

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Факультет математики та інформатики
кафедра математичного моделювання**

**3D ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАЗІ
РУШІЯ UNREAL ENGINE 5**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

Виконав:

студент 4 курсу, 407 групи

Балух Михайло Михайлович

Керівник:

кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Івасюк Г. П.

До захисту допущено на засіданні кафедри
протокол № ____ від _____ 202__ р.
Зав. кафедрою _____ проф. Черевко І.М.

Чернівці 2023

Анотація

У кваліфікаційній роботі описані етапи створення 3D візуалізації на базі рушія Unreal Engine 5 з використанням Lumen, Nanite Virtualized Geometry, Ray tracing та RealityCapture.

Ключові слова: візуалізація, модель, освітлення, матеріал, тіні, текстура, технологія, рендер, сцена, архітектура, Lumen, Nanite, Ray tracing.

Annotation

The qualification work describes the stages of creating 3D visualization based on the Unreal Engine 5 engine using Lumen, Nanite Virtualized Geometry, Ray tracing and RealityCapture.

Keywords: visualization, model, lighting, material, shadows, texture, technology, render, scene, architecture, Lumen, Nanite, Ray tracing.

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

_____ М.М. Балух
(підпис)

Зміст

Вступ.....	4
Розділ 1. Теоретичні аспекти візуалізації архітектурних об'єктів у Unreal Engine 5	5
1.1. Огляд Unreal Engine 5	5
1.2 Огляд технології Lumen.....	6
1.3 Опис технології Nanite Virtualized Geometry	7
1.4. Опис технології Reality Capture	8
1.5 Опис технології Ray tracing	9
1.6. Опис процесу візуалізації архітектурних об'єктів.	10
Розділ 2. Практична частина	12
2.1. Підготовка моделей архітектурних об'єктів	12
2.2. Імпорт моделей у Unreal Engine 5	13
2.3. Робота з матеріалами.....	17
2.4. Інтерактивна зміна матеріалів за допомогою Blueprints	20
2.5. Налаштування світла та тіней	23
2.6 Створення сцен та додавання динамічних ефектів.....	26
Розділ 3. Аналіз результатів	30
3.1. Оцінка якості візуалізації архітектурних об'єктів.....	31
3.2 Переваги та недоліки використання технологій Lumen, Nanite Virtualized Geometry, Reality Capture, Ray tracing.....	32
Висновки.....	37
Список використаної літератури	38
Додатки.....	40

Вступ

Перш ніж будувати будинок чи розробити дизайн інтер'єру – потрібно створити його проект. Після появи 3D принтерів тривимірне моделювання стало дуже популярним. 3D моделювання використовується у багатьох сферах сучасного життя. Архітектурна 3D візуалізація у наші дні стала невід'ємною частиною проектів у галузі архітектури та дизайну інтер'єру. 3D візуалізації – це наближений до реального життя вигляд будівель і об'єктів в тривимірних проєкціях, з максимально пропрацьованими текстурами і деталями. Основні напрямки архітектурної 3D візуалізації:

- візуалізація житлових комплексів;
- візуалізація промислових об'єктів;
- відтворення апартаментів (інтер'єрів);
- створення екстер'єрів будівель;
- 3D візуалізація інтер'єру;
- текстурування;
- ландшафтний 3D дизайн;
- тривимірне моделювання офісів.

3D візуалізація та її бюджет буде залежати від складності проєкту і хронометражу. Чим більше докладної деталізації, тим вищою буде ціна.

У рамках кваліфікаційної роботи розглянуто теоретичні аспекти та всі етапи архітектурної візуалізації від створення проєкту в CAD програмі, до подальших етапів створення візуалізації в рушії Unreal Engine 5 (імпорт проєкту, адаптація, робота зі світлом та тінями, робота з матеріалами та текстурами, рендер).

Кваліфікаційна робота складається зі вступу трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Перший розділ присвячено опису використаних технологій. У другому описано етапи реалізації проєкту, третій присвячений аналізу розробленого проєкту.

Розділ 1. Теоретичні аспекти візуалізації архітектурних об'єктів у Unreal Engine 5

1.1. Огляд Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 (UE5) є одним з найпопулярніших і потужних ігрових рушіїв у світі. Він був розроблений і підтримується компанією Epic Games. Unreal Engine використовується для розробки ігор, віртуальної реальності, анімації, архітектурного візуалізації та багатьох інших графічних проектів.

Історія Unreal Engine починається з 1998 року, коли була випущена перша версія рушія - Unreal Engine 1. Вона стала основою для багатьох відомих ігор, таких як "Unreal Tournament" і "Deus Ex". Випуски Unreal Engine 2, 3 та 4 послідовно вдосконалювали рушій і додавали нові можливості для розробників.

У травні 2021 року Epic Games оголосила про випуск Unreal Engine 5, презентувавши його нові можливості на демонстраційному ролику під назвою "Lumen in the Land of Nanite". UE5 вразив громадськість своїм потужним фотореалістичним рендерингом, великою кількістю полігонів та деталей, а також інноваційними технологіями освітлення та геометрії.

UE5 має декілька нових функцій, які значно підвищують продуктивність та якість ігрових проектів. Однією з головних нововведень є новий підхід до роботи з освітленням - Lumen. Lumen дає можливість створювати більш реалістичне освітлення в іграх, що стає можливим завдяки глобальному освітленню в реальному часі.

Ще одним важливим нововведенням є Nanite - система геометричної деталізації. Вона дає можливість створювати великі та деталізовані світи без втрати продуктивності.

Крім того, UE5 має покращений інструментарій розробки, що дозволяє зменшити час, необхідний для створення високоякісних ігрових проектів. До

його складу входять інструменти для роботи з анімацією, фізикою, штучним інтелектом та іншими аспектами гри.

Загалом, Unreal Engine 5 став новим кроком у розвитку ігрової індустрії, що дозволяє розробникам створювати більш реалістичні, деталізовані віртуальні світи.

1.2 Огляд технології Lumen

Технологія Lumen в Unreal Engine 5 є новим інноваційним рішенням для рендерингу освітлення в реальному часі. Lumen використовує глобальне освітлення, що дозволяє створювати реалістичні ефекти світла та тіней в реальному часі без необхідності попереднього запікання світла.

Основні переваги технології Lumen включають:

- реалістичне освітлення в реальному часі: Lumen дозволяє створювати реалістичні ефекти освітлення в реальному часі;
- глобальне освітлення: Lumen використовує глобальне освітлення, що дозволяє створювати реалістичні ефекти світла та тіней на всіх поверхнях сцени;
- автоматична адаптація освітлення: Lumen автоматично адаптується до змін у сцені, що дозволяє зберігати високу якість освітлення, незалежно від кількості та розміру об'єктів у сцені;
- відсутність необхідності у попередньому запіканні світла: Lumen дозволяє створювати реалістичне освітлення в реальному часі без необхідності попереднього запікання світла, що зменшує час розробки та підвищує продуктивність.

1.3 Опис технології Nanite Virtualized Geometry

Nanite Virtualized Geometry є технологією, яка була розроблена компанією Epic Games для використання в їхньому ігровому рушії Unreal Engine 5. Вона дозволяє створювати деталізовані та реалістичні графічні об'єкти у віртуальному середовищі.

Традиційно, для створення реалістичних об'єктів у відеоіграх застосовувалися полігони (трикутники), які складаються з великої кількості кутів. Проте, цей підхід має обмеження, оскільки велика кількість полігонів може призводити до обтяження процесора та падіння продуктивності сцени.

Nanite Virtualized Geometry вирішує цю проблему, пропонуючи новий підхід до обробки графічної геометрії. Замість використання традиційних полігонів, Nanite розбиває об'єкти на набори мікроскопічних фрагментів, які називаються "нанітами". Кожен наніт містить інформацію про геометрію, текстури та матеріали об'єкту.

Основна перевага Nanite полягає в тому, що вона дозволяє відтворювати дуже деталізовані об'єкти без значного впливу на продуктивність. Завдяки використанню спеціального формату зберігання даних та алгоритмам компресії, Nanite може ефективно обробляти великі масиви геометрії, зберігаючи при цьому високу деталізацію.

Коли сцена використовує Nanite Virtualized Geometry, рушієм Unreal Engine 5 може відображати об'єкти з фотореалістичним рівнем деталей. Користувачі можуть спостерігати за об'єктами зблизька і бачити навіть найменші деталі, такі як маленькі вм'ятини на поверхні або мікроскопічні текстурні деталі. Натомість віддаляючись від об'єкту, алгоритм оптимізації зменшує кількість нанітів на об'єкті, що в свою чергу зменшує навантаження на процесор.

Завдяки Nanite Virtualized Geometry графічна якість відеоігор стає значно вищою, дозволяючи реалістично передавати деталі середовища та об'єктів. Ця

технологія може знайти застосування не тільки у відеоіграх, але і в сферах віртуальної реальності, архітектурної візуалізації, медіа та інших областях, де вимагається висока якість графіки та деталізації.

1.4. Опис технології Reality Capture

Reality Capture є технологією, що дозволяє створювати високоточні тривимірні моделі фізичних об'єктів або середовищ за допомогою фотографій або сканування. Ця технологія поєднує в собі комп'ютерне зорове сприйняття, обробку зображень та алгоритми реконструкції для точного відтворення геометрії та текстур об'єктів у тривимірному просторі.

Процес створення моделей з використанням Reality Capture зазвичай починається зі збору вхідних даних. Це можуть бути фотографії, зняті з різних кутів, або сканування об'єкта за допомогою спеціалізованих пристроїв, таких як лазерні сканери або дрони з обладнанням для аерофотограмметрії.

Після збору даних Reality Capture проводить обробку та аналіз вхідних зображень, визначає позиції камери, виявляє ключові точки та орієнтується на текстурні ознаки для відновлення тривимірної геометрії об'єкта. Завдяки використанню алгоритмів комп'ютерного зору та глибинного аналізу зображень, Reality Capture може відтворити деталізовані моделі з високою точністю та реалізмом.

Однією з особливостей Reality Capture є його можливість працювати з великими наборами даних. Він може ефективно обробляти сотні тисяч або навіть мільйони фотографій, що дозволяє створювати моделі комплексних об'єктів або великих територій.

Отримані тривимірні моделі застосовуються в різних галузях, таких як архітектура, будівництво, візуалізація, виробництво відеоігор, віртуальна реальність, археологія та багато інших. Вони можуть бути використані для

візуалізації, аналізу, проектування та вирішення різних задач у віртуальному або реальному середовищі.

1.5. Опис технології Ray tracing

Ray tracing є технологією обробки графіки, яка дозволяє створювати фотореалістичні зображення шляхом моделювання поширення променів світла в сцені. Вона використовує алгоритм трасування променів (Ray tracing), який моделює шлях кожного променя світла від джерела до камери.

