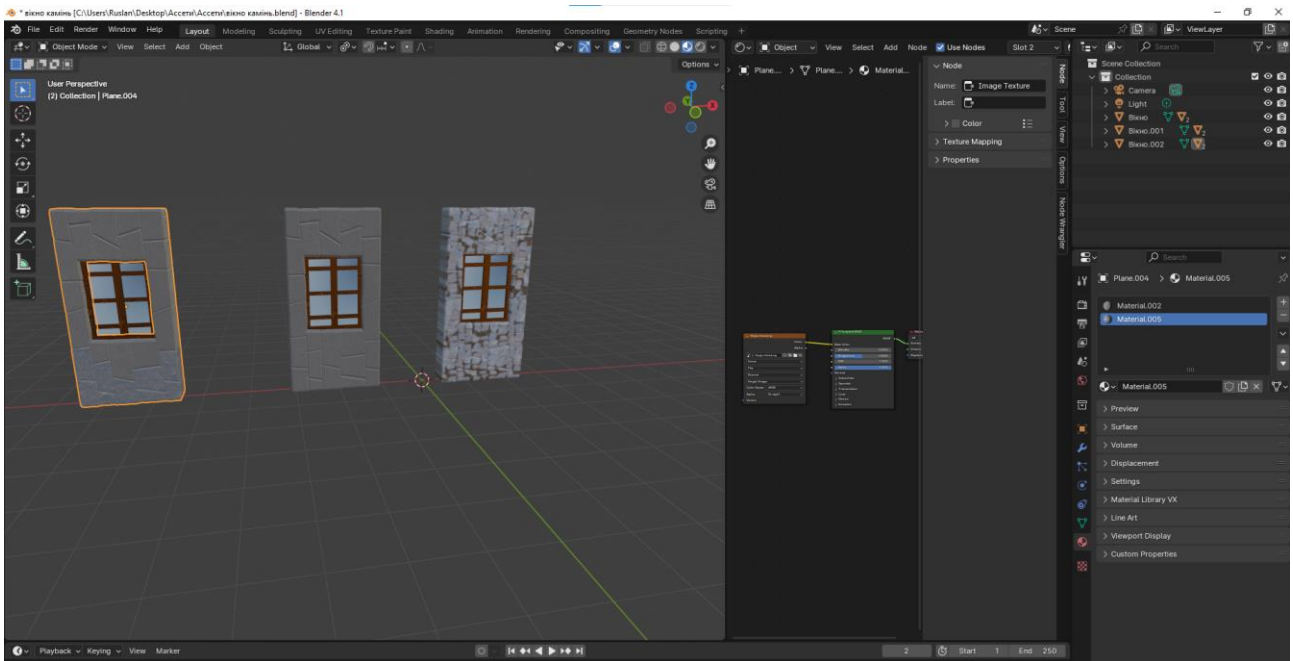


Рисунок 3.18 – Вікна

Черепиця була розфарбована у сірий колір результат представлений на рисунку 3.19.

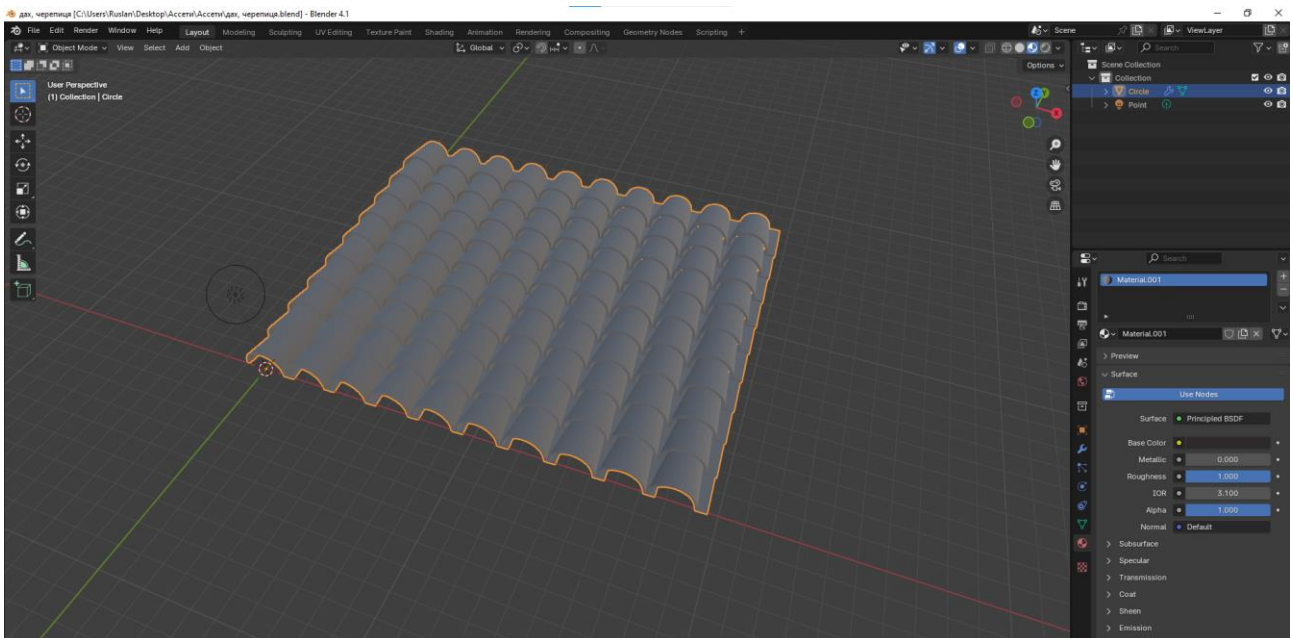


Рисунок 3.19- Черепиця

3.3 Збір моделей

Будинки збираються уже з готових частинок створених раніше, приклад збору моделей представлений на рисунку 3.20, всі інші будинки збирались аналогічно, для кам'яного будинку було прийнято рішення створення та використання часточкового накладення нової текстури бруду, приклад налаштування текстури бруду представлений на рисунках 3.21 та 3.22 відповідно. Збір дерев'яних будинків аналогічний. Результати готових будівель представлені на рисунках 3.23 для кам'яних будівель та 3.24 для дерев'яних.

