

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

комп'ютерних наук,

канд. техн. наук , доцент

Ірина МАШКІНА

« ____ » _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма 122.00.01 Інформатика

Тема: Розробка 3D-моделі інтер'єру житлового простору

Виконав

студент групи Інб1–21–4.0д

Германович Владислав

Сергійович

(підпис)

Науковий керівник

Доцент, кандидат технічних
наук

Рзаєва Світлана Леонідівна

(підпис)

Київ - 2025

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»

Завідувач кафедри комп'ютерних
наук,

(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ

(підпис)

« _____ » _____ 202 _____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
«Розробка 3D-моделі інтер'єру житлового простору»

Виконавець – студент(ка) групи ІНб-1-хх-4.0д,
спеціальності 122 Комп'ютерні науки, освітньої
програми 122.00.01 Інформатика
ПІБ

1. Вихідні дані: Законодавча та методологічна база щодо використання цифрових технологій у дизайні середовища. Праці, присвячені 3D-моделюванню, архвізуалізації, застосуванню Blender, Cycles, PBR-текстур та рушіїв реального часу. Практичні напрацювання у сфері візуалізації інтер'єру, включно з документацією Blender, матеріалами онлайн-курсів та open-source бібліотеками (Polyhaven, BlenderKit). 2. Основні завдання: Здійснити огляд літератури з питань 3D-моделювання інтер'єрів та інструментів, які застосовуються для створення фотореалістичних сцен. Визначити мету, об'єкт і предмет дослідження, сформуванати стилістичну концепцію інтер'єру. Сформуванати технічне завдання на розробку моделі: параметри сцени, кількість об'єктів, формат, вимоги до освітлення, текстур, камер, рендеру. Розробити структуру робочого процесу: створення мудборду та збір референсів; побудова базової геометрії приміщення та меблів; моделювання декоративних елементів; UV-розгортка, текстурування, створення PBR-матеріалів; налаштування освітлення, камер, композиції; рендеринг сцени з подальшою постобробкою. Обрати середовище розробки — Blender 3.6 LTS — та обґрунтувати його переваги для даного типу завдань. Провести фінальне тестування сцени: перевірка матеріалів у Viewport, рендеринг основних ракурсів, аналіз результатів. Оцінити відповідність проєкту початковому технічному завданню. Провести аналіз можливостей застосування створеної моделі в архітектурній практиці, дизайні інтер'єрів, віртуальних презентаціях, інтерактивних середовищах (Unreal Engine, Unity). Оформити пояснювальну записку відповідно до методичних рекомендацій кафедри. Підготувати тези виступу або наукову доповідь за темою кваліфікаційної роботи.

3. Пояснювальна записка: Обсяг – до 45 стор. формату А4
комп'ютерного набору з дотриманням вимог стандарту і
методичних рекомендацій кафедри.

4. Графічні матеріали: не передбачено.

5. Додатки: не передбачено

6. Строк подання роботи на кафедру: « _____ » _____ 2025 р.

Науковий керівник

Науковий ступінь, звання

_____ ПІБ

_____ дата

Виконавець:

_____ ПІБ

_____ дата

РЕФЕРАТ бакалаврської роботи

Кваліфікаційна робота: с., рис., табл., посилань.

Актуальність: у сучасному цифровому світі візуалізація інтер'єрів за допомогою 3D-моделювання є невід'ємною складовою архітектурного проєктування, дизайну середовища та віртуальної презентації. Розробка реалістичних інтер'єрів із використанням Blender дозволяє зменшити витрати на фізичне макетування, прискорити погодження з клієнтами та підвищити якість дизайнерських рішень.

Об'єкт дослідження: житловий інтер'єр у цифровому тривимірному середовищі.

Предмет дослідження: методи та інструменти створення 3D-моделі інтер'єру з фотореалістичним візуальним представленням.

Мета роботи: створення фотореалістичної 3D-моделі житлового інтер'єру з урахуванням функціонального зонування, матеріалів, освітлення та ракурсів.

Завдання:

- провести огляд сучасних методів моделювання інтер'єрів;
- визначити стилістичну концепцію та технічні параметри сцени;
- створити 3D-модель приміщення та меблів у Blender;
- реалізувати UV-розгортки, текстурування, налаштування матеріалів;
- виконати рендеринг сцени з кількох ракурсів у рушії Cycles;
- оцінити якість результату й можливості інтеграції моделі в дизайн-проекти.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ: у процесі роботи було створено повноцінну 3D-модель інтер'єру квартири з кількома функціональними зонами. Всі моделі виконані вручну, з оптимізованою топологією та фізично-коректними PBR-матеріалами. Реалізовано якісне природне та штучне освітлення, виконано фотореалістичний рендер сцени. Вперше в рамках навчального проєкту здійснено повний цикл — від мудборду до готової візуалізації — з використанням виключно Blender.

Практичне значення дослідження: полягатиме у впровадженні розробленої 3D-моделі в архітектурну візуалізацію, презентації дизайнерських рішень, інтерактивні VR/AR-середовища або як частину професійного портфоліо.

Ключові слова: 3D-моделювання, інтер'єр, Blender, Cycles, візуалізація, PBR-текстури, освітлення, шейдер, дизайн, фотореалізм

ВСТУП

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПИТАНЬ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕР'ЄРІВ	3
1.1 Аналіз сучасних підходів до 3D-моделювання інтер'єрів	3
1.2 Огляд інструментів та програмних середовищ для моделювання	4
1.3 Вимоги до дизайну житлового простору та особливості 3D-візуалізації	

5

Висновок до розділу 1	7
2 МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ	8
2.1 Вибір стилістичного рішення та визначення концепції інтер'єру	8
2.2 Підготовка технічного завдання та етапи розробки	9
2.3 Вибір програмного забезпечення та середовища моделювання	11
2.5 Робота з матеріалами, освітленням та камерами	18
2.5.1 Матеріали	18
2.5.2 Освітлення	18
2.5.3 Камери	19
2.6 Текстурування та рендеринг фінальної сцени	21
Висновки до розділу 2	25
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	27
3.1 Представлення готової 3D-моделі інтер'єру	27
3.2 Демонстрація фотореалістичних рендерів	28
3.3 Аналіз відповідності результату технічному завданню	30
3.4 Оцінка можливостей інтеграції моделі в архітектурні чи дизайн-проекти	31
Висновки до розділу 3	31
ВИСНОВОК	33

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі візуалізація ідей набуває особливого значення в архітектурі, дизайні та будівництві. Технології тривимірного моделювання (3D) дозволяють не лише передати задум автора, а й забезпечити гнучке та наочне планування житлового простору ще до початку фізичного втілення проєкту. Це робить 3D-моделювання незамінним інструментом у роботі дизайнерів інтер'єру, архітекторів, забудовників і клієнтів.

На основі аналізу сучасної науково-технічної літератури та практичних розробок у сфері візуалізації просторових середовищ, можна стверджувати, що існує значна потреба у створенні високоякісних, реалістичних моделей інтер'єрів з використанням сучасних програмних засобів. Проблематика, пов'язана з точністю передання матеріалів, освітлення та просторових рішень, потребує постійного вдосконалення підходів та інструментарію.

Мета роботи — створення 3D-моделі інтер'єру житлового простору з урахуванням функціональних, естетичних та технічних вимог до дизайну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих програмних засобів для 3D-моделювання інтер'єрів;
- визначити концепцію та стилістику житлового простору;
- виконати побудову базових елементів простору: приміщення, меблів, декоративних об'єктів;
- реалізувати текстурування, освітлення та рендеринг сцени;
- оцінити результати моделювання та відповідність початковим вимогам.

