

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Створення 3D-моделей інтер'єрів квартир із використанням Autodesk  
3ds Max

Виконав: студент IV курсу, групи СН-41

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Криса В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Млинко Б.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Тиш Є. В.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2026





## АНОТАЦІЯ

Створення 3D-моделей інтер'єрів квартир із використанням Autodesk 3ds Max // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Криса Віта Андріївна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2026 // С. 67, рис. – 19, табл. – 10, кресл. – 22, додат. – 0, бібліогр. – 35.

**Ключові слова:** тривимірне моделювання, інтер'єр квартири, Autodesk 3ds Max, Corona Renderer, візуалізація, фотореалістичний рендер, PBR-матеріали, дизайн інтер'єру, 3D-модель, комп'ютерна графіка.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та практичній реалізації процесу створення тривимірних моделей інтер'єрів житлової квартири з використанням програмного забезпечення Autodesk 3ds Max та рендер-рушія Corona Renderer.

В першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано сучасні підходи до візуалізації інтер'єрів, розглянуто основні принципи тривимірного моделювання, визначено вимоги до 3D-моделі квартири, виконано огляд та порівняльний аналіз програмного забезпечення для 3D-моделювання, обґрунтовано вибір Autodesk 3ds Max як основного інструменту реалізації проєкту.

В другому розділі кваліфікаційної роботи описано практичний процес проєктування та створення 3D-моделі інтер'єру квартири: розроблено концепцію дизайну в теплій бежево-рожевій гамі з елементами неокласики, побудовано базовий план приміщень, виконано моделювання всіх елементів інтер'єру, налаштовано PBR-матеріали та систему освітлення, виконано фінальний рендеринг у Corona Renderer.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи проведено тестування та оцінку якості розробленої 3D-моделі, виконано аналіз реалістичності фінальних зображень, виявлено та усунуено технічні недоліки, представлено серію

фотореалістичних рендерів усіх приміщень квартири. Об'єкт дослідження: процес тривимірного моделювання та візуалізації інтер'єру квартири. Предмет дослідження: методи та інструменти створення фотореалістичних 3D-моделей інтер'єрів засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer.

## ANNOTATION

Creating 3D Interior Models of Apartments Using Autodesk 3ds Max // Qualification work of the educational level «Bachelor» // Krysa Vita Andriivna // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-41 // Ternopil, 2026 // P. 67, fig. – 19, tabl. – 19, chair. – 22, annexes. – 0, references – 35.

**Keywords:** three-dimensional modeling, apartment interior, Autodesk 3ds Max, Corona Renderer, visualization, photorealistic rendering, PBR materials, interior design, 3D model, computer graphics.

The qualification work is dedicated to the research and practical implementation of the process of creating three-dimensional models of residential apartment interiors using Autodesk 3ds Max software and Corona Renderer rendering engine.

The first section of the qualification paper considered the current approaches to interior visualization, the basic principles of three-dimensional modeling, defined the requirements for the 3D apartment model, reviewed and comparatively analyzed the software for 3D modeling, and justified the choice of Autodesk 3ds Max as the main project implementation tool.

In the second section of the qualification work, it is considered the practical process of designing and creating the 3D interior model of the apartment: a design concept in warm beige-pink tones with neoclassical elements was developed, a basic floor plan was built, all interior elements were modeled, PBR materials and lighting system were configured, and final rendering was performed in Corona Renderer.

The third section presents the testing and quality assessment of the developed 3D model, the analysis of the photorealism of the final images, the identification and elimination of technical shortcomings, and a series of photorealistic renderings of all apartment rooms.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

**FBX** (англ. FilmBox) – універсальний формат файлів (з розширенням .fbx), який використовується для обміну тривимірними даними між різними програмами комп'ютерної графіки.

**IPR** (англ. Interactive Photorealistic Rendering) – інтерактивний режим візуалізації у реальному часі, який дозволяє миттєво бачити зміни параметрів матеріалів чи освітлення без повного прорахунку сцени.

**ISO** (англ. International Organization for Standardization) – у тривимірній графіці параметр фізичної камери, що визначає рівень світлочутливості віртуальної матриці.

**MAX** – рідний формат файлів програми Autodesk 3ds Max (з розширенням .max), що зберігає повну геометрію, налаштування та структуру 3D-сцени.

**PBR** (англ. Physically Based Rendering) – фізично коректний рендеринг; методологія комп'ютерної графіки, що базується на точних законах фізики для реалістичного відтворення взаємодії світла з поверхнями матеріалів.

**RAL** – міжнародна система відповідності кольорів (колірний стандарт), що використовується для точного підбору відтінків у дизайні, архітектурі та виробництві фарб.

**RTX** – технологія апаратного прискорення трасування променів у реальному часі, розроблена компанією NVIDIA.

**UVW** – система координат у тривимірному просторі, яка використовується для точного накладання та масштабування двовимірних текстур на тривимірні об'єкти (аналог осей X, Y, Z для текстурних карт).

**3D-модель** – тривимірне цифрове представлення будь-якого фізичного об'єкта або простору.

LED (укр. Світлодіод) – напівпровідникове джерело світла, що використовується в інтер'єрі для організації сучасного енергоефективного штучного освітлення.

VI – Візуалізація Інтер'єрів.

3D (англ. Three-Dimensional) – тривимірний простір або тривимірна модель.

AI (англ. Artificial Intelligence) – штучний інтелект.

CAD (англ. Computer-Aided Design) – комп'ютерне проєктування.

DoF (англ. Depth of Field) – глибина різкості в оптиці та фотографії.

EV (англ. Exposure Value) – значення експозиції у фотографії та рендерингу.

GI (англ. Global Illumination) – глобальне освітлення; метод розрахунку непрямого освітлення у рендерингу.

IOR (англ. Index of Refraction) – показник заломлення світла матеріалу.

UV (англ. Ultraviolet) – у 3D-графіці: система координат текстурної розгортки об'єкта.

VFB (англ. Virtual Frame Buffer) – віртуальний буфер кадру; вікно попереднього перегляду рендеру в Corona Renderer.

БЖД – безпека життєдіяльності.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПК – персональний комп'ютер.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ІНТЕР'ЄРІВ КВАРТИР .....	12
1.1 Аналіз сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів .....	12
1.2 Основні принципи 3D-моделювання інтер'єрів .....	15
1.3 Визначення вимог до 3D-моделі квартири.....	17
1.4 Огляд програмного забезпечення для 3D-моделювання .....	19
1.5 Обґрунтування вибору Autodesk 3ds Max .....	21
1.6 Висновок до першого розділу .....	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ КВАРТИРИ.....	25
2.1 Розробка концепції та планування інтер'єру .....	25
2.2 Створення базового плану квартири .....	27
2.3 Моделювання основних елементів інтер'єру .....	30
2.4 Робота з матеріалами та текстурами.....	33
2.5 Налаштування освітлення та камер .....	37
2.6 Візуалізація сцени (рендеринг) .....	41
2.7 Висновок до другого розділу .....	43
РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ.....	45
3.1 Оцінка якості 3d-моделі .....	45
3.2 Аналіз реалістичності зображення .....	47
3.3 Виявлення та усунення недоліків моделі .....	49
3.4 Демонстрація готового проєкту .....	51
3.5 Висновок до третього розділу .....	56
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ....	58
4.1 Характеристика умов праці при розробці 3D-моделей інтер'єрів .	58
4.2 Вимоги охорони праці для користувачів ПК та розрахунок штучного освітлення .....	60

4.3 Висновок до четвертого розділу .....	62
ВИСНОВКИ .....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	65

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасний ринок дизайну інтер'єрів вимагає від спеціалістів уміння переконливо та наочно презентувати проєктні рішення ще до початку ремонтних робіт. Традиційні засоби – паперові ескізи та двовимірні креслення – вже не відповідають зростаючим очікуванням замовників. Тому тривимірне моделювання та фотореалістична візуалізація є актуальним напрямком сучасних досліджень у галузі комп'ютерної графіки та дизайну інтер'єрів. Використання спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема Autodesk 3ds Max у поєднанні з Corona Renderer, дозволяє створювати фотореалістичні зображення майбутніх приміщень з точною передачею матеріалів, освітлення та атмосфери.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є створення фотореалістичної 3D-моделі інтер'єру квартири засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer із демонстрацією повного циклу роботи – від планування концепції до отримання фінальних рендерів. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- проаналізувати сучасні підходи до візуалізації інтер'єрів та огляд програмного забезпечення для 3D-моделювання;
- обґрунтувати вибір Autodesk 3ds Max як основного інструменту реалізації проєкту;
- розробити концепцію дизайну інтер'єру квартири та виконати детальний план приміщень;
- побудувати базову 3D-модель квартири на основі розробленого планувального рішення;
- виконати моделювання, текстурування та освітлення всіх приміщень квартири;
- провести тестування якості та реалістичності отриманих рендерів, виявити і усунути недоліки;

– представити серію фотореалістичних рендерів як фінальний результат проєкту.

**Об'єкт дослідження:** процес тривимірного моделювання та візуалізації інтер'єру квартири.

**Предмет дослідження:** методи та інструменти створення фотореалістичних 3D-моделей інтер'єрів засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена 3D-модель квартири та серія фотореалістичних рендерів можуть бути безпосередньо використані як презентаційні матеріали для замовника дизайн-проєкту, а також як приклад практичного застосування технологій 3D-моделювання у сфері дизайну інтер'єрів. Методологія виконання роботи може слугувати основою для подальших проєктів інтер'єрної візуалізації.

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ІНТЕР'ЄРІВ КВАРТИР

## 1.1 Аналіз сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів

Сучасна візуалізація інтер'єрів є невід'ємною частиною процесу проєктування житлових і комерційних приміщень. Завдяки стрімкому розвитку комп'ютерних технологій та програмного забезпечення для тривимірного моделювання, дизайнери та архітектори отримали потужні інструменти для створення фотореалістичних зображень майбутніх просторів ще до початку будівельних або оздоблювальних робіт.

У теперішній час виокремлюють декілька основних підходів до візуалізації інтер'єрів, кожен з яких має свої переваги та обмеження залежно від конкретних завдань проєкту:

1) Офлайн-рендеринг (Offline Rendering) – традиційний підхід, при якому кінцеве зображення формується на основі складних математичних розрахунків розповсюдження світла [11]. Такі рендери відзначаються найвищою фотореалістичністю, проте вимагають значних обчислювальних ресурсів і часу [19]. Прикладами є рендери з використанням V-Ray, Corona Renderer, Arnold.

2) Рендеринг у реальному часі (Real-Time Rendering) – підхід, що дозволяє переглядати тривимірну сцену в інтерактивному режимі без тривалого очікування. Використовується в програмах Lumion, Twinmotion, Unreal Engine та є особливо корисним на етапі презентації концептів замовнику.

3) Процедурна генерація – метод автоматичного створення елементів сцени за заданими алгоритмами і параметрами. Активно застосовується для генерації текстур, меблів і декоративних елементів з варіативністю без ручного моделювання кожного об'єкта [26].

4) Фотограмметрія – технологія отримання тривимірних моделей на основі фотографій реальних об'єктів [19]. Дозволяє з високою точністю

відтворювати матеріали, фактури та предмети меблювання для включення в 3D-сцену [22].

5) Гібридний підхід – поєднання офлайн-рендерингу та рендерингу в реальному часі, що набуває все більшого поширення завдяки апаратному прискоренню трасування променів (NVIDIA RTX).

У таблиці 1.1 наведено порівняльний огляд сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів за ключовими характеристиками, що дозволяє оцінити переваги та обмеження кожного методу залежно від конкретних завдань проєкту.

Таблиця 1.1 – Порівняння сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів

<b>Підхід</b>	<b>Якість</b>	<b>Швидкість</b>	<b>Інтерактивність</b>	<b>Приклади ПЗ</b>
Офлайн-рендеринг	Найвища	Низька	Відсутня	V-Ray, Corona Renderer, Arnold
Рендеринг у реальному часі	Висока	Висока	Повна	Lumion, Twinmotion, Unreal Engine
Процедурна генерація	Середня	Висока	Часткова	Houdini, Blender Geometry Nodes
Фотограмметрія	Висока	Середня	Відсутня	RealityCapture, Metashape
Гібридний підхід	Дуже висока	Середня	Часткова	3ds Max + Lumion, Unreal + V-Ray

Крім технічного аспекту, сучасні підходи до візуалізації інтер'єрів охоплюють також стилістичні напрями. Дизайнери активно використовують такі стилі, як сучасна класика, неокласика, скандинавський стиль, контемпорарі. Кожен стиль вимагає специфічного підходу до підбору матеріалів, освітлення та розстановки меблів у тривимірній сцені.

Важливим трендом останніх років є використання систем штучного інтелекту для автоматизації окремих етапів візуалізації – зокрема, автоматичного підбору текстур, корекції освітлення та генерації варіантів дизайну на основі заданих параметрів. Такі інструменти, як Midjourney та Stable Diffusion, починають доповнювати класичні 3D-пакети, хоча ще не здатні повністю замінити детальне ручне моделювання [27]. Порівняння методів візуалізації інтер'єрів наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Порівняння методів візуалізації інтер'єрів: офлайн-рендер (зліва) та рендер у реальному часі (справа)

Важливим аспектом розвитку сучасних комп'ютерних систем візуалізації є автоматизація передпроектного аналізу. Дослідження у сфері побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що активно ведуться на кафедрі комп'ютерних систем та мереж, дозволяють оптимізувати процеси вибору структурних елементів складних систем [33]. Застосування таких підходів у дизайні середовища дає змогу частково автоматизувати рутинні етапи підбору композиційних рішень ще на стадії формування концепту та технічного завдання.

