

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Візуалізація 3D моделі котеджу бази відпочинку
“Сонячна галявина”»

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

Виконавець роботи: студент групи ІТ-81 Макаров Кирило Олегович

Кваліфікаційна робота бакалавра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____ «__» _____ 2022 р.

Науковий керівник _____

(підпис)

к.т.н., доц., Баранова І.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

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

Студент _____
(підпис)

Суми-2022

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ІТ

_____ В. В. Шендрик
«__» _____ 2022 р.

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

Макаров Кирило Олегович

1 Тема роботи Візуалізація 3D моделі котеджу бази відпочинку “Сонячна галявина”

керівник роботи Баранова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від « 27 » 04 2022 р. №0301-VI

2 Строк подання студентом роботи « » _____ 2022 р.

3 Вхідні дані до роботи фотоматеріали котеджу

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз предметної області, постановка задачі та засоби реалізації, функціональне моделювання проекту, практична реалізація

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) актуальність роботи, мета та задачі, дослідження аналогів, засоби реалізації, структурно-функціональне моделювання (IDF0), діаграма варіантів використання (Use case), етапи реалізації, практична реалізація

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	Дослідження предметної області	25.02.2022	
2	Визначення актуальності роботи	01.03.2022	
3	Аналіз існуючих продуктів-аналогів	03.03.2022	
4	Ідентифікація ідей	07.03.2022	
5	Моделювання об'єктів	11.03.2022	
6	Створення матеріалів та текстурування	06.05.2022	
7	Візуалізація створеної моделі	25.05.2022	
8	Оформлення документації	07.06.2022	

Студент

(підпис)

Макаров К.О.

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доц. Баранова І.В.

РЕФЕРАТ

Тема роботи «Візуалізації 3D моделі котеджу бази відпочинку “Сонячна галявина”».

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох основних розділів, висновку, а також списку використаних джерел із 24 найменувань та двох додатків. Загальний обсяг пояснювальної записки складає 56 сторінок, в тому числі 38 сторінок основного тексту, 3 сторінки списку використаних джерел, 15 сторінок додатків.

У першому розділі виконано аналіз предметної області, проведено огляд останніх досліджень та публікацій, проаналізовано продукти-аналоги. Виконана постановка задачі та вибір засобів реалізації.

Другий розділ кваліфікаційної роботи бакалавра присвячено моделюванню процесу візуалізації тривимірних моделей. Виконано структурно-функціональне моделювання та моделювання варіантів використання.

Третій розділ описує практичну реалізацію проекту, а саме: розробку моделі інтер'єра котеджу, створення матеріалів та текстур для моделі, розробку моделей об'єктів навколишнього середовища та фінальну візуалізацію моделі.

Результатом роботи є створена 3D модель з візуалізацією інтер'єру та екстер'єру бази відпочинку “Сонячна галявина”. Продукт призначений для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», яка була жорстоко зруйнована під час війни в Україні.

Ключові слова: моделювання, 3D модель, візуалізація, реклама, 3ds Max, Chaos Corona.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз предметної області.....	8
1.1 Огляд останніх досліджень і публікацій	8
1.2 Аналіз існуючих продуктів-аналогів	9
1.3 Постановка задачі	13
1.4 Вибір засобів реалізації.....	14
2 Моделювання процесу візуалізації тривимірних моделей	17
2.1 Структурно-функціональне моделювання.....	17
2.2 Діаграма варіантів використання.....	18
3 Практична реалізація проєкту.....	20
3.1 Розробка моделі інтер'єра котеджу	20
3.2 Створення матеріалів та текстур для моделей.....	27
3.3 Розробка моделей об'єктів навколишнього середовища.....	31
3.4 Фінальна візуалізація моделі	33
Висновки	38
Список використаних джерел	39
Додаток А Технічне завдання	42
Додаток Б Планування робіт.....	46

ВСТУП

XXI століття це час новітніх технологій та швидкого розвитку науки. Кожного дня майже все населення планети Земля використовує в побуті ті чи інші гаджети, проводить час у суспільних місцях, працює в технологічно обладнаних офісах не замислюючись про те, як навіть 100 років тому науковцям було важко проектувати все, що оточує нас навкруги. Задля того, щоб побудувати будівлю, потрібен був макет, який працівники створювали власноруч з підручних матеріалів. Якщо потрібно було вносити правки чи редагувати макет – його створювали знову і знову, доки досягнутий результат не влаштував усім вимогам. Звичайно такий спосіб моделювання витрачає багато людських зусиль, часу та матеріалів на реалізацію макету, тому задля зменшення усіх затрат при моделюванні макетів у наш час використовують 3D-моделювання.

3D-моделювання це розширення концепції двовимірного малювання. Додавши третій вимір, можна отримати набагато більше інформації, що буде дуже корисною для моделі. Тривимірне моделювання зазвичай використовується в промислових та наукових галузях, у кіноіндустрії та розробці ігор, тощо. Проте швидкий приріст популярності 3D-графіки залучає все більше і більше людей до використання тривимірного моделювання у повсякденному житті.

У наш час актуальність 3D-моделювання є найвищою за увесь час існування напрямку тривимірної графіки. Під час війни кожного дня руйнуються все більше та більше будівель, безліч архітектурних пам'яток та парків знищено вщент. Саме тому, задля відбудови нашої країни на поміч будівельникам придуть архітектори та 3D-дизайнери. На жаль, велика частина архітектури не відбудується у первозданному вигляді, що був до

війни, але впевнені, що як мінімум краса України залишиться у вигляді 3D-моделей на все життя та її зможуть побачити у цілому світі.

Саме тому метою даного проекту є візуалізація 3D моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина».

Задля досягнення мети проекту потрібно виконати певні задачі:

- Визначити актуальність виконуваної роботи, виконати дослідження предметної області та провести аналіз аналогів 3D візуалізацій моделей;
- Розробити технічне завдання та виконати планування IT-проекта;
- Розробити структуру моделі;
- Реалізувати модель котеджу;
- Створити матеріали для усіх моделей проекту та виконати текстурування;
- Виконати 3D візуалізацію інтер'єру та екстер'єру готової моделі.

Продукт призначений для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», яка була жорстоко зруйнована під час війни в Україні. Готову модель можна використати задля відбудови котеджів. Також після відбудови бази відпочинку, перед тим як завітати до комплексу, клієнти зможуть переглянути візуалізацію котеджу в форматі фотореалістичних зображень, матимуть змогу побачити котедж в денний та нічний час.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд останніх досліджень і публікацій

Нові технології дають змогу відкривати нові можливості для проектування та моделювання міст. Тривимірне міське моделювання може дати реальне уявлення про результати планувальних рішень.

Віртуальна 3D-модель міста є цифровою моделлю міських територій. Вона представляє собою поверхню місцевості, ділянки, будинки, рослинність, елементи інфраструктури та ландшафту ті інші об'єкти, що належать міському простору. Цей метод можна використовувати задля проектування та візуалізації забудови щодо існуючого міського середовища. Його можна використовувати для порівняння різних стилів міського дизайну. 3D-моделювання також пропонує нову платформу для залучення городян до міського планування [1]. Вкрай важливо, щоб інтереси та потреби суспільства враховувалися під час прийняття рішення.

Місцеві органи влади та приватний сектор все частіше використовують тривимірні моделі для допомоги у плануванні міста. Прикладом може бути «Віртуальний Брісбен». Міська рада Брісбена використовує 3D-модель задля стратегічного планування, оцінки розвитку та взаємодії з населенням [2].

У липні 2018 року Сінгапур запускає «Віртуальний Сінгапур» – тривимірну копію міста. Ця платформа відкриває нові можливості для містобудівників. І Детройт у США, і Мюнхен у Німеччині вважають реалістичне 3D-моделювання важливим для планування свого майбутнього [3].

Такі компанії як Dassault Systems, співпрацюють з різними містами, щоб використовувати цифрові інструменти для розвитку більш комфортних міст. Проект 3DExperienceCity дозволяє містобудівникам тестувати ідеї у цифровому вигляді та краще враховувати вплив урбанізації [4].

3D-моделювання, безумовно, відкриває нові можливості у розробці планувальних рішень. Мешканці міст повинні бути залучені до цього процесу для розробки стратегій, які більшою мірою реагують на проблему сталості, такі як зростання міського населення.

1.2 Аналіз існуючих продуктів-аналогів

Перед тим як виконувати проект, потрібно проаналізувати існуючі візуалізації 3D-моделей баз відпочинку. Це потрібно задля представлення того, що має бути в результаті даного проекту та та яких помилок можна уникнути при реалізації проекту.

Першим проектом-аналогом є візуалізація бази відпочинку в Криму [5]. Візуалізація виконана якісно, в сучасному дизайні, текстури та матеріали екстер'єру гарно підібрані. Також присутні елементи ландшафту, що неодмінно є плюсом (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Візуалізація бази відпочинку в Криму

Також була виконана 3D візуалізація інтер'єру, кольорова палітра підібрана в мінімалістичному стилі, але текстури створено не якісно, у тому числі багаття виконано не реалістично (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Візуалізація бази відпочинку в Криму

Наступним аналогом є візуалізація бази відпочинку у селі Велятино Закарпатської області [6]. З першого погляду видно, що візуалізація виконана не якісно, підібрані матеріали та текстури не відповідають сучасним тенденціям дизайну. Візуалізація інтер'єру не виконана зовсім, а екстер'єр залишає бажати кращого (рис 1.3).



Рисунок 1.3 – Візуалізація бази відпочинку (с.Велятино Закарпатської обл.)

Проте, не дивлячись на вказані недоліки візуалізації, текстури навколишнього середовища реалізовано дуже чітко і якісно (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Візуалізація бази відпочинку (с.Велятино Закарпатської обл.)

Також проектом-аналогом є 3D візуалізація бази відпочинку в Карелії[7]. Візуалізація виконана на дуже високому рівні. Сучасний дизайн, якісні матеріали, мінімалістичні текстури та детально реалізований ландшафт є показником якості цього проекту (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Візуалізація бази відпочинку в Карелії

Однак, на візуалізацію екстер'єру було покладено більше часу, ніж на інтер'єр, що є великим недоліком цього проекту (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Візуалізація бази відпочинку в Карелії

Після детального аналізу проектів-аналогів, було визначено їх сильні та слабкі сторони. Його результати представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця характеристик проектів-аналогів

Характеристика/Заклад	База відпочинку в Криму	База відпочинку у Закарпатській обл.	База відпочинку в Карелії
Сучасний дизайн	+	-	+
Якісна візуалізація	+	-	+
Наявність візуалізації екстер'єру	+	+	+
Наявність візуалізації інтер'єру	+	-	-
Якісні текстури	-	-	+
Наявність ландшафту	+	+	+
Сучасні матеріали	+	-	+

Дані з таблиці 1.1 надають змогу під час розробки звернути увагу на те, яким повинен бути результат даного проекту та яких помилок можна уникнути при реалізації. Даний проект повинен мати сучасний дизайн, якісну візуалізацію с чіткими текстурами та сучасними матеріалами та наявність візуалізацій екстер'єру та інтер'єру.

1.3 Постановка задачі

Метою даного проекту є візуалізація 3D моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина». Мета є актуальною наразі, оскільки база відпочинку постраждала від вибухів під час війни в Україні [8].

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблену модель можна використовувати для відновлення пошкоджених будівель та в рекламних цілях.

Вимоги до реалізації проекту наступні:

- Створити високоякісну модель котеджу;
- Створити матеріали та виконати текстурування для моделей усіх об'єктів проекту;
- Виконати 3D візуалізацію інтер'єру та екстер'єру готової моделі котеджу;
- Реалізувати фото-реалістичне зображення та анімацію огляду з камери.

Вимоги до проекту в цілому описані у технічному завданні на розробку проекту (додаток А).

Для реалізації даного проекту було взято такі технології, як 3ds MAX 2022 [9] для створення моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина», Corona Renderer 6 (Hotfix 2) [10] для візуалізації, створення матеріалів та текстурування усіх моделей в сцені.

1.4 Вибір засобів реалізації

Існує безліч програм для 3D моделювання, вони пропонують різні функції, які дозволяють створювати моделі, фотореалістичні рендери та макети. Кожна з програм має свій власний спектр можливостей та функцій, тому задля побудови якісної моделі необхідно обрати найбільш збалансовану програму тривимірного моделювання.

До таких програм належать наступні:

1. Archicad – програмний інструмент для архітекторів, які працюють у сфері архітектури, проектування та будівництва (АЕС), призначений для проектування будівель від концептуального етапу до етапу будівництва [11].

2. AutoCAD – це програмне забезпечення для автоматизованого проектування (САПР) від Autodesk. AutoCAD містить галузеві функції та інтелектуальні об'єкти для архітектури, машинобудування, проектування електротехніки та багато іншого [12].

3. Revit – це платформа проектування та документації, яка підтримує проектування, креслення та графіки, необхідні для інформаційного моделювання будівель (BIM). BIM надає інформацію про дизайн проекту, обсяг, кількості та етапи, коли вам це потрібно [13].

4. SketchUp — це програма, яка використовується для широкого спектру проектів 3D-моделювання, таких як архітектура, дизайн інтер'єру, ландшафтна архітектура та дизайн відеоігор, і це лише деякі з її застосувань. Програма включає функціональність макета креслення, рендеринг поверхні і підтримує сторонні плагіни з Extension Warehouse [14].

5. 3ds Max — професійне програмне забезпечення для 3D-моделювання, рендерингу та анімації, що дозволяє створювати великі світи та першокласні проекти [15].

У результаті аналізу найпопулярніших програм тривимірного моделювання було обрано 3ds Max тому що:

- Програма автоматизує повторювані та трудомісткі завдання задля підвищення продуктивності;

- Вона підтримує безліч інструментів, які легко доступні для моделювання;

- Підтримує потужні та численні інструменти для анімації;

- Підтримує редактор матеріалів, який дозволяє користувачеві створювати та редагувати матеріали та карти у своїх сценах.

Крім того, необхідно звернути увагу на інструменти для візуалізації та текстурування сцени. Задля якісних матеріалів та фотореалістичних рендерів потрібно обрати найактуальніше програмне забезпечення для рендерингу.

Серед програм, які користуються попитом можна виділити наступні:

1. Chaos V-Ray — це плагін для 3D-рендерингу, доступний для найпопулярніших платформ дизайну, таких як 3ds Max, SketchUp, Rhino, Revit, Maya та інших. Він широко використовується в архітектурній візуалізації, рекламі та візуальних ефектах для кіно та телебачення. За допомогою V-Ray художники та дизайнери можуть досліджувати та ділитися своїми проектами за допомогою трасування променів у реальному часі та створювати високоякісні візуалізації [16].