Процес рендерингу за допомогою технології Ray tracing включає кілька основних етапів:

- створення сцени;
- випуск променів;
- обробка перетинів;
- відбивання та розсіювання променів.

Сцена складається з об'єктів, джерел світла, камери та інших компонентів. Кожен об'єкт має геометричну форму та матеріали з певними оптичними властивостями, такими як рефлексія, прозорість або розсіювання світла. З кожної точки на екрані камери випускаються промені у напрямку сцени. Ці промені перетинаються з об'єктами сцени та взаємодіють з їхніми матеріалами. Коли промінь перетинає об'єкт, визнається точка перетину та відбувається побудова освітлення. Це включає визначення взаємодії променя з джерелами світла, рефлексію, заломлення та інші оптичні явища.

Після побудови схеми освітлення в точці перетину променя можуть випускатись додаткові промені, які відображають відбиті або розсіяні промені світла. Цей процес може повторюватись декілька разів, щоб врахувати взаємодію з багатошаровими матеріалами або відбивання від дзеркал та інших поверхонь.

На завершення рендерингу формується фінальне зображення, яке відображає освітлення та об'єкти з усіма їхніми деталями та оптичними ефектами.

Основна перевага технології Ray tracing полягає в її здатності до створення фотореалістичних зображень з реалістичним освітленням, тінями, відбиванням та заломленням світла. Вона також дозволяє досягти більш точного моделювання фізичної поведінки світла, що призводить до більш реалістичних результатів рендерингу. Однак, через високі обчислювальні вимоги, технологія Ray tracing часто використовується на потужних комп'ютерах або графічних процесорах для досягнення задовільної швидкості рендерингу.

1.6. Опис процесу візуалізації архітектурних об'єктів

Процес візуалізації архітектурних об'єктів включає в себе кілька етапів, які допомагають перетворити концептуальні або технічні малюнки в реалістичні візуалізації, що дозволяють оцінити зовнішній вигляд та просторові характеристики будівельного проекту.

Основні етапи:

- збір вхідних даних;
- 3D моделювання;
- освітлення;
- текстури та матеріали;
- рендеринг;
- післяобробка.

Збір вхідних даних передбачає збір інформації про архітектурний об'єкт, плани, розроблені архітектором, технічні креслення, фотографії, текстури, матеріали та будь-які інші додаткові вхідні дані.

Далі за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програм або CAD-систем створюють тривимірну модель архітектурного об'єкта. Це включає створення геометрії будівлі, додавання текстур, матеріалів та освітлення, а також розміщення додаткових деталей, таких як рослини, люди або меблі.

Після цього переходять до наступного етапу – освітлення. Візуалізація архітектурних об'єктів потребує правильного моделювання освітлення. Це може бути природне світло, штучне освітлення або комбінація обох. Використовуються різні техніки, такі як трасування променів (Ray tracing), підсвічування Хемі (Hemisphere lighting), амбієнтна оклюзія (ambient occlusion) та інші, щоб досягти реалістичних ефектів освітлення.

Далі переходять до етапу вибору текстури та матеріалів. Додавання текстур та матеріалів до моделі допомагає створити реалістичний вигляд об'єкта. Це може включати застосування текстур з фотографій реальних матеріалів, таких як камінь, дерево або метал, або створення власних текстур та матеріалів за допомогою програмного забезпечення для моделювання.

Після підготовки моделі, схеми освітлення, текстур та матеріалів, проводиться процес рендерингу, під час якого програмне забезпечення UE 5 будує кінцеві зображення, використовуючи вказані параметри. Рендеринг може виконуватися на локальному комп'ютері або в хмарних сервісах для отримання високоякісних та реалістичних зображень.

Останнім етапом є післяобробка, під час якого зображення піддаються додатковій обробці та налаштуванням. Він включає корекцію кольору, регулювання контрастності, додавання ефектів та композицію з іншими елементами, такими як люди або природа, для створення ще більш реалістичного оточення.

У результаті процесу візуалізації архітектурного об'єкта отримується деталізована і реалістична тривимірна візуалізація, яка дозволяє архітекторам, дизайнерам та замовникам оцінити зовнішній вигляд та взаємодію з оточенням об'єкта ще до його фізичного втілення.

Розділ 2. Практична частина

2.1. Підготовка моделей архітектурних об'єктів

У практичній частині кваліфікаційної роботи за допомогою Autodesk 3ds Max 2023 побудована модель обраної кімнати житлового приміщення безпосередньо з плану квартири та за всіма вказаними вимірами.

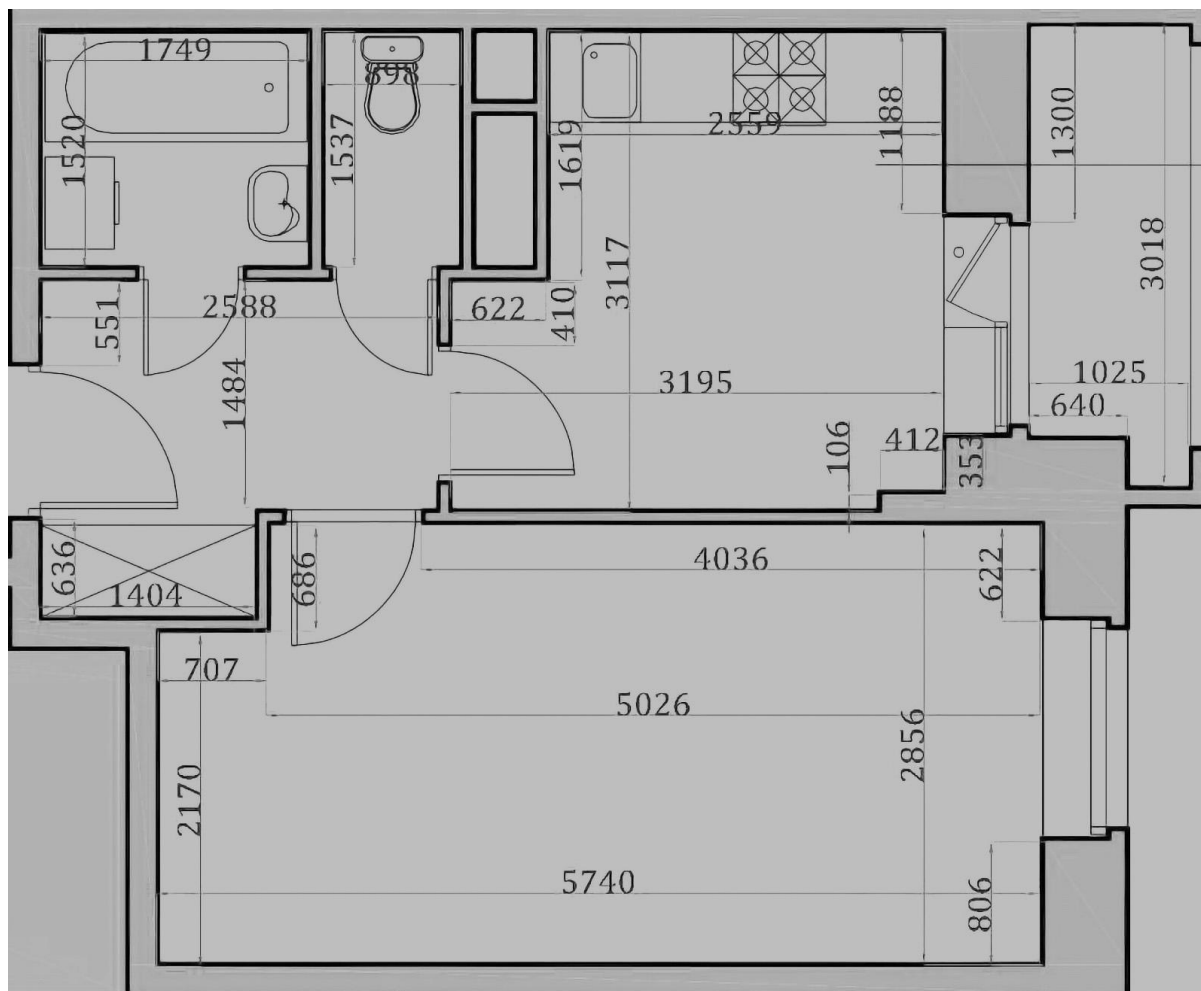


Рис. 1

Autodesk 3ds Max є потужним інструментом для проектування, моделювання, а також візуалізації за допомогою вбудованих плагінів Corona Render та V-Ray. В нашому випадку спроектовано короб кімнати та розміщено в ньому 3D моделі меблів та фурнітури, які є доступними в бібліотеці 3ds Max. Робота візуалізатора пов'язана безпосередньо з наповненням простору та

створенням гарної та зрозумілої для споживача картинки, рештою займаються архітектори. Отже, на наступному скріншоті можна побачити результат проектування, зображений в чотирьох різних проекціях.

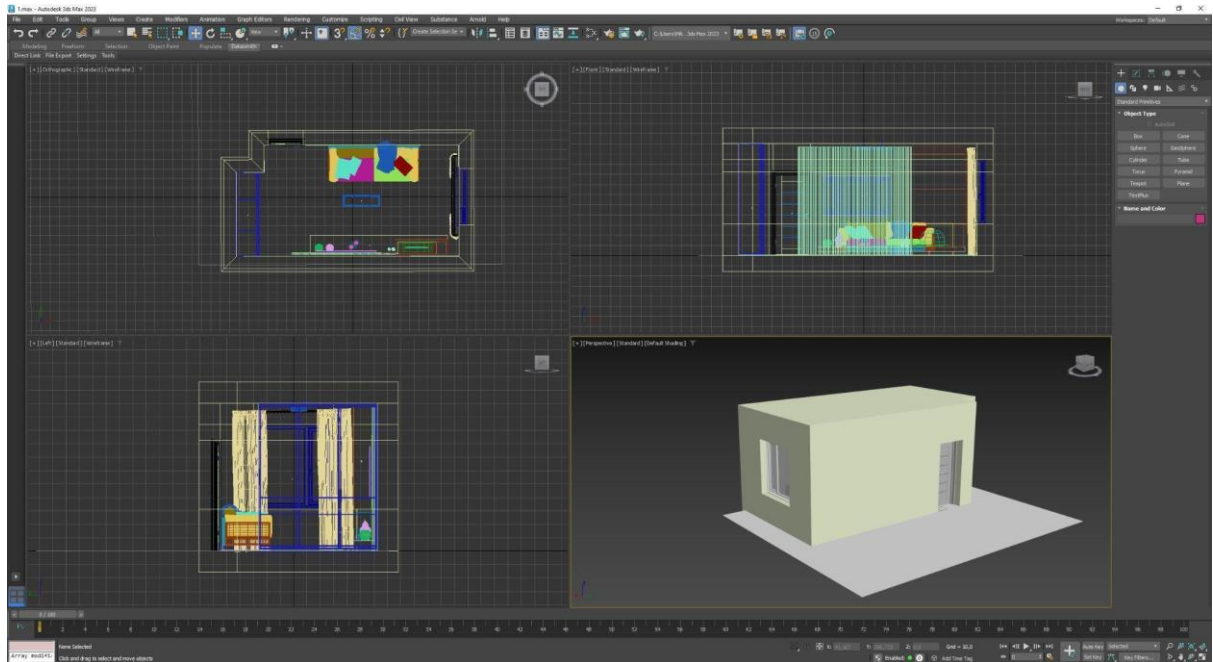


Рис. 2

З готовими моделями нашого приміщення та його наповненням переходимо до імпорту безпосередньо в Unreal Engine 5.