## 1.2 Основні принципи 3D-моделювання інтер'єрів

Тривимірне моделювання інтер'єрів базується на комплексі взаємопов'язаних принципів, дотримання яких забезпечує реалістичність, технічну коректність і художню цінність кінцевого результату. Нижче розглянуто ключові принципи, які застосовуються при роботі з 3D-сценою приміщення.

У таблиці 1.2 систематизовано основні принципи тривимірного моделювання інтер'єрів із зазначенням їхньої суті та відповідних інструментів реалізації в середовищі Autodesk 3ds Max.

Таблиця 1.2 – Основні принципи 3D-моделювання інтер'єрів

<b>Принцип</b>	<b>Суть</b>	<b>Інструменти в 3ds Max</b>
Масштабування та пропорції	Відповідність реальним розмірам усіх об'єктів сцени	Units Setup, Tape Measure
Оптимізація полігональної сітки	High-poly – передній план, Low-poly – фон	ProOptimizer, LOD, Corona Proxy
Фізично коректне освітлення (PBR)	Параметри відбивання, шорсткості, металевості та прозорості	CoronaMtl, V-Ray Material
Шарування матеріалів і текстур	Normal Map, Displacement Map – передача мікрорельєфу	Slate Material Editor, UVW Map
Камерна композиція	Ракурс, фокусна відстань, глибина різкості	CoronaCamera, Physical Camera

1) Принцип масштабування та пропорцій. Кожен елемент 3D-сцени повинен відповідати реальним розмірам об'єктів. Меблі, двері, вікна та декоративні елементи моделюються або імпортуються з дотриманням точних

метричних розмірів. Порушення пропорцій – одна з найпоширеніших помилок початківців, яка руйнує відчуття реалізму у фінальному рендері [5].

2) Принцип оптимізації полігональної сітки. Складність геометрії об'єктів має відповідати їхній ролі в сцені. Для об'єктів на передньому плані використовується висока деталізація (high-poly), тоді як фонові елементи можуть бути спрощеними (low-poly). Це забезпечує баланс між якістю зображення та продуктивністю рендерингу.

3) Принцип фізично коректного освітлення (Physically Based Rendering, PBR). Сучасне моделювання інтер'єрів спирається на фізично коректні моделі розповсюдження світла [21]. PBR-матеріали описуються параметрами відбивання, шорсткості, металевості та прозорості, що дозволяє максимально наблизити рендер до реальної фотографії [18].

4) Принцип шарування матеріалів і текстур. Реалістичні поверхні рідко є однорідними. Стіни, підлога та меблі мають мікрорельєф, нерівності, подряпини та особливості, що передаються через Normal Map, Displacement Map та інші типи текстурних карт [3].

5) Принцип камерної композиції. Вибір ракурсу, фокусної відстані та глибини різкості суттєво впливає на сприйняття 3D-зображення. Грамотна побудова камери у 3D-сцені дозволяє вигідно акцентувати ключові елементи інтер'єру та наслідує техніки реальної архітектурної фотографії (рис. 1.2).

Ефективне керування обчислювальними ресурсами графічної станції під час роботи з високополігональними сценами вимагає застосування спеціалізованих математичних методів декомпозиції та оптимізації. У наукових працях викладачів кафедри значна увага приділяється методології оптимізації обчислювальних процесів та керування потоками даних в інформаційних системах [34]. Впровадження подібних підходів до типізації та фільтрації геометричних даних в середовищі тривимірного моделювання дозволяє суттєво знизити навантаження на апаратне забезпечення без втрати фотореалістичності кінцевого зображення.

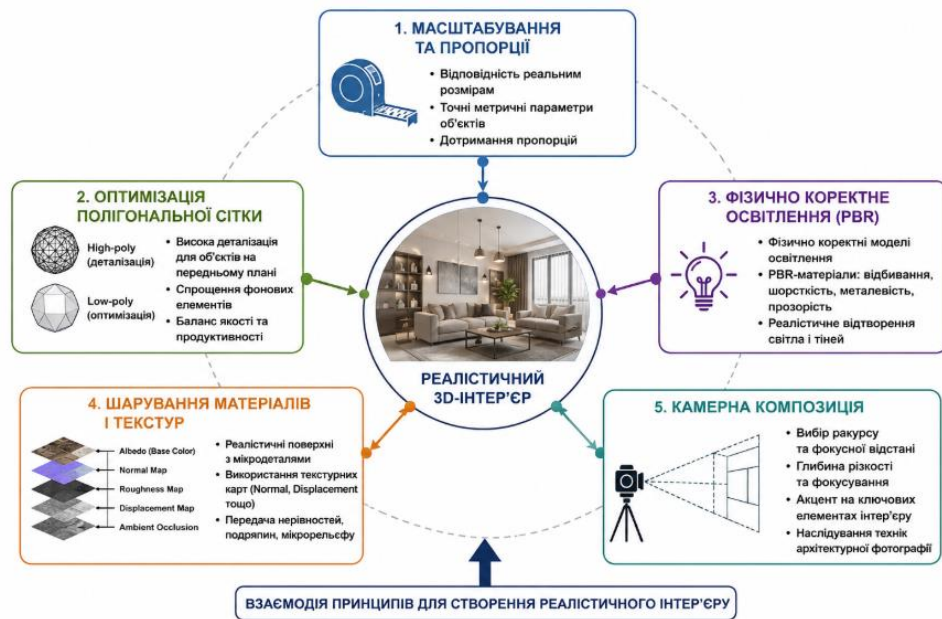


Рисунок 1.2 – Схема взаємодії основних принципів 3D-моделювання інтер'єру

Наведена схема ілюструє взаємозалежність усіх п'яти принципів у процесі створення реалістичного 3D-інтер'єру. Жоден з них не є самодостатнім — лише їх комплексне застосування забезпечує результат фотографічної якості. Так, дотримання масштабу без коректних матеріалів не дасть реалістичного вигляду, а якісні матеріали без грамотної камерної композиції не розкриють переваг сцени. Саме тому в практичній частині даної роботи всі п'ять принципів застосовувались послідовно та у взаємозв'язку на кожному етапі створення 3D-моделі квартири.

### 1.3 Визначення вимог до 3D-моделі квартири

Для забезпечення якісного результату та ефективності процесу моделювання необхідно на початковому етапі чітко сформулювати вимоги до створюваної 3D-моделі квартири. Вимоги поділяються на функціональні, технічні та естетичні.

Функціональні вимоги визначають, для яких цілей буде використовуватися модель. У контексті даної роботи 3D-модель квартири

призначена для презентаційної візуалізації та демонстрації варіантів дизайну інтер'єру. Виходячи з цього, до функціональних вимог належать:

- точне відтворення планувального рішення квартири із дотриманням реальних розмірів приміщень;
- розстановка меблів та декоративних елементів відповідно до обраної концепції дизайну;
- налаштування матеріалів та освітлення для отримання фотореалістичного рендеру;
- можливість виконання рендерів з різних ракурсів для отримання серії презентаційних зображень.
- Технічні вимоги стосуються характеристик самого файлу 3D-моделі та процесу рендерингу:
  - використання полігональних об'єктів з оптимізованою топологією сітки;
  - застосування PBR-матеріалів з коректними параметрами відбиття та шорсткості;
  - налаштування джерел освітлення з урахуванням фізичних характеристик природного та штучного світла;
  - роздільна здатність фінальних рендерів – не менше 3000×2000 пікселів для друкованих матеріалів;
  - оптимізація сцени для мінімізації часу рендерингу без втрати якості.

Естетичні вимоги визначають художньо-стилістичні характеристики майбутнього інтер'єру та його відображення у 3D-моделі. У контексті даного проєкту естетичні вимоги передбачають витримання теплої бежево-рожевої палітри у спальні та вітальні, ніжної рожевої гами у дитячій кімнаті, класичного кремово-мармурового образу кухні, лаконічної кам'яної фактури у ванній кімнаті та атмосферного затишку на балконі. Єдність стилістичного рішення підтримується послідовним використанням теплих дерев'яних підлог, деталей природних матеріалів та функціонального меблювання у кожному приміщенні.



Рисунком 1.3 – Ієрархічна структура вимог до 3D-моделі квартири

На основі сформованих критеріїв було розроблено ієрархічну структуру вимог на рисунку 1.3, яка наочно відображає взаємозв'язок між функціональними, технічними та естетичними аспектами проекту. Така деталізація дозволяє систематизувати процес тривимірного моделювання, забезпечує контроль якості на кожному етапі розробки та гарантує, що фінальна візуалізація інтер'єру повністю відповідатиме як технічному завданню, так і художньому задуму.

#### 1.4 Огляд програмного забезпечення для 3D-моделювання

На сучасному ринку програмного забезпечення для тривимірного моделювання та візуалізації існує значна кількість продуктів, що відрізняються функціональністю, вартістю та орієнтацією на конкретні галузі застосування. Нижче наведено огляд найбільш поширених рішень, що використовуються у сфері дизайну інтер'єрів.

Autodesk 3ds Max – один з провідних галузевих стандартів у сфері 3D-моделювання та візуалізації архітектурних об'єктів і інтер'єрів. Програма відзначається потужним набором інструментів полігонального моделювання, широкою екосистемою плагінів для рендерингу (V-Ray, Corona Renderer, Arnold) та великою кількістю навчальних матеріалів.

Blender – безкоштовний програмний пакет з відкритим вихідним кодом, що стрімко набирає популярність у сфері 3D-графіки. Містить повний спектр інструментів для моделювання, скульптингу, анімації та рендерингу (вбудований рендер Cycles). Незважаючи на складнішу криву навчання, Blender є повноцінною альтернативою комерційним пакетам [17].

SketchUp Pro – програма, орієнтована насамперед на архітектурне та інтер'єрне моделювання. Відрізняється інтуїтивним інтерфейсом і швидкістю створення базових об'ємів, але поступається 3ds Max та Blender у можливостях деталізації та якості рендерингу.

Cinema 4D – потужний 3D-пакет від Maxon, що широко використовується в графічному дизайні, motion graphics та архітектурній візуалізації. Відзначається зручністю роботи та розвинутою системою процедурного моделювання.

У таблиці 1.4 наведено порівняльний огляд основних характеристик розглянутих програмних пакетів.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика програмного забезпечення для 3D-моделювання

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Програмне забезпечення</b>	<b>Тип ліцензії</b>	<b>Основне призначення</b>	<b>Платформа</b>
Autodesk 3ds Max	Комерційна	3D-моделювання, анімація, візуалізація	Windows

1	2	3	4
Blender	Безкоштовна (GPL)	3D-моделювання, рендеринг, анімація	Win / Mac / Linux
SketchUp Pro	Комерційна	Архітектурне моделювання, інтер'єр	Win / Mac
Cinema 4D	Комерційна	3D-моделювання, motion graphics	Win / Mac
Lumion	Комерційна	Архітектурна візуалізація в реальному часі	Windows
V-Ray (плагін)	Комерційна	Фотореалістичний рендеринг	Win / Mac

Окрему увагу слід приділити спеціалізованим рендер-рушіям та плагінам, що значно розширюють можливості базових пакетів. V-Ray від Chaos Group є галузевим стандартом фотореалістичного рендерингу і підтримується більшістю популярних 3D-пакетів [12]. Corona Renderer відзначається простотою налаштувань при збереженні високої якості фінальних зображень [2]. Lumion та Twinmotion пропонують рендеринг у реальному часі на основі ігрових рушіїв, що є незамінним для оперативної презентації концептів [9].

### 1.5 Обґрунтування вибору Autodesk 3ds Max

На основі проведеного аналізу наявного програмного забезпечення для тривимірного моделювання та з урахуванням сформульованих вимог до 3D-моделі квартири, для виконання практичної частини дипломної роботи було обрано Autodesk 3ds Max. Нижче наведено розгорнуте обґрунтування цього вибору.

Autodesk 3ds Max надає вичерпний набір інструментів для вирішення всіх завдань, що стоять перед даним проектом: від точного полігонального

моделювання архітектурних елементів і меблів до налаштування складних PBR-матеріалів і систем освітлення.

3ds Max має нативну підтримку найкращих галузевих рендерів – V-Ray та Corona Renderer, що дозволяє досягати фотореалістичного результату без додаткових конвертацій і втрат якості.

Autodesk 3ds Max є де-факто стандартом у сфері архітектурної та інтер'єрної візуалізації [1]. Переважна більшість студій та фахівців з дизайну інтер'єрів використовують саме цей пакет, що забезпечує широкий доступ до бібліотек готових 3D-моделей, текстур та навчальних ресурсів.

Велика база плагінів, скриптів та готових матеріалів під 3ds Max значно прискорює робочий процес. Зокрема, використання бібліотек меблів у форматах .max та .fbx дозволяє зосередитися на компонованні та налаштуванні сцени, а не на моделюванні кожного об'єкта з нуля.

У таблиці 1.5 наведено порівняльний аналіз програм за ключовими критеріями, що підтверджує обґрунтованість вибору Autodesk 3ds Max для реалізації поставленого завдання.