2. Arnold – це вдосконалений модуль візуалізації з трасуванням променів методом Монте-Карло, створений з урахуванням вимог повнометражної анімації та візуальних ефектів [17].

3. Chaos Corona - це сучасний високопродуктивний (не)упереджений фотореалістичний рендерер, доступний для Autodesk 3ds Max, MAXON Cinema 4D і як окрема програма. Популярність Corona зростала з року в рік завдяки тому, що вона приділяла особливу увагу наданню інтуїтивно зрозумілих функцій, що полегшують життя наших користувачів завдяки таким інноваціям, як LightMix, шумопридушення, інтерактивний рендеринг, редактор вузлів у версії C4D [18].

Під час аналізу усіх популярних програм для рендерингу, які підтримує 3ds Max найактуальнішою з них виявилася Corona Renderer через зручність

використання, потужну функцію Chaos Corona. В ній також налаштування рендерингу таке ж просте, як натискання кнопки «Render», вагомими перевагами програми є наявність LightMix, шумопридушення та інтерактивний рендеринг.

Також при розробці моделей для підвищення їх якості були використані програми RizomUV для створення текстурних розгортки моделей та Marvelous Designer для створення подушок.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ

2.1 Структурно-функціональне моделювання

Розглянемо функціональне моделювання проекту за допомогою нотації IDEF0. Діаграма IDEF0 відображає вхідну інформацію, яка використовується в розробці проекту. Діаграма нульового рівня (контекстна діаграма) показана на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Модель IDEF0

На вхід діаграми подається фото котеджу та мета реалізації, виконується візуалізація 3D моделі, що управляється методиками моделювання та технічним завданням. На виході отримуємо візуалізовані зображення.

Діаграма IDEF0 із детальним розкриттям усіх етапів проекту показана на рисунку 2.2.

В першому блоці проводиться аналіз області моделювання, в другому – розроблюються тривимірні моделі сцени. В третьому блоці проводиться налаштування усіх матеріалів та текстур моделей, а в четвертому – виконується візуалізація усіх фінальних рендерів.

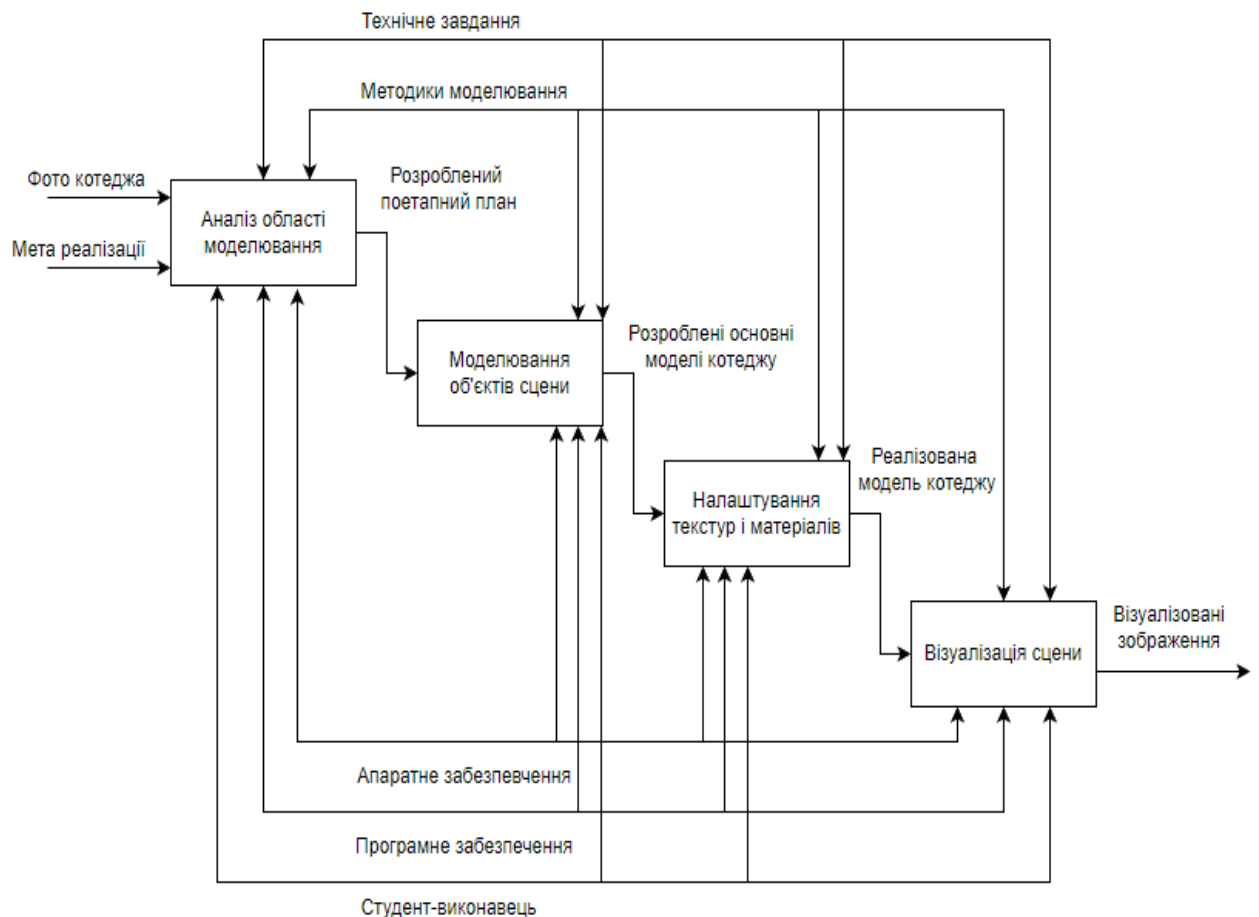


Рисунок 2.2 – Модель IDEF0

2.2 Діаграма варіантів використання

Розглянемо інформацію про акторів створеного проекту (рис. 2.3) та опис варіантів використання (табл.2.1).

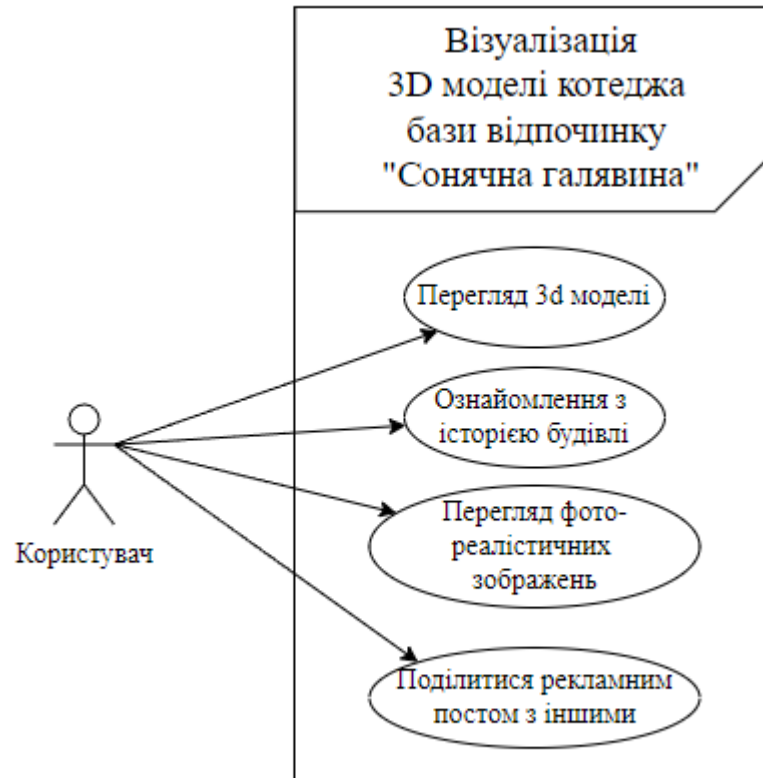


Рисунок 2.3 – Діаграма варіантів використання

Таблиця 2.1 – Опис варіантів використання

Назва	Опис
Перегляд 3d моделі	Функція перегляду проекту у вигляді розробленої 3d моделі.
Ознайомлення з інформацією	Функція, щоб користувач мав можливість переглянути інформацію про історію об'єкту моделювання (котеджу)
Перегляд зображень	Користувач має можливість переглянути готові фотореалістичні зображення удень та вночі.
Розповсюдження реклами	Користувач має можливість поділитися результатами проекту з іншими задля підтримки та реклами бази відпочинку.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ

3.1 Розробка моделі інтер'єра котеджу

Насамперед, початком кожної 3D моделі є креслення, тому першим кроком проекту була проектування креслення. Макет креслення розроблено по реальним фотографіям котеджу у проекції зверху. Головним інструментом побудови креслення обрано сплайнове моделювання (рис. 3.1).

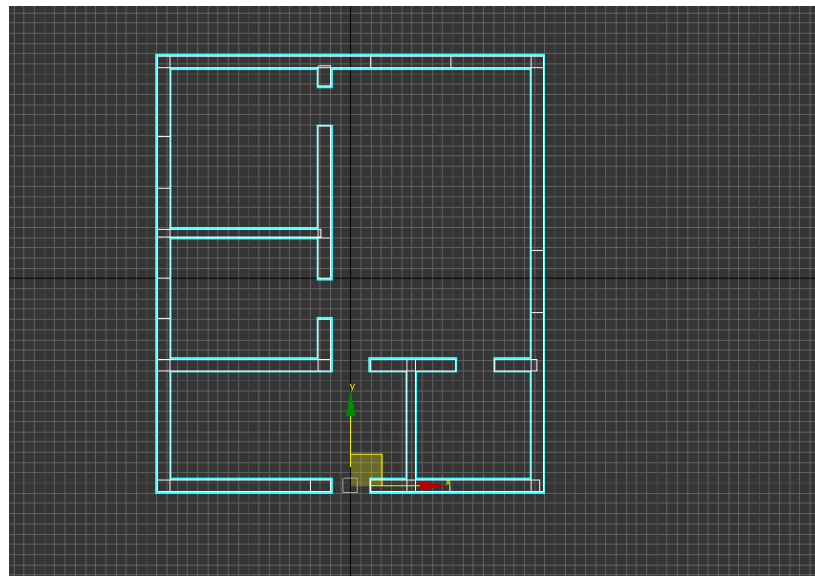


Рисунок 0.1 – Креслення котеджу

Наступним кроком йшла побудова стін. Спочатку було переведено сплайн у Edit Pole, задля легкого використання методу полігонального моделювання. Після чого було витягнуто стіни інструментом Extrude. Після того, як чорновий каркас будівлі готовий, потрібно перейти до моделювання тераси та покрівлі. Усі елементи було реалізовано методом полігонального моделювання (рис. 3.2).

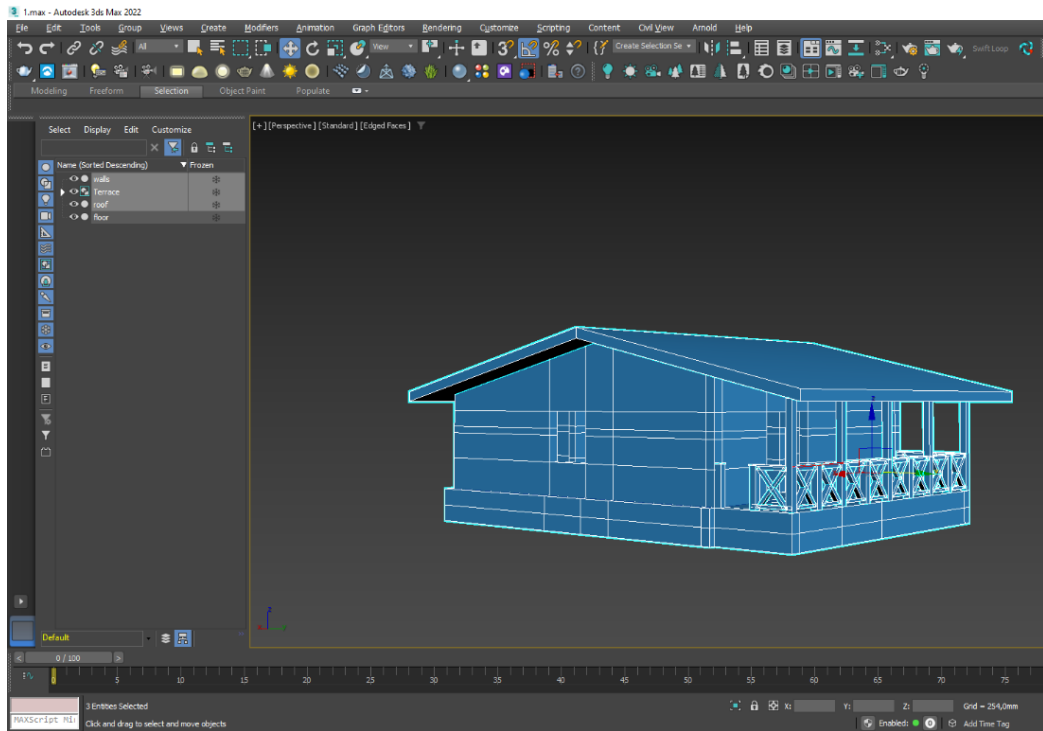


Рисунок 3.2 – Чорнова модель котеджу

Далі потрібно реалізувати моделі вікон та вхідних дверей. Усього котедж має 4 вікна, вхідні двері та вихід на терасу. Моделі дверей та вікон також створено за допомогою сплайнового моделювання із застосуванням модифікаторів таких як Extrude, Chamfer, TurboSmooth та інших (рис.3.3).