Об'єкт дослідження — процес 3D-моделювання інтер'єру.

Предмет дослідження — засоби та методи реалізації тривимірної візуалізації житлового простору.

Методи дослідження — порівняльний аналіз, практичне моделювання, візуалізація, ітеративне проектування, робота з 3D-редакторами.

Практична значущість роботи полягає в можливості застосування розробленої 3D-моделі в дизайн-проектах, архітектурних візуалізаціях, презентаціях для замовників, а також у VR/AR-рішеннях.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПИТАНЬ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕР'ЄРІВ

1.1 Аналіз сучасних підходів до 3D-моделювання інтер'єрів

3D-моделювання інтер'єрів — це процес створення віртуального тривимірного простору, який відображає структуру, функціональне зонування та візуальні характеристики приміщення. Візуалізація інтер'єру за допомогою 3D-графіки дозволяє не лише бачити майбутній результат до реалізації, але й ефективно вносити зміни на етапі проєктування, що значно економить ресурси у подальшому [13], [26].

Сучасні підходи до 3D-моделювання інтер'єрів формуються на перетині архітектурного дизайну, комп'ютерної графіки та психології сприйняття простору. Виділяють декілька базових етапів, які зазвичай присутні в кожному проєкті:

- створення базової геометрії приміщення (стіни, стеля, підлога);
- моделювання об'єктів наповнення (меблі, декор, освітлення);
- нанесення матеріалів та текстур;
- налаштування освітлення та камер;
- фотореалістичний рендеринг або інтерактивна візуалізація.

На практиці існує два основні підходи:

1. полігональне моделювання, що базується на побудові об'єктів із примітивів (мешів) з подальшим їх редагуванням. Такий підхід є гнучким і широко використовується у Blender, 3ds Max, Maya тощо [13], [29], [30].

2. процедурне або параметричне моделювання, що дозволяє будувати об'єкти на основі набору правил або параметрів. Цей метод є більш ефективним для повторюваних елементів або генеративного дизайну.

У професійній практиці дизайнери інтер'єру часто використовують рендер-руші на кшталт Cycles, V-Ray, Corona Renderer, що дозволяють отримати фотореалістичні зображення зі складною системою освітлення, глобального освітлення (GI), рефлексій, заломлення, фізичних властивостей матеріалів тощо [20], [30].

Останнім часом активно розвиваються інтерактивні підходи до візуалізації з використанням рушіїв Unreal Engine або Unity, що дозволяють створювати VR/AR-простори та інтерактивні презентації [9], [32].

Підсумовуючи, можна стверджувати, що розвиток технологій 3D-моделювання відкриває нові горизонти для візуального проєктування, дозволяючи дизайнерам створювати точні та естетично довершені віртуальні моделі житлових інтер'єрів, що максимально відповідають потребам замовника.

1.2 Огляд інструментів та програмних середовищ для моделювання

Розробка 3D-моделі інтер'єру потребує використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке забезпечує гнучкий інтерфейс, високу точність геометрії, широкий набір інструментів для текстурування, освітлення, візуалізації та подальшого експорту сцени. У цій роботі основний акцент зроблено на використанні Blender як універсального, відкритого й безкоштовного середовища для 3D-моделювання та рендерингу.

Серед основних інструментів, що використовуються в інтер'єрному 3D-моделюванні, можна виділити:

Blender — багатофункціональний пакет з відкритим кодом, який дозволяє моделювати, текстурувати, налаштовувати матеріали, освітлення, камери, а також рендерити сцени з використанням рушіїв Cycles або Eevee. Blender підтримує роботу з PBR-матеріалами, імпортує формати *.obj, *.fbx, *.dae, *.glTF, а також дозволяє створювати UV-розгортки та випікати карти нормалей і освітлення. Завдяки постійним оновленням та активній спільноті Blender став популярним у сфері візуалізації інтер'єрів, архітектурної презентації та віртуального туризму.

3ds Max + V-Ray/Corona Renderer — класичний вибір багатьох архітекторів і дизайнерів. Завдяки тісній інтеграції з CAD-інструментами та широкому комерційному застосуванню є стандартом у деяких студіях, однак потребує комерційної ліцензії.

SketchUp — зручний для швидкого створення примітивної геометрії інтер'єрів, однак обмежений у роботі з органічними формами та фотореалістичними рендерами без додаткових плагінів.

Unreal Engine / Unity — рушії реального часу, які використовуються для створення інтерактивних середовищ, в тому числі VR/AR-переглядів інтер'єрів. Для інтеграції з Blender доступні офіційні плагіни (Blender-to-Unreal).

Substance 3D Painter — використовується як допоміжний інструмент для створення високоякісних PBR-текстур і карт нормалей, особливо для деталізації меблів чи об'єктів декору.

Для виконання цієї роботи було обрано Blender 3.6 LTS як основне середовище розробки через такі переваги як: безкоштовна ліцензія та відкритий код; підтримка фізично коректного рендерингу (PBR); висока якість результатів у рушії Cycles; зручна система роботи з колекціями, камерами та матеріалами; можливість створення UV-розгортки і випікання текстур; активна спільнота, безліч уроків, аддонів та шаблонів [7], [13], [26].

Таким чином, обрані інструменти відповідають вимогам до професійної візуалізації інтер'єрів та забезпечують можливість реалізації повного циклу проєктування від ідеї до фотореалістичного зображення.

1.3 Вимоги до дизайну житлового простору та особливості 3D-візуалізації

При створенні 3D-моделі інтер'єру важливо враховувати не лише технічні аспекти моделювання, але й функціональні та естетичні вимоги до організації житлового простору. Якість візуалізації напряму залежить від того, наскільки вдало поєднано архітектурну логіку приміщення, дизайнерські принципи, закони композиції та технічну реалізацію сцени у 3D-середовищі.

Основні вимоги до дизайну інтер'єру житлового простору:

- функціональність — кожна зона має відповідати своїй меті (кухня, відпочинок, робота тощо); важливо забезпечити зручну навігацію та ергономіку.
- естетика — стиль оформлення повинен бути гармонійним, з урахуванням колірної палітри, освітлення, фактур і композиційного балансу.
- пропорції та масштаб — меблі й елементи декору мають відповідати реальним розмірам, щоб уникнути викривлень сприйняття у 3D-моделі.
- зонування простору — важливо візуально і функціонально виділити зони без перевантаження сцени.
- освітлення — має враховувати як денне (природне), так і штучне освітлення, з його відбиттям у матеріалах.

Особливості 3D-візуалізації інтер'єру в Blender представлені в таб. 1.1

Таблиця 1.1 – Особливості візуалізації в Blender

<i>Елемент</i>	<i>Вимоги</i>	<i>Особливості реалізації в Blender</i>
Масштаб	Відповідність реальним розмірам (меблі, приміщення)	Встановлення одиниць виміру (Metric), масштаб 1:1
Освітлення	Поєднання природного та штучного, фізична коректність	HDRI для денного світла, Area/Point Light для локального
Матеріали та текстури	Використання PBR-текстур (color, roughness, normal, metallic)	Налаштування через Shader Editor, використання UV
Камера	Реалістична перспектива, композиційне розміщення	DOF, focal length (35–50mm), правило третин
Колористика	Гармонійна палітра, відповідність обраному стилю	Контроль через матеріали та світло

Продуктивність сцени	Оптимізація полігонів, використання інстансів	Колекції, інстанси (linked duplicates), LOD
----------------------	---	---

Висновок до розділу 1

У результаті аналізу літературних джерел, інструментів та методологічних підходів до 3D-моделювання інтер'єрів було встановлено, що сучасне тривимірне проектування є мультидисциплінарним процесом, який об'єднує технічні знання, естетичне бачення та глибоке розуміння архітектурного середовища.