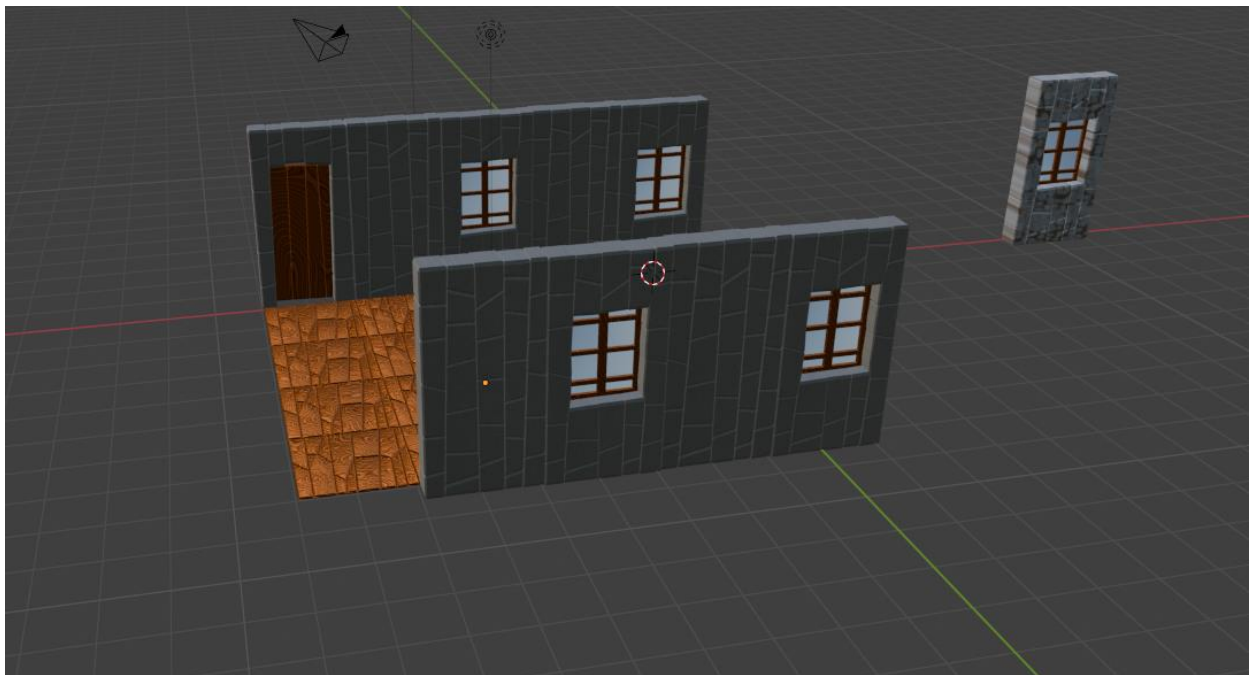


Рисунок 3.20- Збір кам'яного будинку

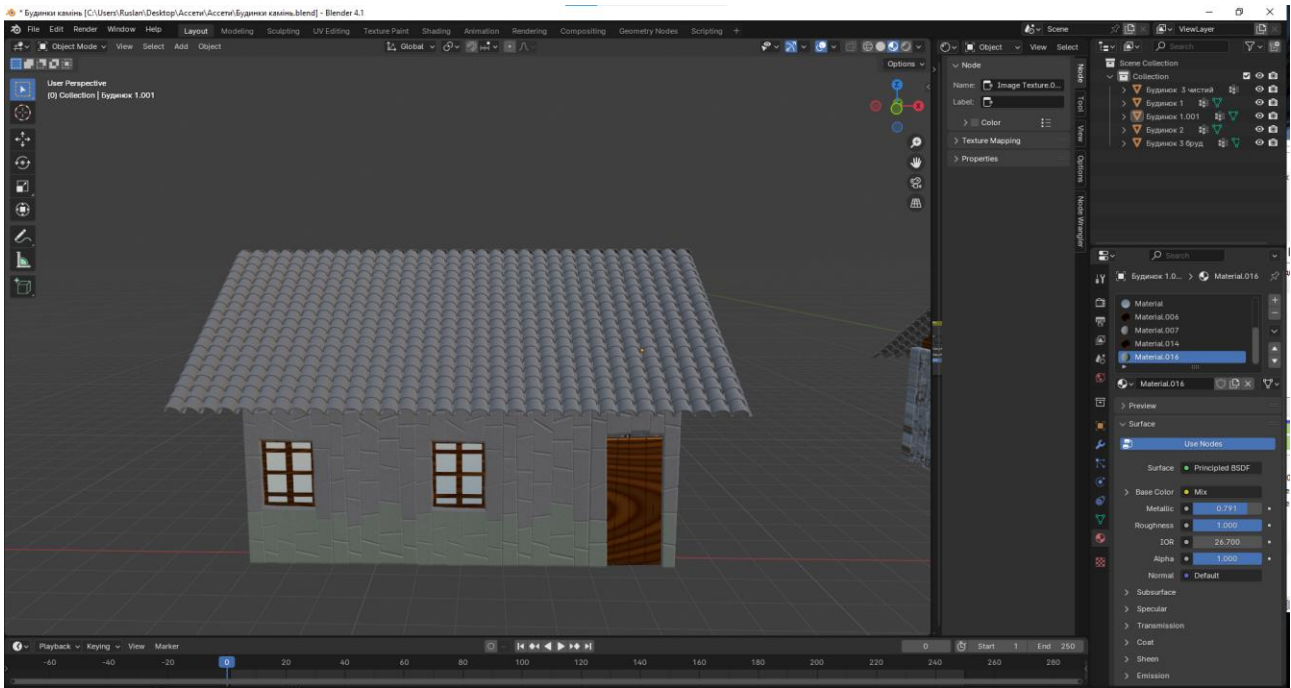


Рисунок 3.21 - Накладення текстури бруд

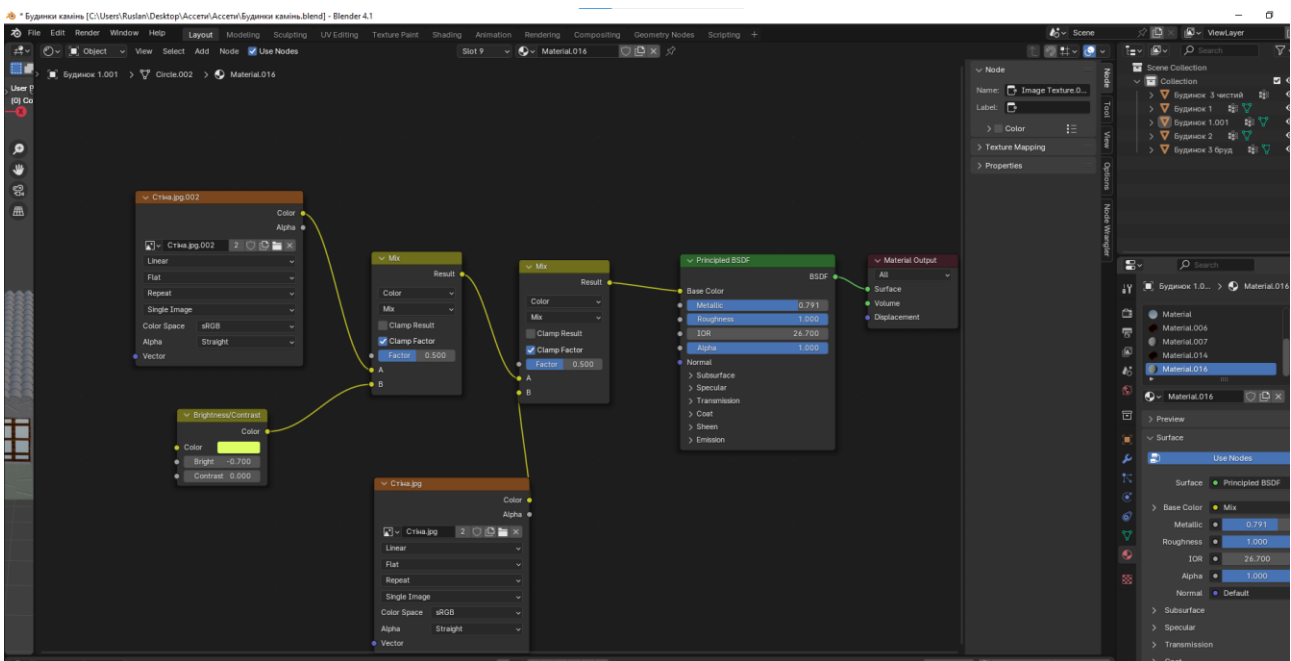


Рисунок 3.22- Налаштування текстури бруд

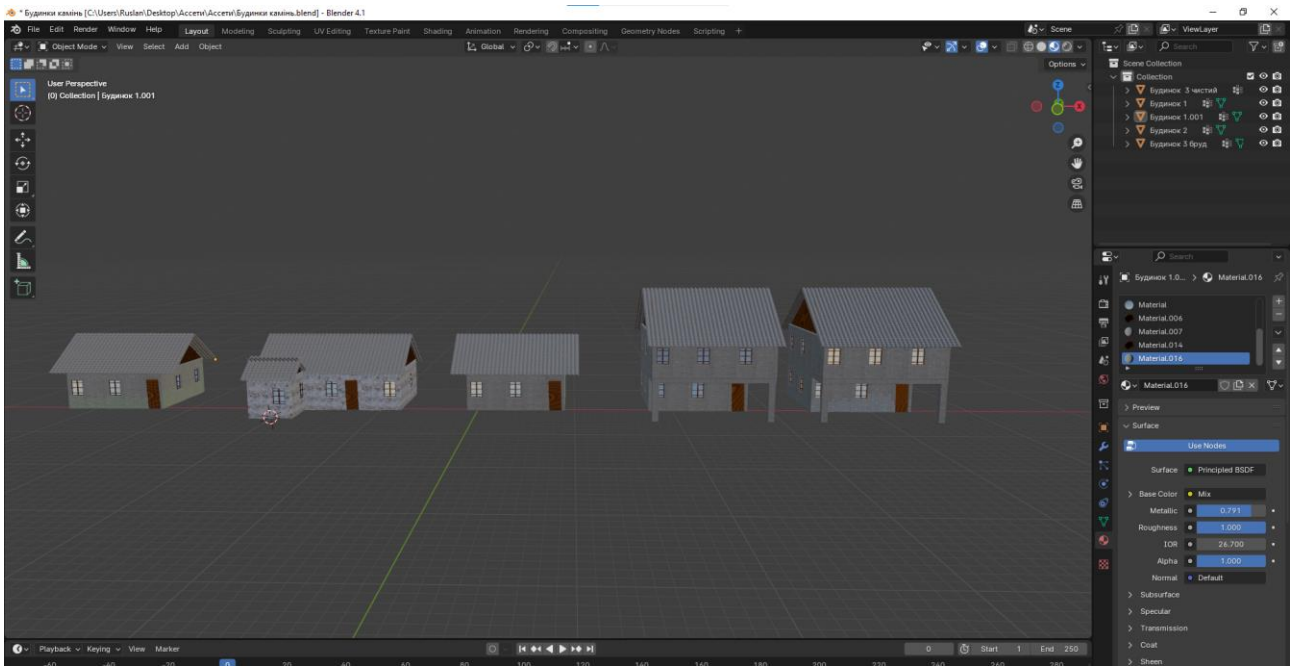


Рисунок 3.23- Кам'яні будівлі

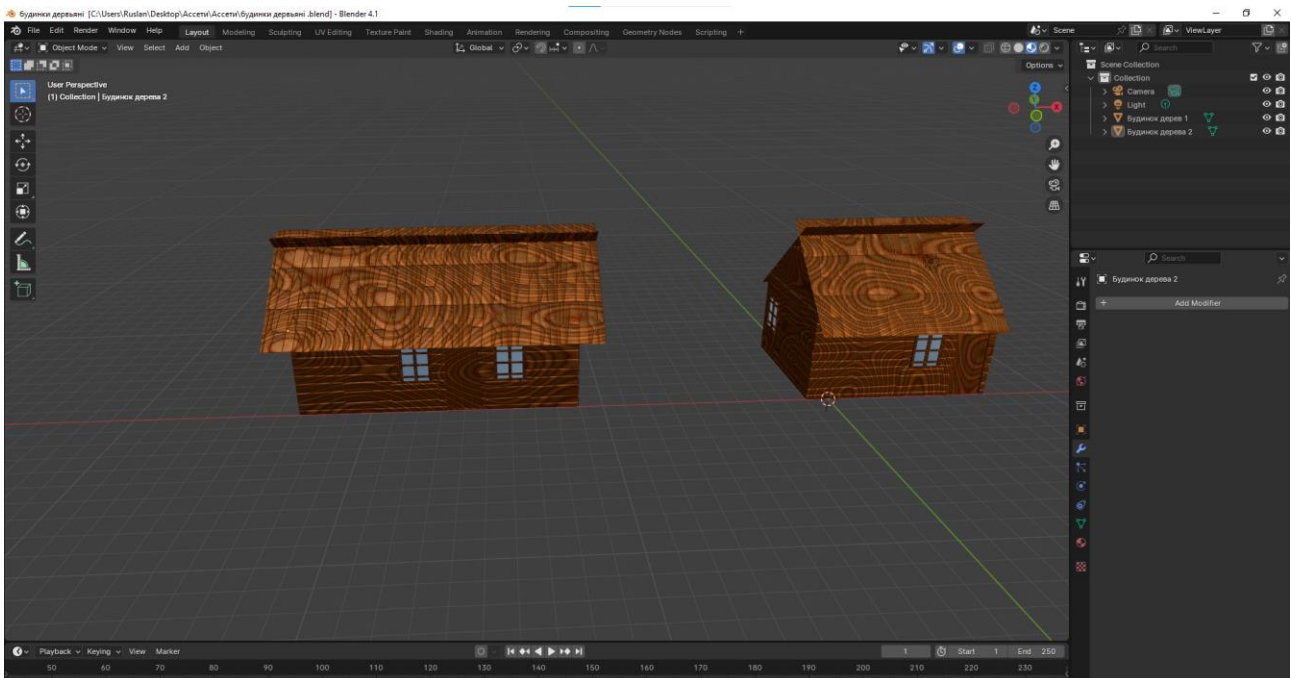


Рисунок 3.24- Дерев'яні будинки

3.4 Моделювання міста в середовищі Blender

За основу для відтворення сцени було взято місто Скалиці з гри Kingdom Come: Deliverance, вигляд міста представлений на рисунку 3.25.



Рисунок 3.25 - Зроблений власноруч скріншот міста Скалиці

Майбутня візуалізація міста почалась зі створення землі та дороги на якій буде розташоване сцена, а саме додавання площини що слугуватиме основою для нашої сцени, вона була збільшена до потрібних розмірів та накладена текстура землі, для відтворення дороги було додано декілька ребер жорсткості та вдавлені для імітації перепадів висот, після чого кожен участок був трішки змінений комбінуванням матеріалів для візуального розділення земляної дороги та зеленої місцевості для будинків. Приклад основи для сцени зображений на рисунку 3.26. Після цього були додані усі раніше створені елементи та розставлені на сцені для максимальної схожості з прикладом для візуалізації, результат представлений на рисунку 3.27. Після відтворення сцени була налаштована камера, фон та світло для рендеру зображення міста, готове зображення представлено на рисунку 3.28.