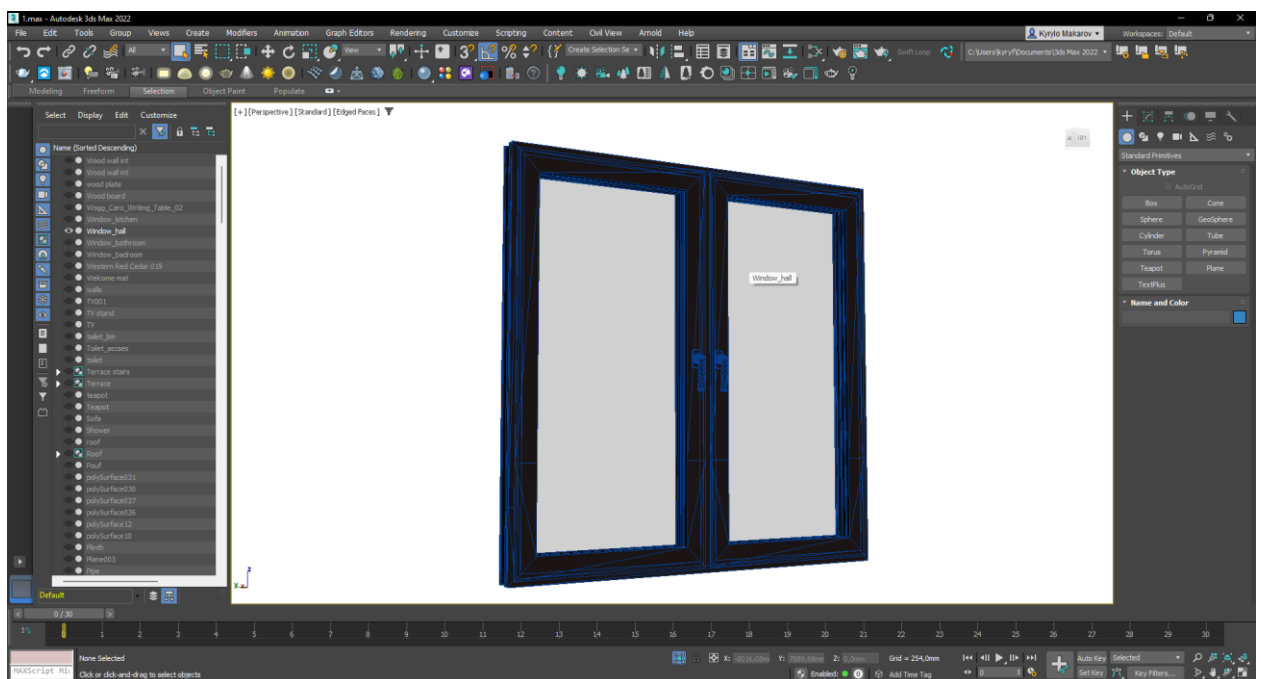


Рисунок 3.3 – Модель вікна

Після моделей дверей та вікон було реалізовано покрівлю. Основним покрівельним матеріалом обрано метало-черепицю. Для реалізації даху використано плагін ATiles від Aviz Studio. За допомогою цього плагіну було побудовано модель черепиці та усіх заглушок даху що скоротило купу часу під час реалізації усього проекту (рис. 3.4).

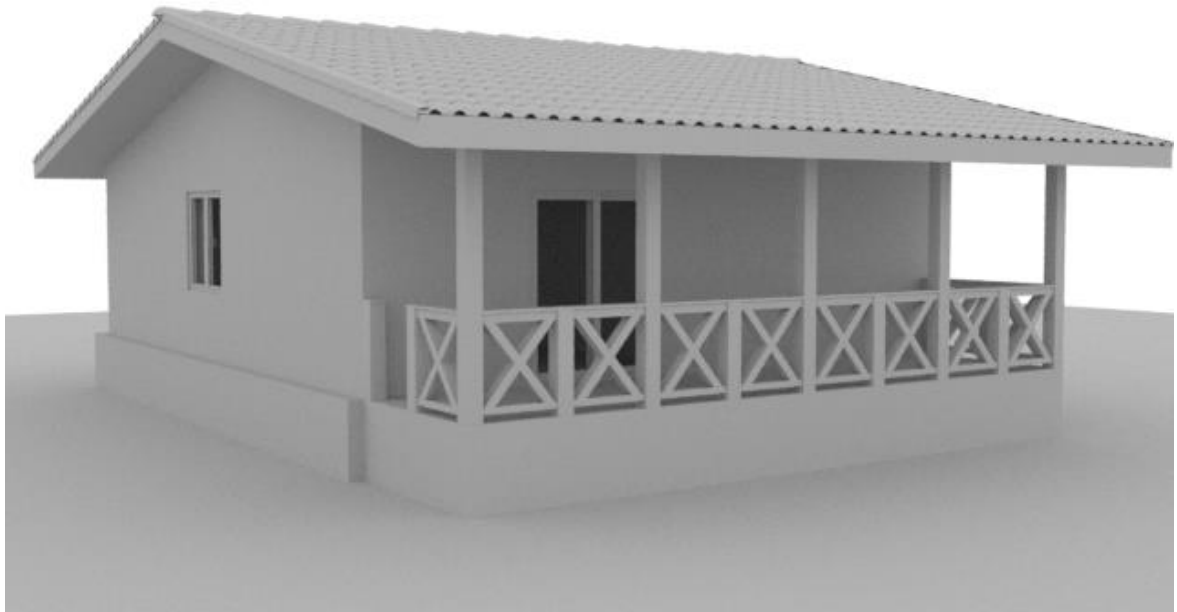


Рисунок 3.4 – Модель даху

Одним з головних етапів реалізації проекту було моделювання інтер'єру. Модель котеджу має коридор, технічне приміщення, вітальню, ванну кімнату з туалетом, кухню та спальню (рис. 3.5).

Кожну кімнату та її наповнення було змодельовано окремо та поетапно.

Спочатку реалізовано наповнення коридору. Основні моделі коридору – це крісло для перевдягання, вішалки, телефон та пожежна сигналізація, лофт-стінка з дерев'яних панелей, вхідний килим, розетки та підлога.

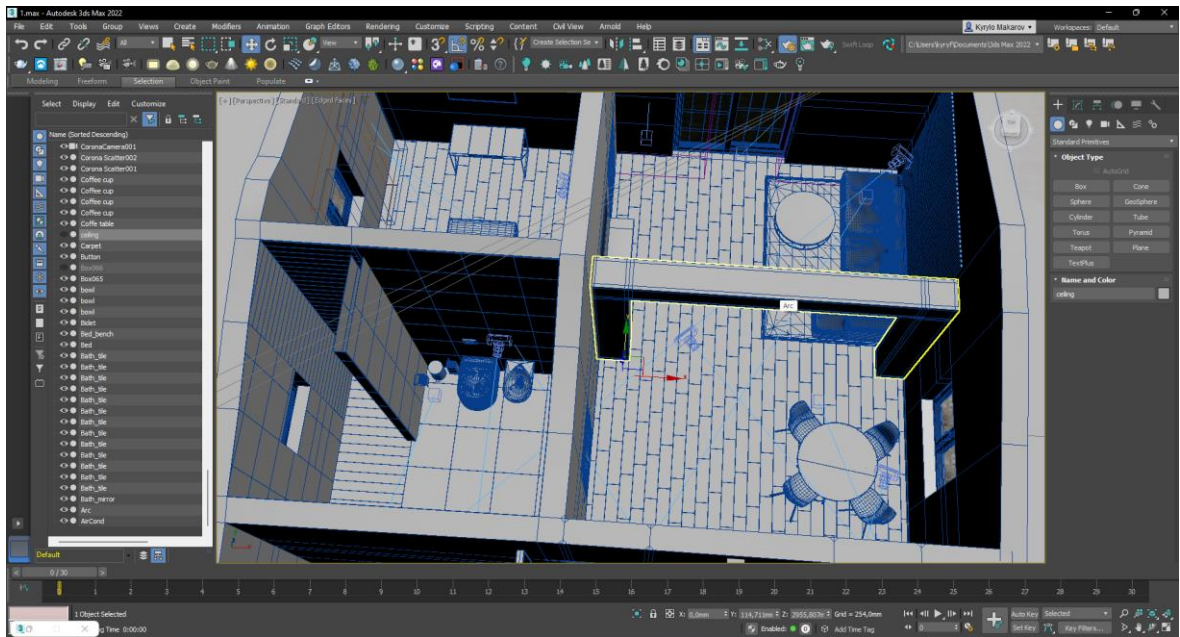


Рисунок 3.5– Загальна модель інтер'єру котеджу

Усі моделі реалізовано за допомогою полігонального моделювання з використанням спеціальних інструментів та модифікаторів, окрім підлоги.

Плитка на підлозі реалізована за допомогою плагіну FloorGenerator (рис. 3.6). Цей плагін створено задля прискорення часу моделювання усіх видів покриття таких як підлога, стіни, стеля, дах тощо.

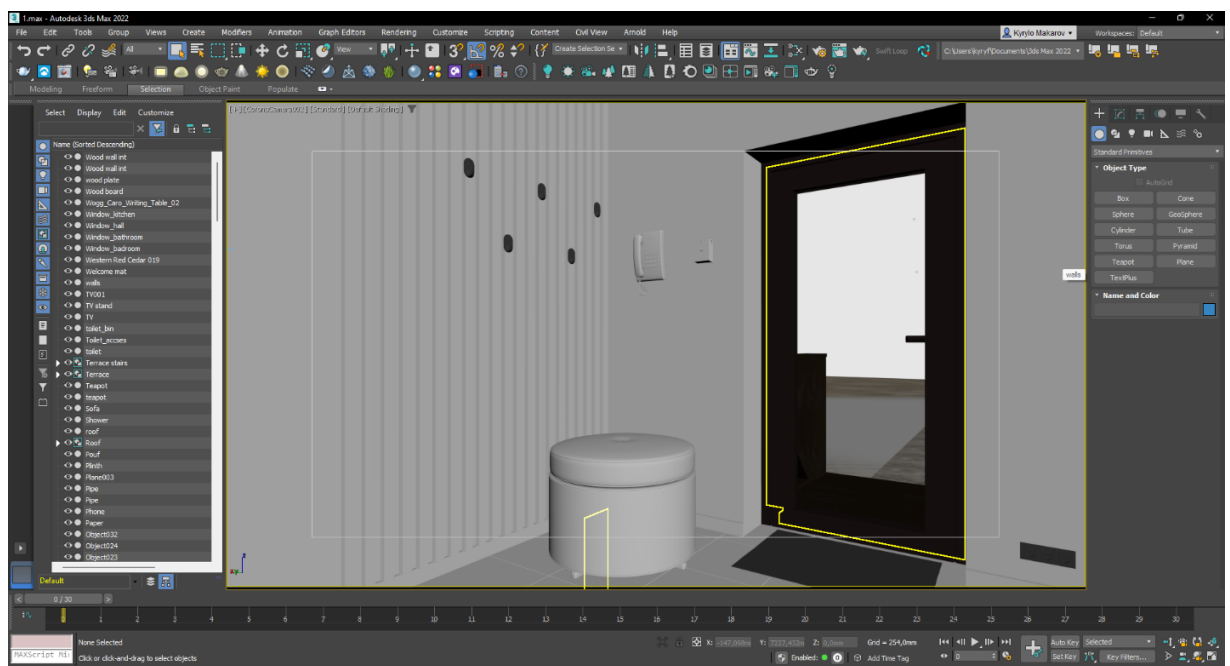


Рисунок 3.6 – Реалізація коридору

Наступним кроком було створено кухню котеджу. Ця кімната також мала багато плиточного покриття, тож його було також створено за допомогою плагіну FloorGenerator (рис. 3.7).

Після плитки розроблені усі інші кухонні прилади. Наповненням цієї кімнати були полиці, шафи, холодильник, мікрохвильовка, чайники із сервізом, тарілки, чашки, вази, варильна поверхня, мийка з краном тощо.

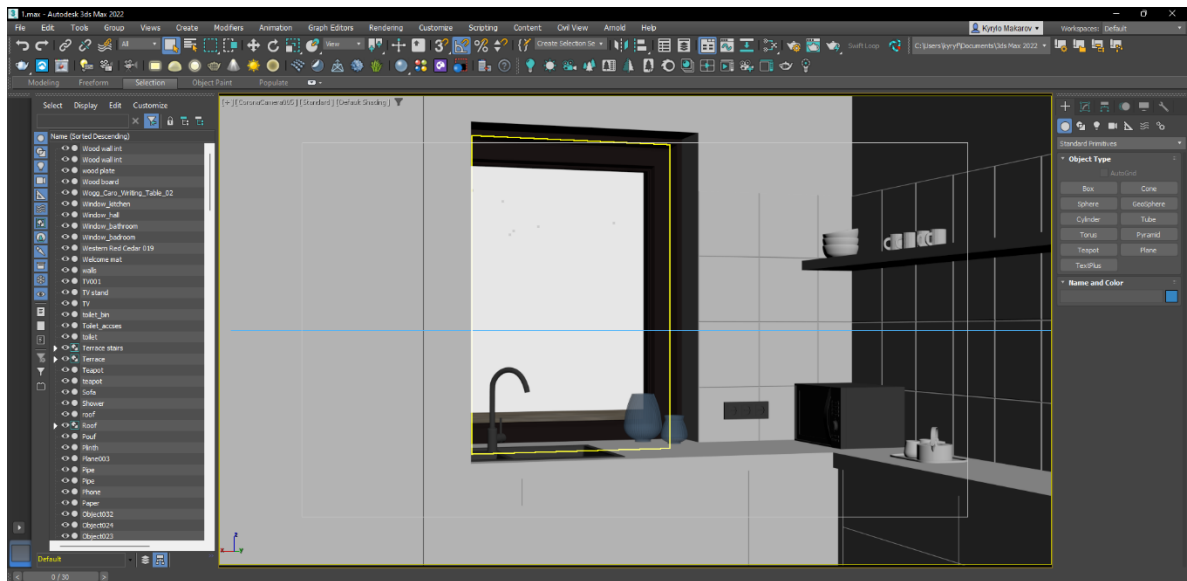


Рисунок 3.7 – Модель кухні

Наступними кроками була реалізація вітальні, ванної кімнати та спальні. Підлога в усіх кімнатах була реалізована за допомогою плагіну FloorGenerator.

Розроблена ванна кімната з усіма її елементами за допомогою полігонального моделювання (рис. 3.8).