Огляд сучасних підходів підтвердив, що найбільш поширеними методами залишаються полігональне та процедурне моделювання, а ключовими етапами розробки інтер'єру є побудова геометрії, моделювання об'єктів, робота з матеріалами, налаштування освітлення та фотореалістичний рендеринг. Серед програмного забезпечення домінують такі середовища, як Blender, 3ds Max, SketchUp, Substance Painter, Unreal Engine, кожне з яких має свої переваги залежно від типу задачі.

Найбільш оптимальним рішенням для реалізації цього проєкту було визнано Blender 3.6 LTS, який завдяки своїй гнучкості, відкритому коду та активній спільноті забезпечує повний цикл створення інтер'єру — від базової моделі до фотореалістичної візуалізації з підтримкою фізично коректного рендерингу (Cycles).

Окрему увагу було приділено функціонально-естетичним вимогам до житлового простору, що включають масштабність, освітлення, ергономіку, композицію та колористику. Результати аналізу дозволили сформулювати чіткі критерії, яким має відповідати майбутня 3D-модель інтер'єру, а також визначити технічні особливості реалізації цих вимог у середовищі Blender.

Таким чином, теоретичне підґрунтя, викладене в цьому розділі, створює основу для практичної реалізації моделі у наступних етапах роботи.

2 МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ

2.1 Вибір стилістичного рішення та визначення концепції інтер'єру

Першим етапом при створенні 3D-моделі інтер'єру є визначення стилістичної концепції, яка формує загальний настрій простору, впливає на планування, вибір матеріалів та освітлення. У межах цього проєкту було прийнято рішення реалізувати інтер'єр у сучасному стилі з елементами мінімалізму та природного затишку.

Для візуального структурування ідей створено мудборд (рис. 2.1), який об'єднує ключові референсні зображення, що ілюструють основні композиційні та стилістичні акценти:



Рисунок 2.1. Мудборд інтер'єру житлового простору

Джерело: розроблено автором на основі Unsplash

Основні стилістичні ознаки, сформовані на основі мудборду: колористика: теплі нейтральні відтінки — світле дерево, бежеві та сірі тканини, природні текстури; матеріали: натуральне дерево, м'яка шкіра, фактурні тканини, прозоре та тоноване скло, металеві акценти; меблі: мінімалістичні форми без візуального перевантаження — з акцентом на комфорт і функціональність; освітлення: поєднання природного освітлення через великі вікна з локальним; атмосфера: спокій, простота, впорядкованість, з теплим емоційним настроєм.

Розподіл зон на основі концепції

Виходячи з обраного стилю, приміщення поділяється на кілька функціональних зон. Вітальня зона з великим м'яким диваном, журнальним столиком і панорамними вікнами (референс: верхнє ліве зображення). Спальня — мінімалістична, з теплим світлом і нейтральною палітрою (верхнє праве зображення). Кухня-їдальня — дерев'яний обідній стіл у поєднанні з темними фасадами кухні (нижнє зображення).

Розроблений мудборд став основою для побудови візуальної стратегії всього проєкту. Саме ці референси визначають формальну стилістику, палітру матеріалів, освітлення та загальну композиційну логіку, які будуть відтворені у 3D-сцені в середовищі Blender.

2.2 Підготовка технічного завдання та етапи розробки

Створення 3D-моделі інтер'єру передбачає чітку структуризацію робочого процесу. Для цього на початковому етапі було сформовано технічне завдання, яке включає ключові параметри майбутньої сцени, обмеження, вимоги до візуальної стилістики, деталізації, формату рендеру та цільового застосування.

Основні параметри технічного завдання зображено на таб. 2.1

Таблиця 2.1 – Технічне завдання

Параметр	Вимоги
Призначення моделі	Візуалізація інтер'єру житлового простору (вітальня, кухня, спальня)
Стиль	Сучасний мінімалізм з елементами натуральності
Формат сцени	Blender (.blend), можливість експорту в .fbx/.obj/.glTF
Рендер-рушій	Cycles (GPU), фотореалістична візуалізація
Роздільна здатність рендера	1920x1080 (Full HD), пропорції 16:9
Кількість камер	3 (загальний план, крупний кадр, інтер'єрний кут)
Матеріали	PBR-матеріали з UV-розгортками
Освітлення	Комбіноване (HDRI + локальні джерела)
Орієнтовна кількість об'єктів	40–60, включаючи меблі, декор, вікна, освітлення
Зони	Вітальня, кухня-їдальня, спальня

Для досягнення якісного результату роботу поділено на логічні етапи, які зображені на таб. 2.2

Таблиця 2.2 – Етапи виконання

Етап	Опис
Збір референсів та концептуалізація	Створення мудборду, підбір зображень, що відображають стиль, меблі, освітлення.
Технічне планування	Створення технічного завдання, встановлення метричних налаштувань сцени (одиниці — метри).
Створення геометрії простору	Моделювання стін, підлоги, віконних прорізів, стелі, розрахунок пропорцій приміщення згідно із референсами.

Моделювання об'єктів інтер'єру	Створення меблів (диван, столи, полиці тощо), декоративні елементи (вази, лампи, книги, картини).
UV-розгортка та текстурювання	Створення UV-карт, накладання PBR-текстур: base color, roughness, normal, metallic
Освітлення та налаштування камер	Використання HDRI-карти для основного денного освітлення, додавання локального світла (лампи, світильники), налаштування камер (вибір фокусної відстані, DOF).
Рендеринг та постобробка	Налаштування параметрів рендеру: samples, denoising, light paths, вивід зображень у форматі .PNG, легка кольорова корекція при потребі.
Аналіз та оцінка результатів	Порівняння з технічним завданням, перевірка на відповідність стилю та композиції.

Таким чином, підготовка технічного завдання й поетапна реалізація дозволяють досягти структурованого робочого процесу, що є основою для якісного результату в 3D-візуалізації інтер'єру.

2.3 Вибір програмного забезпечення та середовища моделювання

На етапі реалізації 3D-моделі інтер'єру важливим є вибір відповідного програмного забезпечення, яке забезпечить повний цикл: від побудови геометрії до рендерингу фотореалістичних зображень. У межах цього проєкту було обрано Blender 3.6 LTS як основне середовище для моделювання, текстурювання та візуалізації сцени.

При відборі середовища (Blender 3.6 LTS) для моделювання враховувалися чинники, як:

1. ліцензія: безкоштовна;

2. платформа: Windows, Linux, macOS;
3. рівень фотореалізму: високий (Cycles), реального часу (Eevee);
4. наявність PBR-пайплайну: повноцінна підтримка PBR-матеріалів, node-based workflow;
5. розширюваність: величезна кількість аддонів (зокрема для архіву: Archipack, Asset Browser);
6. розвиток спільноти: активна база користувачів, навчальні ресурси, плагіни, документація;
7. рендеринг: Cycles (CPU/GPU), Eevee (реального часу);
8. експорт: .FBX, .OBJ, .GLTF, .STL, .USDZ — для інтеграції з іншими системами.