Таблиця 1.5 – Порівняльний аналіз програм за ключовими критеріями

<b>Критерій оцінки</b>	<b>3ds Max</b>	<b>Blender</b>	<b>SketchUp</b>	<b>Cinema 4D</b>
Якість рендерингу	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆☆	★★★★☆
Інструменти моделювання	★★★★★	★★★★★	★★★★☆☆	★★★★☆
Бібліотека матеріалів	★★★★★	★★★★☆☆	★★★★☆☆	★★★★☆
Підтримка плагінів	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆☆	★★★★☆
Складність освоєння	Середня	Висока	Низька	Середня
Вартість ліцензії	Висока	Безкоштовно	Середня	Висока
Галузевий стандарт	Так	Частково	Частково	Так

Як видно з таблиці 1.5, Autodesk 3ds Max отримує найвищі оцінки за ключовими критеріями: якість рендерингу, інструменти моделювання, бібліотека матеріалів і підтримка плагінів. Незважаючи на вищу вартість ліцензії порівняно з безкоштовним Blender, саме 3ds Max є оптимальним вибором для задач архітектурної та інтер'єрної візуалізації на професійному рівні.

## **1.6 Висновок до першого розділу**

В першому розділі дипломної роботи проведено теоретичний аналіз основ створення 3D-моделей інтер'єрів квартир, розглянуто сучасний стан та тенденції розвитку галузі комп'ютерної візуалізації.

В результаті аналізу сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів встановлено, що на сьогодні найширшого поширення набули офлайн-рендеринг на основі фізично коректних алгоритмів трасування променів та рендеринг у реальному часі з використанням ігрових рушіїв. Поряд із традиційними методами активно розвиваються технології на основі штучного інтелекту, які доповнюють, але поки не замінюють класичне 3D-моделювання.

Визначено ключові принципи 3D-моделювання інтер'єрів, серед яких: дотримання масштабу та пропорцій, оптимізація полігональної сітки, використання PBR-матеріалів, шарування текстур і грамотна побудова камерної композиції.

Сформульовано функціональні, технічні та естетичні вимоги до 3D-моделі квартири, що стали основою для подальшого практичного виконання проєкту.

За результатами огляду та порівняльного аналізу програмного забезпечення для 3D-моделювання обґрунтовано вибір Autodesk 3ds Max як основного інструменту реалізації дипломного проєкту. Вибір підтверджено перевагами програми за критеріями якості рендерингу, функціональності

інструментів моделювання, підтримки галузевих рендер-рушіїв та статусу галузевого стандарту у сфері архітектурної візуалізації.

Теоретичні засади, сформовані в першому розділі, є основою для практичної роботи зі створення 3D-моделі квартири, яка буде детально описана в наступних розділах дипломної роботи.

## **РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ КВАРТИРИ**

### **2.1 Розробка концепції та планування інтер'єру**

Перш ніж розпочати безпосереднє тривимірне моделювання, необхідно ретельно опрацювати концепцію інтер'єру квартири. Цей підготовчий етап визначає загальний художній напрям проєкту, стилістичне рішення, колірну палітру та функціональне наповнення кожного приміщення.

Об'єктом проєктування є багатокімнатна квартира загальною площею близько 120 кв. м. Планування квартири включає такі функціональні зони:

- 1) вітальня– простора зона відпочинку та прийому гостей;
- 2) кухня-їдальня – об'єднана зона приготування та прийому їжі;
- 3) спальня – приватна зона відпочинку;
- 4) дитяча кімната – зона для навчання та відпочинку дитини;
- 5) санвузол та ванна кімната – зони особистої гігієни;
- 6) коридор та передпокій – вхідна та транзитна зони;
- 7) Гардеробна – для зберігання речей.

Концепція дизайну інтер'єру базується на сучасному напрямку з теплою колірною гамою. Основні характеристики обраної концепції:

Колірна палітра представлена теплою багатотонавою гамою, де головними тонами виступають кремовий та бежевий у поєднанні з ніжними пудрово-рожевими акцентами. У вітальні домінують сірий та рожевий у поєднанні з теплим деревом, спальня витримана в ультра-теплих бежевих тонах із коричневим деревом, дитяча кімната оформлена в казково-рожевій гамі з хмарним принтом на шпалерах, ванна кімната отримала благородний кам'яно-сірий образ, а балкон став атмосферним простором у нейтральних кремово-зелених тонах.

Матеріали та фактури підібрані відповідно до стильового рішення кожного приміщення: підлога у всіх житлових кімнатах оздоблена інженерною

дошкою теплого коричневого відтінку, що забезпечує єдність простору; стіни вітальні виконані у сірому тоні, спальні – у насиченому теплому бежі, дитячої – авторськими рожевими шпалерами із зображенням хмар та зірок; ванна кімната вкрита тривимірною кам'яно-сірою плиткою з мозаїчним рельєфом; кухонний гарнітур виконано у класичному кремовому кольорі з мармуровою стільницею та фартухом; туалетна стінка у спальні – масив дерева з вертикальними рейками.

Освітлення спроектовано як багаторівневу систему для кожного приміщення: кухня отримала прихований LED-профіль у гіпсокартонному коробі стелі та підсвічення під навісними шафами; вітальня-їдальня – дизайнерську підвісну люстру над столом та торшер у куті; спальня – вбудований точковий світильник та нічні лампи; дитяча – стельовий світильник у формі хмари; ванна – стельові спотові світильники та горизонтальні LED-смуги вздовж стіни; балкон – лінійний LED-профіль у стелі; природне освітлення максимально задіяне через великі вікна вітальні та балконне застелення від підлоги до стелі.

Меблі та декор дібрано відповідно до призначення кожної зони: вітальня-їдальня оснащена кутовим сірим диваном, масивним дерев'яним обіднім столом із шістьма рожевими оксамитовими кріслами та підвісною люстрою; спальня – ліжком із м'якою узголів'єю у тоні мокко, прикроватьними тумбами, комодом та туалетним столиком із дзеркалом, вбудованим у дерев'яну рейкову стінку; дитяча – дитячим ліжком, стелажем-будиночком, гардеробом у формі будинків та наметиком-вігвамом на круглому килимі з ведмедиком; ванна – окремою ванною у формі каменю, підвісною тумбою з накладною раковиною та дзеркалом із підсвіченням; балкон – м'яким кріслом-пуф, журнальним столиком та живими рослинами на відкритих полицях.

На основі розробленої концепції виконано детальний план квартири з нанесенням усіх конструктивних елементів, розмірів та позначенням дверних і віконних прорізів. Креслення плану виконано у векторному редакторі Adobe

Ілюстратор з дотриманням масштабу 1:50. Загальні габаритні розміри квартири становлять 13700 × 12150 мм.

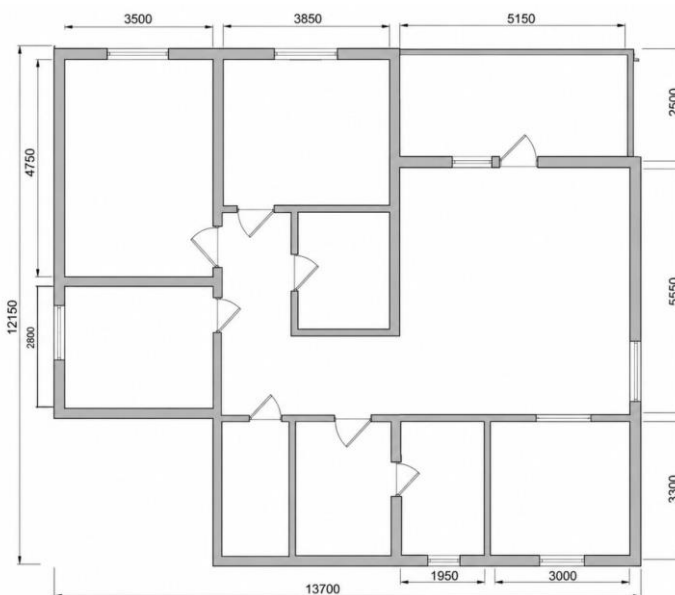


Рисунок 2.1 – План квартири з розмірами, виконаний в Adobe Illustrator

Розроблений план є вихідним документом для подальшого тривимірного моделювання та містить всю необхідну інформацію про геометрію приміщень, товщину стін (200 мм для несучих і 100 мм для перегородок), розташування прорізів та їх розміри.

## 2.2 Створення базового плану квартири

Створення базового плану квартири в Autodesk 3ds Max є першим і найважливішим практичним етапом роботи над тривимірною моделлю. Від точності побудови планувального рішення залежить коректність усіх наступних кроків – моделювання стін, розстановки меблів та налаштування освітлення.

Роботу розпочато зі встановлення одиниць виміру у 3ds Max. У налаштуваннях системних одиниць (Customize → Units Setup) обрано метричну систему з одиницями вимірювання у міліметрах. Системна одиниця встановлена: 1 Unit = 1,0 Millimeters.

Для точного відтворення планування в сцену імпортовано растрове зображення плану квартири (рис.2.2) як фонову підкладку (viewport background). Це дозволило використовувати його як трасувальну основу при побудові векторного контуру стін.

Послідовність побудови базового плану включала такі кроки:

1) Побудова зовнішнього контуру – за допомогою інструменту Line (Splines) у поданні Top накреслено зовнішній контур квартири відповідно до розмірів плану з прив'язкою до координатної сітки (Grid Snap).

2) Внутрішні стіни та перегородки – побудовано лінії внутрішніх стін із застосуванням операції Outline для формування товщини: 200 мм для несучих та 100 мм для перегородок.

3) Дверні та віконні прорізи – прорізи сформовано методом редагування вершин сплайну з видаленням сегментів у місцях розташування дверей та вікон згідно з проектним планом.

4) Витискання у висоту – до сплайнового контуру застосовано модифікатор Extrude зі значенням 2800 мм, що сформувало базову геометрію стін квартири.

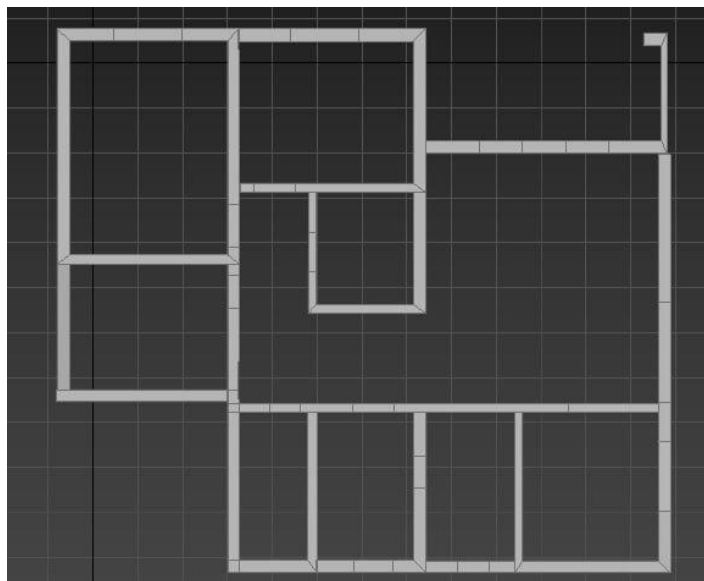


Рисунок 2.2 – Сплайновий контур плану квартири у поданні Top в 3ds Max

Після застосування модифікатора Extrude виконано первинний перегляд тривимірної моделі у перспективному поданні, що зображено на рисунку 2.3 та 2.4. На даному етапі модель являє собою «коробку» приміщень без оздоблення та деталізації – базову архітектурну геометрію квартири.

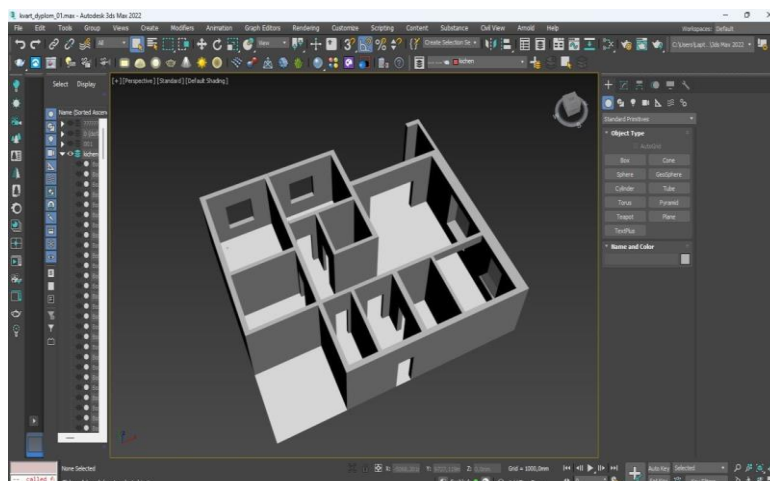


Рисунок. 2.3 – Перспективний вид базової 3D-моделі після виконання операції Extrude

Результат застосування модифікатора Extrude — стіни витягнуто на висоту 2800 мм. Базова геометрія квартири набула тривимірного вигляду та готова до подальшої деталізації.