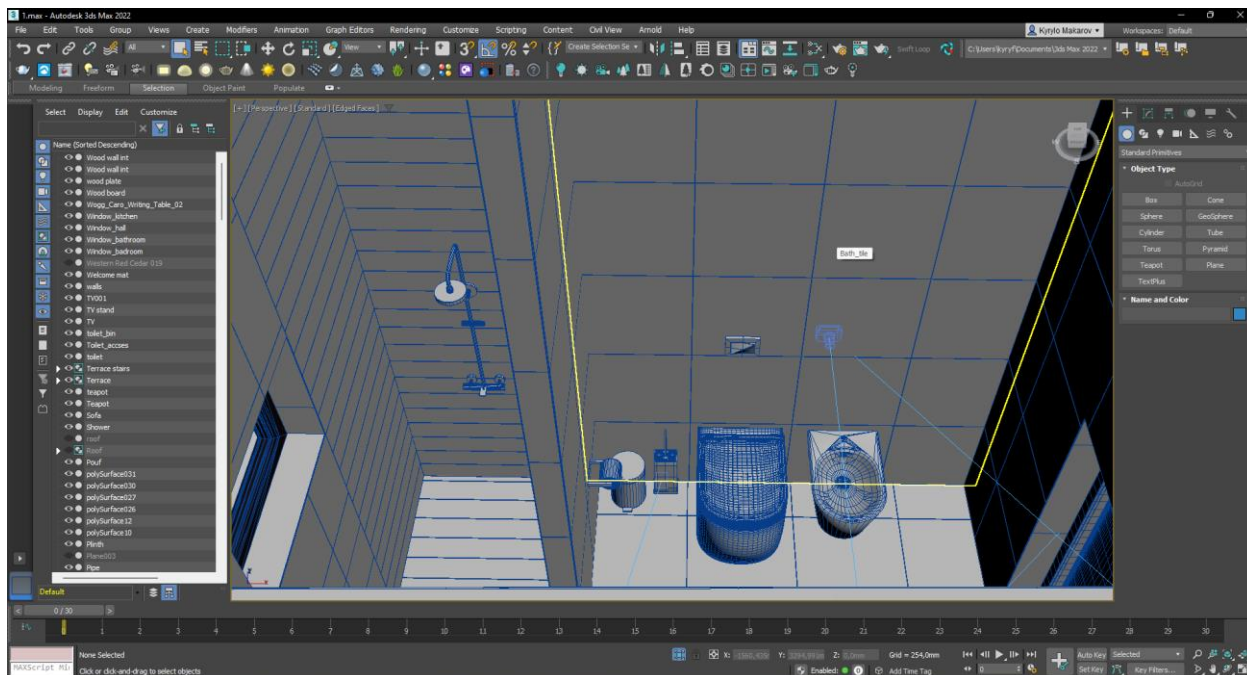


Рисунок 3.8 – Модель ванної кімнати

Також було реалізовано вітальню, що складається з зони відпочинку та столової зони. Зона відпочинку сформована з моделей дивану, подушок, килима, лофт-панелі, тумби з телевізором тощо (рис. 3.9).

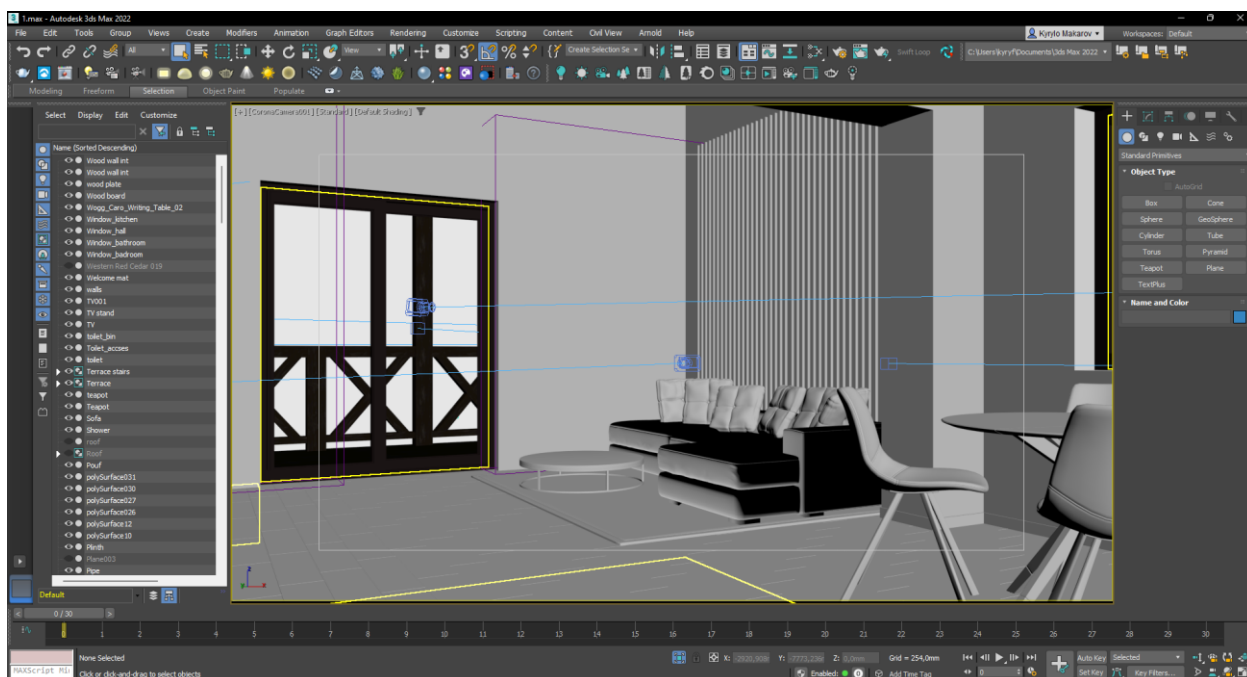


Рисунок 3.9 – Модель вітальні

Столова зона – це моделі столу та стільців. Також у цій кімнаті були створені моделі штор за допомогою інструменту Cloth. Також усі види подушок у проекті було реалізовано у програмі Marvelous Designer [19] задля економії часу та досягнення чіткішого результату (рис. 3.10).

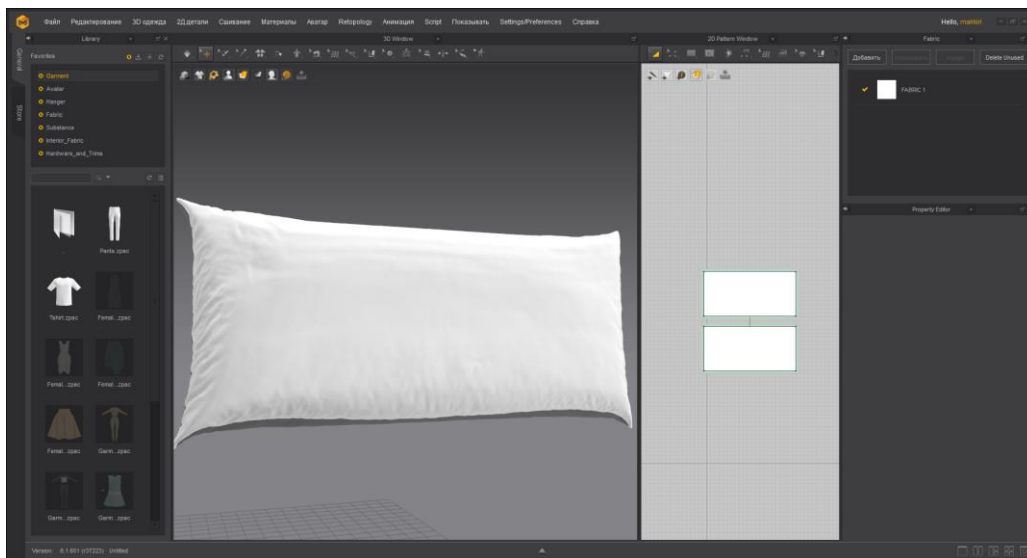


Рисунок 3.10 – Моделювання подушки

Останньою кімнатою у котеджі була спальня. Вона складається з ліжка, приліжкових тумб, крісла, стола та телевізора.

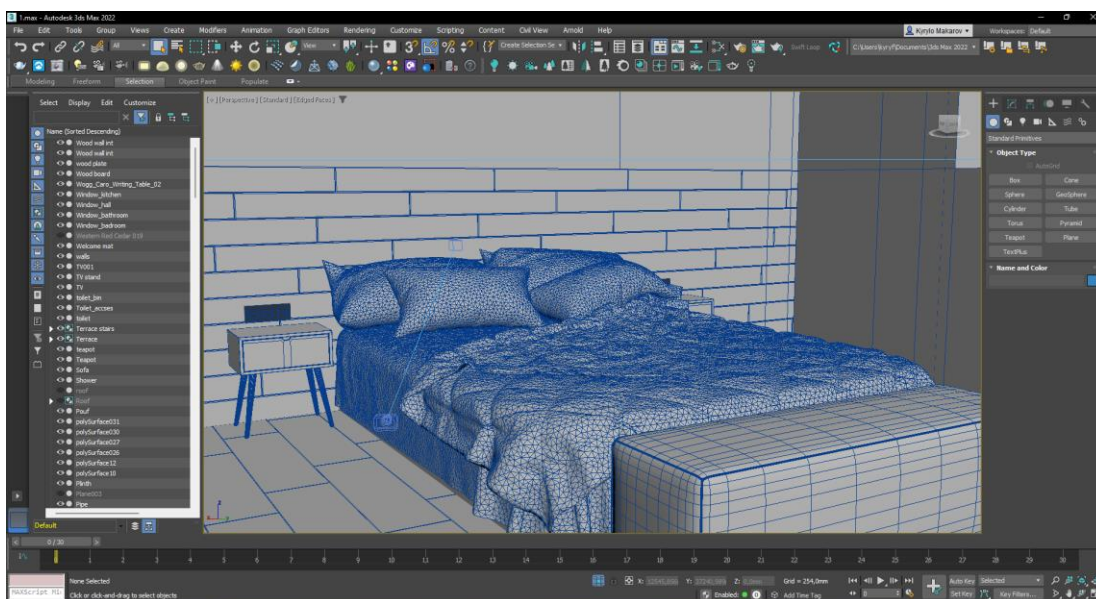


Рисунок 3.11 – Модель інтер'єру спальні

3.2 Створення матеріалів та текстур для моделей

Після того, як моделі усіх об'єктів котеджа було реалізовано – прийшов час для створення матеріалів та текстур. На початку створення проекту у якості візуалізатора було обрано CoronaRenderer, а саме тому усі базові текстури були CoronaMtl (рис. 3.12).

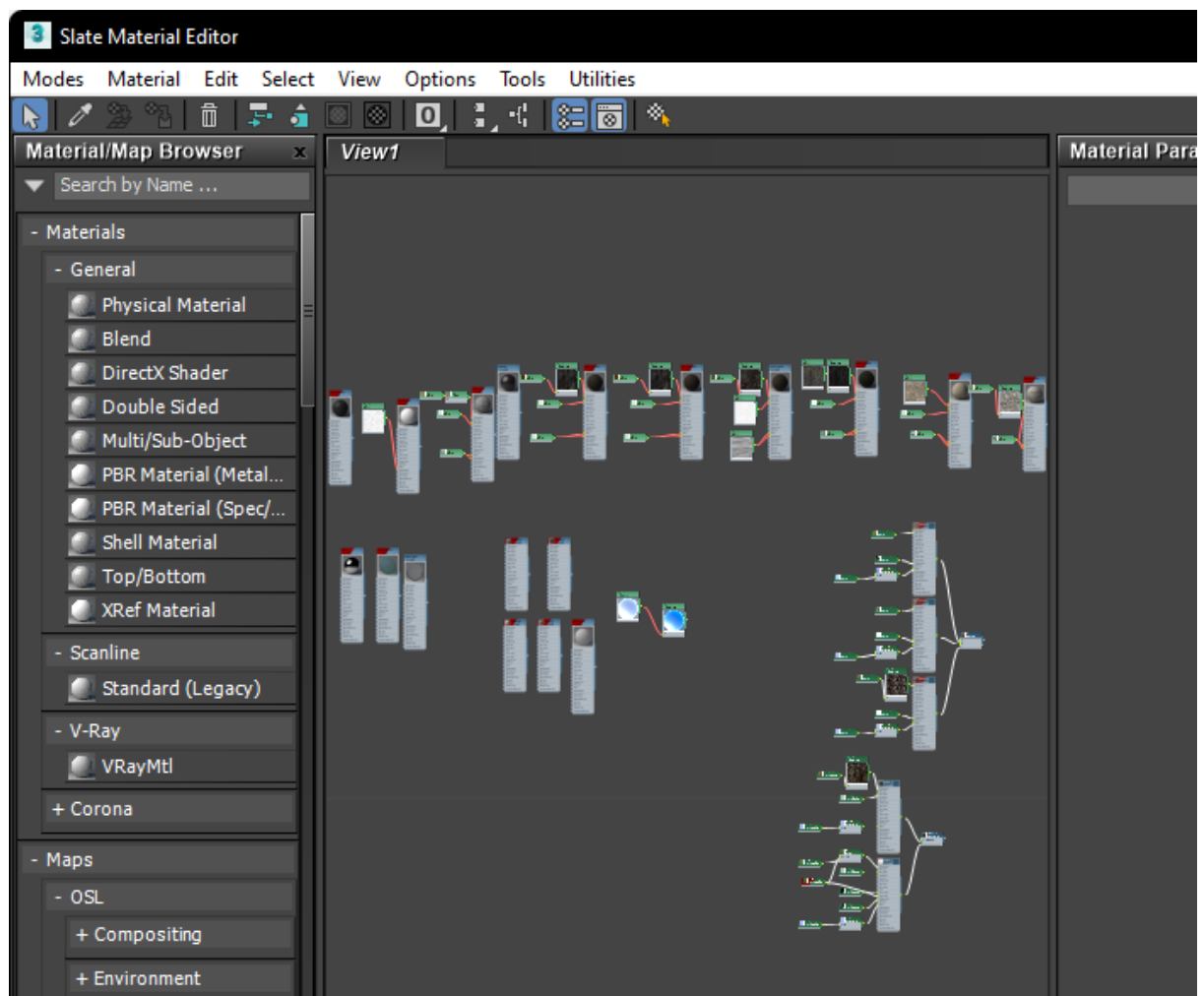


Рисунок 3.12 – Загальний вид дерева матеріалів у сцені

Для надання фотореалістичності моделям були створені матеріали, які найбільше відповідають реальним об'єктам.

Як приклад, при створенні матеріалу дерева для відображення кольору текстури було використано карту Diffuse у комбінації з картою CoronaCollorCorrect (рис.3.13).