Основні модулі Blender, які використовуються в проєкті представлені у таб. 2.3

Таблиця 2.3 – Модулі, які використовуються у проєкті

<i>Модуль</i>	<i>Призначення</i>
Modeling	Полігональне моделювання об'єктів приміщення та меблів
UV Editing	Побудова UV-розгортки для текстуровання
Shading (Shader Editor)	Побудова вузлової системи матеріалів із PBR-текстурами
Cycles Render Engine	Фотореалістичний рендеринг з підтримкою глобального освітлення та caustics
Compositing	Мінімальна постобробка зображень (в разі потреби)
Asset Browser	Повторне використання моделей і матеріалів із бібліотеки

Camera & Lighting Setup	Налаштування фізично коректного освітлення та камер
-------------------------	---

Обґрунтування вибору

Blender дозволяє повністю реалізувати етапи, передбачені технічним завданням: створення геометрії, налаштування матеріалів, освітлення та камери, а також високоякісний фотореалістичний рендеринг за допомогою рушія Cycles. Завдяки відкритій екосистемі, активній спільноті та відсутності ліцензійних витрат Blender є оптимальним рішенням для індивідуального архівіза-проекту у форматі кваліфікаційної роботи.

Розробка базових об'єктів приміщення, меблів та декору

На цьому етапі було виконано моделювання основних елементів сцени інтер'єру — з урахуванням загальної концепції, стилістичного рішення та заданих розмірів приміщення. Базові геометричні об'єкти приміщення включали: стіни, підлогу та стелю; віконні прорізи та двері з урахуванням пропорцій обраної архітектури; основні меблі, як-от: диван, ліжко, тумби, шафа, обідній стіл та стільці.

Для створення моделей було використано програму Blender, що дозволила працювати з полігональним моделюванням у реальному часі. У процесі моделювання дотримувалися наступні принципи:

- оптимізація топології — всі об'єкти створювались з мінімальною необхідною кількістю полігонів без втрати якості форм.
- реальні габарити — габарити меблів відповідали типорозмірам, притаманним сучасним інтер'єрам.
- функціональність — розміщення меблів і декору забезпечує зручне пересування користувача по простору.

Окрему увагу приділено створенню декоративних елементів, які надають інтер'єру завершеного вигляду та зображені на рис. 2.2 та рис. 2.3: килимів, настільних ламп, штор, подушок, декоративних ваз та ін. Для цього використовувались як авторські моделі, так і бібліотеки об'єктів (BlenderKit,

Polyhaven), що були попередньо адаптовані до загального стилю сцени [7], [21].

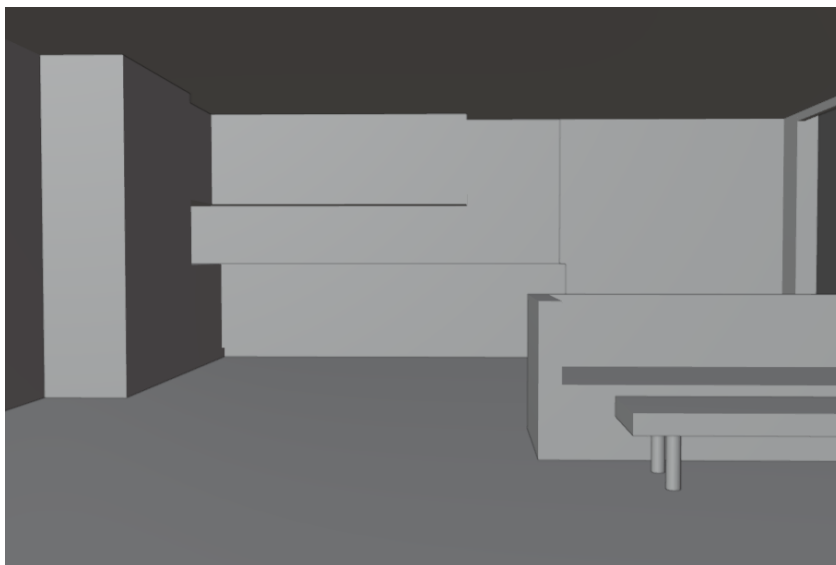


Рисунок 2.2 — Базова сцена з основним об'ємом приміщення

Джерело: розроблено автором.



Рисунок 2.3 — Моделі основних меблів інтер'єру: стіл, стілець, диван, журнальний столик

Джерело: розроблено автором.

У процесі створення інтер'єру було змодельовано меблі, кожен об'єкт яких створювався вручну, без застосування готових бібліотек.

Основні етапи моделювання меблів:

1. Диван: створено на базі модифікованого куба. Сидіння та спинка формувались за допомогою інструменту loop cut для уточнення геометрії, з подальшим застосуванням subdivision surface. Подушки були змодельовані із застосуванням cloth simulation та sculpt mode (inflate, grab, pinch) для природної деформації форми.
2. Стілець: каркас побудовано за допомогою екструзії (extrude) та інструменту bevel. Спинки створювались шляхом масиву вертикальних ребер, які деформувалися модифікатором curve, і були з'єднані зі спинкою та сидінням.
3. Обідній стіл: конструкція ніжок — результат копіювання та віддзеркалення базового профілю з подальшим застосуванням boolean union для злиття. Стільниця — проста площина з bevel-обробкою по краях.
4. Журнальний столик: створений з простих циліндрів (ніжки) та деформованої площини (стілниця), які було об'єднано у єдиний об'єкт. Основна увага приділялась цікавій формі стільниці — вона модифікувалась вручну шляхом переміщення вершин.

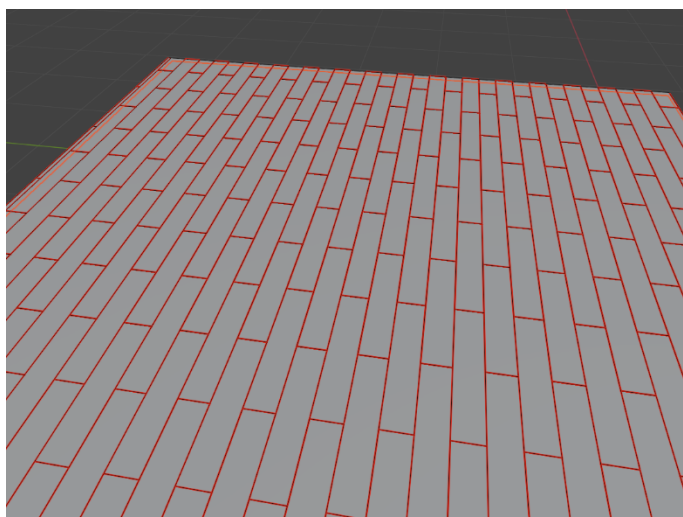


Рисунок 2.4 — Геометрія підлоги, створена за допомогою JArch Vis (режим Edit з виділеними швами)

Джерело: розроблено автором.

Окрему увагу було приділено створенню реалістичної дерев'яної підлоги, (рис 2.4) яка не лише виконує декоративну функцію, а й значно впливає на сприйняття інтер'єру.

Для її генерації був використаний аддон JArch Vis, що дозволяє автоматично створювати модульну підлогу з дошками (floor planks) з параметричними налаштуваннями:

Тип розкладки: «Running Bond» (перехресна укладка зі зсувом)

Ширина дощок: задана вручну (відповідає реальній дошці 15×90 см)

Глибина швів: налаштована на 0.02 м, щоб візуально читались лінії між планками

Кількість рядків та зміщення: адаптовані під розміри приміщення

Створена сітка була автоматично розділена (edge split) для покращення передачі світла на рендері, а також оптимізована вручну — видалено зайві геометричні повтори по краях.

Це рішення дозволило уникнути пласких текстур і досягти повноцінного геометричного рельєфу, який добре працює разом із displacement-картою при рендері у Cycles (рис. 2.5 та рис. 2.6).



Рисунок 2.5 — Елементи декору на фінальній стадії моделювання

Джерело: розроблено автором.