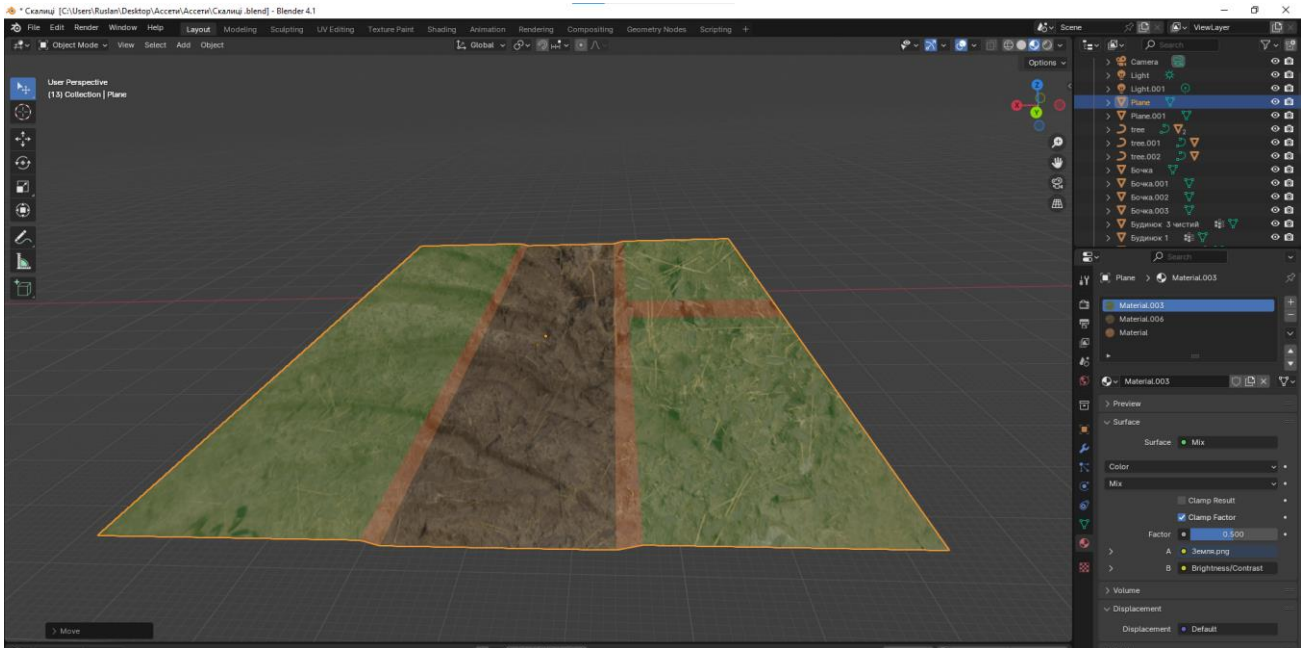


Рисунок 3.26- Основа для сцени

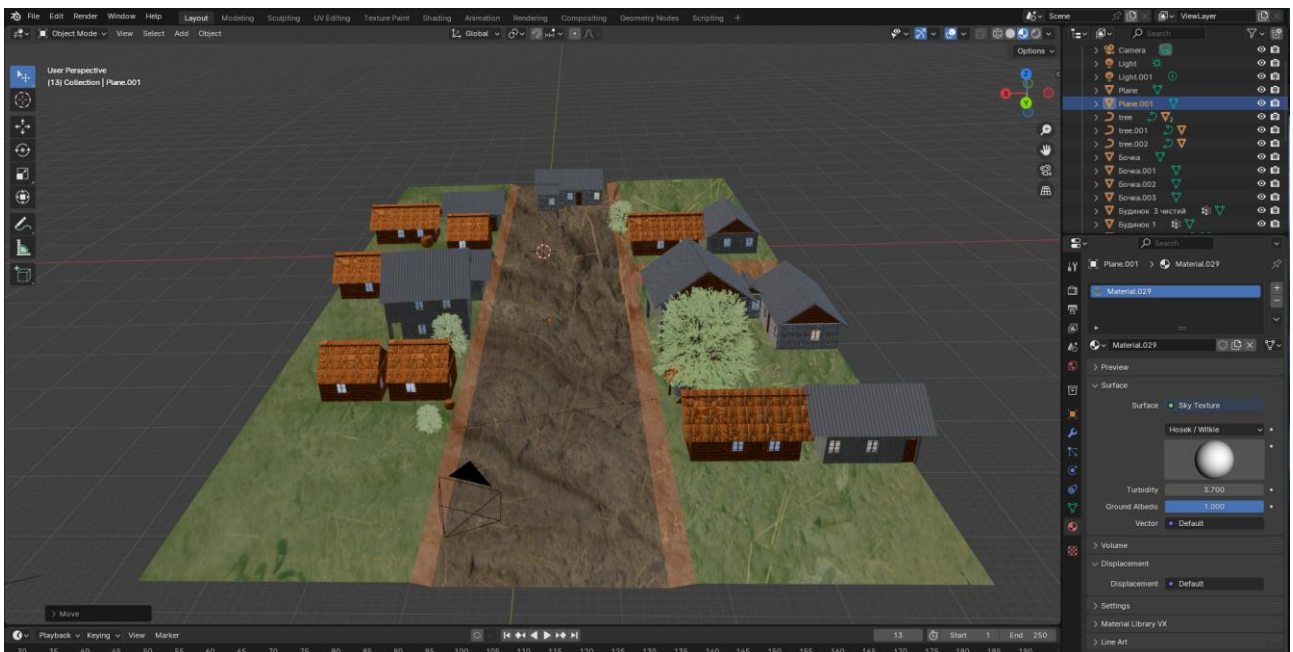


Рисунок 3.26 – Розміщення об'єктів на сцені

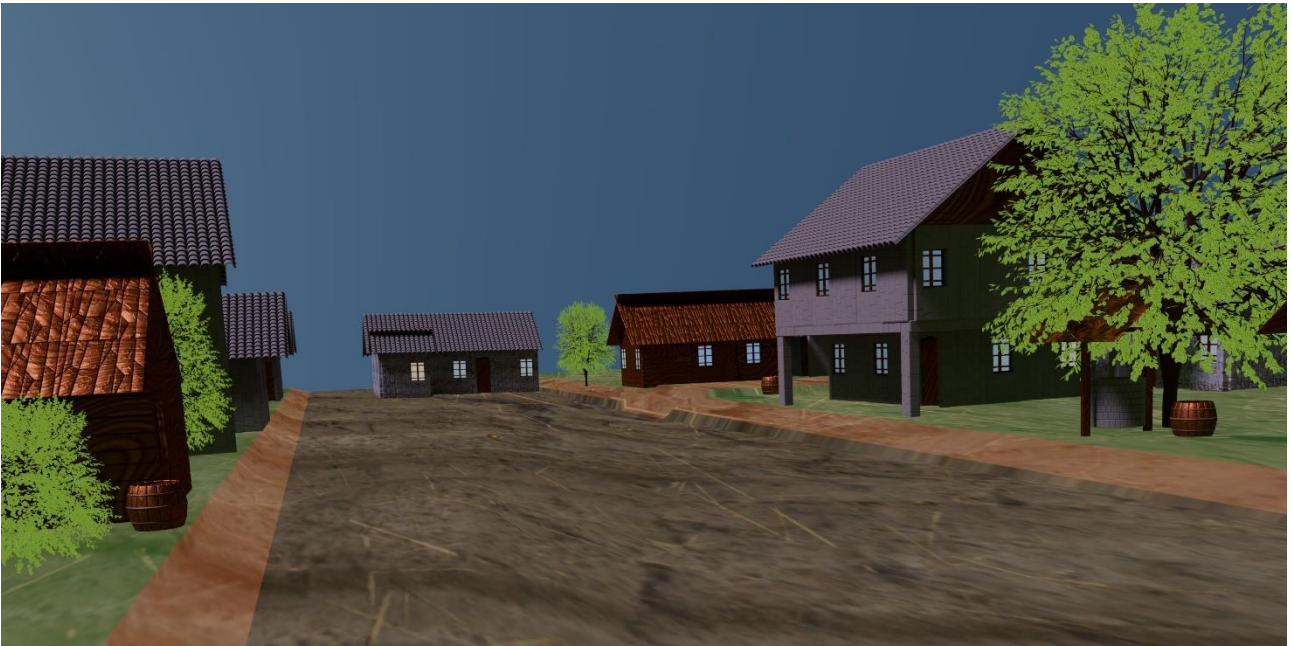


Рисунок 3.28- Готова сцена міста

3.5 Тестування моделі міста в середовищі Unreal Engine

Для тестування та анімації моделі було обрано Unreal Engine до якого було імпортовано моделі та розставлені для показу анімаційної сцени. На рисунку 3.29 представлені скріншоти з імпортованими будівлями до Unreal Engine. Актор не проходить через об'єкти що означає що колізія будинку нормальна приклад вказаний на рисунку 3.30. Анімація обльоту була відтворена за допомогою актора в Unreal Engine відео записане за допомогою захвату екрана в програмному забезпеченні Xbox game bar.