2.2. Імпорт моделей у Unreal Engine 5

В процесі імпорту починаючи візуалізатори зіштовхуються з найбільшою кількістю проблем. Цей процес справді потребує уваги до дрібниць та чіткої послідовності дій. Для початку потрібно зробити проекційні розгортки усіх задіяних під час проектування моделей, для того щоб не втратити "геометрію" та не ускладнювати подальший робочий процес. В цьому нам допоможе програма Rizom UV. З її допомогою процес експорту моделей значно спрощується і в подальшій роботі не буде виникати запитань до геометричної правдивості моделей. Разом із цим, процес експорту геометрії все ж таки забирає у нас багато часу, бо нам потрібно створювати окремі папки

для розміщення геометричних вхідних даних вже в контент менеджері Unreal Engine 5.

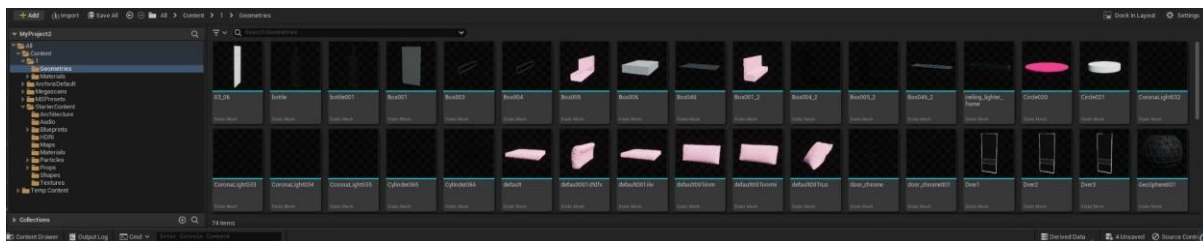


Рис. 3

Але винахідливі розробники з Epic Games створили універсальний експортер для великої кількості CAD-програм, під назвою Datasmith. Цей плагін спрощує роботу з геометричними розгортками 3D моделей, перед їх експортом до Unreal Engine 5 в форматі .fbx. Він створює готовий проект формату .udatasmith з усіма необхідними та заздалегідь укомплектованими вхідними даними. Ці дані включають в себе як геометричні розгортки так і матеріали з текстурами, заздалегідь відсортовані по різних папках.

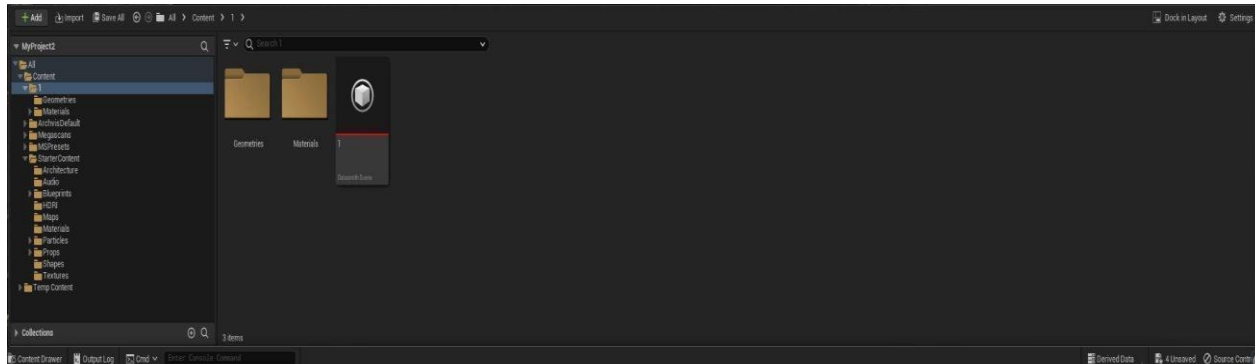


Рис. 4

Після вдалого експорту матеріалу переходимо в Unreal Engine 5 для створення нового проекту та імпорту матеріалу.

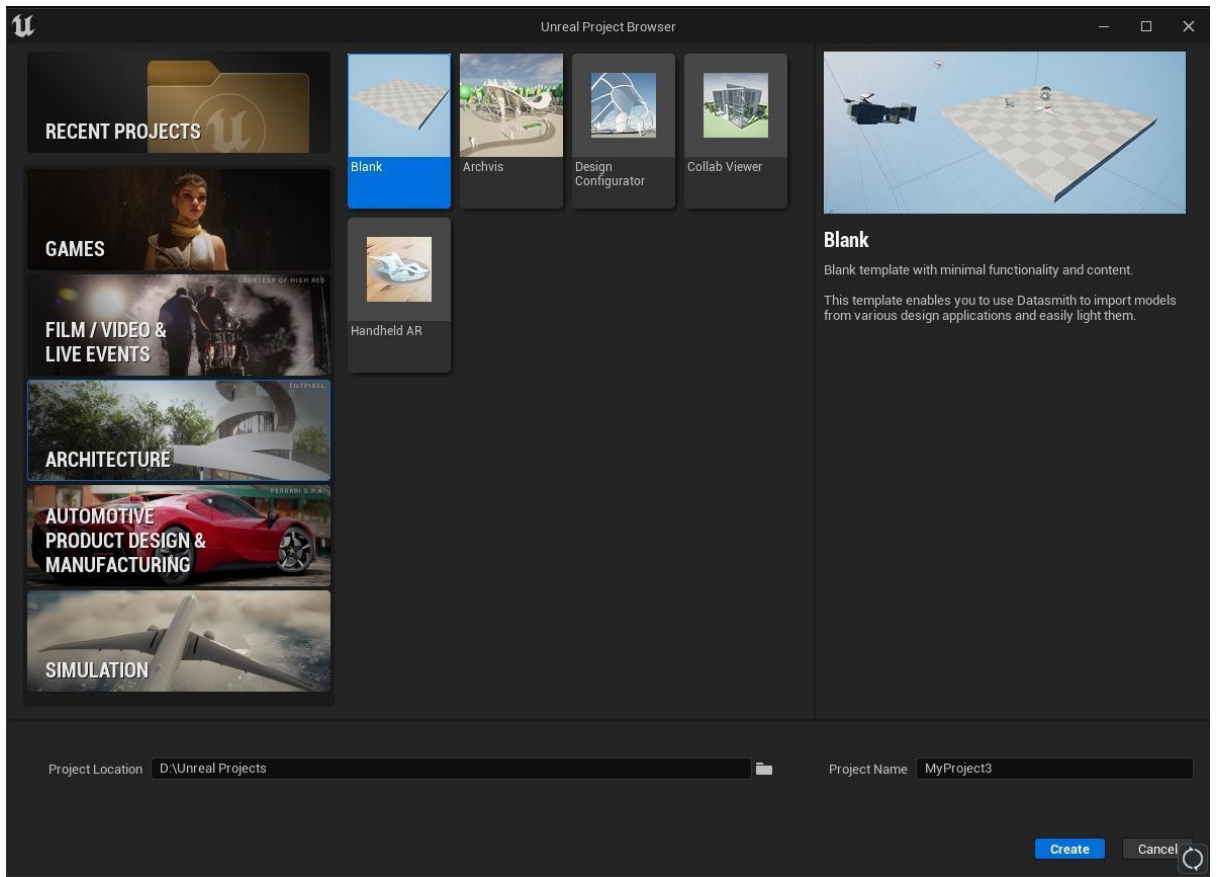


Рис. 5

Створюємо порожній проект для імпорту матеріалу за допомогою Datasmith.

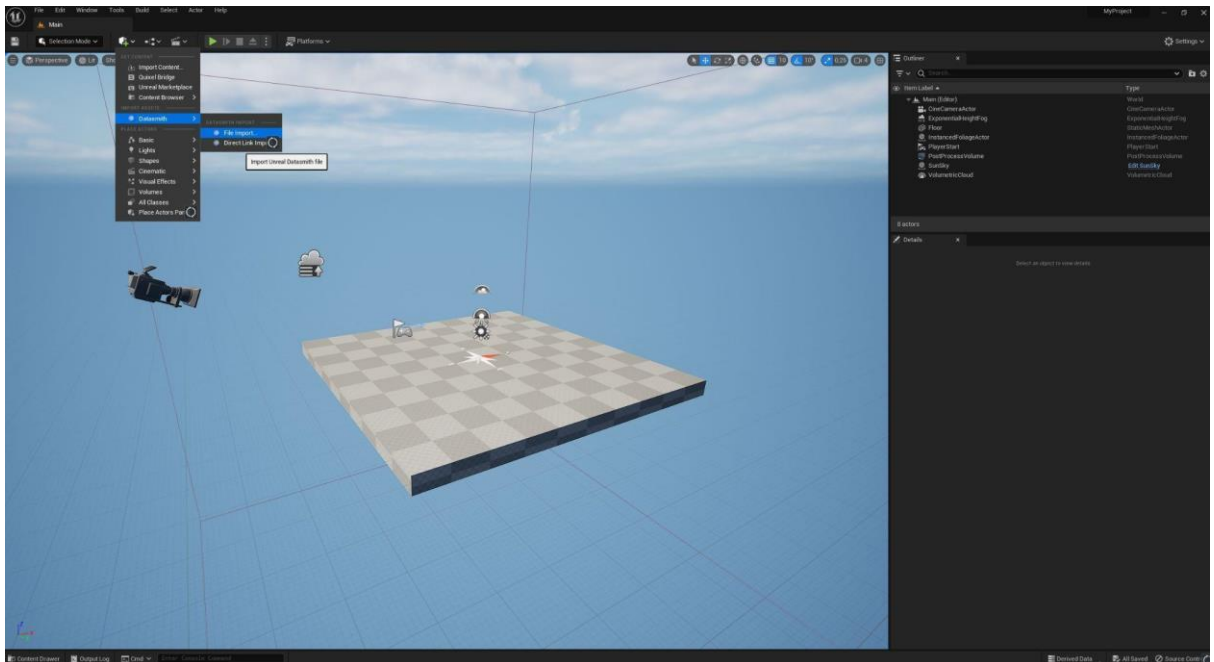


Рис. 6

Імпортувавши проект, можемо бачити викривлену реакцію деяких імпортованих матеріалів на імітоване сонячне світло, яке встановлене у нас за замовчуванням.