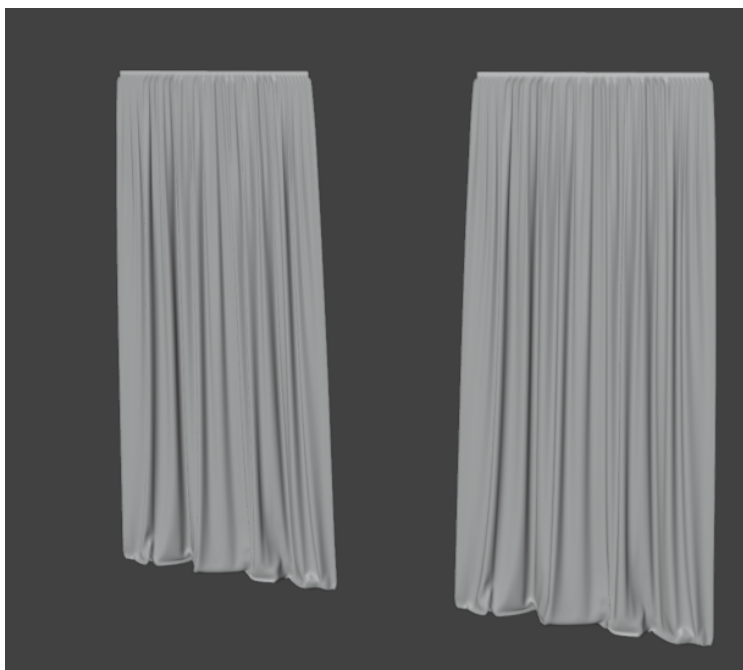


Рисунок 2.6 — Процес моделювання штори в Blender із використанням симуляції тканини

Джерело: розроблено автором.

Одним з важливих декоративних елементів інтер'єру стали штори, які були змодельовані за допомогою симуляції тканини в Blender. Для створення реалістичних складок був застосований наступний алгоритм:

Додавання площини (Plane), яка виступає основою майбутньої штори.

Застосування модифікатора Cloth, із попередньо налаштованими параметрами фізики тканини: збільшене згинання (bending), низький friction, щільність тканини.

Закріплення верхніх вершин через pin group, щоб симулювати фіксацію штори до карниза.

Проведення симуляції із включеним collision-об'єктом, на якому шторка “осідає” під вагою.

Фінальна заморозка (apply as shape key) для збереження результату.

Цей підхід дозволив отримати реалістичну тканинну динаміку з природними складками, які були важливими для загальної естетики сцени.

Візуальний стиль та композиція моделі формувалися відповідно до обраного стилю інтер'єру — сучасного скандинавського мінімалізму, який передбачає поєднання світлих відтінків, функціональності та візуальної легкості форм. Усі об'єкти були розташовані з урахуванням правил композиції, симетрії, рівноваги та масштабу.

2.5 Робота з матеріалами, освітленням та камерами

Після завершення етапу побудови геометрії сцени та меблів було проведено повний цикл налаштування матеріалів, освітлення та розміщення камер для досягнення фотореалістичності фінального рендера.

2.5.1 Матеріали

Всі об'єкти сцени були оброблені за допомогою шейдерної системи Blender (Shader Editor). Основні етапи включають використання шейдера Principled BSDF, що дозволяє гнучко налаштувати відбиття, шорсткість, підповерхневе розсіювання; додавання текстур дифузії, нормалей та roughness, створених вручну або згенерованих за допомогою сервісів; матеріал дивану мав легкий сатиновий блиск із м'якими відблисками та підповерхневим розсіюванням, що імітує тканину. Штори отримали шейдер з високою шорсткістю та частковою прозорістю (Alpha Blend), щоб пропускати світло. Для підлоги використано PBR-текстуру ламінату з картами Normal і Roughness, щоб передати реалістичну текстуру дерева.

2.5.2 Освітлення

Освітлення сцени реалізовано у Blender Cycles, із застосуванням Sky Texture як головного джерела денного освітлення. Такий тип освітлення забезпечує природне середовище без використання зовнішніх HDRI-файлів. В якості світла оточення було обрано Sky Texture , що дозволяє досягти

реалістичного денного світла з атмосферним розсіюванням. Додаткове Light Sun було встановлено біля вікна для імітації посиленого природного світла ззовні. Для підсилення акцентів у тіньових зонах додано Area Light з м'якою інтенсивністю біля дивану [7], [13].

Таке поєднання дозволило досягти м'яких глобальних тіней, правильної тональної передачі та глибини сцени без необхідності HDRI.

2.5.3 Камери

Для фінальної візуалізації були розташовані кілька камер у ключових композиційних точках (рис. 2.7):

- камера з широким кутом огляду (20–25 мм) для демонстрації загального вигляду інтер'єру;
- камери з фокусною відстанню 35–50 мм для акценту на деталях: фактурі меблів, складках штор, світлових акцентах;
- активна камера була закріплена та підключена до Render Layers, для отримання контрольованих сцен на фінальних рендерах.

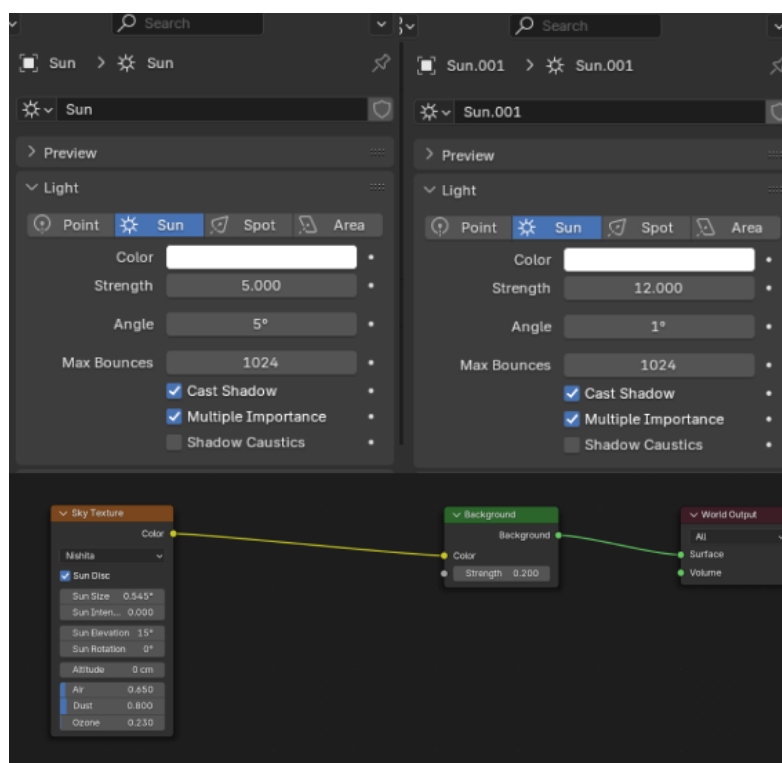


Рисунок 2.7 — Приклад налаштування освітлення в сцені

Джерело: розроблено автором.

Для досягнення фотореалістичного освітлення було поєднано:

1. Sky Texture типу Nishita з параметрами Sun Elevation 15° , Rotation 0° , Air 0.650, Dust 0.800, Ozone 0.230. Це забезпечило природне глобальне освітлення з атмосферним відтінком.

2. Два джерела Sun:

Перше з Angle = 5° і Strength = 5, для м'яких тіней.

Друге з Angle = 1° і Strength = 12, для чітких драматичних тіней.

В обох джерелах активовано Cast Shadow і Multiple Importance, що дозволяє уникнути шуму та некоректного глобального освітлення.