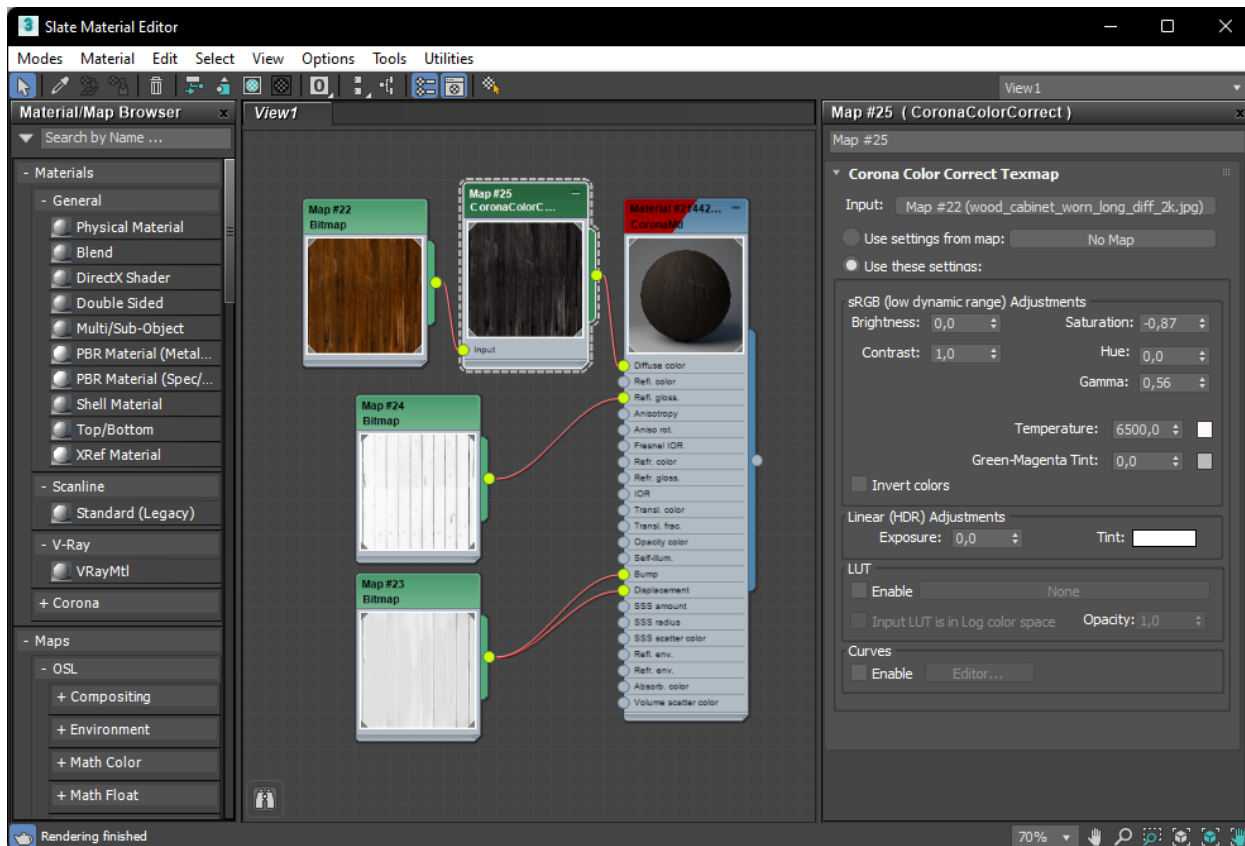


Рисунок 3.13 – Матеріал дерева

Для надання текстурі рельєфу цегляної кладки було використано карти Bump та Displacement, для відображення було використано карту ReflectionGlossines (рис. 3.14).

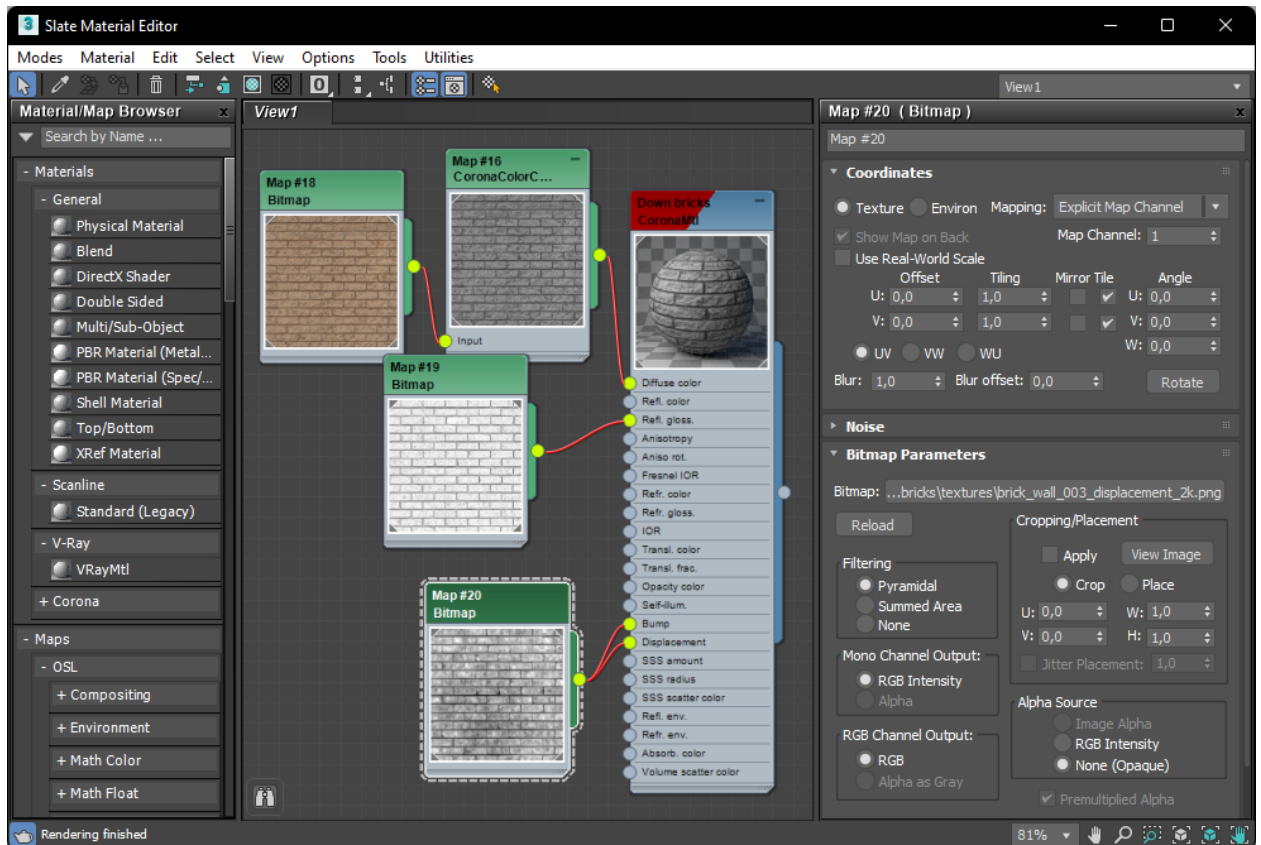


Рисунок 3.14 – Матеріали цегли

Також були створені складні матеріали для моделей дерев. За відображення текстури та кольору відповідають карти Diffuse та CoronaColorCorrect, за відбиття світла від матеріалу відповідає карта ReflectionGlossines.

Для рельєфу було використано карту Bump у поєднанні з картою CoronaNormal.

За прозорість матеріалу між листям відповідає карта OpacityColor. Для того, щоб поєднати дві текстури дерева та листя в одну модель було використано карту Multi/Sub-Object (рис. 3.15).

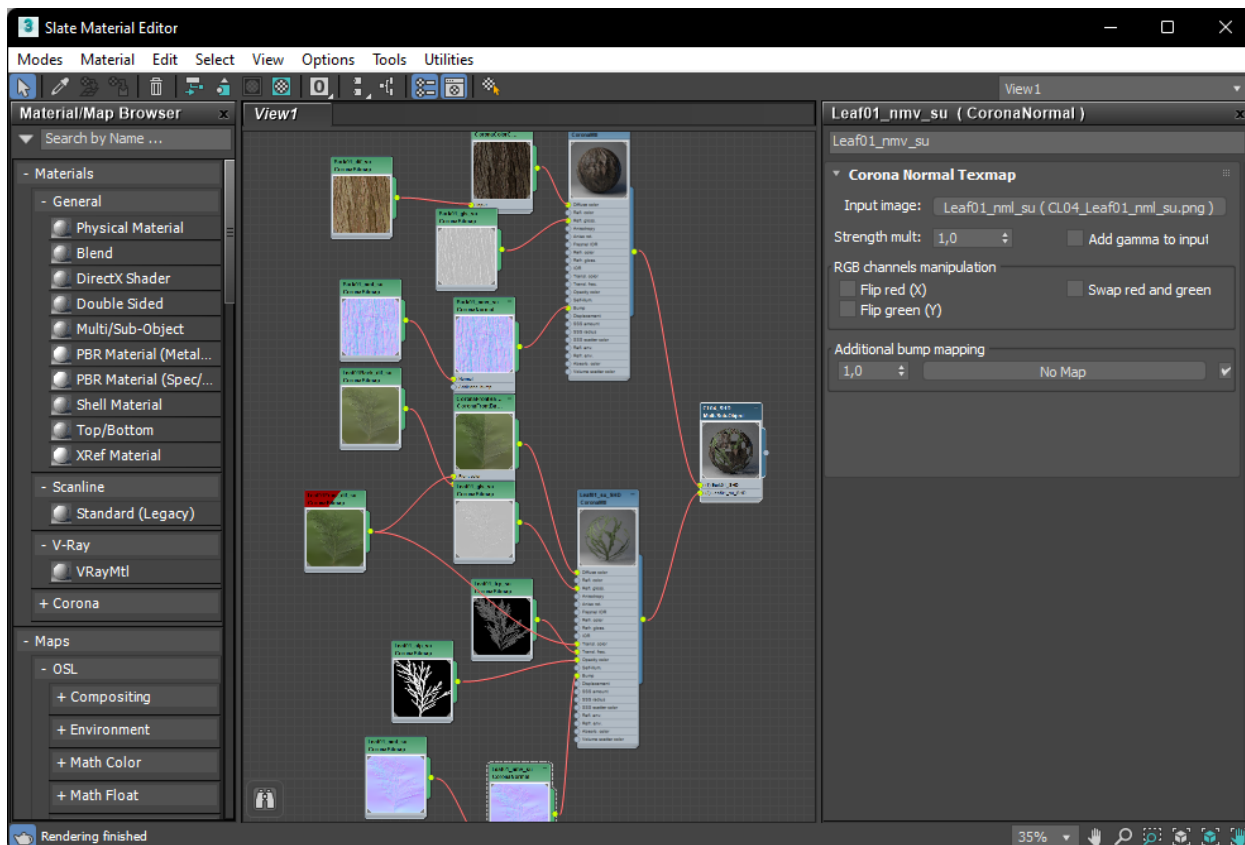


Рисунок 3.15 – Матеріали моделі сосни

Для моделей, які не потребували розгортки, було використано модифікатор UVW Map (рис.3.16).

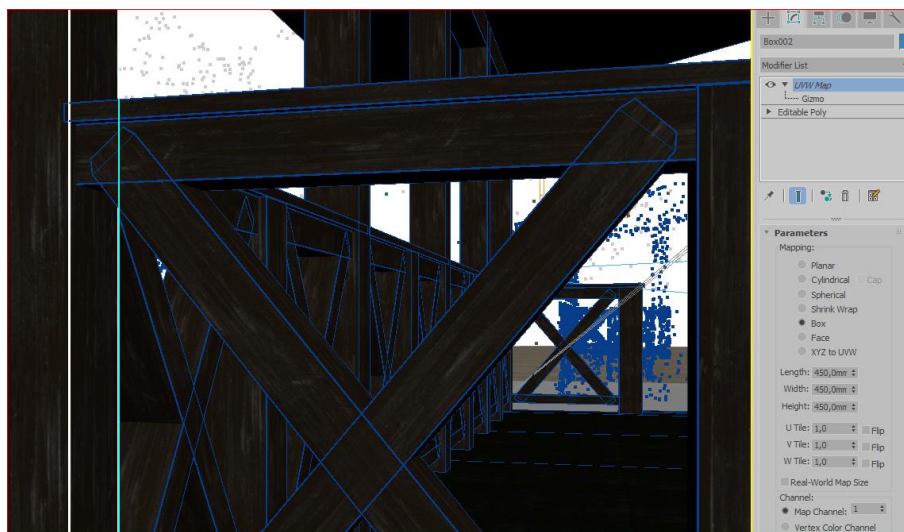


Рисунок 3.16 – Налаштування коректного розміщення текстур

Задля якісного текстурування складних елементів було реалізовано розгортки моделей за допомогою програми RizomUV [20], що покращило вигляд усіх складних моделей (рис.3.17).

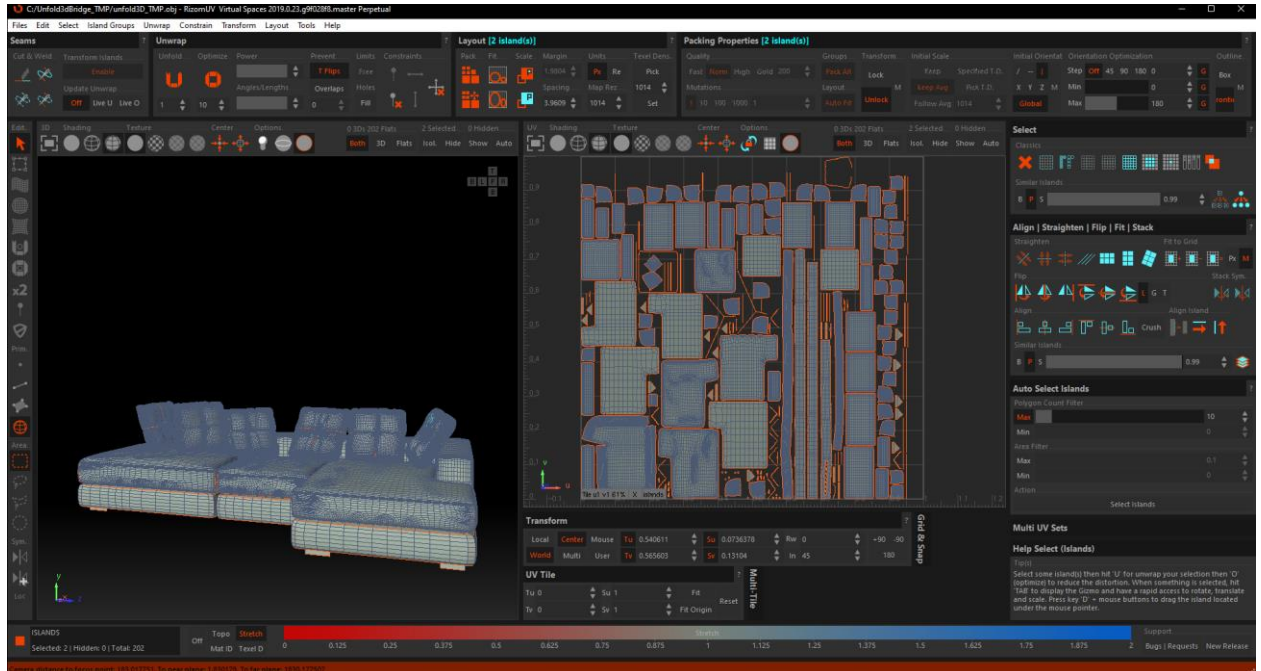


Рисунок 3.17 – Розгортка текстури для дивану

3.3 Розробка моделей об'єктів навколишнього середовища

Після того, як модель котеджу була завершена – потрібно реалізувати навколишнє середовище. База відпочинку знаходиться у лісі, тому було реалізовано усі елементи, що складають лісове оточення.