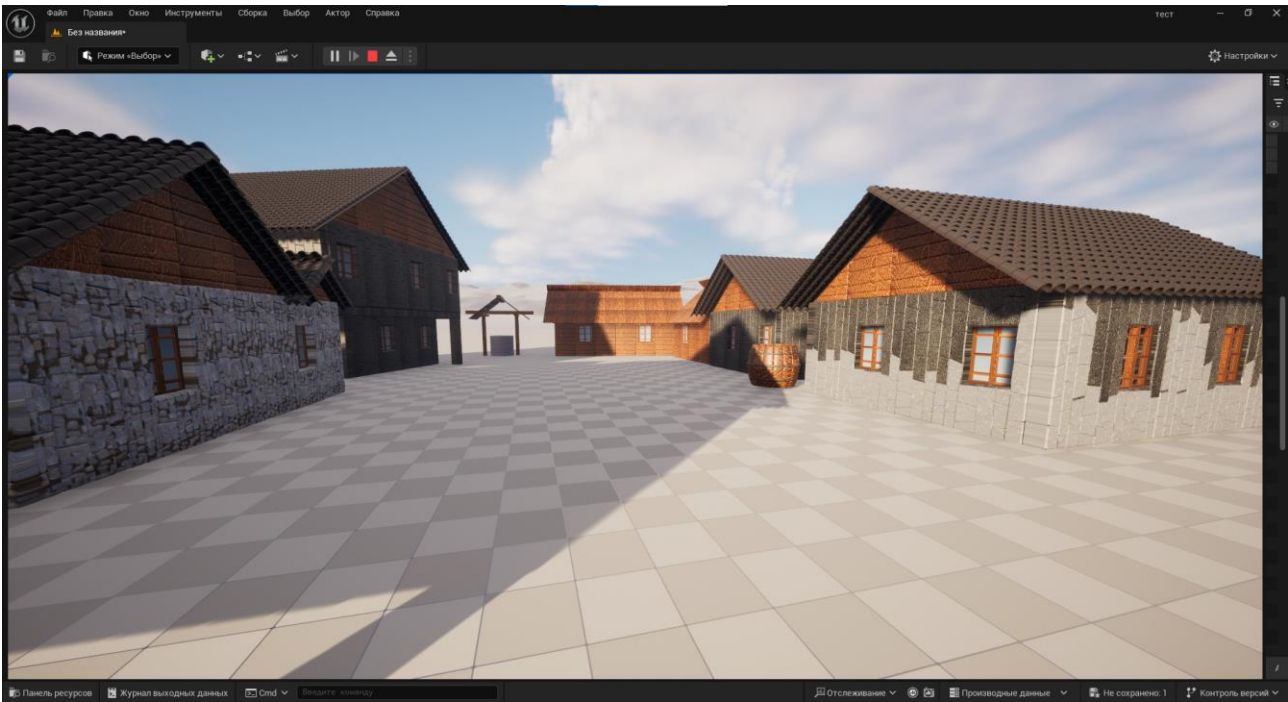


Рисунок 3.29- Импортированные здания в Unreal Engine

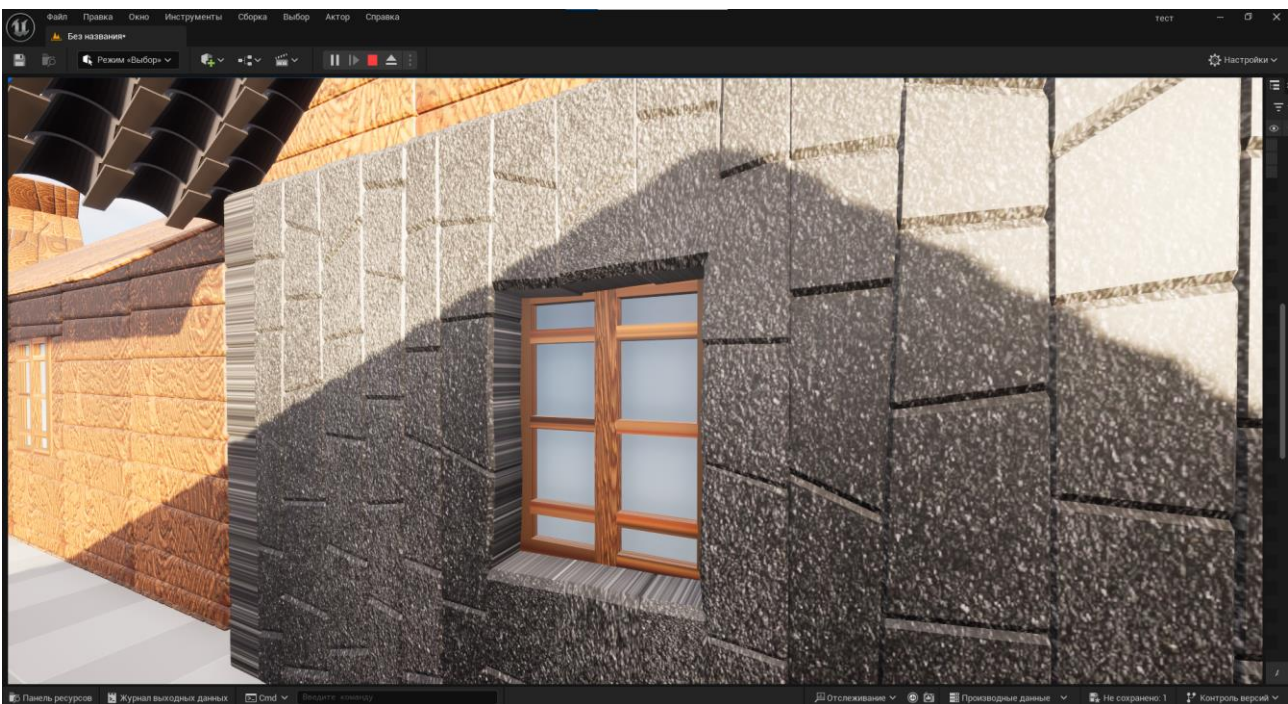


Рисунок 3.30- Актор не проходит через объекты

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проєкту було виконано мету - створення реалістичної тривимірної моделі середньовічного міста з використанням програмного забезпечення Blender.

Першим кроком у реалізації проєкту стало розроблення технічного завдання та планування проєкту.

Аналіз існуючого програмного забезпечення для моделювання об'єктів дозволив обрати найоптимальніші інструменти для реалізації поставлених завдань. Було проведено порівняння можливостей різних програм, зокрема Blender, 3ds Max, Maya та інших. За результатами аналізу, було підтверджено, що Blender є найбільш відповідним інструментом для створення реалістичних тривимірних моделей завдяки своїй потужності, гнучкості та безкоштовному доступу.

Проведене підготовче дослідження щодо аналізу історичних джерел дозволило отримати інформацію про архітектурні особливості середньовічних міст. Це забезпечило можливість створення моделі, яка відповідає історичним реаліям та відображає типові архітектурні елементи того часу.

Створення тривимірної моделі міста включало в себе детальне моделювання будівель, вулиць, міських стін та інших елементів інфраструктури. Використання програмного забезпечення Blender дозволило досягти високого рівня деталізації та реалістичності моделі. Кожен елемент міста був ретельно пророблений, що забезпечило візуальну автентичність.

Для візуальної привабливості додано текстури до моделі міста, що відтворюють матеріали, з яких будувались споруди, надаючи моделі реалістичний вигляд.

Завершальним етапом проєкту стало тестування моделі на відсутність колізій. Це дозволило переконатися у правильності та коректності виконання роботи. Тестування включало перевірку взаємодії об'єктів у моделі, відсутність взаємопроникнень та помилок у геометрії. Всі виявлені недоліки були

оперативно усунені, що забезпечило якість та функціональність кінцевого продукту. А також, розроблену низько полігональну модель міста було протестовано та додатково анімовано у середовищі Unreal Engine.

У результаті роботи було створено якісну тривимірну модель середньовічного міста, яка може бути використана для різних цілей, включаючи навчальні програми, історичні реконструкції та візуалізації в культурних проєктах. Реалізація проєкту продемонструвала ефективність використання Blender для створення складних тривимірних моделей та підтвердила важливість поетапного планування та аналізу на всіх етапах розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A Computer Animated Hand [Electronic resource]. URL: <https://www.imdb.com/title/tt2165545/> (accessed: 1.05.2024).
2. Autodesk 3ds Max [Electronic resource]. URL: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=3DSMAX> (accessed: 1.05.2024).
3. What was life like in medieval society? [Electronic resource]. URL: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/articles/zwyh6g8#zh8jwnb> (accessed: 1.05.2024).
4. 10 найкращих програм для проектування 3D-архітектури у 2024 році [Electronic resource]. URL: <https://www.3dsourced.com/3d-software/best-architecture-software-design/> (accessed: 2.05.2024).
5. A Computer Animated Hand [Electronic resource]. URL: <https://steemit.com/animation/@stino-san/-a-computer-animated-hand> (accessed: 2.05.2024).
6. Інструменти 3D текстурування [Electronic resource]. URL: <https://cgifurniture.com/3d-texturing-tools-top-10/> (accessed: 2.05.2024).
7. Програми для створення 3D графіки: найпопулярніший софт для різних задач [Electronic resource]. URL: <https://cgischool.ua/programy-dlia-stvorennia-3d-grafiky/> (accessed: 2.05.2024).
8. Layouts of a village in the middle ages [Electronic resource]. URL: <https://glumbosch.home.blog/2020/01/12/layouts-of-a-village-in-the-middle-ages/> (accessed: 2.05.2024).
9. Medieval History Source, Medieval Towns [Electronic resource]. URL: <https://www.medieval-spell.com/Medieval-Towns/> (accessed: 2.05.2024).
10. Medieval History Source, Medieval Architecture [Electronic resource]. URL: <https://www.medieval-spell.com/Medieval-Architecture.html> (accessed: 2.05.2024).
11. Lo Brutto, M., Ebolese, D., and Dardanelli, 2018 , 3D MODELLING OF A HISTORICAL BUILDING USING CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY

AND REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM (RPAS), Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2, 599–606, (accessed: 2.05.2024).

12. Digital Humanities and Virtual Reality: A Review of Theories and Best Practices for Art History [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/353986790_Digital_Humanities_and_Virtual_Reality_A_Review_of_Theories_and_Best_Practices_for_Art_History (accessed: 11.05.2024).