Всі налаштування були підібрані експериментально, щоб підкреслити матеріали інтер'єру, глибину простору та реалістичну взаємодію світла з поверхнями (рис. 2.8).

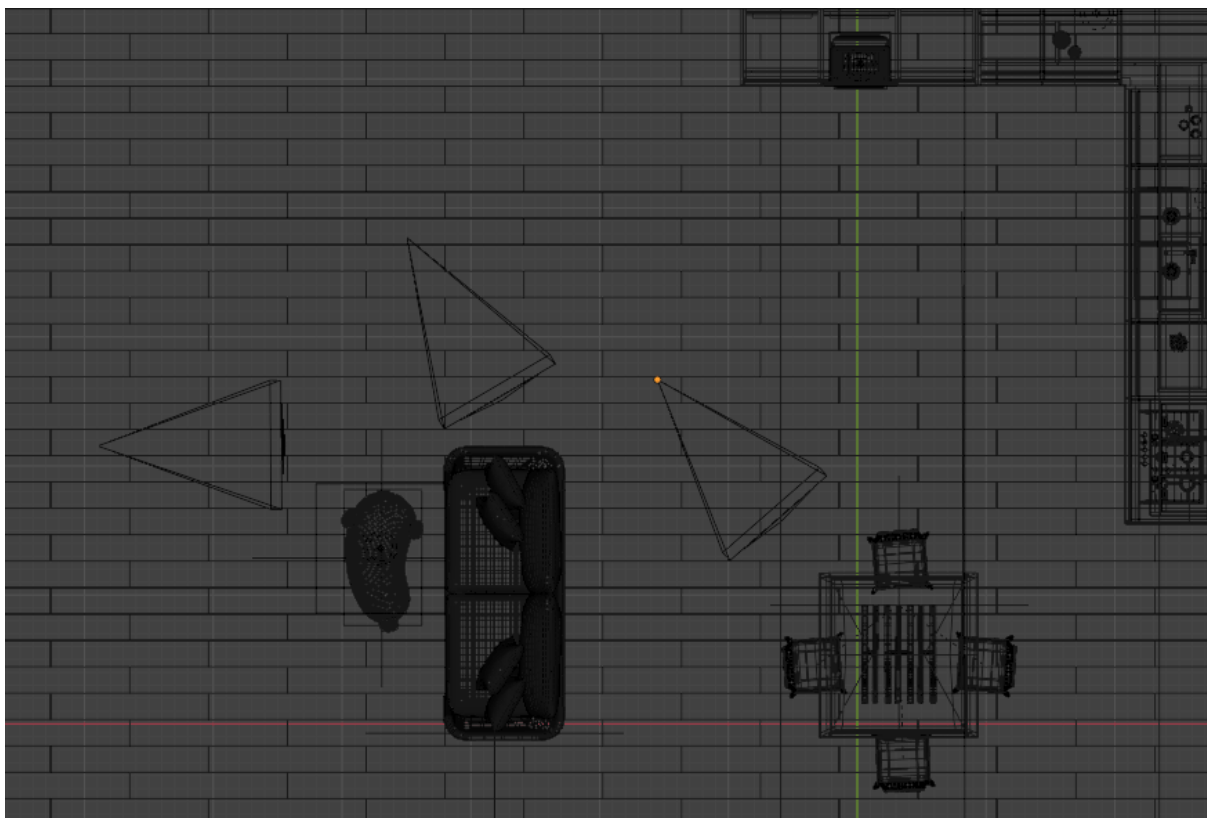


Рисунок 2.8 — Камери, спрямовані на ключову зону інтер'єру (вигляд зверху у режимі Wireframe)

Джерело: розроблено автором.

На зображенні показано три камери, розміщені навколо головних об'єктів сцени — дивану, журнального столика та обідньої групи.

Розташування камер обиралось з урахуванням композиційного балансу та зон, які підлягали детальному візуальному аналізу. Ліва камера - ширококутний огляд кухні та частини вітальні. Центральна камера - фокус на диван та декоративні елементи. Права камера - детальний ракурс на стіл, стільці та штори біля вікна.

Такий підхід дозволив забезпечити повноцінне покриття всієї сцени і створити змістовно різноманітну серію рендерів, кожен з яких демонструє окрему групу матеріалів, світла і композиції.

2.6 Текстурування та рендеринг фінальної сцени

Після побудови геометрії сцени, моделювання меблів і налаштування освітлення відбувся фінальний етап — текстурування, налагодження матеріалів і рендеринг сцени. Основна увага приділялася як фотореалістичності, так і правильному розкриттю деталей моделі через освітлення, ракурси й якість шейдерів.

Розміщення камер

У сцені було розташовано кілька камер, що дозволяє візуально охопити ключові зони інтер'єру (рис. 2.9). Вибір ракурсів базувався на принципах композиції. Точка зору з висоти людини (1.6 м). Центральна перспектива на диван і обідню зону. Додаткові ракурси — для демонстрації текстури дерева, штор, скла тощо.

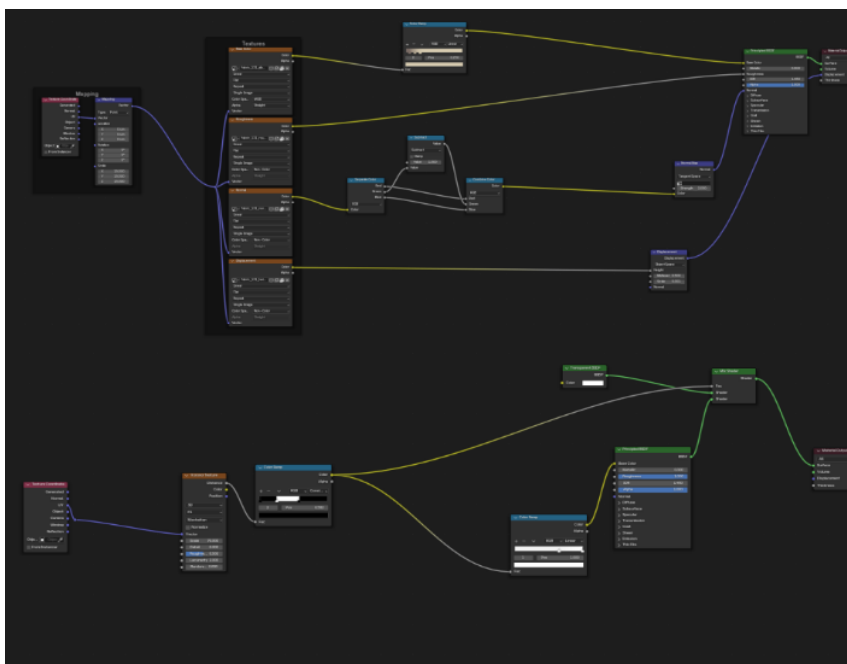


Рисунок 2.9 — Матеріали дивану та штор в Shader Editor

Джерело: розроблено автором.

Для досягнення фотореалістичності візуалізації інтер'єру було створено два окремих шейдери:

Матеріал штор

Оснований на процедурному Voronoi-розподілі, який через ColorRamp формує маску для прозорості [7], [12], [14].

Комбінація Transparent BSDF і Principled BSDF у Mix Shader дозволяє досягти ефекту напівпрозорої тканини, крізь яку м'яко проходить світло.

Значення $\text{Alpha} = 1.000$, $\text{Roughness} \approx 1.400$, що дозволяє створити ефект світлорозсіювання без блиску.

Цей шейдер чудово підходить для імітації легких гардин або тюлі.