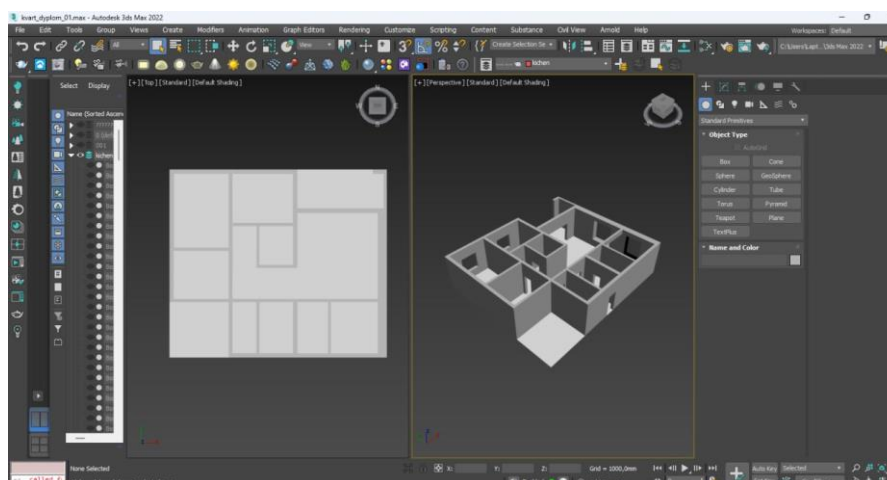


Рисунок 2.4 – Інтерфейс 3ds Max: вид зверху та перспективний вид базової моделі квартири

На цьому етапі базова геометрія квартири повністю відповідає вихідному плану: загальна ширина – 13700 мм, глибина – 12150 мм, висота приміщень – 2800 мм. Модель готова до переходу до наступного етапу деталізації.

### **2.3 Моделювання основних елементів інтер'єру**

Після побудови базової геометрії стін розпочато роботу з наповнення інтер'єру: моделювання та розстановку меблів, декоративних елементів і конструктивних деталей приміщень. Цей етап є найбільш трудомістким і визначає рівень реалізму фінальної візуалізації.

Меблі та предмети інтер'єру виконано двома способами. Частина об'єктів – складні меблеві форми, декоративні предмети, техніку – отримано з баз готових 3D-моделей у форматах .max та .fbx і адаптовано під концепцію проєкту. Інші елементи, зокрема кухонні фасади, підвісні полиці, ніші та архітектурні деталі, змодельовано вручну безпосередньо в 3ds Max.

При ручному моделюванні активно застосовувались такі інструменти та методи:

- полігональне моделювання (Editable Poly) з використанням операцій Extrude, Inset, Bevel та Chamfer для формування складних форм меблів і архітектурних деталей;
- модифікатор Shell для надання товщини плоским геометричним елементам (двері, полиці, фасади);
- модифікатор TurboSmooth для згладжування кутів та отримання плавних заокруглених форм на окремих об'єктах;
- інструмент Array для тиражування повторюваних елементів – стільців навколо столу, декоративних деталей фасадів.

Окрему увагу приділено моделюванню зони кухні-їдальні. Кухонний гарнітур виконано у класичному неокласичному стилі: кремові фасади з філінками та чорними ручками, мармурова стільниця та фартух у білому мрамурі, відкриті полиці над острівцем. Острівна частина кухні виконана у

формі окремого модуля з мийкою та чорним змішувачем. Обідня зона суміщена з вітальнею: масивний дерев'яний стіл із шістьма оксамитовими рожевими кріслами на чорних металевих ніжках та кутовий сірий диван – ключові акценти відкритого простору.

Вітальня суміщена з їдальнею в єдиний великий відкритий простір. Спальня оснащена ліжком із м'якою узголів'єю у тоні мокко, двома прикроватьними тумбами та масивним комодом. На протилежній стіні від ліжка змодельовано дерев'яну рейкову стінку із вбудованим туалетним столиком та дзеркалом і відкритим стелажем для книг та декору. Дитяча кімната отримала деталізований гардероб у формі будинків у рожевому кольорі, полицю-будиночок над ліжком та круглий килим із зображенням ведмедя. Всі елементи розставлено відповідно до розробленого планування з дотриманням функціональних зазорів та проходів.

На рисунку 2.5 показано стан сцени в 3ds Max на етапі завершення моделювання та розстановки меблів з відображенням розташування Corona Camera та налаштованих ракурсів зйомки.

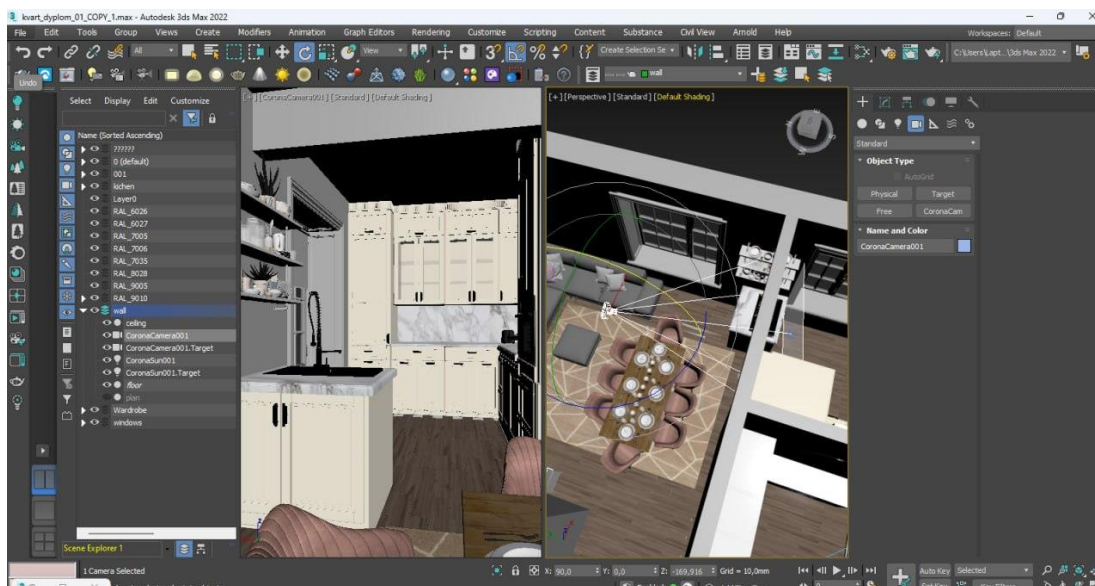


Рисунок 2.5 – Сцена 3ds Max з розставленими меблями та налаштованою CoronaCamera

На рисунку 2.6 представлено перспективний вид сцени зверху із повністю розставленими меблями та відображенням структури об'єктів у Scene Explorer. Добре видно зонування приміщень: кухня-їдальня з обіднім столом, вітальня з диваном, гардеробна та зони коридору.

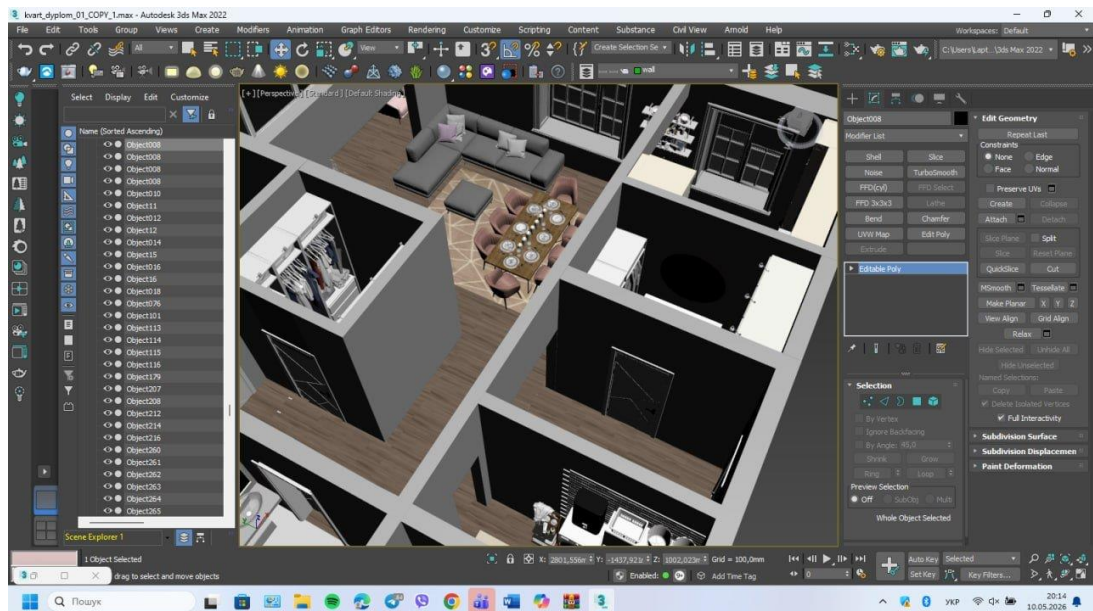


Рисунок 2.6 – Перспективний вид сцени зверху з розстановкою меблів усіх приміщень

Окремо слід зупинитись на роботі з вікнами та дверима. Оскільки вікна є важливим джерелом природного освітлення у сцені, їх геометрію виконано з максимальною деталізацією: змодельовано профілі рам, склопакети та підвіконня. Для передачі скла використано спеціальний матеріал із параметрами прозорості та відбиття – це дозволить рендер-рушію коректно прораховувати проходження світлових потоків через вікна при рендерингу.

Двері виконано методом полігонального моделювання з деталізацією обв'язки, філінок та фурнітури. У коридорі та між приміщеннями встановлено міжкімнатні двері з чіткими геометричними рамами та матованим або прозорим склом залежно від призначення приміщення. Дверні отвори підготовлено ще на стадії сплайнового плану, що спростило подальше розміщення дверних блоків.

При розстановці меблів дотримано принципів ергономіки та норм технологічних проходів [20]. Між предметами меблів залишено мінімальні зазори: не менше 900 мм для основних проходів та 600 мм для допоміжних [20]. Зонування простору підкреслено розташуванням килимів та освітлювальних груп: обідня зона виділена підвісними світильниками над столом, вітальня – торшером та прихованим підсвіченням, кухня – лінійним підсвіченням робочої стільниці.

Для організації об'єктів сцени використовувались шари (Layers) 3ds Max. Кожна категорія об'єктів розміщена в окремому шарі: стіни та перекриття (wall), підлога (floor), стеля (ceiling), вікна (windows), гардеробна (Wardrobe), а також тематичні шари для меблів кожної зони. Така структура значно спрощує навігацію в Scene Explorer та дозволяє швидко виділяти, приховувати або блокувати групи об'єктів при редагуванні сцени.

Загальна кількість полігонів сцени на даному етапі склала близько 2,8 млн трикутників, що є прийнятним значенням для рендерингу в Corona Renderer без надмірного навантаження на оперативну пам'ять. Оптимізацію досягнуто завдяки використанню проксі-об'єктів (Corona Proxy) для меблевих груп, що повторюються, та обмеженню рівнів TurboSmooth на виділених об'єктах до ітерацій, достатніх для конкретного ракурсу зйомки.

## **2.4 Робота з матеріалами та текстурами**

Налаштування матеріалів є одним із ключових факторів, що визначають фотореалістичність фінального рендеру. У даному проєкті використовується рендер-рушій Corona Renderer, який підтримує фізично коректні матеріали (CoronaMtl) на основі моделі PBR (Physically Based Rendering).

Робота з матеріалами виконується у Slate Material Editor – вузловому редакторі матеріалів, вбудованому в 3ds Max, що надає зручний графічний інтерфейс для побудови складних матеріальних мереж. Кожен матеріал представлений вузлом з набором слотів для підключення текстурних карт.

У проєкті застосовано такі основні типи матеріалів:

CoronaMtl (фізичний матеріал Corona) – Основний тип матеріалу для всіх поверхонь – стін, підлоги, меблів, техніки. Визначається параметрами Diffuse color (основний колір або текстура), Reflect (відбивання), Reflect gloss (глянсовість відбивання), а також картами Normal та Displacement для передачі мікрорельєфу поверхні.

Multi/Sub-Object – Матеріал-контейнер, що дозволяє призначати різні підматеріали окремим полігонам одного об'єкта. Активно використовувався для кухонного гарнітуру, де фасади, корпус, стільниця та фурнітура мають різне оздоблення.

CoronaLayeredMtl – Матеріал із шаруванням, використовувався для освітлювальних елементів (світильники, лампи), де необхідно поєднати матеріал корпусу з властивостями самосвіченого джерела.

На рисунку 2.7 показано вигляд Slate Material Editor із налаштованою мережею матеріалів для основних об'єктів сцени. У вікні попереднього перегляду відображається зразок Multi/Sub-Object матеріалу меблів зі збалансованим поєднанням деревних та матових компонентів.