Для початку за допомогою текстур реалізовано модель землі та доріжок. Після цього за допомогою інструменту CoronaScatter було змодельовано траву навколо котеджу (рис.3.18). CoronaScatter допомагає розсадити рослини по заданій ділянці, перетворивши їх у Proxu-файли для зменшення навантаження на сцену.



Рисунок 3.18 – Модель трави та доріжок

Наступним кроком була розсадка дерев. Типовими рослинами на базі відпочинку є соснові дерева, саме тому моделі цих дерев було обрано для ландшафту території. Після того як уся рослинність була розсаджена, усі моделі було переведено у Proxu-файли за допомогою CoronaProxu (рис. 3.19).



Рисунок 3.19 – Модель сосни

Також для наповнення навколишнього середовища сцени було розповсюджено декілька копій зовнішніх моделей котеджу, після чого усі моделі котеджів було переведено у Proху.

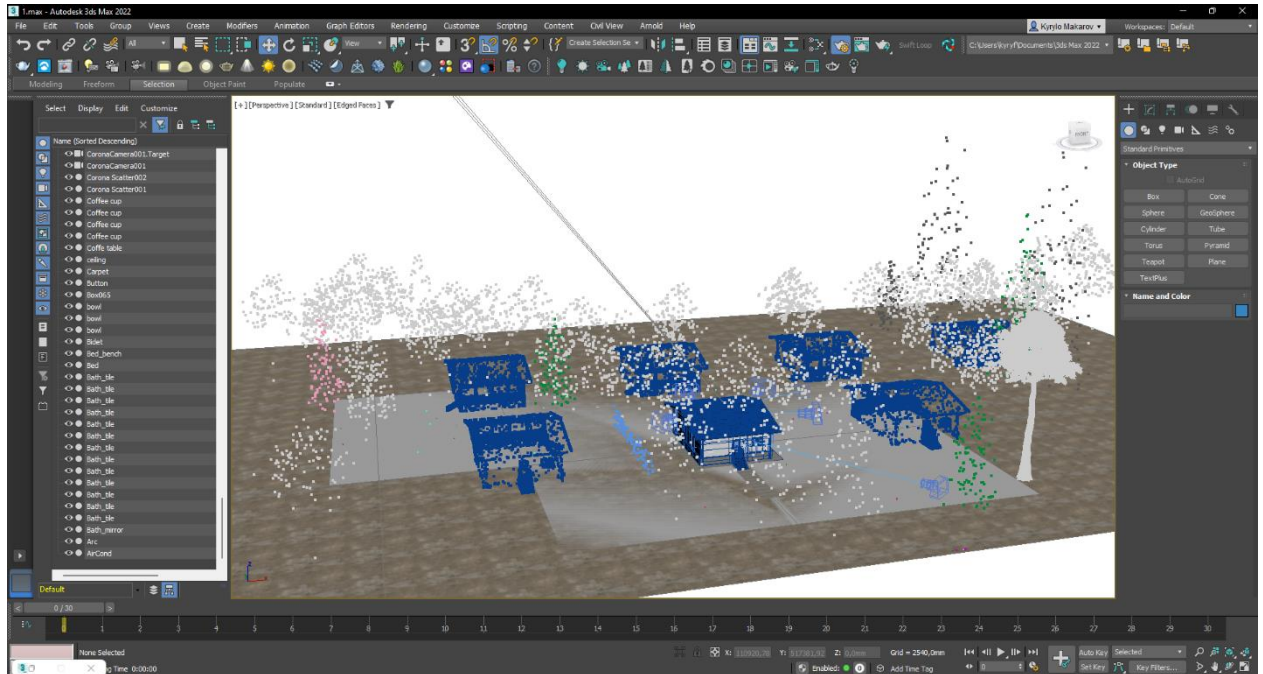


Рисунок 3.20 – Реалізація моделей об'єктів навколишнього середовища

3.4 Фінальна візуалізація моделі

Останнім кроком в реалізації проекту є постановка світла та камер. Усього обрано 15 кадрів для фінальної візуалізації, а отже й було створено 15 камер CoronaCam.

Основними джерелами світла у загальній сцені встановлені CoronaSun та CoronaSky, які дозволяють налаштувати імітацію природнього освітлення (рис. 3.21).

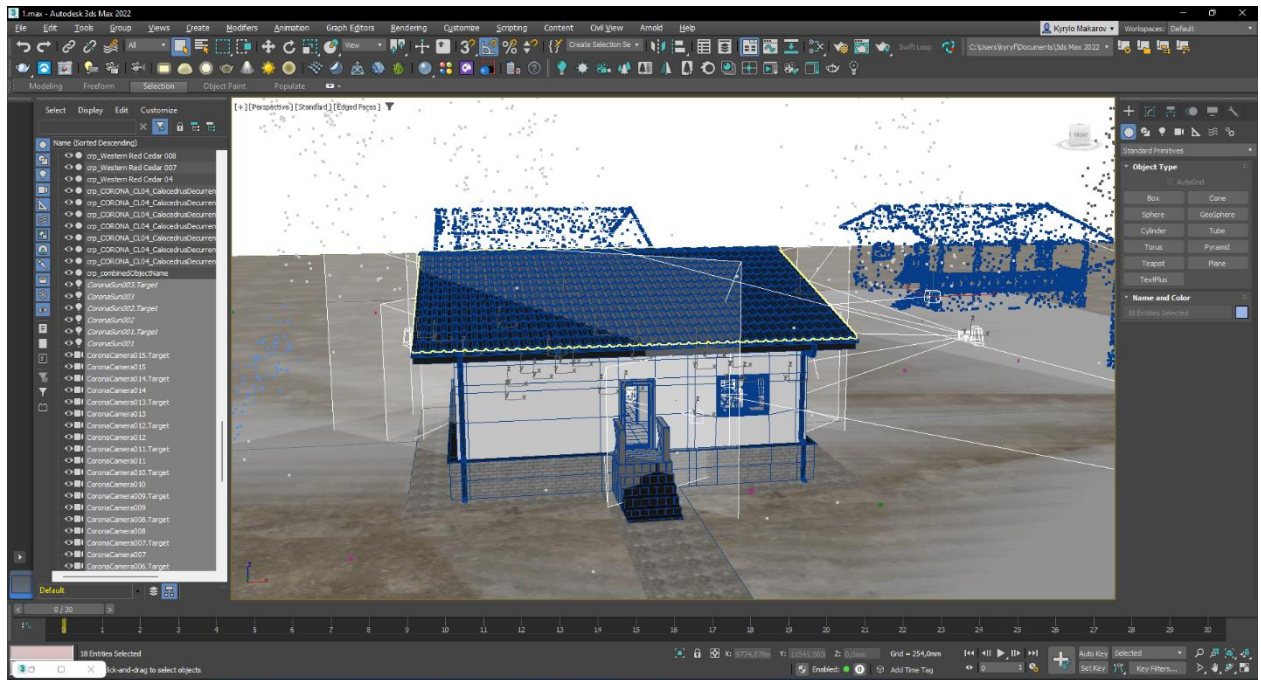


Рисунок 3.21 – Постановка камер та світла

Для освітлення інтер'єру котеджів також було змодельовано декілька ламп та світильників із застосуванням CoronaLight. Самі світильники було реалізовано за допомогою полігонального моделювання з використанням модифікатора TurboSmooth.

Основними параметрами CoronaLight, що використовувались є Intensity, Color та Shape. Параметр Intensity відповідає за інтенсивність світла, у вкладці Color можна редагувати колір світла за допомогою кольору, температури за Кельвином чи процедурної карти. Вкладка Shape відповідає за форму та розмір джерела світла.

Також для того, щоб саме джерело світла не було видно в рендері та при відображенні у зеркалі чи склі, потрібно було вимкнути усі параметри у вкладці Visibility (рис.3.22).

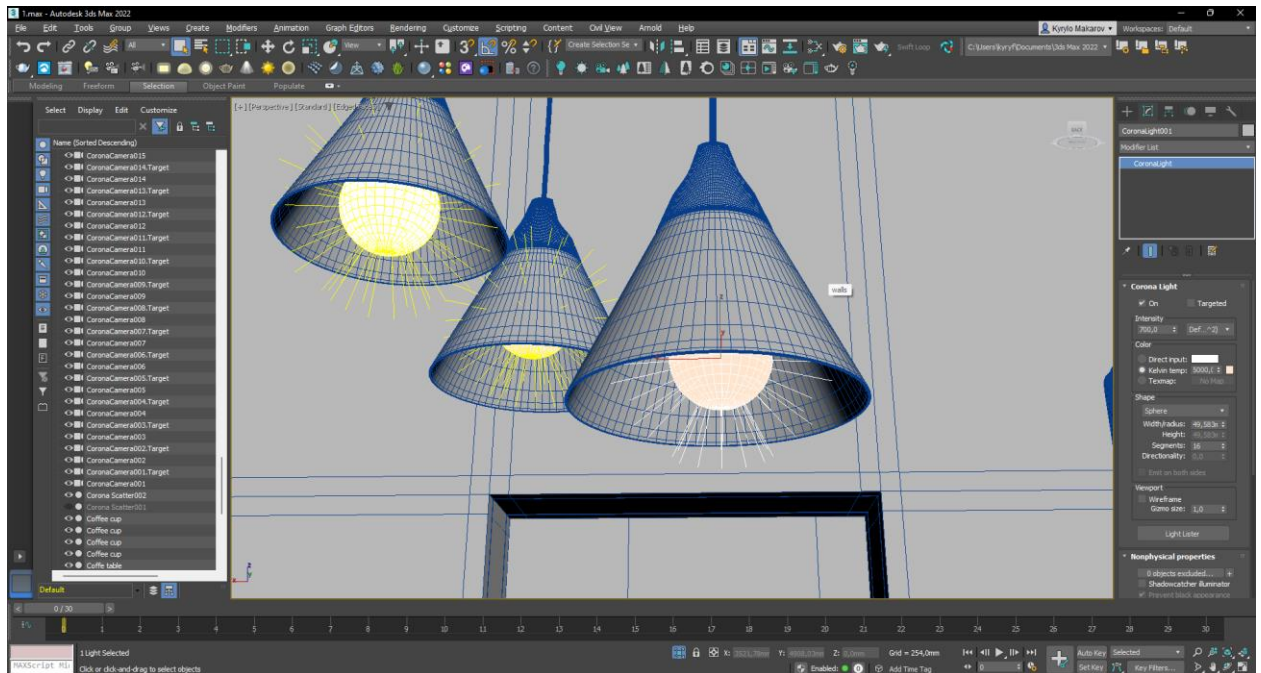


Рисунок 3.22 – Застосування CoronaLight

Щоб мати змогу продемонструвати котедж у денний та нічний час було використано функцію CoronaLightMix. Ця функція допомогла економити час рендерів та зробити фінальні зображення якіснішими. Після рендеру кожного ракурса було змінено властивості джерел світла відповідно з часом дня, тобто при денному світлі було ввімкнено CoronaSun та був світлішим CoronaSky, а у нічний час навпаки – були вимкнуті всі джерела світла CoronaSun та CoronaSky мав більш темніший колір та меншу інтенсивність, до того ж були ввімкнуті усі джерела світла CoronaLight, що освітлювали котедж зсередини.

Для візуалізації було створено 15 віртуальних камер. В параметрах камер налаштовано відстань від камери до цілі за допомогою параметра Target distance, також було визначено відстань, на якій знаходиться фокус лінзи за допомогою параметра Focal Length.

Для зручності рендеру та вирівнювання спотворених вертикальних ліній було використано параметр Automatic vertical tilt.

Кожна камера налаштована на найкращий ракурс. Це дозволяє виконати рендер якісно, відтворити на рендерах атмосферу бази відпочинку.

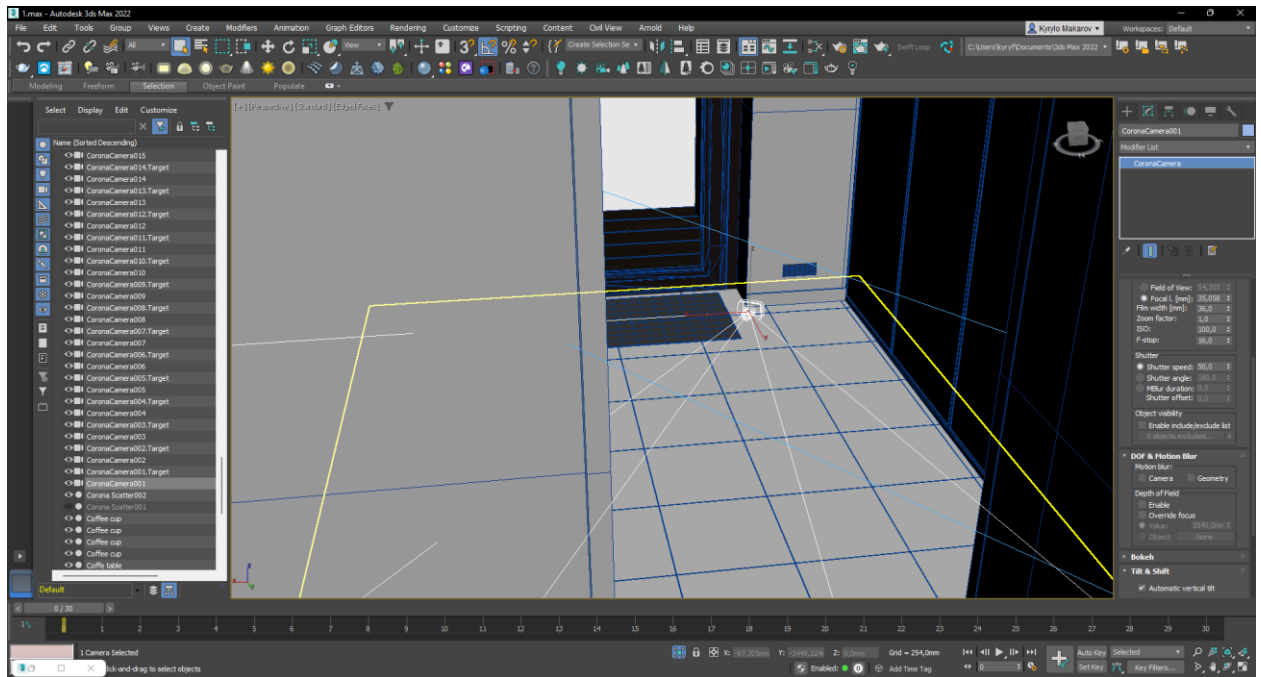


Рисунок 3.23 – Застосування CoronaCam

Після всіх налаштувань проведено фінальну візуалізацію сцени. Приклад деяких кадрів результату візуалізації в денний та нічний час наведено на рисунках 3.24 -3.26.