13. Unreal Engine official website [Electronic resource]. URL: https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/hardware-and-software-specifications-for-unreal-engine?application_version=5.0 (accessed: 2.05.2024)

14. Софтліст [Electronic resource]. URL: <https://ua.softlist.com.ua/catalog/product-3ds-max-2020/> (accessed: 2.05.2024)

15. Суспільне Рівне « На Рівненщині створили 3D-реконструкцію храму й іконостасу XVIII століття » [Electronic resource]. URL: <https://suspilne.media/rivne/618579-na-rivnensini-stvorili-3d-model-hramu-j-ikonostasu-xviii-stolitta/> (accessed: 2.05.2024)

16. Сайт Вежа «Центр Візуальних проєктів» [Electronic resource]. URL: <https://vezha.ua/u-vinnytsi-stvoryuyut-3d-rekonstruktsiyi-najdavnishyih-pam-yatok-arhitektury-mista-video/> (accessed: 3.05.2024)

17. Сайт телеканалу ТСН [Electronic resource]. URL: https://tsn.ua/nauka_it/z-yavilasya-persha-povnorozmirna-3d-rekonstrukciya-zatonulogo-titanika-zahoplivi-foto-2330644.html (accessed: 3.05.2024)

18. Steam [Electronic resource]. URL: <https://store.steampowered.com/app/365670/Blender/> (accessed: 3.05.2024)

19. Зображення для текстур [Electronic resource]. URL: <https://depositphotos.com/ua/> (accessed: 20.05.2024)

ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на створення графічного продукту
«Візуалізація 3D моделі середньовічного міста»

ПОГОДЖЕНО:

Старший викладач
кафедри інформаційних технологій

_____ доц. Федотова Н.А.

Студент групи ІТ-02

_____ Цапенко Р. Р.

A.1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й МЕТА СТВОРЕННЯ ПРОЄКТУ

1.1 Призначення

Даний проєкт розроблений для візуалізації середньовічного міста у ознайомчих цілях, та подальшого використання моделей різних галузях, здебільшого у ігровій та анімаційній сферах.

1.2 Мета створення

Метою дослідження є розробка реалістичного та деталізованого візуального відображення середньовічного міста, яке дозволить користувачам досліджувати його структуру, архітектуру, топографію та інші характеристики.

1.3 Цільова аудиторія

Цільова аудиторія для використання цього проєкту різноманітна наприклад: студенти та викладачі, що могли би використати як матеріал для навчання, музеї чи інші культурні установи для яких візуалізація середньовічного міста могла би бути корисною, також можна використати у розробці ігор, чи для створення різних анімацій.

A.2 ВИМОГИ ДО ПРОЄКТУ

2.1 Вимоги до проєкту в цілому

Проєкт зі тривимірної візуалізації середньовічного міста спрямований на реалістичне відображення міста, що дозволяє детально дослідити його структуру, архітектуру, особливості конструкції та інші характеристики.

2.2 Функціональні вимоги

2.2.1 Вимоги до масштабування

Модель повинна бути створена згідно масштабів для реалістичного виду міста, тобто потрібно аби розміри будівель, вулиць, різноманітних об'єктів декору відповідали реалістичним пропорціям середньовічних міст. Для досягнення цієї точності необхідно провести аналіз архітектурних споруд їх характеристик та співвідношення розмірів.

2.2.2 Вимоги до деталізації

Модель повинна відображати деталі архітектурних споруд та ландшафту. Деталізація включає не тільки основні деталі як стіни, дахи, вулиці, а також дрібниці як вікна двері елементи декорацій, або їх відсутність для розуміння статусності певної будівлі.

2.3 Нефункціональні вимоги

2.3.1 Вимоги до оптимізації

Модель повинна працювати ефективно на різних комп'ютерних платформах. Пропрацювати оптимізацію об'єктів для максимальної продуктивності без втрати якості.

2.3.2 Вимоги що до відтворення атмосфери

Модель повинна передавати атмосферу середньовічного міста через відтворення деталей та освітлення. Звернути увагу на дрібниці що не виділялись би з тематики середньовіччя.

2.4 Системні вимоги

Системні вимоги це вимоги до пристрою що використовується для створення даного проєкту, для комфортної та продуктивної роботи.

Вимоги для роботи за програмою Blender:

Процесор: Quad core CPU

Оперативна пам'ять: 8 GB ОЗУ

Відеокарта: 2 GB ОЗП, сумісна з OpenGL 4.3

А.3 СКЛАД І ЗМІСТ РОБІТ ЗІ СТВОРЕННЯ ДОДАТКУ

Докладний опис етапів роботи наведено в таблиці А.1

№	Склад і зміст робіт	Строк розробки (у робочих днях)
1	Ідея та концепція	3 дні
1.1	Постановка цілей необхідних для досягнення певного результату	1 день
1.2	Складання технічного завдання	2 дні
2	Підготовчі роботи	5 днів
2.1	Збір та аналіз історичних та архітектурних джерел	2 дні
2.2	Розробка концепції моделі та визначення масштабів	2 дні
2.3	Аналіз програмного додатку	1 день
3	Основна робота над реалізацією моделювання	18 днів
3.1	Моделювання архітектурних об'єктів	10 днів
3.2	Текстурування моделей	5 дні
3.3	Оптимізація моделей	2 днів
3.4	Робота з освітленням	1 день
4	Тестування	2 дні
4.1	Alpha-тестування	1 день
4.2	Beta-тестування	1 день
5	Завершення проєкту	3 дні
5.1	Підготовка документації	2 дні
5.2	Презентація	1 день
	Загальний обсяг робіт	31 день

ДОДАТОК Б

ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Б.1 ІДЕНТИФІКАЦІЯ МЕТИ ІТ-ПРОЄКТУ МЕТОДОМ SMART

Деталізація розробки проєкту методом SMART наведена в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1

Specific	Створити тривимірну модель середньовічного міста, з дотримання реалістичних масштабів
Measurable	Результат роботи є оцінка від керівника проєкту
Achievable	Розробка буде виконана за допомогою програмного забезпечення Blender
Relevant	У наявності є всі необхідні технічні та програмні засоби. Розробники достатньо кваліфіковані для виконання поставлених задач
Time-bound	Завершити розробку згідно строкам плану робіт визначені керівником проєкту

Б.2 ОПИС ФАЗИ РОЗРОБКИ ІТ-ПРОЄКТУ

Б.2.1 Планування змісту структури робіт проєкту (WBS)

Для планування змісту структури робіт проєкту будуємо WBS діаграму. WBS- це ієрархічна структура роботи у графічному вигляді. WBS діаграм для даного проєкту представлена на рисунку Б.1.