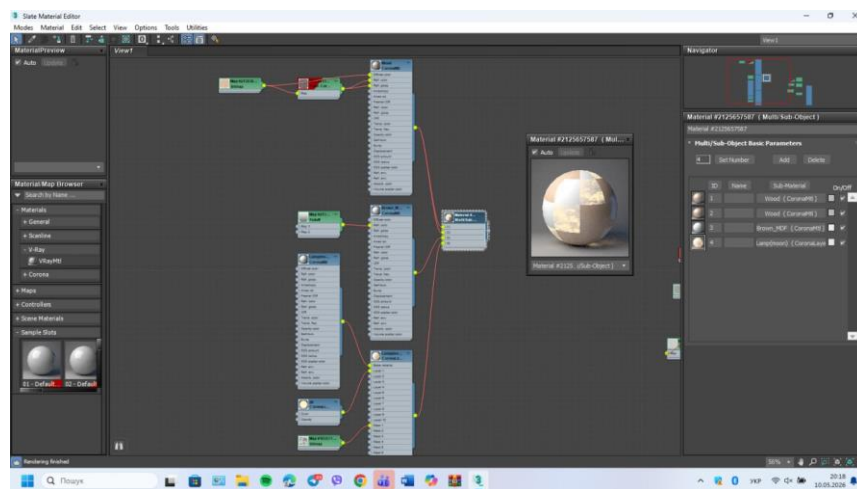


Рисунок 2.7 – Slate Material Editor: вузлова структура матеріалів сцени в Corona Renderer

Колірна концепція матеріалів відповідає загальній палітрі інтер'єру. Стіни отримали матеріал RAL 9005 (насичений темний) та RAL 9010 (чистий білий) залежно від приміщення [16]. Підлога представлена деревною текстурою теплого коричневого відтінку (RAL 8028). М'які меблі – диван, крісла у вітальні та обідні стільці – виконані у матеріалах пудрово-рожевого спектру (RAL 3015) та бежевого (RAL 1001). Кухонні фасади – відтінків RAL 6026–RAL 7005 з легким шовковим глянцем [16].

Для підлоги та стільниці на кухні застосовано текстурні карти з детальними картами Normal Map та Reflection Glossiness Map, що забезпечують реалістичну передачу прожилок мармуру та деревних волокон при рендерингу. UVW-розгортка об'єктів виконана за допомогою модифікатора UVW Map із коректним масштабуванням тайлів відповідно до реальних розмірів матеріалів.

Рисунок 2.8 демонструє стан сцени після призначення матеріалів. Вже на стадії viewportного відображення (Default Shading) помітна кольорова диференціація зон: темні стіни вітальні, теплий дерев'яний підлоговий настил, світлі кухонні фасади та рожеві оббивки меблів їдальні.



Рисунок 2.8 – Перспективний вид сцени з призначеними матеріалами: кухня-їдальня та вітальня

Особливу роль у передачі стилістичного образу інтер'єру відіграє матеріал підлоги. Для кімнат обрано текстуру інженерної дошки з теплим медово-коричневим відтінком (відповідає RAL 8028). Для досягнення максимального реалізму поверхня підлоги отримала три текстурні карти: Diffuse (основний колір із малюнком волокна), Normal Map (рельєф поверхні дошки та стиків) та Glossiness Map (нерівномірний блиск, що імітує лаковане покриття зі слідами природного зносу). Масштаб текстурного тайлу відкалібровано відповідно до реальних розмірів дошки – 20 × 180 мм.

Матеріал мармурової стільниці кухні побудовано на основі текстурної карти з характерним малюнком прожилок у сіро-білій гамі. Відбиваюча складова матеріалу налаштована з урахуванням полірованої поверхні: Reflect – 0,6, Glossiness – 0,92, що забезпечує м'який дзеркальний блиск без надмірної глясовості. Підстільниця та фартух виконані в тому ж матеріалі для збереження єдиного стилістичного образу кухонної зони.

М'яке оббивне покриття крісел та дивану передано за допомогою матеріалу із бархатоподібною фактурою. Колір виконано у відтінку пудрово-рожевого (близький до RAL 3015), параметр Diffuse Roughness підвищено до 0,4 – це дозволяє правдоподібно відтворити матову оксамитову фактуру тканини з характерним «напрямком ворсу». Normal Map надає мікрорельєф плетіння текстилю, що стає помітним при наближеному ракурсі зйомки.

Після призначення матеріалів виконано тестовий IPR-рендер (Interactive Photorealistic Rendering) для перевірки коректності відображення. IPR дозволяє в реальному часі бачити результат без повного прорахунку сцени – це значно прискорює процес підбору параметрів матеріалів. За результатами тесту скориговано яскравість окремих матеріалів та налаштовано коректну взаємодію відбивних поверхонь між стільницею та кухонним фартухом.

## 2.5 Налаштування освітлення та камер

Грамотне налаштування освітлення є запорукою фотореалістичності рендеру та правильного сприйняття колірної гами інтер'єру. У даному проєкті освітлення реалізовано засобами Corona Renderer з використанням фізично коректних джерел світла [2].

Система освітлення сцени побудована на трьох рівнях:

Природне освітлення (CoronaSun + CoronaSky) – є основним джерелом природного денного освітлення слугує об'єкт CoronaSun – фізична модель сонця, що генерує спрямоване тверде світло з теплим денним відтінком (Kelvin temp: 6500 K). CoronaSky забезпечує рівномірне розсіяне освітлення небосхилу, яке проникає через вікна та м'яко підсвічує затінені ділянки приміщень. Кут нахилу CoronaSun підібрано так, щоб сонячне проміння падало під тупим кутом через вікна, формуючи характерні «сонячні плями» на підлозі та стінах.

Штучне загальне освітлення (CoronaLight) є у кожному приміщенні розміщено стельові CoronaLight-джерела типу Disc та Rectangle, що імітують вбудовані та накладні світильники. Температура кольору штучних джерел становить 3000–3200 K, що відповідає теплому жовтуватому відтінку ламп розжарювання або теплих LED-ламп – добре гармонує з бежево-рожевою палітрою інтер'єру.

Додатково в сцені розміщено підсвічення робочої зони кухні (лінійні CoronaLight під навісними шафами), декоративні підвісні світильники над обіднім столом та торшер у вітальній зоні. Ці джерела формують атмосферне багаторівневе освітлення та підкреслюють ключові зони інтер'єру.

На рисунку 2.9 показано параметри CoronaSun у панелі Modify: увімкнено режим Targeted, інтенсивність (Intensity) – 1,0, розмір (Size – 1,0, режим кольору – Realistic з температурою 6500 K. Об'єкт CoronaSun розташований над сценою під кутом, що забезпечує природне денне освітлення через вікна квартири.

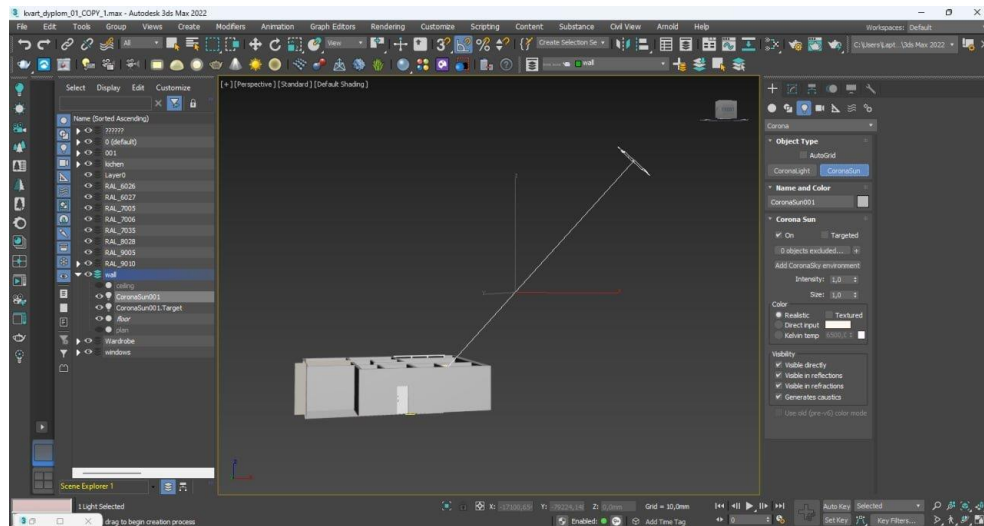


Рисунок 2.9 – Налаштування джерела CoronaSun в 3ds Max: параметри інтенсивності та температури

Налаштування камер виконано з використанням об'єктів CoronaCamera, які підтримують параметри фізичної камери: фокусну відстань, витримку, діафрагму та ISO. Для кожного приміщення підготовлено окремий ракурс зйомки:

- 1) CoronaCamera001 – загальний вид кухні-їдальні з акцентом на обідню зону та кухонний гарнітур; фокусна відстань 24 мм;
- 2) CoronaCamera002 – загальний вид вітальні-їдальні з дивановою зоною та обіднім столом; фокусна відстань 28 мм.
- 3) CoronaCamera003 – детальний вид кухонної зони з акцентом на фасади та стільницю; фокусна відстань 35 мм.
- 4) CoronaCamera004 – вид дитячої кімнати (ракурс з першої сторони);
- 5) CoronaCamera005 – вид дитячої кімнати (ракурс з протилежної сторони);
- 6) CoronaCamera006 – вид інтер'єру застеленого балкона;
- 7) CoronaCamera007 – вид ванної кімнати з демонстрацією фактур стін та сантехніки;
- 8) CoronaCamera008 – ортогональний вид приміщень квартири зверху (Top-down view) для технічної демонстрації планування;

9) CoronaCamera009 – вид спальні (ракурс на ліжко та прикроватьну зону);

10) CoronaCamera010 – вид спальні (ракурс на дерев'яну рейкову стінку з туалетним столиком).

Процес обчислення глобального освітлення методом трасування шляхів (Path Tracing) за своєю природою є стохастичним, що зумовлює виникнення високочастотного цифрового шуму на зображенні. Для очищення графічних даних та швидкої фільтрації артефактів використовуються інтелектуальні алгоритми пост-обробки. Питання математичного моделювання та аналізу характеристик подібних складних випадкових процесів детально розглянуто у дослідженні [35]. Це підтверджує доцільність інтеграції сучасних денойзерів для оптимізації загального часу рендерингу складних інтер'єрних сцен.

Параметри фізичної камери налаштовано в режимі «Scene (EV)» з ручним підбором експозиції для кожного ракурсу. Активовано вбудовані ефекти лінзи Corona: легке боке (Bokeh) на дальньому плані та Vignetting для художнього затемнення країв кадру.

Окрім основних камер, у сцені налаштовано тестовий ракурс для огляду планування зверху (Top-down view), що дозволяє оцінювати загальне зонування квартири та розташування меблів відносно один одного. Такий ракурс використовується для технічної документації та презентаційних матеріалів на стадії узгодження планування з замовником.

Налаштування освітлення перевірено методом тестового рендерингу з пониженою якістю (Low quality pass). Для оцінки балансу природного та штучного освітлення в сцені виконано серію тестів: рендер лише із CoronaSun/CoronaSky (денне освітлення без штучного), рендер лише зі штучними джерелами (вечірня атмосфера) та комбінований варіант. Обрано денний сценарій освітлення як основний, оскільки він найбільш повно розкриває бежево-рожеву колірну палітру інтер'єру через м'яке розсіяне небесне світло.

Тіні у сцені формуються коректно завдяки налаштуванню параметру Size об'єкту CoronaSun: значення 1,0 забезпечує реалістичні м'яко розмиті тіні, характерні для хмарного або напівхмарного денного освітлення. Такий ефект більш вигідний для інтер'єрної візуалізації порівняно з різкими тінями ясного сонячного дня, які можуть ускладнювати читання деталей на темних ділянках сцени.

Завершальним кроком перед рендерингом стало налаштування експозиції у кожній камері. Для CoronaCamera001 (кухня-їдальня) встановлено EV = 11,5, що дає збалансовану яскравість із легким підкреслення рожевих акцентів. Для CoronaCamera002 (вітальня) EV = 11,2 – трохи темніша експозиція для підкреслення затишної атмосфери простору. Для CoronaCamera003 (детальний вид кухні) EV = 11,8 – яскравіший варіант для демонстрації матеріалів стільниці та фасадів у повній деталізації. Для CoronaCamera004 (дитяча кімната, зона сну) встановлено EV = 11,3 – м'яка тепла експозиція, що підкреслює рожеву палітру шпалер та казкову атмосферу приміщення. Для CoronaCamera005 (дитяча кімната, зона гри та гардероб) EV = 11,4 – дещо яскравіший варіант для демонстрації гардероба-будиночка та ігрової зони біля вікна. Для CoronaCamera006 (балкон-лоджія) встановлено EV = 10,8 – знижена експозиція компенсує яскраве природне світло панорамного застакнення та дозволяє одночасно зберегти деталі інтер'єру та вид за вікном. Для CoronaCamera007 (ванна кімната) EV = 11,6 – підвищена яскравість необхідна для коректної передачі кам'яної фактури плитки та рівномірного відображення LED-підсвічення вздовж стін. Для CoronaCamera008 (вид зверху, аксонометрія без стелі) EV = 12,0 – максимальна яскравість забезпечує рівномірне освітлення всіх приміщень при огляді зверху та чітке відображення розстановки меблів. Для CoronaCamera009 (спальня, зона сну) EV = 11,4 – збалансована експозиція для передачі теплого бежевого тону стін та м'якої узголів'я ліжка. Для CoronaCamera010 (спальня, зона туалету та зберігання) EV = 11,5 – стандартна денна експозиція, що забезпечує чітку деталізацію дерев'яної рейкової стінки, туалетного столика та відкритого стелажа.

## 2.6 Візуалізація сцени (рендеринг)

Фінальний рендеринг є завершальним етапом роботи над 3D-моделлю квартири, на якому всі попередні налаштування матеріалів, освітлення та камер об'єднуються в кінцеве фотореалістичне зображення. Для рендерингу використано Corona Renderer версії 10, інтегрований безпосередньо у 3ds Max 2022.