Рисунок 3.24 – Фінальна візуалізація вдень



Рисунок 3.25 – Фінальна візуалізація вночі



Рисунок 3.26 – Фінальна візуалізація інтер'єру

Таким чином можна зробити висновок, що поставлена задача виконана – розроблена та візуалізована 3D модель котеджа бази відпочинку.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту було визначено актуальність теми, проведено огляд останніх досліджень за темою диплома, проаналізовано відомі аналогічні проекти. В результаті сформульована постановка задачі та технічне завдання на проект.

Обрані засоби реалізації, які дозволять досягнути поставленої мети.

Проведено структурно-функціональне моделювання, представлено діаграму варіантів використання моделі та виконано планування ІТ-проекта.

На етапі практичної реалізації розроблено тривимірні моделі об'єктів інтер'єру та котеджу в цілому, моделі об'єктів навколишнього середовища. Для надання реалістичності моделям розроблено та налаштовано відповідні матеріали і текстури, відповідне освітлення, проведено візуалізацію готових моделей.

Розроблена модель котеджу призначена для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», яка була жорстоко зруйнована під час війни в Україні. Готову модель можна використати для відбудови котеджів.

Також після відбудови бази відпочинку, перед тим як завітати до комплексу, клієнти зможуть переглянути візуалізацію котеджу в форматі фотореалістичних зображень, матимуть змогу побачити котедж в денний та нічний час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. How virtual 3D modelling and simulation can help us create better cities [URL: <https://theconversation.com/how-virtual-3d-modelling-and-simulation-can-help-us-create-better-cities-88635> (дата звернення: 26.04.2022).
2. Virtual Brisbane. Brisbane City Council home page. URL: <https://www.brisbane.qld.gov.au/planning-and-building/planning-guidelines-and-tools/other-plans-and-projects/virtual-brisbane> (дата звернення: 26.04.2022).
3. Urban planning gets smarter with Virtual Singapore, a dynamic 3D model of the city-state. Latest Graphics News & Headlines, Top Stories Today - The Straits Times. URL: <http://graphics.straitstimes.com/STI/STIMEDIA/Interactives/2017/09/smart-nation/virtual-urban-planning.html> (дата звернення: 26.04.2022).
4. Construction, Cities & Territories. Dassault Systèmes®. URL: <https://ifwe.3ds.com/construction-cities-territories> (дата звернення: 26.04.2022).
5. База отдыха в Крыму. Студия 3D визуализации архитектуры и интерьеров "Мультиплекс". URL: <https://www.multiplex.su/work/53/677/> (дата звернення: 28.04.2022).
6. Велятин (Велятино) термальні води - комплекс відпочинку «Теплі води». Дороговказ. URL: https://ua.dorogovkaz.com/kompleks_teply_vody.php (дата звернення: 28.04.2022).
7. 3D визуализация базы отдыха URL: – Режим доступу до ресурсу: https://3d-advisor.ru/portfolio_page/recreation-center/ (дата звернення: 28.04.2022).
8. На Сумщині загарбники обстріляли будинок та базу відпочинку. Новини України і світу. Останні новини 2022 року сьогодні онлайн - Главком. URL: <https://glavcom.ua/news/na-sumshchini-zagarbniki-obstrilyali-budinok-ta-bazu-vidpochinku-828125.html> (дата звернення: 28.04.2022).

9. System requirements for Autodesk #ds Max 2022. – URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-3ds-Max-2022.html> (дата звернення: 30.04.2022).

10. Chaos Corona 6. URL: <https://corona-renderer.com/> (дата звернення: 30.04.2022).

11. What is Archicad? URL: <https://community.graphisoft.com/t5/Let-s-get-started/What-is-Archicad/ta-p/304208> (дата звернення: 30.04.2022).

12. AutoCAD: 2D and 3D CAD software trusted by millions to draft, engineer, and automate designs anywhere, anytime. URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 30.04.2022).

13. About Revit. URL: [https://knowledge.autodesk.com/support/revit/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html#:~:text=Revit%20is%20a%20design%20and,building%20information%20modeling%20\(BIM\)](https://knowledge.autodesk.com/support/revit/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html#:~:text=Revit%20is%20a%20design%20and,building%20information%20modeling%20(BIM)) (дата звернення: 30.04.2022).

14. Why SketchUp? URL: <https://www.sketchup.com/why-sketchup> (дата звернення: 30.04.2022).

15. 3ds Max: Create massive worlds and high-quality designs. URL: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=3DSMAX> (дата звернення: 30.04.2022).

16. 3D rendering software URL: <https://www.chaos.com/3d-rendering-software> (дата звернення: 30.04.2022).

17. Autodesk Arnold. URL: <https://www.arnoldrenderer.com/about/> (дата звернення: 30.04.2022).

18. Corona Chaos, history. URL: <https://corona-renderer.com/about> (дата звернення: 30.04.2022).

19. Marvelous Designer is the best solution for making, editing and reusing 3D clothes. URL: <https://www.marvelousdesigner.com/product/overview> (дата звернення: 05.05.2022).

20. RizomUV virtual spaces and real space - UV Mapping 3D Software. URL: <https://www.rizom-lab.com/> (дата звернення: 05.05.2022).

21. Doran, G. T. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. – 2013 – pp. 35-36.

22. How To Use Work Breakdown Structure As A Project Management Tool URL: <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-work-breakdown-structure/#:~:text=A%20work%20breakdown%20structure%2C%20or,deliverables%20into%20a%20single%20tool> (дата звернення: 30.04.2022).

23. Project Organizational Breakdown Structure (OBS) URL: <https://www2.lbl.gov/Ops/assets/docs/PMO/PMO%20Procedures/PMO-1.3%20Project%20Organizational%20Breakdown%20Structure.pdf> (дата звернення: 30.04.2022).

24. What is a Gantt Chart? URL: <https://www.gantt.com/> (дата звернення: 30.04.2022).

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Технічне завдання
на створення програмного продукту**

Візуалізація 3D моделі котеджа бази відпочинку «Сонячна галявина»

ПОГОДЖЕНО:

Доцент кафедри комп'ютерних наук

_____ Баранова І.В.

Студент групи ІТ-81

_____ Макаров К.О.

2022

1. Призначення і мета створення 3D моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина»

1.1 Призначення 3D моделі

Візуалізація 3D моделі призначена для підтримки, підвищення рейтингу та залучення нових клієнтів бази відпочинку «Сонячна галявина».

1.2 Мета створення інтернет магазину

Мета проекту – 3D моделювання котеджу для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», 3D візуалізація інтер'єру та екстер'єру готової моделі та реалізація фотореалістичного зображення.

1.3 Цільова аудиторія

Продукт призначений для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», яка була жорстоко зруйнована під час війни в Україні. Готову модель можна використати задля відбудови котеджів. Також після відбудови бази відпочинку, перед тим як завітати до комплексу, клієнти зможуть переглянути візуалізацію котеджу в форматі фотореалістичних зображень, матимуть змогу побачити котедж в денний та нічний час.

2 Вимоги до проекту

2.1 Вимоги до проекту в цілому

3D-модель повинна бути реалізована за допомогою 3Ds MAX 2022 для створення моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина», Corona Renderer 6 (Hotfix 2) для 3D візуалізації, створення матеріалів та текстурування усіх моделей в сцені.

Кінцевий продукт даного проекту має бути представлений якісною 3d моделлю, чіткою і сучасною візуалізацією екстер'єру та інтер'єру.

2.2 Структура сцени

Фінальна сцена має представляти собою модель котеджу всередині та зовні, моделі рослинності та елементів навколишнього середовища

Детальна структура сцени:

- Текстурована модель котеджу;
- Моделі меблів, побутових приладів, елементів інтер'єру;
- Моделі рослин, елементів екстер'єру таких як вуличні ліхтарі, огорожа, комплект вуличних меблів, мангал тощо.

2.3 Вимоги до 3d моделей

Усі створені моделі мають бути наближеними до справжніх об'єктів будівлі та якісно передавати елементи ландшафту та навколишнього середовища.

Основні вимоги до моделей:

- Модель має детально відтворювати будівлю всередині та зовні, деталі ландшафту;
- Створені текстури мають відповідати реальним матеріалам котеджу;
- Модель повинна бути реалізована за допомогою оригінальних креслень котеджу;
- Рослинність навкруги має відповідати справжньому ландшафту бази відпочинку.

2.4 Вимоги до текстур

Вимоги до текстур:

- Матеріал не має виглядати нечітко, розмито, розтягнуто тощо;
- Для кожного елемента будівлі чи навколишнього середовища повинні бути створені власні якісні матеріал та текстура;
- Текстура повинна бути з високою роздільною здатністю (не менше 1К);

– У фіналі модель повинна виглядати чітко, об'ємно та передавати реальний вигляд елементів котеджу.

2.5 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимоги для запуску програмного продукту 3Ds Max:

- Операційна система - Windows 10;
- CPU - 64-розрядний процесор Intel або багатоядерний AMD;
- GPU - 1GB і більше;
- ОЗУ - не менше 4 ГБ;
- Місце на диску – мінімум 9 ГБ

ДОДАТОК Б

ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Метою даного проекту є 3D моделювання котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина», візуалізація інтер'єру та екстер'єру готової моделі та реалізація фотореалістичного зображення.

Продукт призначений для реклами бази відпочинку «Сонячна галявина», яка була жорстоко зруйнована під час війни в Україні. Готову модель можна використати задля відбудови котеджів. Також після відбудови бази відпочинку, перед тим як завітати до комплексу, клієнти зможуть переглянути візуалізацію котеджу в форматі фотореалістичних зображень, матимуть змогу побачити котедж в денний та нічний час.

Розробка повинна завершитися у червні 2022 року. Даний продукт буде актуальним для використання мешканцями та гостями міста Суми.

Б.1 Деталізація мети проекту за допомогою SMART-методу

Результати деталізації мети даного проекту за допомогою SMART-методу представлено в таблиці Б.1 [21].

Таблиця Б.1 – Деталізація мети проекту

Specific	Реклама бази відпочинку «Сонячна галявина»
Measurable	Каталог зображень візуалізації котеджу
Achievable	Вересень – Листопад: дослідження предметної області та проведення аналізу аналогів 3D візуалізацій моделей. Січень – Травень: моделювання котеджу, створення матеріалів та текстурування кожної моделі. Червень: фінальна візуалізація сцени
Relevant	Для підвищення рейтингу та залучення нових клієнтів бази відпочинку
Time-framed	Є конкретний термін – червень 2022 р.

Б.2 Планування змісту робіт

WBS – орієнтована на результат ієрархічна декомпозиція роботи, яку має виконати команда проекту задля досягнення цілей проекту та створення необхідних результатів. Він організовує та визначає загальний обсяг проекту. Кожен нижчий рівень є все більш докладним визначенням роботи над проектом. WBS розбивається на робочі пакети. Орієнтація ієрархії на результати включає як внутрішні, і зовнішні результати. Структура декомпозиції робіт є інструментом управління проектами, який використовує покроковий підхід для завершення великих проектів з декількома рухомими частинами. Розбиваючи проект на дрібніші компоненти, WBS може поєднати обсяг, вартість та результати в єдиний інструмент. Хоча більшість WBS засновані на результатах, вони також можуть бути засновані на фазах [22]. Планування змісту структури робіт даного IT-проекту (WBS) здійснювалося за допомогою програми WBS Schedule Pro. Діаграма WBS зображена на рисунку Б.1.

Б.3 Планування структури виконавців

OBS проект – це опис проектної організації, влаштований для позначення відносин звітності у контексті проекту. OBS відбиває спосіб функціональної організації проекту. Це пряме уявлення та опис ієрархії та організацій, які нададуть ресурси для планування та виконання робіт, визначених у структурі робіт. OBS допомагає керівництву зосередитися на створенні найбільш ефективної організації, зважаючи на доступність та можливості управлінського та технічного персоналу, включаючи субпідрядників, для досягнення цілей проекту. OBS відображається в матриці розподілу відповідальності, де вона використовується для визначення організації та підзвітної за кожен елемент WBS та обсяг робіт [23]. Планування структури організації, для впровадження готового проекту (OBS)

здійснювалося за допомогою програми WBS Schedule Pro. Схему OBS представлено на рисунку Б.2.