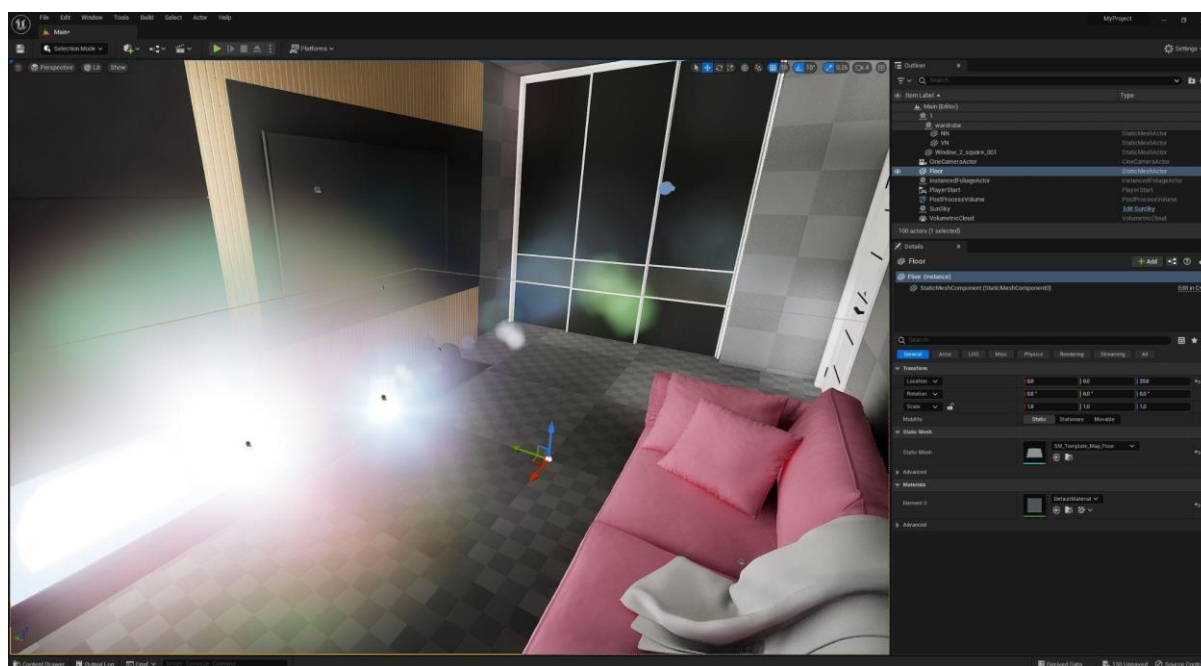


Рис. 7

Дотримуючись правильної послідовності дій, було б логічно застосувати один з нейтральних матеріалів на всі геометричні об'єкти в приміщенні та виставити світло, але ми підемо іншим шляхом. В налаштуваннях освітлення проекту у нас вибрана опція Lumen. Як зазначалось раніше, користуючись технологією Lumen відпадає потреба в попередньому «запиканні» (фіксації) світла на наших об'єктах. Тому в проєкті встановлено локальне світло безпосередньо в приміщенні та далі накладено текстури та матеріали з бібліотеки Unreal Engine 5.

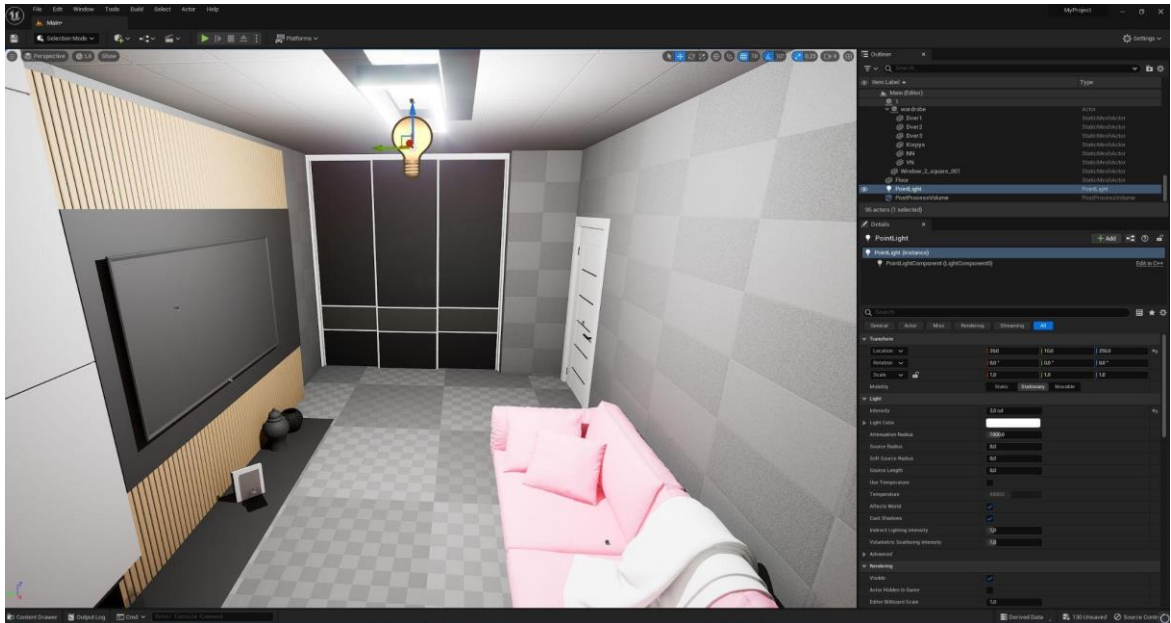


Рис. 8

2.3. Робота з матеріалами

Матеріали в Unreal Engine одна з об'ємних, цікавих та водночас складних тем. В інтерфейсі роботи з матеріалами існують різні ноди, які відповідають за різні ефекти. З цих нод складаються логічні ланцюжки, що в підсумку дає нам той чи інший матеріал.

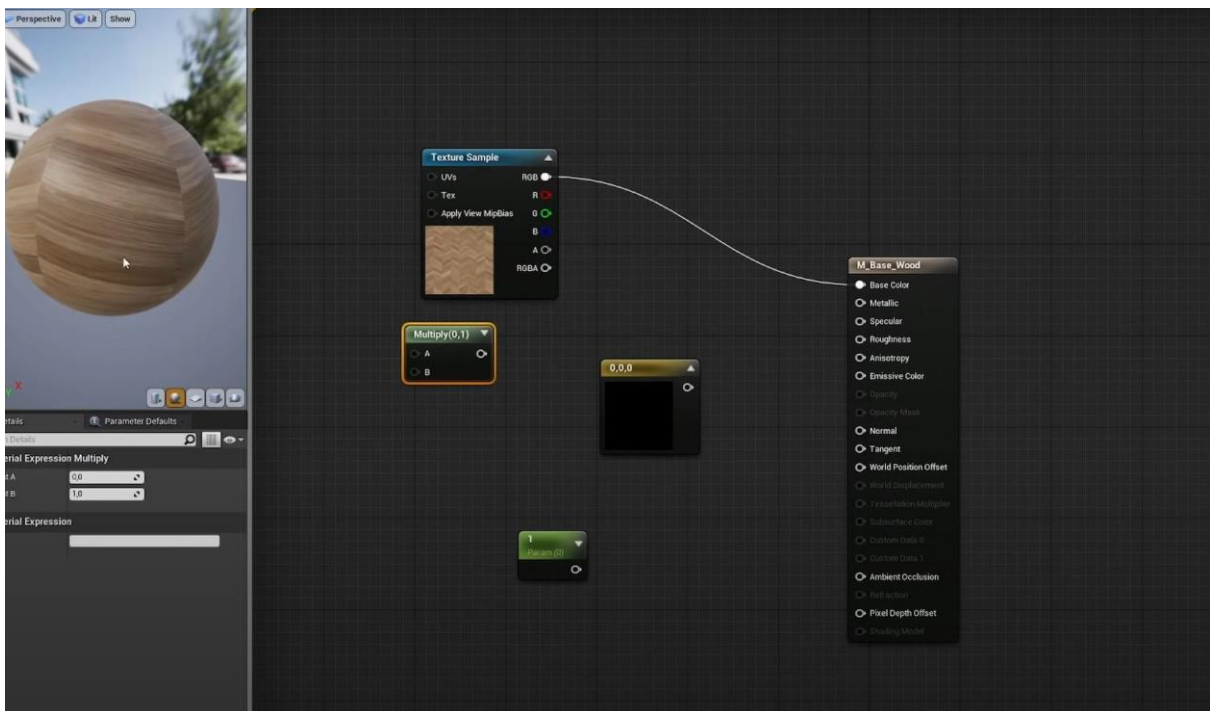


Рис. 9

Для прикладу створимо матеріал металу. Переходимо в контент менеджер, далі в папку Materials та створюємо новий матеріал під назвою M_Base_Metal. Далі переходимо на нього для безпосереднього формування. Основні параметри це Base Color (базовий колір), Metallic (параметр металічного блиску) та Roughness (параметр рефлексії, інтенсивності віддзеркалення). Далі з отриманого базового матеріалу робимо його екземпляр під назвою M_Metallic_Inst, застосовуємо на поверхню та регулюємо необхідні нам параметри.

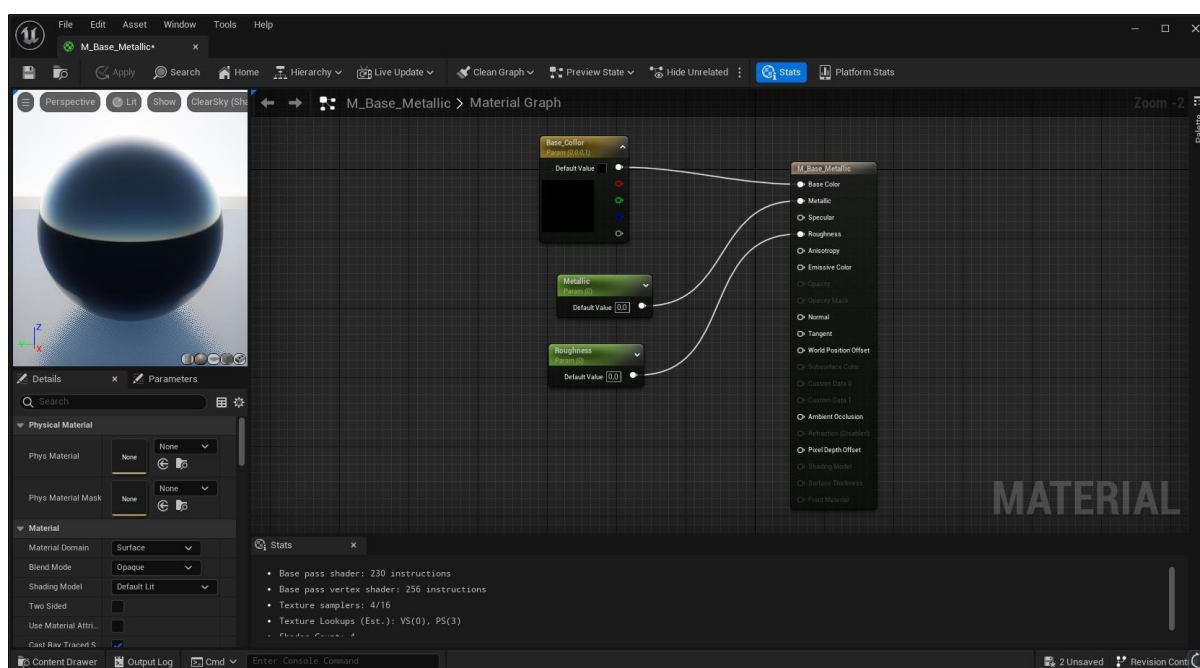


Рис. 10

Це один з найпростіших прикладів створення базового матеріалу та його екземпляру для подальшого використання на геометричних об'єктах. Набагато складніше створити матеріал води, скла чи бруду. Для цього необхідні знання нодових послідовностей та навички застосування в них певних ефектів. Проте, надалі використовуватимемо матеріали безпосередньо з бібліотеки Epic Store та Unreal Engine. Їх доступність, якість та легкість застосування з подальшим редагуванням, дозволить нам зекономити час та втілити безліч дизайнерських ідей та забаганок.