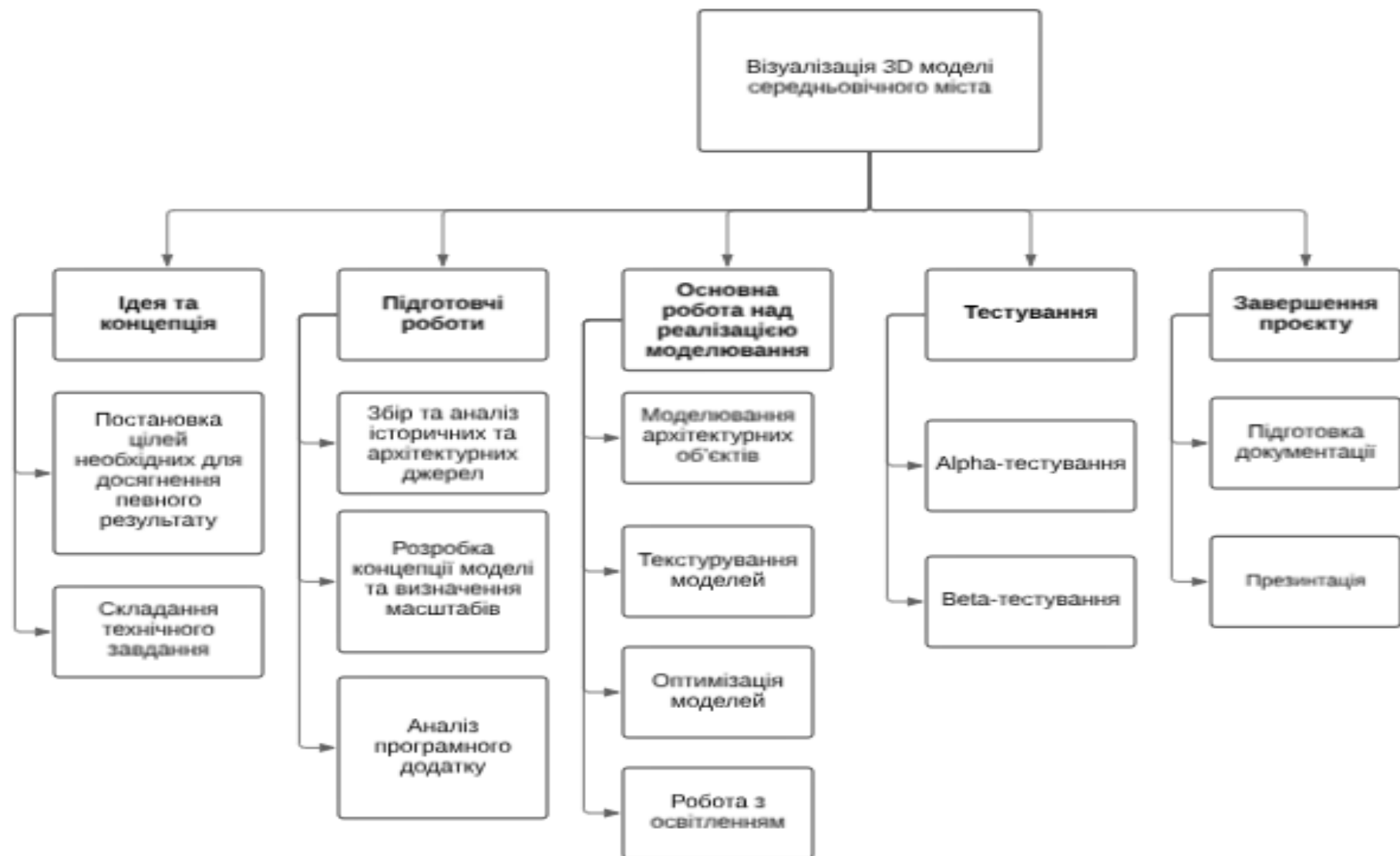


Рисунок Б.1-WBS діаграма

Б.2.2 Планування структури виконавців проекту (OBS)

Наступний етап є розробка організаційної структури виконавців (OBS) що є графічним зображенням учасників та відповідальних осіб які беруть участь у реалізації даного проекту. OBS діаграма, що містить список виконавців представлена на рисунку Б.2. Виконавці представлені в таблиці Б.2

Таблиця Б.2 – Виконавці проекту

Роль	Ім'я	Проектна роль
Розробник	Цапенко Р. Р.	Виконує розробку основного функціоналу проекту та інтерфейс користувача
Проектувальник	Цапенко Р. Р.	Проектує 3D моделі та елементи тривимірної графіки, розробляє дизайн програми.
Тестувальник	Цапенко Р. Р. Федотова Н. А.	Відповідає за тестування функціоналу та дизайну додатку, перевірку моделі на адекватність.
Консультант проекту	Федотова Н. А.	Формує завдання на розробку проекту.
Менеджер проекту	Цапенко Р. Р..	Відповідає за виконання термінів, розподіл ресурсів та завдань між учасниками. Виконує збір та аналіз даних.



Рисунок Б.2-OBS діаграма

Б.2.3 Побудова матриці відповідальності

На основі інформації, що вказана на WBS та OBS діаграмах будується матриця відповідальності проєкту. Ця матриця використовується для розподілу та кращого розуміння відповідальності учасників проєкту, відповідна інформація подана в таблиці Б.3.

Таблиця Б.3-матриця відповідальності

№	Задача	Цапенко Р. Р.	Федотова Н. А.
1	Ідея та концепція	+	+
1.1	Постановка цілей необхідних для досягнення певного результату	+	
1.2	Складання технічного завдання	+	
2	Підготовчі роботи	+	
2.1	Збір та аналіз історичних та архітектурних джерел	+	
2.2	Розробка концепції моделі та визначення масштабів	+	
2.3	Аналіз програмного додатку	+	
3	Основна робота над реалізацією моделювання	+	
3.1	Моделювання архітектурних об'єктів	+	
3.2	Текстурування моделей	+	
3.3	Оптимізація моделей	+	
3.4	Робота з освітленням	+	
4	Тестування	+	+
4.1	Alpha-тестування		+
4.2	Beta-тестування	+	
5	Завершення проєкту	+	+
5.1	Підготовка документації	+	
5.2	Презентація	+	

Б.2.4 Побудова календарного графіку виконання проєкту

Побудова календарного графіку виконання проєкту являє собою створення діаграми Ганта, вона включає в себе початок та кінець кожного етапу проєкту, їх тривалість у робочих днях, відповідальних по кожному етапу а також горизонтальний графік роботи над проєктом. Діаграма Ганта проєкту з «Візуалізація 3D моделі середньовічного міста» вказана на рисунках Б.3 та Б.4.

Назва задачі	Тривалість	Початок	Завершення	Попередники	Імена ресурсів
▣ Візуалізація 3D моделі середньовічного міста	31 днів	Ср 10.04.24	Ср 22.05.24		Цапенко Р. Р. Федотова Н. А.
▣ Ідея та концепція	3 днів	Ср 10.04.24	Пт 12.04.24		Цапенко Р. Р. Федотова Н. А.
Постановка цілей необхідних для досягнення певного результату	2 днів	Ср 10.04.24	Чт 11.04.24		Цапенко Р. Р.
Складання технічного завдання	1 день	Пт 12.04.24	Пт 12.04.24	3	Цапенко Р. Р.
▣ Підготовчі роботи	5 днів	Пн 15.04.24	Пт 19.04.24	2	Цапенко Р. Р.
Збір та аналіз історичних та архітектурних джерел	2 днів	Пн 15.04.24	Вт 16.04.24	2	Цапенко Р. Р.
Розробка концепції моделі та визначення масштабів	2 днів	Ср 17.04.24	Чт 18.04.24	6	Цапенко Р. Р.
Аналіз програмного додатку	1 день	Пт 19.04.24	Пт 19.04.24	7	Цапенко Р. Р.
▣ Основна робота над реалізацією моделювання	18 днів	Пн 22.04.24	Ср 15.05.24	5	Цапенко Р. Р.
Моделювання архітектурних об'єктів	10 днів	Пн 22.04.24	Пт 03.05.24	5	Цапенко Р. Р.
Текстурування моделей	5 днів	Пн 06.05.24	Пт 10.05.24	10	Цапенко Р. Р.
Оптимізація моделей	2 днів	Пн 13.05.24	Вт 14.05.24	11	Цапенко Р. Р.
Робота з освітленням	1 день	Ср 15.05.24	Ср 15.05.24	12	Цапенко Р. Р.
▣ Тестування	2 днів	Чт 16.05.24	Пт 17.05.24	9	Цапенко Р. Р. Федотова Н. А.
Alpha-тестування	1 день	Чт 16.05.24	Чт 16.05.24	9	Федотова Н.А.
Beta-тестування	1 день	Пт 17.05.24	Пт 17.05.24	15	Цапенко Р. Р.
▣ Завершення проєкту	3 днів	Пн 20.05.24	Ср 22.05.24	14	Цапенко Р. Р. Федотова Н. А.
Підготовка документації	2 днів	Пн 20.05.24	Вт 21.05.24	14	Цапенко Р. Р.
Презентація	1 день	Ср 22.05.24	Ср 22.05.24	18	Цапенко Р. Р.

Рисунок Б.3- Діаграма Ганта (інформаційний зміст)