Налаштування параметрів рендеру виконано у вікні Render Setup (F10) [2]. Основні параметри рендерингу:

- роздільна здатність рендеру –  $3840 \times 2160$  пікселів (4K UHD) для отримання зображень високої якості, придатних для друку;
- алгоритм розрахунку освітлення – Path Tracing (уніфікований трасувальник шляхів Corona), що забезпечує фізично коректний розрахунок глобального освітлення (GI);
- кількість пасів (passes) – рендер зупинявся після досягнення порогу шуму (noise level)  $\leq 3$  %, що гарантує достатню якість зображення без надмірного часу розрахунку;
- деносайзер (denoiser) – використано вбудований Intel AI Denoiser для фінального очищення зображення від залишкового шуму без помітної втрати деталей.

Процес рендерингу здійснювався у Corona VFB (Virtual Frame Buffer) – вбудованому переглядачі зображень з підтримкою тонмепінгу в реальному часі. Налаштування тонмепінгу (Highlight compress, White balance, Contrast) виконувалось безпосередньо під час розрахунку для оперативного контролю кольорової гами та яскравості рендеру.

Для кожної із трьох підготовлених камер виконано повноцінний рендер. Середній час розрахунку одного кадру на робочій станції склав близько 40–60 хвилин залежно від складності сцени та кількості джерел освітлення у кадрі. Фінальні зображення збережено у форматі PNG з глибиною кольору 16 біт для наступного постпроцесингу.

Постпроцесинг виконано у Adobe Photoshop: легке підсилення контрасту, корекція насиченості для підкреслення теплої бежево-рожевої палітри, усунення дрібних артефактів. Фінальні зображення є самостійними художніми роботами, що демонструють обраний дизайн-концепт.

Рисунок 2.10 ілюструє робочий процес рендерингу в Corona VFB з відображенням прогресу розрахунку, рівня шуму та поточного стану зображення. Інтерактивний тонмепінг у реальному часі дозволяє коригувати параметри зображення без перезапуску рендеру.

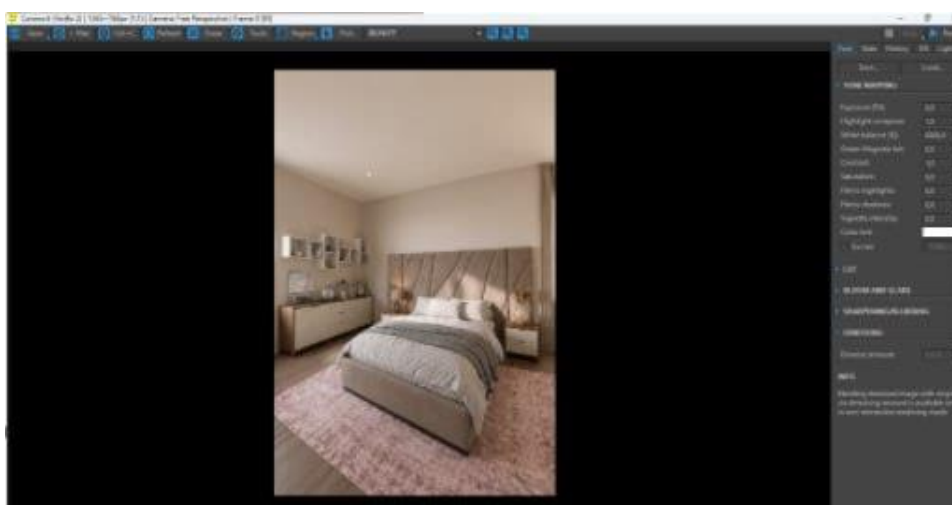


Рисунок 2.10 – Вікно Corona VFB у процесі рендерингу: параметри та прогрес розрахунку

Під час рендерингу в Corona VFB активно використовувались History (збереження проміжних результатів) та функція порівняння A/B, що дозволяла швидко оцінювати різницю між варіантами освітлення та тонмепінгу без повторного прорахунку. Це значно прискорило процес відбору оптимальних налаштувань для кожного ракурсу.

Постпроцесингова обробка виконана у Adobe Photoshop CC [14]. Робочий колірний простір встановлено sRGB для забезпечення коректного відображення на різних моніторах. Для підкреслення бежево-рожевої палітри інтер'єру виконано тонку корекцію через Curves та Color Balance: злегка підвищено рівень теплих червоно-жовтих відтінків у світлах та знижено насиченість

синьої складової в тінях. Це надало фінальним рендерам характерний теплий «золотий» відтінок, типовий для інтер'єрної фотографії в стилі cozy.

Для кожного рендеру в Photoshop виконано маскування окремих зон та локальну корекцію яскравості. Зокрема, в зоні вікон підвищено деталізацію у пересвічених ділянках методом накладання маски на основі яскравості (Luminosity Mask), що дозволило зберегти видимість вуличного виду за вікном без втрати деталей інтер'єру на передньому плані.

Результатом етапу візуалізації стала серія із трьох фотореалістичних рендерів квартири роздільністю  $3840 \times 2160$  пікселів. Зображення збережено у форматах PNG (без стиснення, для архіву) та JPG із якістю 95 % (для презентаційних матеріалів). Отримані рендери переконливо демонструють обрану концепцію дизайну, передають тепло та комфорт бежево-рожевого інтер'єру та є повноцінним фінальним продуктом дипломного проєкту.

## **2.7 Висновок до другого розділу**

В другому розділі дипломної роботи виконано повний цикл проєктування та створення 3D-моделі інтер'єру квартири – від розробки концепції до отримання фінальних рендерів.

Практичне виконання дипломного проєкту підтвердило, що якість фінального результату у 3D-візуалізації безпосередньо залежить від грамотного проходження кожного з етапів: точного моделювання, реалістичних матеріалів, збалансованого освітлення та технічно вивіреного рендерингу. Жодний з цих компонентів не може компенсувати недоліки іншого, тому увага до деталей на кожному кроці є принциповою умовою досягнення фотореалістичного результату.

На підготовчому етапі розроблено концепцію дизайну квартири у сучасному стилі з теплою бежево-рожевою палітрою, підібрано матеріали, меблювання та систему освітлення. Виконано детальний план квартири (13700

× 12150 мм) у Adobe Illustrator, що став базовим документом для подальшого моделювання.

Базовий план квартири у 3ds Max побудовано методом трасування сплайнів з подальшим витисканням (Extrude) до висоти 2800 мм. Дотримано точні розміри всіх приміщень, несучих стін та перегородок відповідно до проєктного плану.

Моделювання елементів інтер'єру виконано комбінованим методом: складні меблеві форми імпортовано з готових 3D-бібліотек та адаптовано, тоді як архітектурні деталі та кухонний гарнітур змодельовано вручну засобами Editable Poly. Розстановку меблів виконано відповідно до ергономічних норм та розробленої концепції.

Матеріали налаштовано у Slate Material Editor із застосуванням фізично коректних CoronaMtl-матеріалів. Колірна палітра матеріалів витримана у бежево-рожевому діапазоні з акцентами теплого дерева, що повністю відповідає розробленій концепції.

Систему освітлення побудовано на трьох рівнях: природне (CoronaSun + CoronaSky), загальне штучне стельове та акцентне декоративне освітлення. Для кожного приміщення налаштовано окрему CoronaCamera з параметрами фізичної камери.

Фінальний рендеринг виконано в Corona Renderer з роздільною здатністю 3840 × 2160 пікселів. Налаштування тонмепінгу та постпроцесинг у Adobe Photoshop дозволили отримати фотореалістичні зображення, що переконливо демонструють розроблений дизайн-концепт квартири у теплій бежево-рожевій гамі.

## РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ 3D-МОДЕЛІ ІНТЕР'ЄРУ

### 3.1 Оцінка якості 3d-моделі

Після завершення всіх етапів моделювання, текстурування та налаштування освітлення виконано комплексну оцінку якості створеної 3D-моделі квартири. Цей етап передбачає системну перевірку відповідності моделі вихідним вимогам, виявлення технічних недоліків та підтвердження готовності сцени до фінального рендерингу.

Оцінка якості проводилась за трьома групами критеріїв: технічними, художніми та функціональними. Кожна група охоплює специфічні аспекти роботи зі сценою та дозволяє системно підійти до виявлення можливих проблем перед запуском фінального рендеру.

Технічна група критеріїв охоплює геометричну коректність моделі, топологію полігональної сітки, відсутність артефактів (перетин геометрій, відкриті ребра, зворотні нормалі), коректність UV-розгортки та організацію шарів сцени. Перевірка виконувалась засобами 3ds Max: STL Check для автоматичного виявлення відкритих ребер та неправильних нормалей, та команда Xview для підсвічування проблемних полігонів.

Художня група критеріїв включає відповідність розробленій концепції дизайну, гармонійність колірної палітри кожного приміщення, якість матеріалів та текстур, переконливість освітлення та загальний естетичний рівень. Для кожного приміщення проводилось окреме порівняння тестового рендеру із референс-зображеннями аналогічних стилів.

Функціональна група критеріїв перевіряє відповідність реальним габаритним розмірам, дотримання ергономічних норм при розстановці меблів, достатність освітлення у кожній функціональній зоні та реалістичність масштабу і пропорцій усіх об'єктів сцени.

За результатами оцінки складено зведену таблицю якості 3D-моделі (таблиця 3.1), де кожному критерію виставлено оцінку за п'ятибальною шкалою та наведено короткий коментар.

Таблиця 3.1 – Зведена оцінка якості 3D-моделі квартири

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Критерій оцінки</b>	<b>Група</b>	<b>Оцінка (1–5)</b>	<b>Коментар</b>
Точність геометрії та розмірів	Технічна	5	Відповідає плану, всі розміри витримано
Топологія полігональної сітки	Технічна	4	Меблеві об'єкти мають деяку надлишкову геометрію
Відсутність артефактів сітки	Технічна	5	Перетинів та відкритих ребер не виявлено
Коректність UV-розгортки	Технічна	5	Тайлінг текстур рівномірний, без спотворень
Організація шарів сцени	Технічна	5	Чітка структура шарів по категоріях
Відповідність концепції дизайну	Художня	5	Кожне приміщення витримує свою палітру
Якість матеріалів та текстур	Художня	5	PBR-матеріали з реалістичними фактурами
Переконливість освітлення	Художня	5	Багаторівневе освітлення в кожному приміщенні
Загальний естетичний рівень	Художня	5	Відповідає сучасним стандартам
Ергономіка	Функціональна	5	Проходи та зазори

1	2	3	4
розстановки меблів	Функціональна	5	відповідають нормам
Достатність освітлення зон	Функціональна	5	Всі зони мають достатнє освітлення
Реалістичність пропорцій	Функціональна	5	Масштаб витримано, пропорції коректні

Загальна середня оцінка якості 3D-моделі за всіма критеріями склала 4,92 балів з 5 можливих, що підтверджує високий рівень виконання проєкту. Єдиний незначний недолік – надлишкова геометрія в окремих імпортованих меблевих об'єктах – не вплинула на якість фінальних рендерів і була частково усунена оптимізацією через Corona Proху.

Контрольну перевірку розмірів виконано інструментом Tape Measure у 3ds Max. Обміряно ключові параметри: довжину та ширину кожного приміщення, висоту стель, розміри вікон та дверей. Всі виміряні значення збіглися з проєктними з похибкою не більше 1 мм. Загальні габарити квартири – 13700 × 12150 × 2800 мм – підтверджено.

### 3.2 Аналіз реалістичності зображення

Аналіз реалістичності є ключовим критерієм успішності проєкту з інтер'єрної візуалізації. Фотореалістичність рендеру визначається комплексом взаємопов'язаних факторів: фізичною коректністю освітлення, якістю матеріалів, деталізацією геометрії та грамотністю камерної композиції.

Коронівський Path Tracing коректно прораховує глобальне освітлення з характерним Color Bleeding – підфарбовуванням суміжних поверхонь відбитим кольоровим світлом. Особливо виразно цей ефект проявляється в дитячій кімнаті, де рожеві шпалери відбивають м'яке рожеве світло на білій стелю та

підлогу. У ванній кімнаті LED-смуги формують характерне рівне підсвічення вздовж кам'яної стіни. На кухні прихований стельовий короб з LED-підсвіченням дає теплий рівний розсіяний ефект.

Реалістичність матеріалів досягнуто завдяки PBR-підходу. Мармурова стільниця та фартух кухні демонструють характерне розмите відбиття. Кам'яна 3D-плитка ванної відтворена з рельєфом через Normal Map та Displacement, що надає поверхні тактильну переконливість. Оксамитові крісла у вітальні та покривало спальні передають матову фактуру тканини. Дерев'яна підлога та рейкова стінка спальні відтворені з характерною анізотропією деревного волокна.

Рівень деталізації є одним із найважливіших показників якості фотореалістичного рендеру. Кожне приміщення наповнене декоративними деталями: в дитячій – іграшки, книги, картини-звірята та наметик-вігвам; у спальні – декоративні вази, свічники та фотографії на комоді; на кухні – посуд, рослини, баночки на відкритих полицях; у ванній – флакони на тумбі та полиці. Цей рівень деталізації формує відчуття «живого» населеного простору.