Для цього встановлюємо плагіни ArchViz Interior та Quixel Bridge безпосередньо з бібліотеки Epic Store.

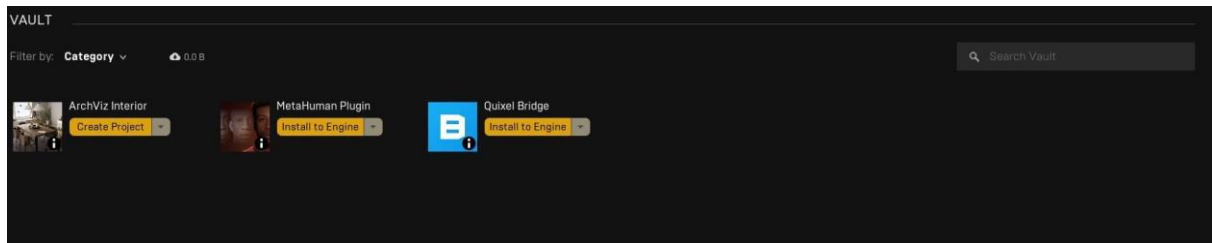


Рис. 10

Переходимо до накладання матеріалів. Воно виконується за допомогою перетягування обраного матеріалу на об'єкт затиснувши ЛКМ.

Плагін Quixel Bridge пропонує на понад 14000 ассетів, таких як поверхні, текстури, тканини, рослини, рельєф, меблева фурнітура, старовинні речі, фрукти та навіть кров. Ассети Quixel Bridge від Epic Games відмінної якості для будь яких потреб є безкоштовними. Перейдемо до оформлення нашого приміщення.

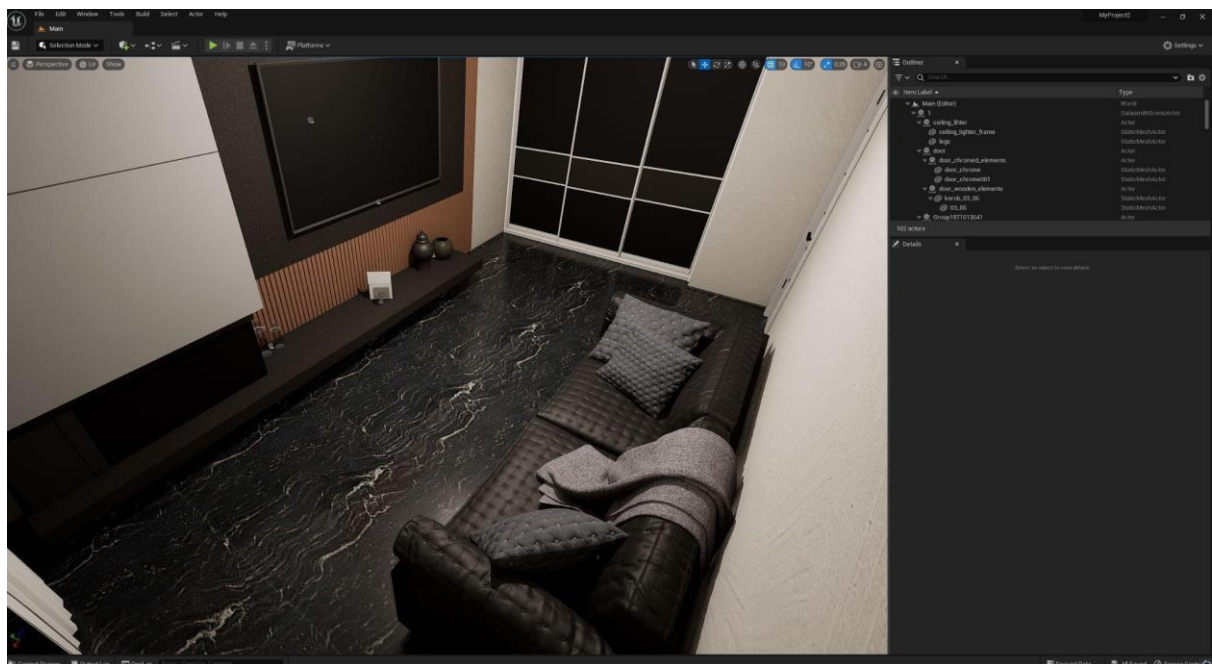


Рис. 11

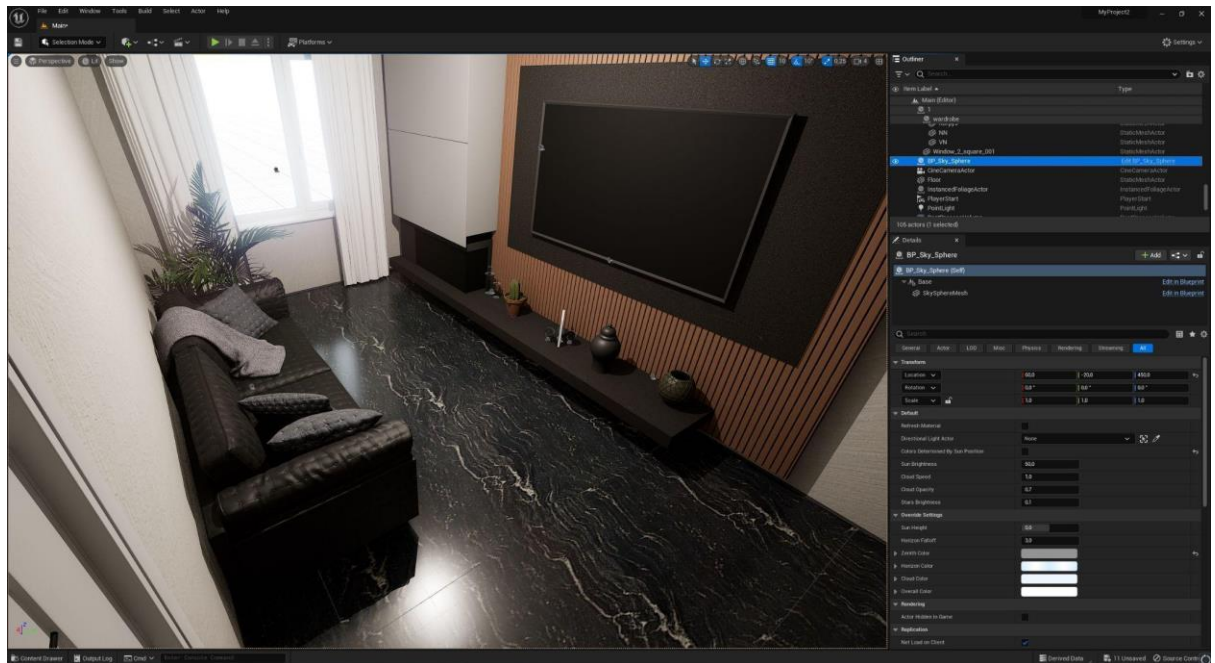


Рис. 12

Фактично всі матеріали, текстури та асети двикористані в інтер'єрі, були взяті з Quixel Bridge. Далі можемо переходити до роботи зі світлом, задіюючи технології Lumen та Ray Tracing.

2.4. Інтерактивна зміна матеріалів за допомогою Blueprints

За допомогою нодової структури Blueprint створено певну послідовність нод, які реалізують можливість зміни матеріалу чи текстури обраних об'єктів в режимі реального часу з прив'язкою до певної клавіші. Для прикладу в проєкті було обрано підлогу (елемент Floor).

Поетапно:

- 1) для початку в контент менеджері створюємо новий blueprint під назвою FloorBP;
- 2) в налаштуваннях задаємо для нього параметр Static Mesh Actor з прив'язкою до певної площини (параметр Array);
- 3) далі обирається поверхня до якої буде застосований створений blueprint;

- 4) в нодовій структурі створюємо першу ноду Keyboard, в ній застосовуємо прив'язку нашої дії до певної клавіші.

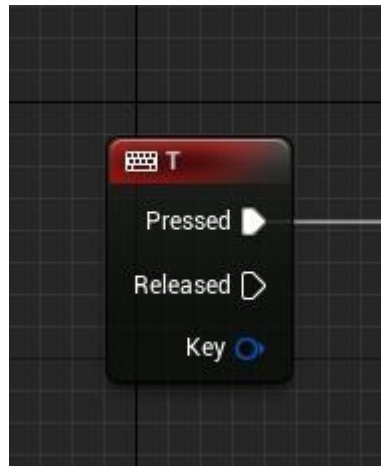


Рис. 13

- 5) наступною нодою вказуємо до якого саме blueprint буде застосовуватись параметр.

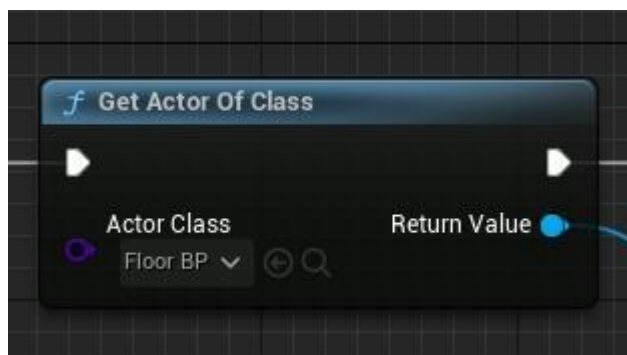


Рис. 14

- 6) Для того щоб обрати декілька варіантів змін матеріалу створюється нода Multi Gate. В ній ми додаємо чи видаляємо необхідну кількість варіантів та ставимо галочку поруч з параметром Loop, для того щоб зациклити обрані варіанти матеріалу.