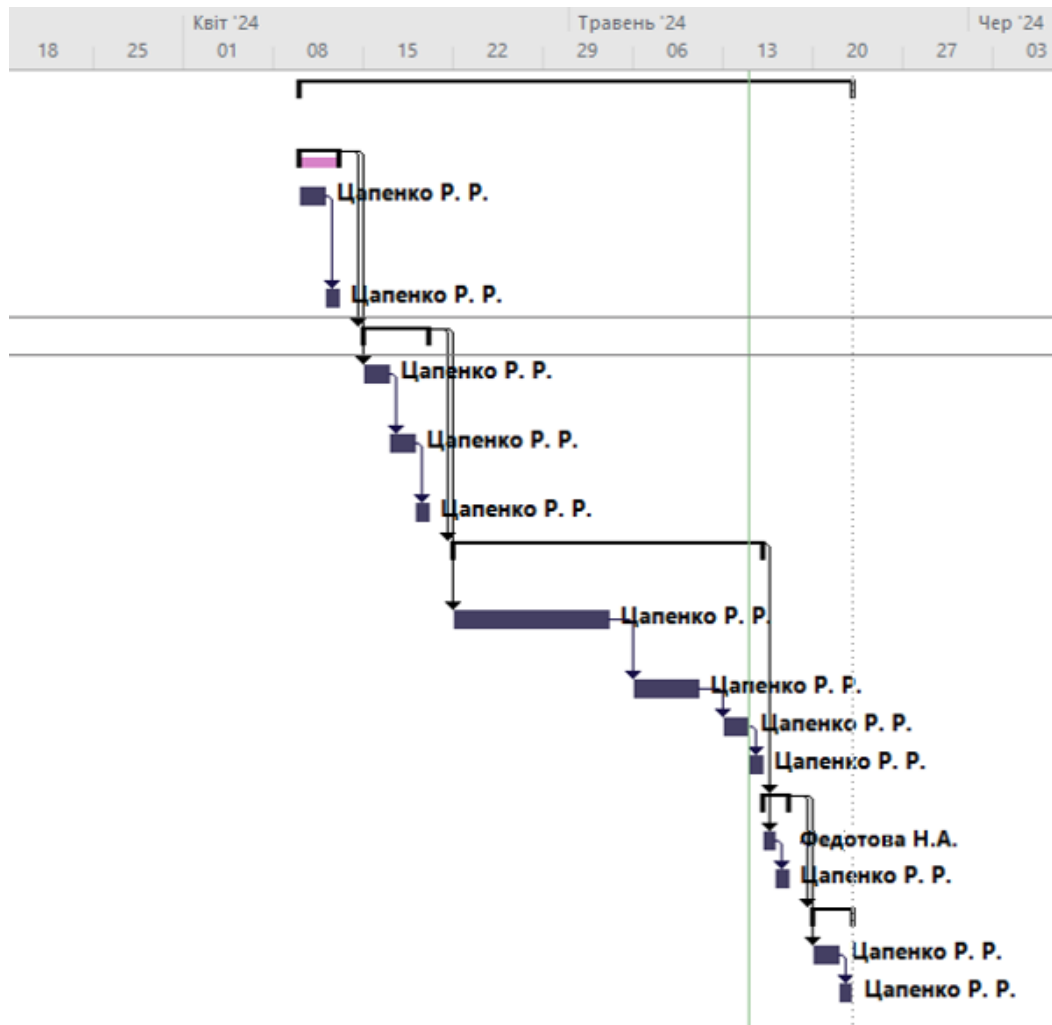


Рисунок Б.4- Діаграма Ганта (графічний зміст)

Б.2.5 Управління ризиками проєкту

Під час виконання якісної оцінки ризиків треба визначити ризики, які мають бути усунені якнайшвидше. В залежності від ступеня важливості ризику – реагування буде відповідне. Наступним етапом є виконання кількісного оцінювання ризиків. Кількісне та якісне оцінювання можуть виконувати одночасно або окремо, що залежить від ступеня забезпечення проєкту. У таблиці Б.4 надано перелік ризиків даного проєкту та оцінки ризиків.

Таблиця Б.4- Ризики проекту

№ ризику	Назва (опис) ризику	Ймовірність (0,1-0,9)	Вплив (0,05-0,8)	Ранг
1	Технічні проблеми розробки	0.1	0.4	0.04
2	Затримки в розробці	0.1	0.2	0.02
3	Втрата даних	0.1	0.8	0.08
4	Недостатня підготовка та дослідження ринку.	0.1	0.2	0.02
5	Відсутність підтримки певних технологій	0.3	0.4	0.12
6	Зміни у законодавстві	0.1	0.4	0.04
7	Недостача часу на тестування	0.05	0.1	0.005
8	Проблеми з безпекою та конфіденційністю.	0.3	0.2	0.06
9	Велика конкуренція на ринку або негативний вплив інших продуктів аналогів	0.3	0.2	0.06

Для того, щоб знизити негативний вплив ризиків на проект треба виконати планування реагування на них. До нього входить оцінка наслідків впливу на проект і розробка відповідних заходів. Аналіз виконується за показниками, які описані в таблиці Б.4. У результаті планування заходів реагування на ризики проекту було отримано матрицю ймовірності виникнення та впливу ризиків, яку продемонстровано в таблиці Б.5. Зеленим кольором на матриці позначають прийнятні ризики, жовтим – виправдані, а червоним – недопустимі.

Таблиця Б.5– Матриця ймовірності та впливу згідно проекту

Ймовірність ризику (Й)	Вплив загрози (ризикау)				
	Дуже малий	Малий	Середній	Великий	Дуже великий
	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
0.9	0,045	0,09	0,18	0,36	0,72
0.7	0,035	0,07	0,14	0,28	0,56
0.5	0,025	0,05	0,10	0,20	0,40
0.3	0,015	0,03	0,06 R8,9	0,12 R5	0,24
0.1	0,005 R7	0,01	0,02R4,2	0,04 R6,1	0,08 R3

Класифікація ризиків проекту за рівнем, відповідно до отриманого значення індексу, представлена у таблиці Б.6. У таблиці Б.7 описано ризики та стратегії реагування на кожен із них.

Таблиця Б.6 – Шкала оцінювання за рівнем ризику

№	Назва	Межі	Ризики, які входять (номера)
1	Прийнятні	$0,005 \leq R \leq 0,05$	1,2,4,6,7
2	Виправдані	$0,05 < R \leq 0,14$	3,5,8,9
3	Недопустимі	$0,14 < R \leq 0,72$	

Таблиця Б.7 – Ризики проекту та стратегії реагування

І D р и з и к у	Стат ус р и з и к у	Опис ризику	Ймовір ність виникн ення	Вплив ризик у	Ранг ризик у	Тип стратегії реагування	План А	План Б
1	При йнят ний	Технічні проблеми розробки: проблеми з програмним та апаратним забезпеченням, серверним обладнанням тощо.	0.1	0.4	0.04	ЗМЕНШЕННЯ	Вибір надійного апаратного обладнання, ліцензійне програмне забезпечення	Закупівля нового обладнання або налагодження старого
2	При йнят ний	Затримка в розробці: Хвороба, відключення світла та інше.	0.1	0.2	0.02	ЗМЕНШЕННЯ	Розробка гнучкого графіку та робочих процедур.	Запуск віддаленої роботи, резервного плану робіт.

Продовження таблиці Б.7

3	Виправдані	Втрата даних: несприятливі ситуації що призводять до втрати даних.	0.1	0.8	0.08	ЗМЕНШЕННЯ	Застосування найсучасніших методів резервування та захисту даних	Миттєве відновлення втрачених даних за допомогою резервних копій
4	Прийнятний	Недостатня підготовка та дослідження ринку. Невірні ініціатива чи слабке ринкове дослідження можуть призвести до невдачі в конкурентному середовищі.	0.1	0.2	0.02	ЗМЕНШЕННЯ	Поглиблене дослідження ринку перед початком проекту; Залучення консультантів із сфери	Посилення внутрішніх команд та ресурсів для додаткового аналізу ринку та конкурентів

Продовження таблиці Б.7.

5	Виправданій	Відсутність підтримки певних технологій	0.3	0.4	0.12	ЗМЕНШЕННЯ	Проведення детального аналізу технологічного стеку проекту перед розробкою	Використання альтернативних технологій
6	Прийнятний	Зміни у законодавстві: зміни в законодавстві, що впливають на проект, наприклад, зміна закону про збереження персональних даних.	0.1	0.4	0.04	ЗМЕНШЕННЯ	Регулярне вивчення та аналіз змін в законодавстві, що стосується обробки та збереження персональних даних	Залучення юридичних консультантів для рішення проблеми
7	Прийнятний	Недостача часу на тестування: непомічені дефекти, нестабільна робота додатку.	0.05	0.1	0.005	ЗМЕНШЕННЯ	Розробити детальний план тестування заздалегідь	Зменшення функціоналу або відкладення деяких функцій на етапи після випуску проекту

Продовження таблиці Б.7

8	Виправданій	Проблеми з безпекою та конфіденційністю. Вразливості у забезпеченні та можливість витоку конфіденційної інформації можуть нашкодити репутації та безпеці гри.	0.3	0.2	0.06	ЗМЕНШЕННЯ	Впровадження шифрування для захисту конфіденційної інформації; Регулярне проведення аудитів безпеки	Створення екстрених планів випадків порушення безпеки та негайна їх реалізація
9	Виправданій	Велика конкуренція на ринку або негативний вплив інших ігор та подій може вплинути на успіх вашої гри.	0.3	0.2	0.6	ЗМЕНШЕННЯ	Акційна програма для існуючих та нових гравців; Вдосконалення геймплею на основі зворотного зв'язку від користувачів	Створення екстрених планів випадків порушення безпеки та негайна їх реалізація