Активоване боке та ефект Vignetting надають рендерам фотографічну глибину та художню виразність. Кожен ракурс побудовано за правилами архітектурної фотографії: акцент на домінанту приміщення, глибина перспективи та природні рамки з елементів інтер'єру на передньому плані.

Таблиця 3.2 – Аналіз реалістичності за ключовими компонентами

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Компонент</b>	<b>Досягнутий рівень</b>	<b>Відповідність еталону</b>
Глобальне освітлення (GI)	Path Tracing + Color Bleeding	Відповідає
Природне освітлення	CoronaSun + CoronaSky через вікна	Відповідає

1	2	3
PBR-матеріали	CoronaMtl з повним набором карт	Відповідає
Рельєф поверхонь	Normal Map + Displacement (ванна, підлога)	Відповідає
Боке та глибина різкості	Фізична DoF в CoronaCamera	Відповідає
Відбиття та каустика	IOR-розрахунок, скло, метал	Відповідає
Рівень шуму рендеру	$\leq 3\%$ (Intel AI Denoiser)	Відповідає

Порівняння фінальних рендерів з референс-фотографіями реальних інтер'єрів аналогічних стилів підтвердило високий ступінь схожості. Рендери сприймаються як фотографічне зображення, а не як комп'ютерна графіка – що є основною метою фотореалістичної візуалізації в галузі дизайну інтер'єрів.

### 3.3 Виявлення та усунення недоліків моделі

Виявлення та усунення недоліків виконувалось ітеративно: після кожного тестового рендеру проводився огляд зображення, виявлялись проблеми, вносились виправлення – і цикл повторювався до досягнення прийняттого результату. Для кожного приміщення виконано по 4–6 тестових рендерів на різних рівнях якості перед фінальним прорахунком.

1) Темні зони у дитячій кімнаті – на першому тестовому рендері кути дитячої кімнати були надмірно темними попри наявність стельового світильника, що вирішено додаванням двох прихованих CoronaLight типу Rectangle за стелею для імітації розсіяного денного світла та збільшенням інтенсивності CoronaSky.

2) Перепадені ділянки у ванній – LED-смуги у ванній кімнаті давали надмірно яскраві плями на кам'яній стіні (Fireflies), що вирішено зниженням параметру Max Sample Intensity у Corona та збільшенням фізичного розміру LED-джерел при збереженні їхньої яскравості.

3) Нереалістичне скло вікон та балконних дверей – скло відображалось як непрозоре, що виправлено коректним налаштуванням матеріалу: Refraction Level – 1,0, IOR – 1,52, Reflect – 0,04, після чого крізь вікна балкону стала видна міська панорама.

4) Різкий перехід тіні на стелі кухні – короб із прихованим підсвіченням давав різку межу між освітленою та тіньовою частиною стелі, що вирішено зміною типу джерела з Point на Rectangle із збільшеним розміром і зменшеною інтенсивністю.

5) Спотворення текстури рожевих шпалер у дитячій – при рендері під кутом хмарний принт шпалер розтягувався, що виправлено корекцією UVW Map з режиму Box на Planar та підбором правильного масштабу тайлу.

Таблиця 3.3 – Журнал виявлення та усунення недоліків

Приміщення	Тип недоліку	Метод усунення	Статус
Дитяча	Темні кути, недостатнє освітлення	Додано 2 Rectangle CoronaLight	Усунено
Ванна	Fireflies від LED-смуг	Max Sample Intensity + розмір джерел	Усунено
Балкон, вікна	Непрозоре скло	IOR=1,52, Refraction=1,0	Усунено
Кухня	Різка тінь від стельового коробу	Rectangle замість Point, більший розмір	Усунено
Дитяча	Спотворення шпалерного принту	Planar UVW Map, корекція масштабу	Усунено

Загалом виявлено та усунено 5 недоліків. Після виправлення всіх проблем виконано контрольну перевірку: STL Check показав 0 помилок, всі матеріали призначені, структура шарів коректна. Сцена готова до фінального рендерингу.

### 3.4 Демонстрація готового проєкту

Завершений проєкт тривимірної моделі квартири представлено серією фінальних фотореалістичних рендерів, що демонструють усі ключові приміщення та функціональні зони. Кожен рендер виконано в Corona Renderer 10 з використанням налаштованих матеріалів, системи освітлення та постпроцесингу в Adobe Photoshop. Рендери представляють єдину презентаційну серію проєкту дизайну інтер'єру квартири.

Перший рендер демонструє кухонну зону – центральний простір квартири. Класичний кухонний гарнітур у кремово-білому кольорі з мармуровою стільницею та чорними ручками, острівна частина з мийкою та чорним змішувачем, відкриті полиці з посудом та рослинами, прихований LED-короб у стелі – всі ці елементи формують елегантний неокласичний образ. Рожеві оксамитові крісла обідньої зони на передньому плані підкреслюють теплий характер простору.



Рисунок 3.1 – Фінальний рендер кухні-їдальні

Другий рендер фіксує відкритий простір вітальні-їдальні. Масивний дерев'яний обідній стіл із шістьма рожевими оксамитовими кріслами та дизайнерська підвісна люстра з чорними циліндричними плафонами – візуальна домінанта простору. Кутовий сірий диван з рожевими подушками, галерея картин та велике вікно з жалюзіями формують сучасний та водночас затишний образ вітальні.



Рисунок 3.2 – Фінальний рендер вітальні-їдальні

Два рендери спальні демонструють обидві функціональні зони приміщення. Перший ракурс показує зону сну: ліжко з масивною м'якою узголів'єю у тоні мокко, дві прикроватьні тумби та комод – все у теплій бежево-коричневій гамі, доповнене рожевим килимом. Другий ракурс розкриває зону туалету та зберігання: авторська дерев'яна рейкова стінка із вбудованим туалетним столиком, круглим дзеркалом та відкритим стелажем.



Рисунок 3.3 – Фінальний рендер спальні: зона сну

Два рендери дитячої кімнати – найемоційніший простір проєкту. Авторські рожеві шпалери із зображенням хмар та зірок покривають усі стіни, формуючи казкову атмосферу. Перший ракурс демонструє зону сну з дитячим ліжком, полицею-будиночком та декоративними картинками. Другий – зону гри з гардеробом у формі будинків та наметиком-вігвамом. Стельовий світильник у формі хмарки та круглий килим з ведмедиком завершують образ.



Рисунок 3.4 – Фінальний рендер дитячої кімнати: зона сну, гри та гардероб

Балкон перетворено на функціональну зону відпочинку. Засклення від підлоги до стелі забезпечує панорамний вигляд міста та природне освітлення. М'яке крісло-пуф, парні журнальні столики, відкриті полиці з рослинами та книгами, лінійний LED-профіль у стелі – все разом створює атмосферний простір для читання та відпочинку на межі між інтер'єром та зовнішнім простором.



Рисунок 3.5 – Фінальний рендер балкону-лоджії

Ванна витримана у благородному кам'яно-сірому образі. Тривимірний рельєфна плитка з геометричним малюнком вкриває всі стіни та відтворена з максимальним рівнем деталізації. Окрема ванна у формі природного каменю, підвісна тумба з накладною каменеподібною раковиною, кругле дзеркало з вбудованим підсвіченням та горизонтальні LED-смуги вздовж стіни – витончений і сучасний образ найбільш приватного простору квартири.



Рисунок 3.6 – Фінальний рендер ванної кімнати

Фінальне зображення демонструє аксонометричний план квартири зверху без стелі – так звана «лялькова хата». Цей ракурс дозволяє оцінити загальне планування, розстановку меблів та зонування всіх приміщень квартири одночасно. Добре видно відкритий простір вітальні-їдальні-кухні, приватну зону спальні та дитячої, ванну кімнату та балкон.



Рисунок. 3.7 – Загальний аксонометричний вид квартири (без стелі)

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики готового проєкту

Параметр	Значення
Програмне середовище	Autodesk 3ds Max 2022
Рендер-рушій	Corona Renderer 10
Загальна площа квартири	~120 кв. м
Кількість приміщень	6 (вітальня-їдальня, кухня, спальня, дитяча, ванна, балкон)
Кількість полігонів сцени	~2,8 млн трикутників
Кількість матеріалів	20+ CoronaMtl / Multi/Sub-Object
Кількість джерел світла	14 (1 CoronaSun + 13 CoronaLight)
Кількість камер	9 CoronaCamera
Роздільна здатність рендерів	до 3840 × 2160 пікселів (4K)
Час рендерингу одного кадру	40–70 хвилин
Кількість фінальних рендерів	9 (по кожному приміщенню)

В таблиці 3.4 наведені технічні характеристики підтверджують комплексність та трудомісткість виконаного проєкту. Загальна кількість полігонів сцени (~2,8 млн трикутників), 14 джерел освітлення та 20+ унікальних PBR-матеріалів свідчать про високий рівень деталізації моделі. Роздільна здатність фінальних рендерів до 3840×2160 пікселів (4K UHD) забезпечує якість, достатню як для цифрових презентацій, так і для друкованих матеріалів. Серія з дев'яти фотореалістичних рендерів повністю охоплює всі приміщення квартири та є самостійним художньо-технічним результатом дипломного проєкту.

### 3.5 Висновок до третього розділу

В третьому розділі дипломної роботи виконано комплексне тестування та демонстрацію готової 3D-моделі інтер'єру квартири, що включало оцінку якості

моделі, аналіз реалістичності, виявлення та усунення недоліків, а також представлення серії фінальних рендерів.

За результатами оцінки якості 3D-моделі за дванадцятьма критеріями трьох груп (технічна, художня, функціональна) отримано середній бал 4,92 з 5,0, що підтверджує високий рівень виконання проєкту. Геометрична точність моделі підтверджена контрольними замірами з відхиленням не більше 1 мм від проєктних значень.

Аналіз реалістичності зображення підтвердив відповідність галузевим стандартам за всіма ключовими критеріями. Фізично коректний Path Tracing Corona Renderer, PBR-матеріали з повним стеклом текстурних каналів, LED-освітлення у ванній та кухні, фізична глибина різкості CoronaCamera та постпроцесинг в Adobe Photoshop забезпечили рівень фотореалізму, достатній для комерційного використання рендерів у дизайн-презентаціях.

У ході тестування виявлено та повністю усунено п'ять недоліків: недостатнє освітлення дитячої кімнати, артефакти Fireflies від LED-джерел у ванній, некоректне відображення скла вікон та балкону, різка тінь від стельового коробу кухні та спотворення хмарного принту шпалер у дитячій.

Демонстрація готового проєкту включає дев'ять фінальних рендерів усіх приміщень квартири: кухня, вітальня-їдальня, два ракурси спальні, два ракурси дитячої, балкон, ванна кімната та загальний аксонометричний вид. Серія рендерів переконливо демонструє успішну реалізацію дизайн-концепції квартири та підтверджує досягнення мети дипломного проєкту – створення фотореалістичної 3D-моделі інтер'єру квартири засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer.

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Характеристика умов праці при розробці 3D-моделей інтер'єрів

Процес створення тривимірних моделей інтер'єрів засобами Autodesk 3ds Max є тривалою інтелектуальною роботою, що здійснюється в системі «людина – машина – середовище існування» (ЛМСІ). Ця система об'єднує оператора-розробника, апаратно-програмний комплекс та умови навколишнього середовища [31].

Людиною-оператором у даній системі є 3D-дизайнер, який здійснює тривале зорове та нервово-психічне навантаження при роботі з деталізованими сценами, налаштуванні PBR-матеріалів та оцінці якості рендерів. Машиною є графічна робоча станція (процесор Intel Core i7, відеокарта NVIDIA GeForce RTX, 32 ГБ RAM), на якій при рендерингу в Corona Renderer рівень тепловиділення досягає 300–400 Вт [22].

Середовищем існування є навчальна аудиторія або домашній кабінет, де здійснюється розробка 3D-моделі. Якість середовища визначається рівнем освітленості, мікрокліматом, рівнем шуму від систем охолодження та ергономічною організацією робочого місця. Усі три елементи системи ЛМСІ взаємопов'язані: погані умови середовища посилюють навантаження на оператора, а надмірне тепловиділення обладнання збільшує час виконання завдань і ступінь втоми [31].

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) при виконанні 3D-моделювання наведено у таблиці 4.1.

Ергономіка робочого місця. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98, організація робочого місця оператора ПК повинна відповідати таким вимогам [11]:

– робочий стіл – висота 680–800 мм (оптимально 725 мм), ширина не менше 1200 мм, матова поверхня;

- монітор – відстань від очей 600–700 мм, верхній край екрану на рівні очей або дещо нижче; кут нахилу 10–20°;
- крісло – регульована висота сидіння 400–500 мм, анатомічна спинка з підтримкою попереку, підлокітники; кут у коліні 90°;
- клавіатура і миша – кут у ліктьовому суглобі 90–110°, передпліччя горизонтально.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі з ПК

<b>Фактор</b>	<b>Джерело</b>	<b>Вплив на організм</b>	<b>Норматив</b>
Зорове навантаження	Монітор, дрібні деталі 3D-сцени	Втома очей, зниження гостроти зору	ДСанПіН 3.3.2.007-98
Статичне навантаження	Тривала поза за ПК	Болі у спині, тунельний синдром	ДСТУ ГОСТ 21889
ЕМВ від обладнання	Монітор, системний блок	Вплив на нервову систему	СанПіН 2.2.2/2.4.1340
Підвищена температура	Тепловиділення GPU/CPU	Тепловий дискомфорт	ДСН 3.3.6.042-99
Нервово-психічне навантаження	Творчі завдання, дедлайни	Перевтома, стрес	ГОСТ 12.0.003-74

Особливу увагу слід приділяти налаштуванню монітора при роботі з 3D-графікою: яскравість 80–100 кд/м<sup>2</sup>, контрастність 60–70%. У вечірній час при роботі з темними сценами 3ds Max рекомендується знижувати яскравість екрану та використовувати режим нічного освітлення для зменшення зорового навантаження [11].