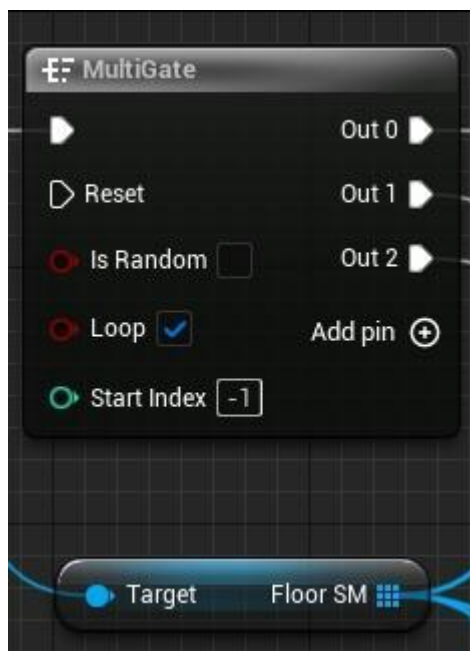


Рис. 15

7) Для першого матеріалу Out 0 створюємо ноду For each loop з прив'язкою до обраної поверхні, та ноду Set material в якій безпосередньо обираємо один з варіантів матеріалів.

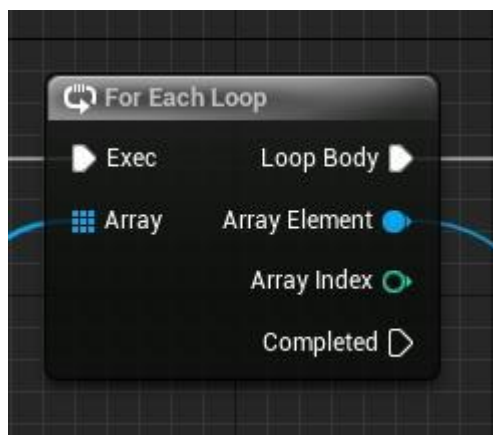


Рис. 16

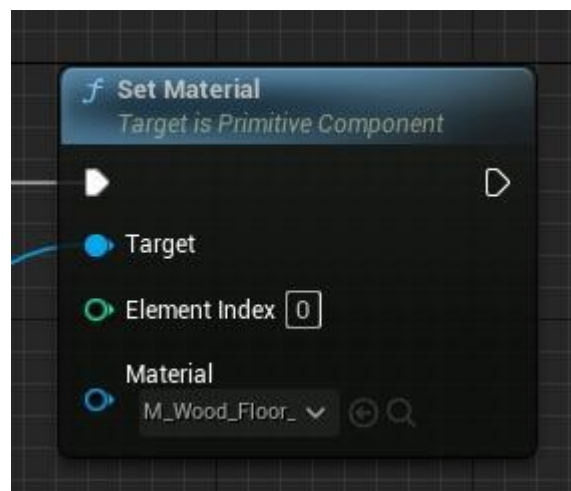


Рис. 17

8) В кінці залишається скопіювати структуру For Each Loop - Set Material до решти матеріалів та обрати підходячі. Також слід не забути з'єднати усі вихідні параметри з прив'язкою до поверхні обраного blueprint (FloorBP). В

кінцевому результати отримуємо таку нодову структуру

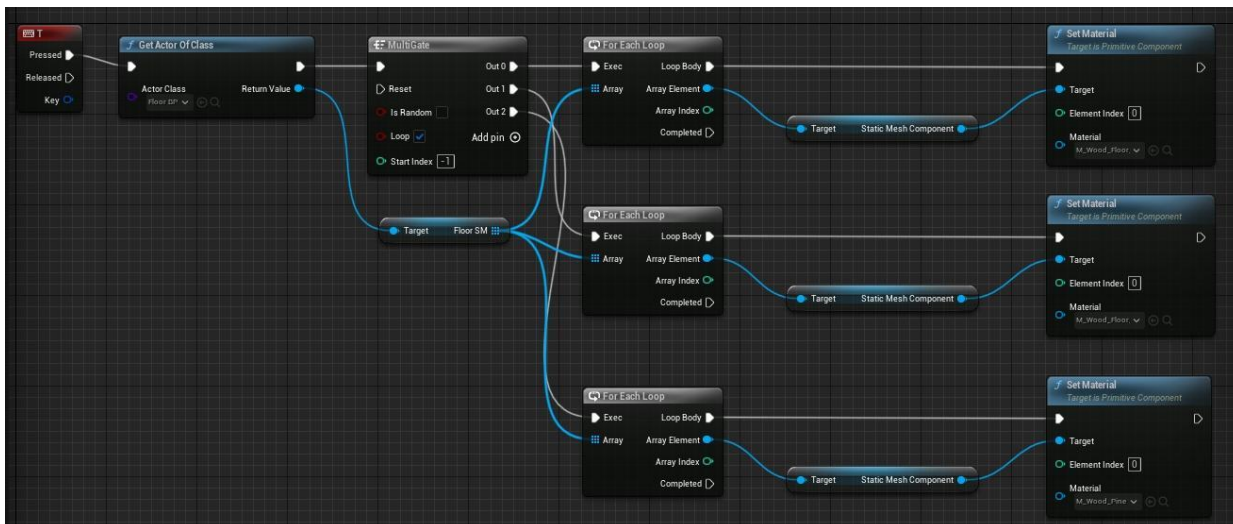


Рис. 18

компілюємо її та зберігаємо готовий blueprint. В підсумку варто зазначити, що структура blueprint вимагає певних навичок та знання нодової послідовності для коректної роботи. Разом із цим, цей інструмент став популярним, зручним та невід’ємним у рушії Unreal Engine 5.

2.5. Налаштування світла та тіней

Досвід візуалізаторів вказує на те, що вдало виставлене світло, це 80% успіху вашого рендеру, відповідно така картинка чи сцена однозначно привертає більше уваги від потенційного замовника. Почнемо з того, що в Unreal Engine 5 є три основних види освітлення:

1. Статичний. Це коли тіні та світло запікаються на поверхнях. Він є самим економним з точки зору споживання обчислювальних потужностей.
2. Динамічний. При переміщенні об’єктів джерел освітлення та тіні будуть змінюватись в режимі реального часу. Він є більш вимогливим до обчислювальних потужностей графічного процесора.
3. Stationary (статичний та динамічний водночас). Запечене світло буде взаємодіяти з динамічним в режимі реального часу. Є самим вимогливим видом освітлення.

Окрім цього в Unreal Engine 5 є п’ять основних джерел освітлення.

1. Directional Light- спрямоване джерело освітлення, здебільшого використовується як сонце.

2. Point Light- заливочне світло, використовується для підсвічування темних ділянок сцени, або просто як лампочка в світильнику.

3. Spot Light- точкове світло, використовується як прожектор чи фонарик.

4. Rectangular Light- підсвітка, часто використовується як світло з вікна.

5. Sky Light- світло що імітує денне, або заповнююче світло. Також є два додаткові види світла, що складаються з простих джерел освітлення та додаткових об'єктів: hdri back drop (світло від hdri та фон за вікном водночас) та sun and sky (задає положення сонця відносно часу та геолокації).

Якщо детально занурюватись в тему освітлення, очевидно, що це надзвичайно потужний інструмент архітектурної візуалізації, який потребує як багато знань та навичок, так і потужного апаратного забезпечення, в першу чергу відеокарти, яка має великий обсяг пам'яті та підтримує технологію ray tracing (має RTX ядра в своєму обчислювальному процесорі). Також потужними параметром при запіканні світла і використанні виду освітлення stationary є QVMap Resolution. Використовуючи великий обсяг відеопам'яті, цей параметр дозволяє запікати великий обсяг світла та тіней, даючи змогу по декілька разів не повторювати одну і ту саму операцію з різними об'єктами в одній сцені. Також піднімаючи розширення цього параметру ми отримуємо більш чіткі та детальні контури тіней, що в свою чергу додає сцені фотореалізму. Другий не менш корисний параметр називається Indirect Lightning Intensity. Він дозволяє легко керувати експозицією як в пост процесі так і в режимі реального часу. В підсумку варто зазначити, що будь які поглиблені маніпуляції зі світлом в Unreal Engine 5 потребують потужного апаратного забезпечення, в першу чергу потужної відеокарти.

В своїй роботі я користувався технологією Lumen, що дозволяє скоротити навантаження на апаратне забезпечення, спростити та прискорити

робочий процес, але пожертвувати реалістичністю сцени. В налаштуваннях проекту виставляємо параметр Dynamic global illumination method на Lumen, а reflection method на ray tracing. Lumen краще працює з глобальним освітленням, натомість ray tracing краще опрацьовує відображення джерел світла в статичних та динамічних об'єктах, що мають відбиваючу світло текстуру.

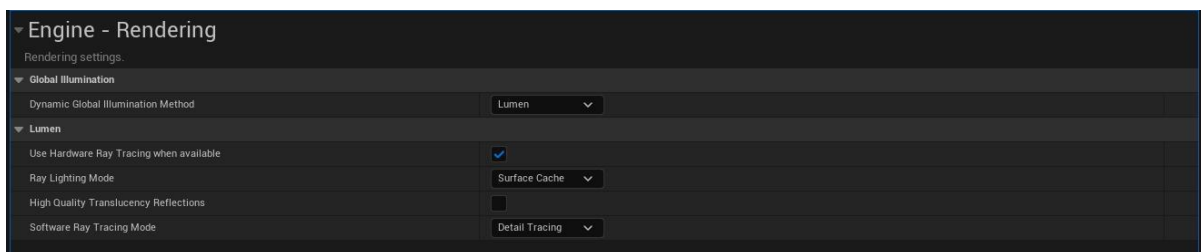


Рис. 19

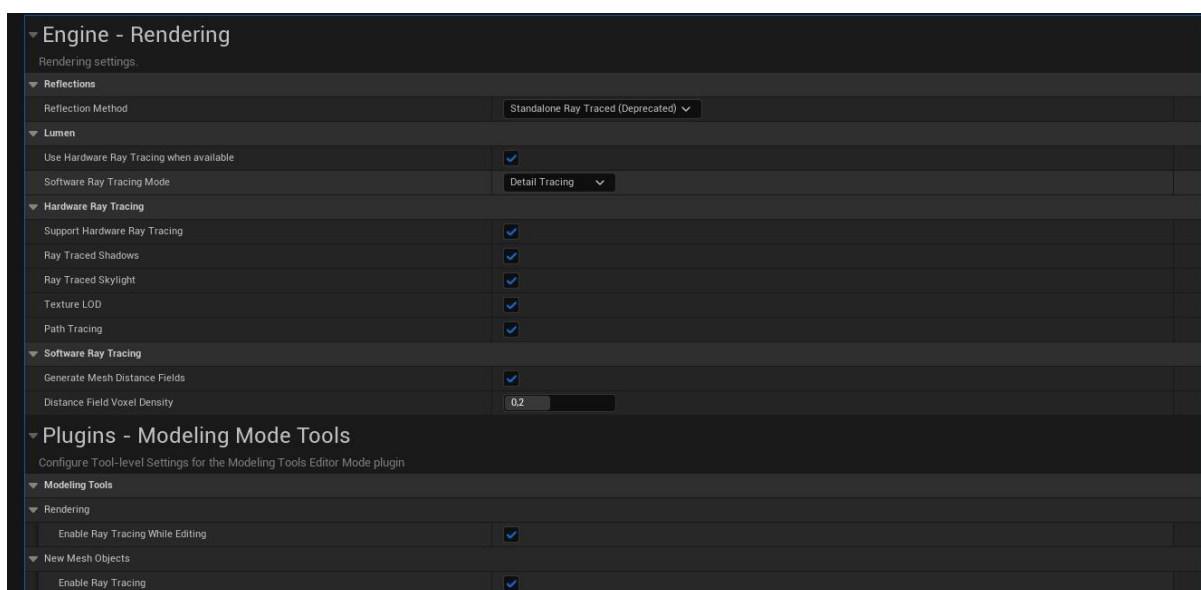


Рис. 20

Підсумовуючи тему освітлення, хочу зазначити, що в своїй роботі я використав плагін HDRI BackDrop, який дозволяє створити фон за вікном, а також за замовчуванням включає в себе джерело світла Sky Light. Після цього мною було встановлене інтер'єрне освітлення за допомогою Point Light та декількох Spot Light.