Матеріал дивану

Створений на базі PBR-набору текстур: Color, Normal, Roughness, Displacement. Додатково використано Mapping для коректного масштабу текстури та вузол Combine RGB із контролем каналу roughness. Normal Map дає ефект м'якої тканинної поверхні, Displacement — мікрогеометрію швів та деформацій (рис. 2.10).

Основні параметри Principled BSDF:

- Base Color — із текстури;
- Roughness = 1.000, Specular $\approx$ 0.000, для повністю матової тканини.

Такий підхід дозволив створити реалістичну тканину з глибоким об'ємним виглядом, що підкреслює форму подушок і сидіння.



Рис. 2.10 - Прирендер дивану

Джерело: розроблено автором.

Тканина виглядає натуральною, без спотворень чи швів. Візуально зчитується м'якість і структура поверхні, що свідчить про добре налаштовану нормальну карту (Normal Map) і реалістичний Roughness. Світло реагує природно: без занадто різких переходів чи шумів.



Рис. 2.11 - Прирендер обідньої зони

Джерело: розроблено автором.

Скло передає коректне заломлення світла, присутній реалістичний ефект подвійних відбиттів (рис. 2.11).

Деревина стільців має натуральний блиск, налаштування Glossiness/Roughness відповідають лакованій поверхні (рис 2.12).



Рисунок 2.12 — Перегляд сцени в режимі Material Preview (Viewport Shading)

Джерело: розроблено автором.

Для перевірки коректності застосування матеріалів та їх візуальної сумісності було використано режим попереднього перегляду матеріалів у Viewport (рис. 2.11). Це дозволило ще до запуску фінального рендеру переконатися у правильності текстурного масштабування, всі шейдери рівномірно покривають геометрію без розтягувань; розташування об'єктів, меблі, кухня, декор гармонійно розміщені у просторі сцени. Поєднання кольорів і текстур - дерево, камінь, тканина та метал утворюють збалансовану композицію. Візуального читання матеріалів без освітлення Cycles - навіть у безтіньовому режимі зрозуміло, як виглядає сцена.

Цей етап дозволив внести дрібні корективи до позиціонування текстур, кольору стін та балансу елементів, що суттєво покращило підсумкову якість проєкту ще до запуску ресурсомісткого рендерингу.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було представлено повну методологію створення 3D-моделі інтер'єру — від розробки концепції до фінального рендерингу. Визначено стилістичну стратегію на основі сучасного мінімалізму з використанням мудборду, що задав візуальні орієнтири для матеріалів, колористики та композиції простору.

Сформоване технічне завдання дозволило чітко структурувати процес проєктування, задати обмеження щодо сцени, формату рендеру, кількості камер та зон. Визначені етапи роботи охоплювали моделювання геометрії приміщення, меблів і декору, побудову UV-розгортки, застосування PBR-текстур, налаштування освітлення та камер, а також рендеринг з подальшим аналізом результатів.

Вибір Blender 3.6 LTS як основного середовища моделювання було обґрунтовано його технічними можливостями, відкритим кодом, підтримкою PBR-пайплайну, Cycles-рушієм та розвиненою екосистемою. Використано низку функціональних модулів — Modeling, UV Editing, Shader Editor, Asset

Browser, що дозволили реалізувати повний цикл розробки сцени в межах одного середовища.

Особливу увагу було приділено побудові фотореалістичних матеріалів: для дивану — з використанням текстур і displacement; для штор — із процедурною прозорістю через Voronoi; для підлоги — з фізичною геометрією дощок на основі JArch Vis. Освітлення налаштоване на базі Sky Texture типу Nishita та локальних джерел, що забезпечило глибину сцени й м'якість тіней. Камери були розміщені відповідно до правил композиції й дозволили створити різнопланову серію рендерів.

Таким чином, методологія, викладена в цьому розділі, забезпечила цілісний, послідовний та технічно обґрунтований підхід до побудови 3D-візуалізації інтер'єру, що дозволяє отримати якісний візуальний результат відповідно до поставленого завдання.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Представлення готової 3D-моделі інтер'єру

У результаті виконаної роботи було створено повноцінну 3D-модель житлового інтер'єру з урахуванням функціонального зонування: кухня, зона відпочинку з диваном і журнальним столиком, обідня група.

Всі моделі є оригінальними (створені вручну), адаптованими під реальні габарити, з повноцінною топологією, UV-розгортками та PBR-матеріалами.



Рисунок 3.1 — Фінальний рендер сцени: загальний вигляд

Джерело: розроблено автором.

На цьому рендері (рис 3.1) представлено повну сцену інтер'єру в завершеному вигляді: кухня, зона з диваном, обідня група. Освітлення побудовано на базі Sky Texture з додатковими джерелами світла, що дозволяє передати глибину приміщення та об'єм усіх об'єктів. Комбінація дерев'яних текстур, текстилю дивану, скла й мармуру створює гармонійну композицію в стилі сучасного мінімалізму.



Рисунок 3.2 — Огляд зони столу та штор

Джерело: розроблено автором.

Цей рендер (рис. 3.2) демонструє обідню зону в глибині інтер'єру — скляний стіл, дерев'яні стільці та панорамне вікно зі шторами. Прозора поверхня столу з правильним індексом заломлення (IOR) відображає довколишні об'єкти та пропускає світло згідно фізичної моделі PBR. Світло проходить крізь напівпрозорі штори, що змодельовані на основі процедурної маски та Transparent BSDF, формуючи м'які відтінки світла й тіні на підлозі.

Видно, як природне освітлення з вікна ефективно працює з Sky Texture та Sun, створюючи глибоку денну атмосферу у сцені.

3.2 Демонстрація фотореалістичних рендерів

Для презентації сцени виконано рендеринг у Blender Cycles [13], [26] із такими параметрами:

- роздільна здатність: 3000×3000;
- тип освітлення: Sky Texture (Nishita) + Sun + Area Light;
- обробка: Filmic, High Contrast, Denoising OptiX.

На зображеннях чітко видно реалістичну взаємодію світла з текстурами (тканина, дерево, скло), коректну перспективу та глибину сцени, правильне відображення матеріалів при денному освітленні (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 — Фінальний рендер дивану з текстурами

Джерело: розроблено автором.

На рендері видно текстильну структуру дивану, що створена за допомогою повного PBR-набору: Color, Normal, Roughness, Displacement [13], [30].

Матеріал має природну шорсткість і м'які відбиття, без зайвого блиску, що відповідає фактурі матової тканини. Всі подушки виглядають фізично правдоподібно завдяки попередній симуляції деформацій. Журнальний стіл також передає текстуру дерева на ніжках та контрастну білу поверхню стільниці.

Цей рендер підкреслює реалістичність матеріалів зони відпочинку та глибину, яку забезпечує комбінація денного та допоміжного освітлення.



Рисунок 3.4 — Фінальний рендер крупного плану дивану та кухонної зони

Джерело: розроблено автором.

На цьому рендері (рис. 3.4) крупним планом представлено структуру тканини дивану, що демонструє високу деталізацію текстури: фактура ниток читається чітко, без артефактів чи змазування. Також добре видно деталі кухонної стінки з натурального дерева, а також підсвітку фартуха із чорного мрамору.

Цей ракурс ідеально підходить для оцінки матеріалів з близької дистанції, а також демонструє рівень опрацювання дрібних деталей сцени: шви, текстиль, відблиски, глибину полів.

3.3 Аналіз відповідності результату технічному завданню

Згідно з технічним завданням:

- стиль інтер'єру: реалізовано (сучасний мінімалізм із натуральними матеріалами);
- моделі меблів: створені вручну без використання готових бібліотек;
- рендеринг: виконано з урахуванням фотореалістичності;
- освітлення: природне світло та допоміжні джерела.