Матрицю відповідальності за роботи по проекту представлено в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Матриця відповідальності

1	Створення 3d моделі котеджу бази відпочинку «Сонячна галявина2	Макаров К.О.
1.1	Дослідження предметної області	
1.1.1	Визначення актуальності дослідження	+
1.1.2	Аналіз існуючих продуктів-аналогів	+
1.1.3	Ідентифікація ідей	+
1.2	Розробка візуальної частини проекту	
1.2.1	Моделювання об'єктів	+
1.2.2	Створення матеріалів	+
1.2.3	Текстурування	+
1.2.4	Збір фінальної сцени	+
1.2.5	Візуалізація створеної моделі	+
1.2.6	Панорамна візуалізація створеної моделі	+
1.2.7	Постобробка рендерів	+
1.3	Створення програмної документації	

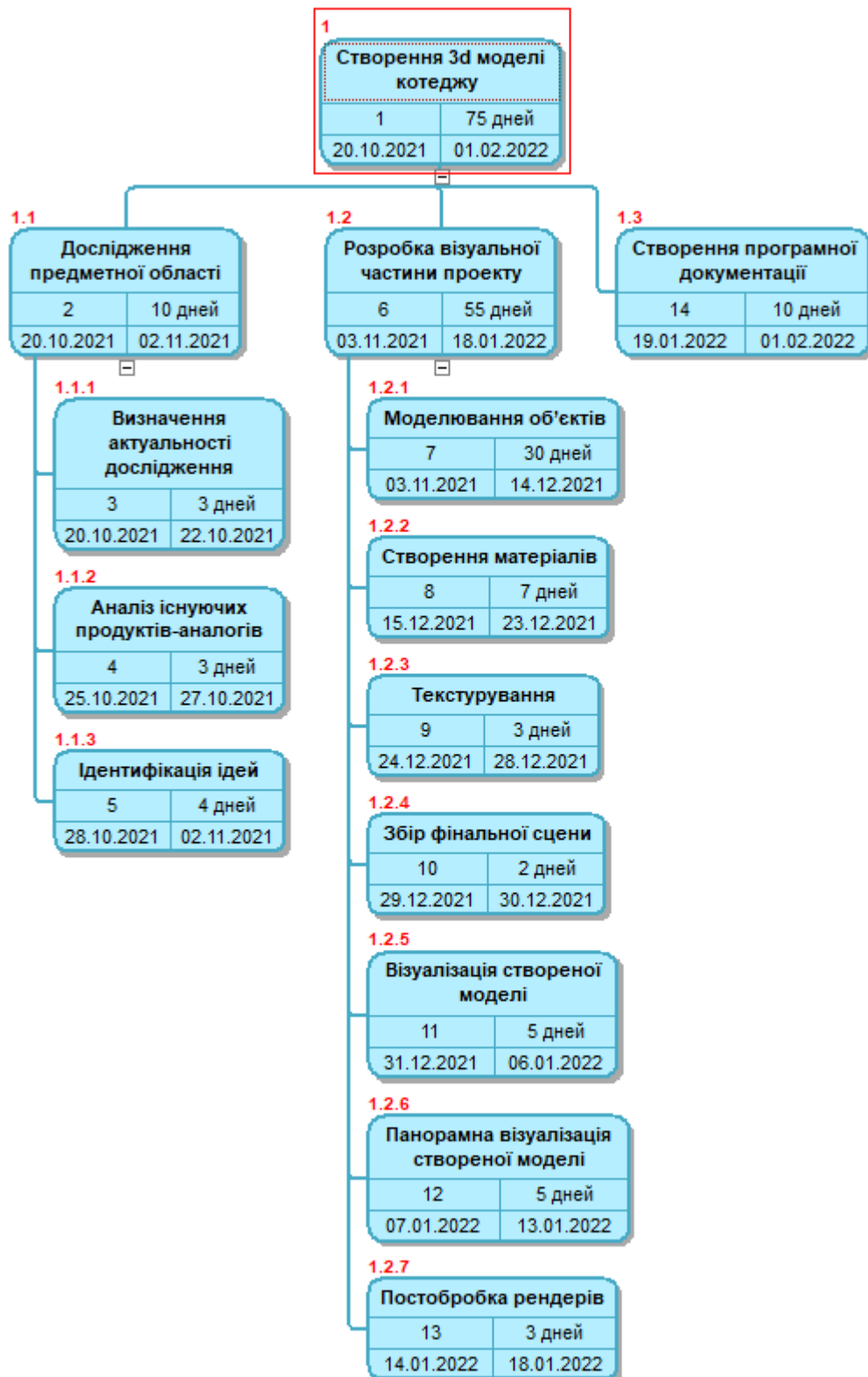


Рисунок Б.1 – Планування змісту структури робіт проекту WBS

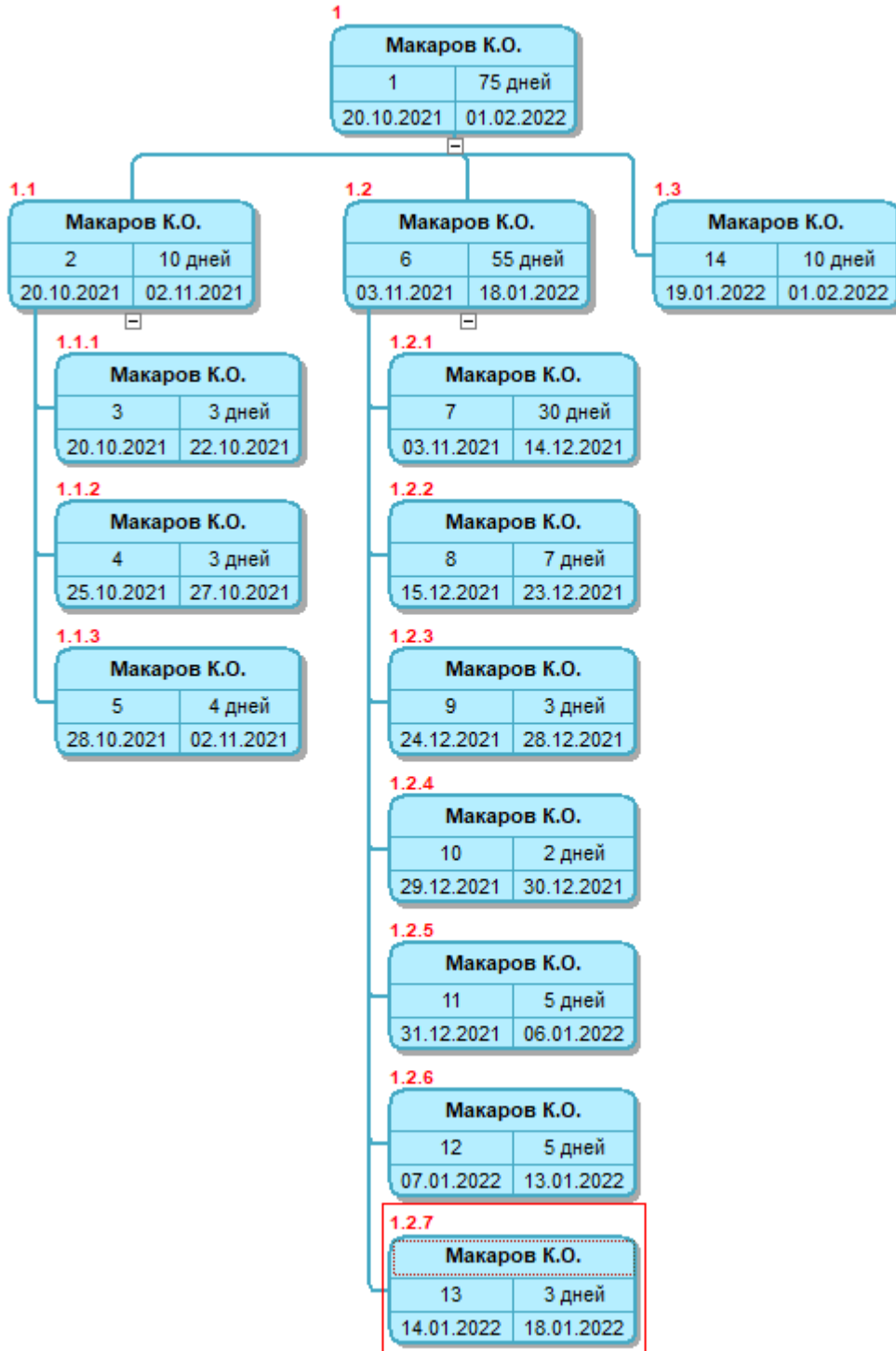


Рисунок Б.2 – Схема організаційної структури проекту OBS

Б.4 Календарний графік проекту

Діаграма Ганта побудована для того, щоб відстежувати основні метрики виконання проекту [24]. Вона наведена на рисунку Б.3.

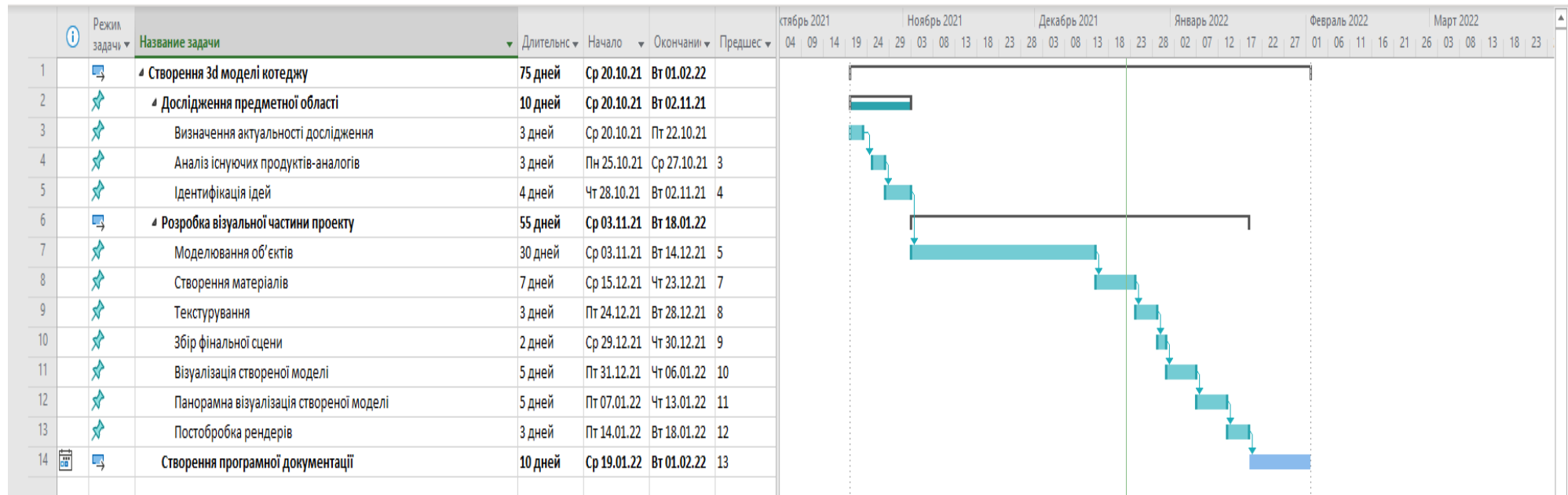


Рисунок Б.3 – Діаграма Ганта

Будь-яке рішення приймається в умовах ризику, ризик це подія, яка у разі своєї появи негативно або позитивно впливає на проект. Інформація про ідентифіковані ризики представлена у таблиці Б.3.

Таблиця Б.3 – Ідентифікація ризиків

№	Назва ризику	Ймовірність (0,1 – 0,9)	Вплив (0,05-0,8)	Ранг
1	Непорозуміння між розробником та замовником	0,1	0,2	0,02
2	Нечітке завдання	0,5	0,4	0,2
3	Збій програмного забезпечення	0,3	0,5	0,15
4	Поява альтернативного продукту	0,3	0,4	0,12
5	Помилки в моделюванні	0,5	0,6	0,3
6	Неоптимальний розподіл часу	0,2	0,2	0,04
7	Поломка обладнання	0,5	0,8	0,4
8	Втрата даних через відсутність резервних копій	0,2	0,1	0,01
9	Часте внесення змін у ТЗ	0,6	0,3	0,18
10	Проблеми з постачанням інтернету	0,2	0,3	0,06

Розподілення ризиків за їх впливом та імовірністю показано у таблиці Б.4. Шкала оцінювання за ризиками представлена у таблиці Б.5. Заходи реагування на виявлені ризики в проекті наявні у таблиці Б.6.

Таблиця Б.4 – Матриця імовірності та впливу

Ймовірність	Вплив загрози(ризику)				
	Дуже малий 0,05	Малий 0,1	Середній 0,2	Великий 0,4	Дуже великий 0,8
0,9					
0,7					
0,5				R2(0.2), R9(0,18)	R5(0.3), R7(0.4)
0,3			R10(0.06)	R4(0.12)	R3(0.15)
0,1		R8(0.01)	R1 (0.02), R6(0.04)		

Таблиця Б.5 – Шкала оцінювання за рівнем ризику

№	Назва	Межі	Ризик, які входять (номера)
1	Прийнятні	$0,005 \leq R \leq 0,05$	1,6, 8
2	Виправдані	$0,05 < R \leq 0,14$	4,10
3	Недопустимі	$0,14 < R \leq 0,72$	2, 3, 5, 7, 9

Таблиця Б.6 – Заходи реагування на виявлені ризики проекту

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг	План А	Тип стратегії реагування	План Б
1	Відкритий	Непорозуміння між розробником та замовником	Дуже низький	Середній	1	Налагодити комфортну комунікацію з замовником	Попередження	Вияснити причину непорозуміння, обговорити її та вирішити
2	Відкритий	Нечітке завдання на розробку	Середній	Великий	3	Обговорити з замовником усі вимоги. Періодично надавати замовнику інформацію про виконані етапи роботи.	Попередження	Виконати правки у завданні при виявленні невідповідностей
3	Відкритий	Збій програмного забезпечення	Низький	Дуже великий	3	Визначити можливість виникнення збоїв у роботі та можливі методи їх вирішення	Попередження	Замінити ПО
4	Відкритий	Поява альтернативного продукту	Низький	Великий	2	Провести повне дослідження альтернативних продуктів та обміркувати унікальність створеного проекту	Прийняття	

Продовження таблиці Б.6 – Заходи реагування на виявлені ризики проекту

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг	План А	Тип стратегії реагування	План Б
5	Відкритий	Помилки в моделюванні	Середній	Дуже великий	3	Детально проаналізувати завдання	Пом'якшення	При виникненні питань чи непорозумінь звернутися до замовника
6	Відкритий	Неоптимальний розподіл часу	Дуже низький	Середній	2	Оптимізувати роботу.	Прийняття	Поставити нові пріоритети
7	Відкритий	Поломка обладнання	Середній	Дуже великий	3		Прийняття	Усунути збої чи повністю замінити обладнання
8	Відкритий	Втрата даних через відсутність резервних копій	Дуже низький	Малий	1	Зберігати дані на хмарних носіях	Попередження	Почати зберігати дані на різних цифрових носіях
9	Відкритий	Часте внесення змін у ТЗ	Середній	Середній	2	Обговорити усі питання по проекту із замовником.	Зменшення	У разі необхідності внести правки
10	Відкритий	Проблеми з постачанням інтернету	Дуже низький	Середній	3	Проаналізувати усіх провайдерів міста	Зменшення	Змінити постачальника послуг інтернета