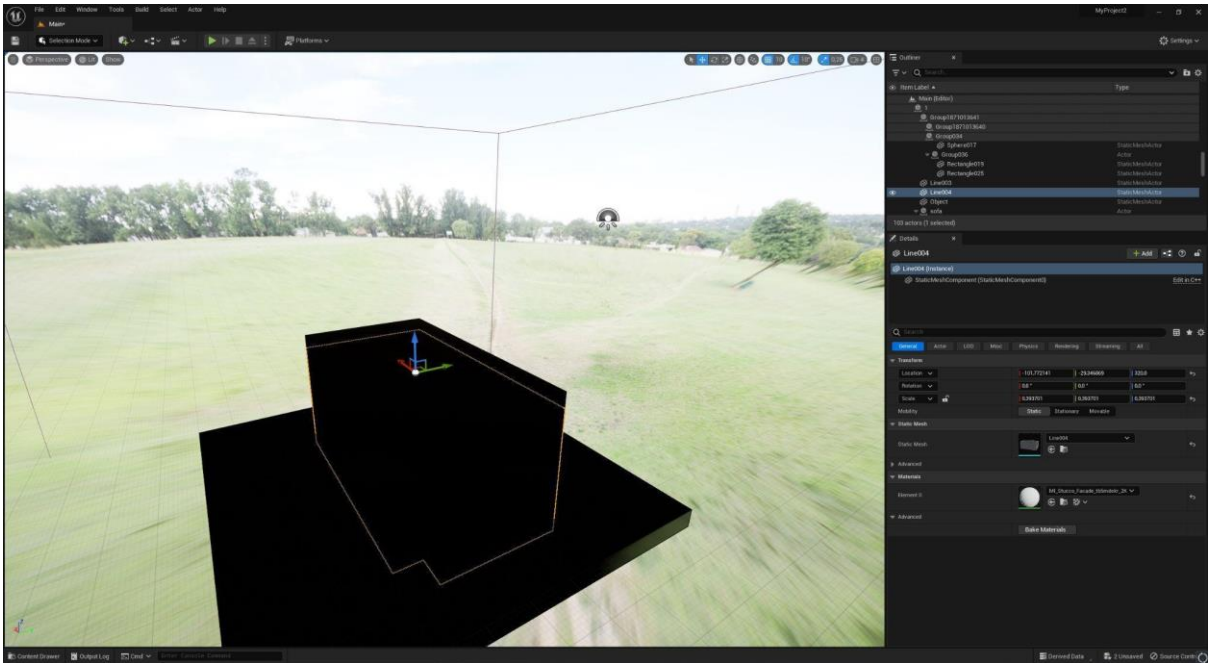


Рис. 21

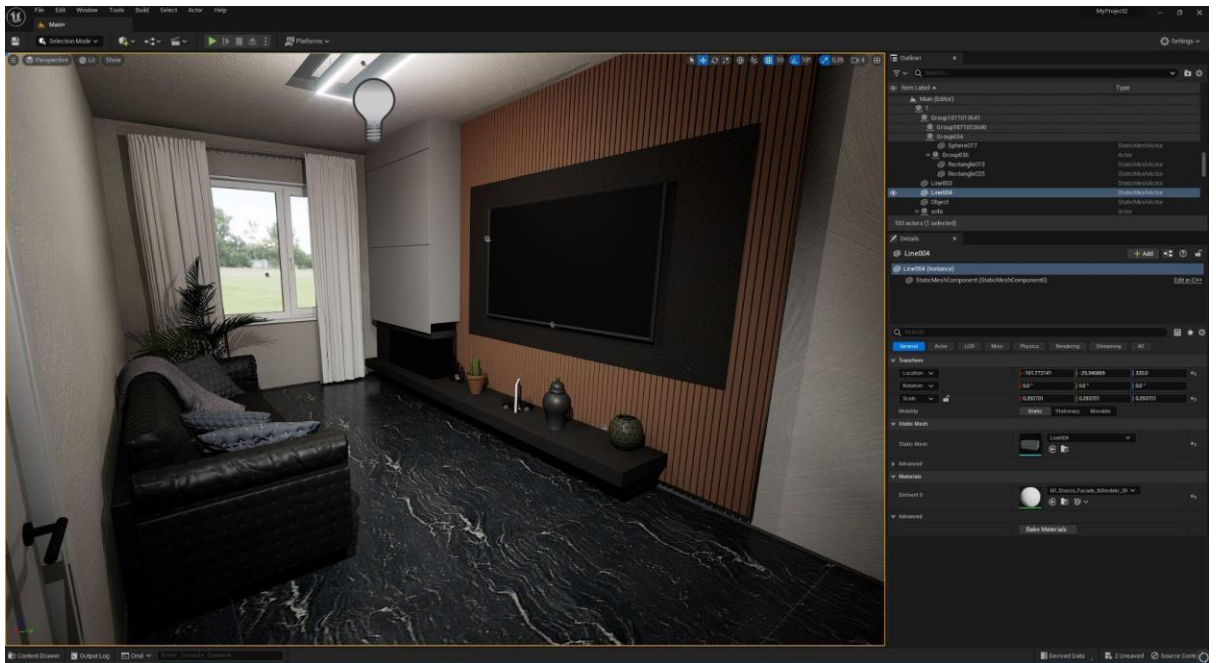


Рис. 22

2.6 Створення сцен та додавання динамічних ефектів

Не менш важливою частиною архітектурної візуалізації є створення фінальних сцен, їх подальший рендер та монтаж з кольорокорекцією. На цьому

етапі ми фактично фіналізуємо нашу сцену, яка пройшла шлях від купки полігонів до фінального фото чи відео матеріалу, який безпосередньо споживає замовник архітектурної візуалізації. Для створення фінальних сцен скористаємось віртуальною камерою. Вибираємо підходящий нам ракурс. та за допомогою опції Viewport вибираємо пункт "Create camera here". За допомогою налаштувань камери вибираємо кут огляду, фокусну відстань та діафрагму.

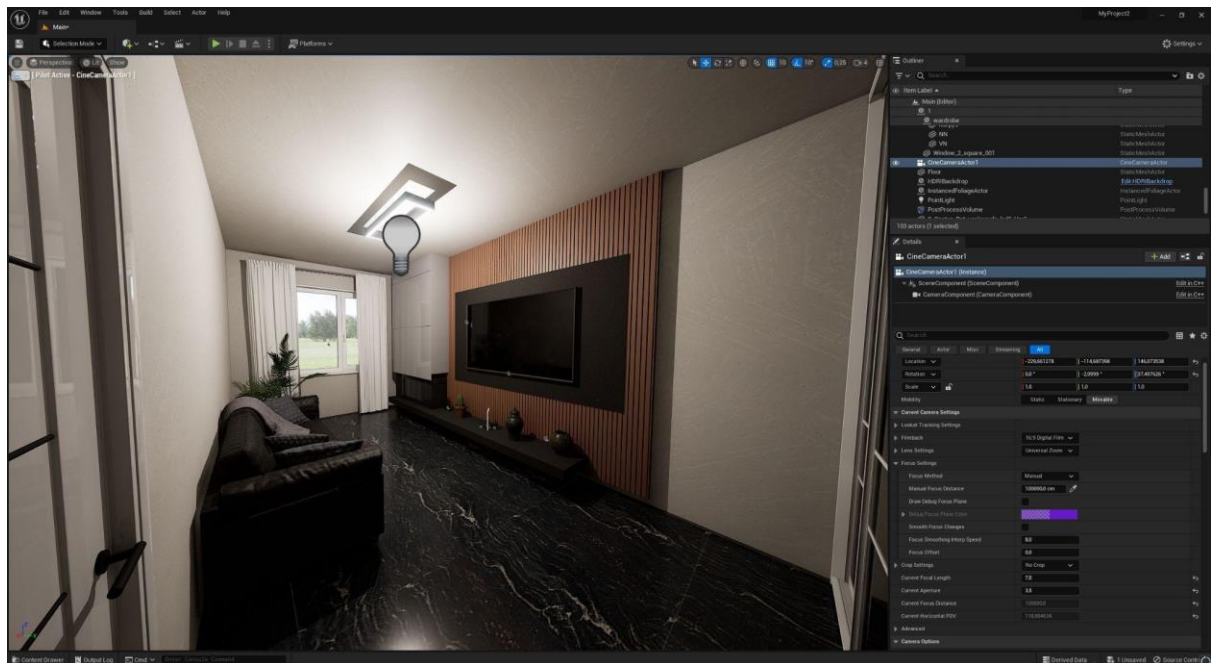


Рис. 23

В контент браузері створюємо окрему папку під назвою animationcamera для анімування та збереження готових прольотів. В цій папці створюємо секвенцію та називаємо її номером обраної камери. Далі відкриваємо секвенцію та перетягуємо в неї камеру з аутлайнера.