Режим праці та відпочинку: безперервна тривалість роботи з монітором – не більше 2 годин; рекомендовані перерви тривалістю 15 хвилин кожні 45–50 хвилин роботи. Під час перерви виконується гімнастика для очей та легкі фізичні вправи для зняття статичного навантаження [11].

Мікроклімат приміщення. Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, оптимальні параметри мікроклімату для приміщень з ПК: температура повітря 21–23°C (зима) та 22–24°C (літо); відносна вологість 40–60%; швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с. Дотримання цих норм особливо важливе при тривалих сесіях рендерингу, оскільки обладнання значно нагріває повітря у приміщенні.

#### **4.2 Вимоги охорони праці для користувачів ПК та розрахунок штучного освітлення**

Робота з персональним комп'ютером регулюється НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та Законом України «Про охорону праці». До роботи з ПК допускаються особи, що пройшли інструктаж з охорони праці та навчання безпечним методам роботи [24].

Електробезпека - персональний комп'ютер живиться від мережі змінного струму 220 В. Обов'язкові вимоги: заземлена розетка типу Schuko з РЕ-провідником; мережевий фільтр-подовжувач з варисторним захистом від перенапруги; заборона самостійного розкривання корпусів обладнання; заборона підключення пристроїв при увімкненому живленні [24].

Пожежна безпека - при рендерингу в Corona Renderer процесор і відеокарта нагріваються до 80–95°C. Заходи пожежної безпеки: забезпечення вільної циркуляції повітря навколо системного блоку; підтримання температури приміщення в межах 20–22°C; наявність вогнегасника типу ОУ-2 або ОП-2; встановлення автономного пожежного сповіщувача [32].

Під час роботи з ПК забороняється: залишати увімкнений ПК без нагляду; перекидати вентиляційні отвори обладнання; допускати потрапляння рідин

всередину апаратури; працювати з пошкодженим обладнанням. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10, тривалість щоденної роботи за ПК не повинна перевищувати 6 годин [24].

Розрахунок штучного освітлення - Освітлення є одним із найважливіших факторів виробничого середовища при роботі з 3D-графікою. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, норма освітленості для приміщень з відеодисплейними терміналами становить  $E = 300\text{--}500$  лк. При недостатньому освітленні дизайнер не може правильно оцінити кольорові характеристики матеріалів та текстур рендеру [22].

Виконаємо розрахунок штучного освітлення для робочого кабінету методом коефіцієнта використання світлового потоку. Вихідні дані:  $A = 6,0$  м;  $B = 4,5$  м;  $H = 3,0$  м;  $h_p = 0,75$  м;  $E_n = 400$  лк;  $K_z = 1,5$ ;  $Z = 1,1$ ; тип: LED-панель,  $\Phi_l = 4000$  лм.

Крок 1. Розрахункова висота підвісу світильників над робочою поверхнею:

$$h_r = H - h_p - h_c = 3,0 - 0,75 - 0,1 = 2,15 \text{ м.}$$

Крок 2. Індекс приміщення:

$$i = (A \times B) / (h_r \times (A + B)) = (6,0 \times 4,5) / (2,15 \times 10,5) = 27 / 22,575 \approx 1,20.$$

Крок 3. За  $i = 1,20$  та коефіцієнтами відбивання ( $\rho_t = 0,7$ ;  $\rho_{st} = 0,5$ ;  $\rho_p = 0,3$ ) коефіцієнт використання  $\eta = 0,52$ .

Крок 4. Необхідна кількість світильників:

$$N = (E_n \times S \times K_r \times Z) / (\Phi^l \times \eta) = (400 \times 27 \times 1,5 \times 1,1) / (4000 \times 0,52) = 17820 / 2080 \approx 9 \text{ шт.}$$

Крок 5. Фактична освітленість при  $N = 9$ :

$$E_f = (N \times \Phi^l \times \eta) / (S \times K_r \times Z) = (9 \times 4000 \times 0,52) / (27 \times 1,5 \times 1,1) = 18720 / 44,55 \approx 420 \text{ лк.}$$

Отримане значення  $E_f = 420$  лк перевищує нормоване  $E_n = 400$  лк, що відповідає ДБН В.2.5-28-2018. Для забезпечення нормованої освітленості у

приміщенні площею 27 м<sup>2</sup> необхідно встановити 9 стельових LED-панелей зі світловим потоком 4000 лм кожна [22].

### **4.3 Висновок до четвертого розділу**

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці щодо умов виконання роботи зі створення 3D-моделей інтер'єрів квартир засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer.

В рамках характеристики умов праці проаналізовано систему «людина – машина – середовище існування» та визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: зорове та нервово-психічне навантаження, тепловиділення від графічного обладнання при рендерингу, електромагнітне випромінювання від монітора та системного блоку [31]. Розглянуто вимоги ергономіки відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98: оптимальна висота столу (680–800 мм), відстань до монітора (600–700 мм), параметри крісла та режим праці і відпочинку з перервами по 15 хвилин кожні 45–50 хвилин [11].

У розділі охорони праці наведено загальні вимоги безпеки для користувачів ПК відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10: заходи електробезпеки (заземлення, мережевий фільтр), пожежної безпеки (вогнегасник ОУ-2, температурний режим при рендерингу) та вимоги до мікроклімату приміщення (температура 21–24°C, вологість 40–60%) [24].

Виконано розрахунок штучного освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку для приміщення площею 27 м<sup>2</sup>. Встановлено, що для забезпечення нормованої освітленості 400 лк відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 необхідно встановити 9 LED-панелей зі світловим потоком 4000 лм. Фактична освітленість  $E_f = 420$  лк відповідає нормативним вимогам [22], [32].

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети – створено фотореалістичну 3D-модель інтер'єру квартири засобами Autodesk 3ds Max та Corona Renderer, що охоплює всі приміщення та функціональні зони квартири площею близько 120 кв. м.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- подано аналіз сучасних підходів до візуалізації інтер'єрів – офлайн-рендеринг, рендеринг у реальному часі, фотограмметрія, процедурна генерація та гібридний підхід;

- розглянуто основні принципи 3D-моделювання: масштаб, оптимізація сітки, PBR-освітлення, шарування текстур та камерна композиція;

- висвітлено порівняльний аналіз програмного забезпечення (3ds Max, Blender, SketchUp, Cinema 4D) та обґрунтовано вибір Autodesk 3ds Max;

- проаналізовано функціональні, технічні та естетичні вимоги до 3D-моделі квартири.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- досліджено практичний процес розробки концепції дизайну інтер'єру в теплій бежево-рожевій гамі з елементами неокласики;

- обґрунтовано планувальне рішення квартири (13700 × 12150 мм) та виконано детальний план в Adobe Illustrator;

- сформовано базову 3D-модель стін та перекриттів методом витискання сплайнового плану (Extrude, 2800 мм);

- змодельовано всі елементи інтер'єру – кухня-їдальня, вітальня, спальня, дитяча, ванна, балкон;

- налаштовано PBR-матеріали в Corona Renderer та систему освітлення (CoronaSun, CoronaLight).

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- розроблено систему оцінки якості 3D-моделі за 12 критеріями трьох груп; середній бал – 4,92/5,0;

– запропоновано методику аналізу реалістичності рендерів та підтверджено відповідність галузевим стандартам;

– спроектовано та вирішено 5 виявлених технічних недоліків сцени;

– протестовано фінальний рендеринг серії із 9 зображень усіх приміщень квартири в роздільній здатності до  $3840 \times 2160$  пікселів.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» розглянуто вимоги до організації робочого місця оператора ЕОМ, норми освітленості та ергономіки, а також заходи з пожежної безпеки у приміщеннях, де експлуатується комп'ютерна техніка. Висвітлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі з комп'ютером тривалий час. Проаналізовано систему «людина – машина – середовище існування» та визначено заходи захисту. Розглянуто вимоги ергономіки (ДСанПіН 3.3.2.007-98), вимоги електро- та пожежної безпеки (НПАОП 0.00-1.28-10). Виконано розрахунок штучного освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку: для приміщення площею  $27 \text{ м}^2$  необхідно встановити 9 LED-світильників (4000 лм кожен) для забезпечення нормованої освітленості 400 лк відповідно до ДБН В.2.5-28-2025.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Autodesk 3ds Max Learning & Documentation. – URL: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview> (дата звернення: 10.03.2026).
2. Corona Renderer Official Documentation. – URL: <https://coronarenderer.com/docs> (дата звернення: 12.03.2026).
3. Birn J. Digital Lighting and Rendering. – 3rd ed. – New Riders, 2014. – 432 p.
4. Слободян О. В. Комп'ютерна графіка та 3D-моделювання: навчальний посібник. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 186 с.
5. Murdock K. L. Autodesk 3ds Max 2024 Bible. – Wiley, 2023. – 1008 p.
6. Чорний О. П., Прокопенко В. І. Основи тривимірного комп'ютерного моделювання. – Київ: КПІ, 2019. – 210 с.
7. Burden E. Introducing Autodesk 3ds Max 2024. – Sybex, 2023. – 624 p.
8. Архітектурна та інтер'єрна візуалізація: практичний курс / за ред. Петренка Д. М. – Харків: Фактор, 2021. – 248 с.
9. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. – 4th ed. – CRC Press, 2018. – 1198 p.
10. Фізично коректний рендеринг (PBR): теорія та практика / Матеріали конференції SIGGRAPH 2023. – URL: <https://siggraph.org> (дата звернення: 15.03.2026).
11. Ергономіка робочого місця дизайнера: норми та рекомендації // ДСанПіН 3.3.2.007-98. – Київ: МОЗ України, 1998. – 14 с.
12. Chaos Group. V-Ray for 3ds Max User Guide. – URL: <https://docs.chaos.com/display/VMAX> (дата звернення: 18.03.2026).
13. Порада Н. М. Основи дизайну інтер'єру: навчальний посібник. – Львів: Растр-7, 2022. – 192 с.
14. Adobe Photoshop: повний курс для дизайнерів. – Київ: Видавництво Прат, 2021. – 320 с.

15. Bringhurst R. The Elements of Typographic Style. – 4th ed. – Hartley & Marks, 2012. – 398 p.
16. Шевченко В. О. Сучасні тенденції у дизайні інтер'єру // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. – 2023. – № 2. – С. 45–52.
17. Blender Documentation. – URL: <https://docs.blender.org> (дата звернення: 20.03.2026).
18. Griffiths D. Introduction to 3D Game Programming with DirectX 12. – Mercury Learning, 2022. – 1040 p.
19. Кириленко А. В. Комп'ютерні технології у проєктуванні архітектурного середовища. – Дніпро: ПДАБА, 2020. – 155 с.
20. Державні будівельні норми України ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. – Київ: Мінбуд України, 2005. – 36 с.
21. Photorealistic Architectural Visualization: Best Practices // Chaos Blog. – URL: <https://www.chaos.com/blog> (дата звернення: 22.03.2026).
22. Луців М. В., Яворська Н. Б. Безпека праці при роботі з комп'ютерною технікою: методичні вказівки. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 48 с.
23. 3ds Max 2024 Help: Modeling Reference. – URL: <https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2024> (дата звернення: 25.03.2026).
24. Марків В. Й. Основи охорони праці: навчальний посібник. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 178 с.
25. GPU Rendering Technologies: NVIDIA RTX Overview. – URL: <https://developer.nvidia.com/rtx> (дата звернення: 28.03.2026).
26. Прокопенко Т. О. Процедурне моделювання та генерація контенту у 3D-графіці // Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – 2022. – Вип. 8. – С. 112–119.
27. Oppenlaender J. A Taxonomy of Prompt Modifiers for Text-To-Image Generation // ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2023. – P. 1–10.
28. Романенко О. В. Комп'ютерне моделювання житлових приміщень: методи та технології. – Київ: Політехніка, 2021. – 224 с.

29. Unreal Engine Documentation: Real-Time Rendering. – URL: <https://docs.unrealengine.com> (дата звернення: 02.04.2026).
30. Лисенко Г. В., Захаров О. І. Проєктування дизайну інтер'єру: від ескізу до реалізації. – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 196 с.
31. Луців М. В., Яворська Н. Б. Безпека праці при роботі з комп'ютерною технікою: методичні вказівки. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 48 с.
32. Марків В. Й. Основи охорони праці: навчальний посібник. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 178 с.
33. Млинко Б. Б. Дослідження та моделювання складних систем із використанням оптимізаційних алгоритмів. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2023. Т. 109, № 2. С. 45–53.
34. Млинко Б. Б. Методи оптимізації обчислювальних процесів в інформаційних системах. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2024. № 1. С. 12–19.
35. Млинко Б. Б. Математичне моделювання та аналіз характеристик випадкових процесів в комп'ютерних мережах. Матеріали XXVIII Наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 88.