Всі елементи відповідають початково визначеним вимогам і демонструють рівень візуальної деталізації та узгодженість стилістики сцени.

3.4 Оцінка можливостей інтеграції моделі в архітектурні чи дизайн-проекти

Результат роботи може бути використаний у:

- візуалізаціях інтер'єру для архітекторів і дизайнерів;
- каталогах меблів та предметів декору (моделі мають коректні UV, текстури й топологію) [14], [15];
- подальшому використанні в Unreal Engine, Unity, WebGL після експорту в glTF/FBX.

Таким чином, створена сцена — практично придатний продукт, що може бути включений до портфоліо або інтегрований у професійні дизайн-проекти.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було представлено результати практичної реалізації 3D-моделі інтер'єру, що охоплює повну візуалізацію житлового простору — кухні, вітальні, обідньої зони — з фотореалістичним відтворенням матеріалів, освітлення та композиції.

Завдяки полігональному моделюванню всі об'єкти сцени (меблі, декор, текстиль) були створені вручну, з урахуванням реальних габаритів, ергономіки й функціонального зонування. Це забезпечило точність у побудові об'єктів, коректність UV-розгортки і застосування PBR-матеріалів. Для

кожної зони (диван, обідня група, кухня) виконано деталізовані рендери з різними камерами, що дозволяє комплексно оцінити сцену.

Особливу увагу приділено текстурам: структура тканини, блиск дерева, заломлення скла та напівпрозорість штор демонструють високу якість матеріалів. Освітлення на базі Sky Texture у поєднанні з локальними джерелами дало м'які тіні та глибоку об'ємність сцени.

Порівняння результатів із технічним завданням засвідчило повну відповідність заявленим вимогам щодо стилістики, рендерингу, освітлення, якості моделей та організації сцен. Сформована 3D-модель може бути застосована не лише як демонстраційний проєкт, але й як повноцінний візуальний актив для архітектурного, дизайнерського чи комерційного використання.

Таким чином, розроблена сцена підтверджує практичну цінність та технічну якість, дозволяючи використовувати її в реальних візуалізаційних процесах, презентаціях, або інтегрувати у рушії реального часу, такі як Unreal Engine чи Unity.

ВИСНОВОК

У межах кваліфікаційної роботи було виконано повний цикл створення 3D-моделі житлового інтер'єру — від розробки концепції до фінального фотореалістичного рендерингу. В ході дослідження було обґрунтовано актуальність теми в контексті сучасного цифрового дизайну та візуалізації просторових рішень, а також проведено огляд методів і програмних засобів, що використовуються у сфері 3D-моделювання.

У результаті аналізу сучасних підходів було обрано програмне середовище Blender 3.6 LTS, яке дозволяє реалізувати весь технологічний ланцюг моделювання інтер'єру з високим рівнем деталізації та гнучким контролем над матеріалами, освітленням і камерною композицією.

Практична частина включала: створення технічного завдання та стилістичного мудборду; побудову базового приміщення з урахуванням ергономіки й зонування; ручне моделювання меблів та декоративних елементів; розгортку UV-карт і застосування PBR-текстур; налаштування фізично коректного освітлення через Sky Texture та Sun; створення кількох ракурсів і виконання рендерингу сцени у рушії Cycles.

Фінальна візуалізація передає реалістичну атмосферу інтер'єру з точним відображенням матеріалів, освітлення і просторової логіки. Усі поставлені в роботі завдання виконано повністю.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розробленої 3D-моделі як частини архітектурних презентацій, інтер'єрних дизайн-проектів, віртуальних демонстрацій у VR/AR-середовищах, а також як елементу персонального професійного портфоліо.

Таким чином, кваліфікаційна робота засвідчила володіння автором сучасними методами 3D-моделювання, навичками технічної реалізації візуальних рішень та здатністю комплексно підходити до створення цифрових просторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adobe Substance 3D Painter Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://substance3d.adobe.com/>
2. AmbientCG. Безкоштовні PBR-матеріали [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ambientcg.com/>
3. ArchDaily. Архітектурні проекти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.archdaily.com/>
4. В Машкіна, ВО Абрамов, ТІ Носенко, ЄВ Іваніченко. Навчально-методичний посібник до виконання і захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальностей 122 Комп'ютерні науки для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка. Київ, 2024.- 43 с.
5. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті й науці: моногр. / за заг. ред. О. Литвин. — К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. — 332 с.
6. Теоретичні основи комп'ютерної графіки . Навчальний посібник / С.М. Співак: Київ. ун-т Б.Грінченка, Ін-т суспільства, каф, інформатики. - К. : [ун-т ім. Б. Грінченка), 160 С
7. Autodesk Knowledge Network. Interior Modeling Techniques [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://knowledge.autodesk.com>
8. Bahmutsky R. Сучасні підходи до архвізуалізації. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2021. – 172 с.
9. Behance. Interior Design Portfolios [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.behance.net/>
10. Blender Foundation. Blender Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
11. Choroszewski A. Creating 3D Environments in Blender. – Focal Press, 2020. – 296 p.
12. Epic Games. Blender to Unreal Workflow [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.unrealengine.com/>
13. Epic Games. Lumen Global Illumination [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.unrealengine.com/>

14. Geyko I. S. Osnovy dyzainu seredovyshcha : navch. posib. – Kyiv: Lira-K, 2019. – 189 s.
15. Gnomon Workshop. Lighting & Rendering Interiors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.thegnomonworkshop.com/>
16. Koliesnikov A. Blender: povnyi praktychnyi kurs. – Kharkiv: Fabula, 2022. – 416 s.
17. Kuznietsov D. Praktika 3D-modeliuvannia v Blender. – Kyiv: Diiatsyfra, 2020. – 148 s.
18. Lynda.com. Creating Textures and Materials [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.linkedin.com/learning/>
19. Maestri G. Digital Set Design and Modeling. – New Riders Publishing, 2009. – 320 p.
20. Nash K. The Language of Interior Design. – Rockport Publishers, 2009. – 224 p.
21. Newell M. Interior Design Using Autodesk 3ds Max. – Autodesk Press, 2016. – 320 p.
22. Pinterest. Interior References & Moodboards [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pinterest.com/>
23. Pluralsight. Interior Visualization with Blender and Cycles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pluralsight.com/>
24. Polyhaven. Безкоштовні HDRI, текстури, моделі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://polyhaven.com/>
25. Real-Time Rendering Blog [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.realtimerendering.com/>
26. Savchenko O. Osnovy 3D-hrafiiky. – Dnipro: IT Akademiia, 2019. – 192 s.
27. SketchUp Help Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://help.sketchup.com/>
28. UrbanLISP. Procedural Modeling for Architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://urbanlisp.com/>

29. van Gumster J. Blender For Dummies. – 4th ed. – Hoboken: Wiley, 2020. – 640 p.
30. Voronina T. Blender dlia pochatkivtsiv: osnovy modeliuвання. – Odesa: KUBH, 2021. – 104 s.
31. Vdovychenko L. S. Dyzain zhytlovykh inter'eriv. – Kharkiv: KhNUMH, 2020. – 224 s.
32. Wright S. Blender 3.0: The beginner's guide. – Independently Published, 2022. – 326 p.
33. Yotka S. Rendering with V-Ray in 3ds Max. – Design Press, 2018. – 288 p.
34. YouTube: Blender Guru – Andrew Price. How to Make Realistic Interiors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/user/AndrewPPrice>
35. Unity Technologies. Real-time Lighting Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.unity.com/>