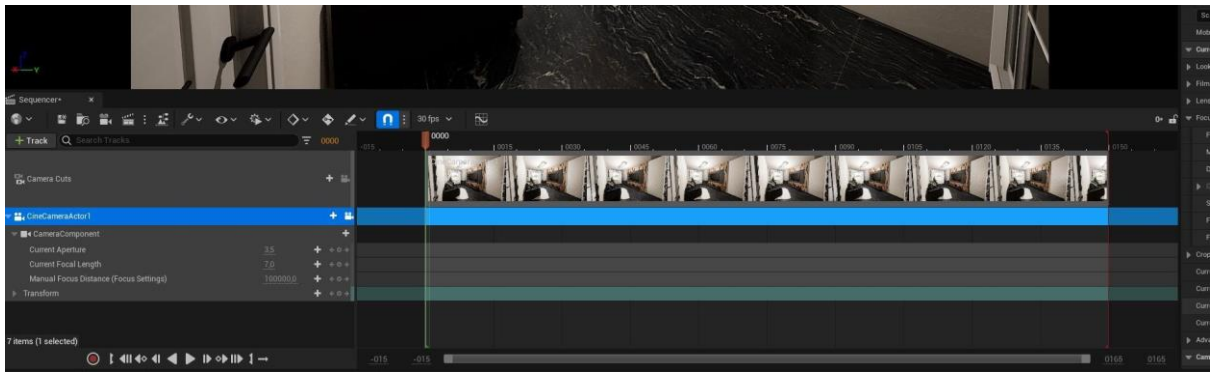


Рис. 24

Виставляємо на секвенції дві точки (початок та кінець), даємо розрахувати кадр рухаючи камерою для потрібного нам ракурсу. Таку процедуру робимо декілька разів з різних ракурсів та рендеремо окремі кадри для подальшого монтажу та кольорокорекції в DaVinci Resolve.

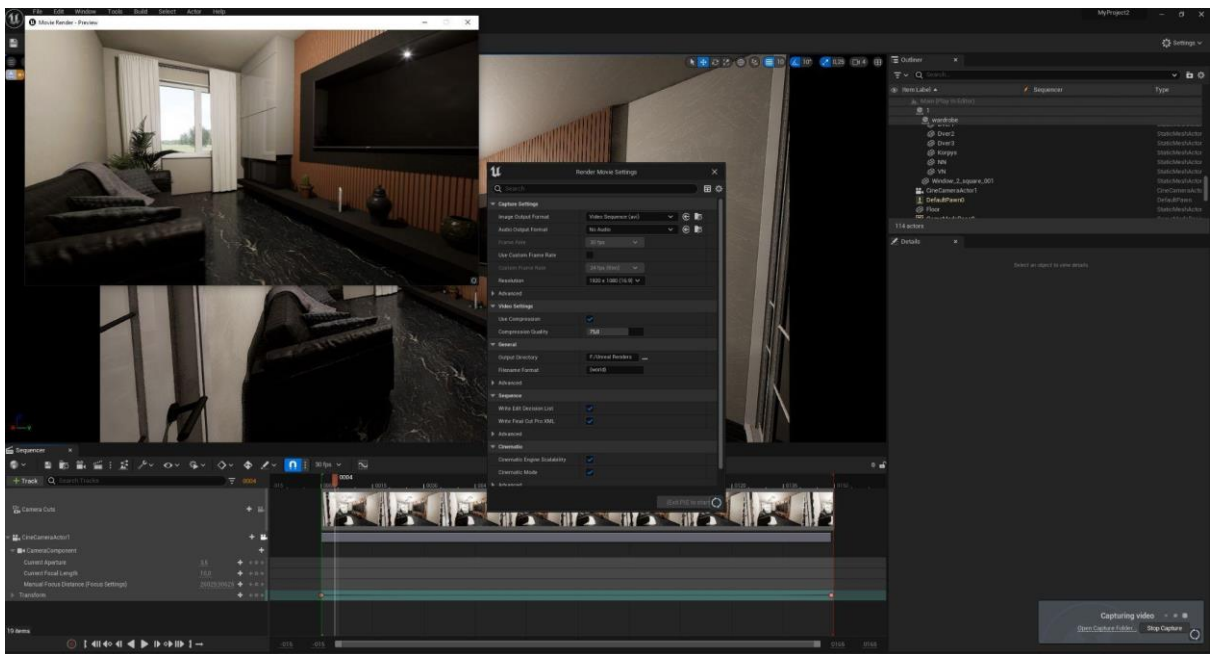


Рис. 25

Збережені результати рендеру експортуємо в DaVinci Resolve. Створюємо таймлайн на основі медіаданих, накладаємо музику, монтуємо, проводимо кольорокорекцію та рендеримо готовий презентаційний відеоролік. Це і є фінальним результатом всього процесу архітектурної 3d візуалізації.

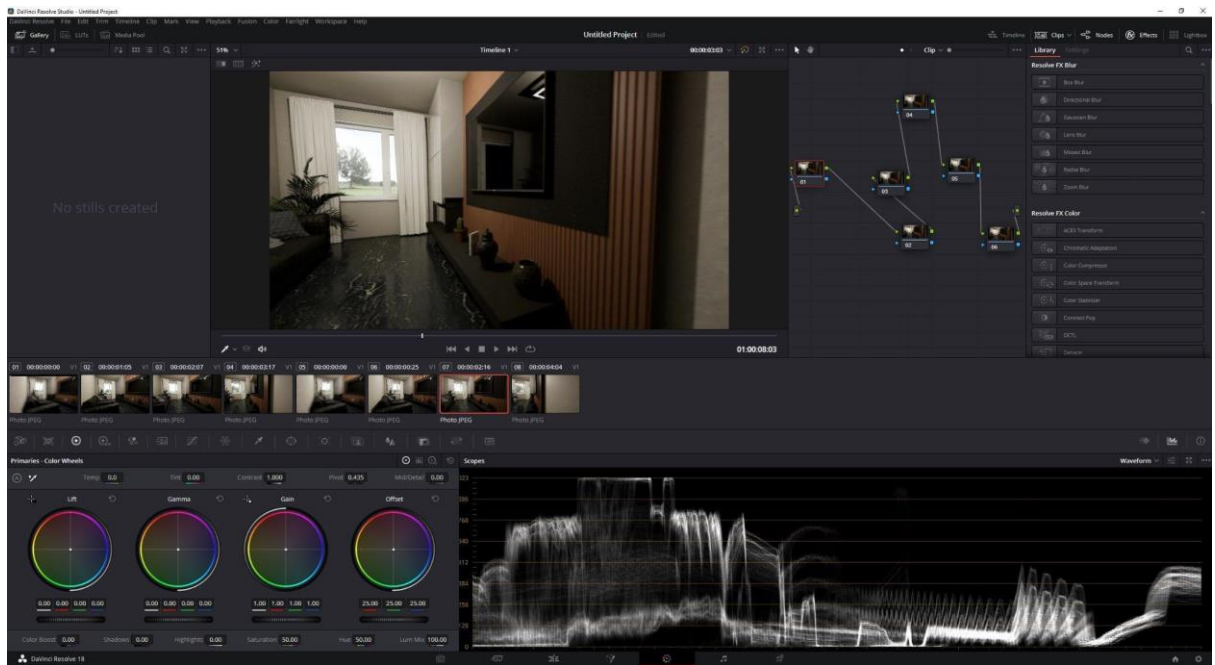


Рис. 26

Розділ 3. Аналіз результатів

Ми маємо змогу оцінити досягнуті покращення та можливості, що стали доступними завдяки новій версії цього потужного рушія.

Відмінна якість графіки. Unreal Engine 5 пропонує значний прорив у якості графіки завдяки технології Nanite. Ця технологія дозволяє реалістично відображати дуже деталізовані об'єкти без необхідності у складної оптимізації. Архітектурні деталі, такі як текстури, набряки, та інші мікродеталі, відображаються з великою точністю, створюючи вражаючий реалізм.

Удосконалення освітлення. Lumen дозволяє створювати вразливе до світла середовище. Це означає, що промені світла відображаються та розсіюються таким чином, що архітектурні об'єкти виглядають більш реалістичними. Система освітлення також підтримує реалістичне променеве просвітлення, що додає глибину та атмосферність до візуалізацій. Окрім технології Lumen ми маємо можливість користуватись традиційними методами створення світлових карт і вони виконані просто бездоганно. Чого тільки коштує безліч інструментів для запікання світла. Також ray tracing дає нам змогу обробляти реалістичні промені світла

Масштабування та продуктивність: Unreal Engine 5 підтримує більші розміри світу, дозволяючи архітекторам створювати великі та деталізовані ландшафти. Крім того, завдяки новій технології покоління геометрії, що дозволяє швидко обробляти велику кількість полігонів, Unreal Engine 5 забезпечує високу продуктивність при відображенні складних архітектурних сцен. Різноманітність та деталізація матеріалів: Unreal Engine 5 пропонує нові можливості для створення реалістичних матеріалів. Технологія MetaHumans дозволяє швидко створювати людські персонажі з фотореалістичними деталями. Крім того, розширений набір інструментів для створення матеріалів дозволяє досягти високої якості текстур та поверхневих ефектів для архітектурних моделей.

Загалом, процес архітектурної візуалізації в Unreal Engine 5 надає архітекторам та дизайнерам розширені можливості для створення фотореалістичних, деталізованих та живих візуалізацій своїх проєктів. Завдяки поліпшеній графіці, освітленню, матеріалам, масштабуванню та анімації, Unreal Engine 5 є потужним інструментом, що допомагає втілити архітектурні ідеї в досконалі візуальні сцени. Також, аналізуючи свою роботу в Unreal Engine, я вкотре зрозумів, що опанував хіба що 7-10% потенціалу цього потужного інструменту. Є чому вчитись та вдосконалюватись, розуміння цього дає наснагу до нових знань та досвіду.

3.1. Оцінка якості візуалізації архітектурних об'єктів

Є декілька основних параметрів оцінки якості візуалізації. У кожного візуалізатора вони свої, але все ж існують загальноприйняті.

Глобальне світло. Ще до початку роботи з матеріалами ми виставляємо глобальне освітлення. На цьому етапі світло чорнове, але воно вже задає загальний настрій нашій сцені. На мою думку, правильно виставлене глобальне освітлення значно спрощує процес подальшого світлового наповнення. В своїй роботі я використав елемент HDRI BackDrop, який включає в себе елемент глобального освітлення Sky Light.

Баланс теплого та холодного світла. Це зовсім не хитрий прийом привернення візуальної уваги. Комплементарна колірна схема легко сприймається людським оком, та привертає увагу до загальної композиції.

Фейкове світло. Зазвичай для цього прийому використовується елемент Spot Light. В своїй роботі я використовував його для підсвічування певних об'єктів інтер'єру та погано освічених ділянок кімнати. Також можна використати Sun Light, цих елементів може бути декілька. Хитрий прийом, головне правильно його налаштувати.

Матеріали. Необхідно звертати увагу на тайлінг текстур, тобто розміщення малюнку на самому матеріалі. Часте повторення подібних візерунків дуже здешевлює картинку і псує загальне враження. Також необхідно використовувати найвище з можливих розширення текстур самого матеріалу. Низьке розширення текстур можна не помітити одразу, але під час фінального рендерингу це стане помітним.

Відображення. Часто трапляється що відображення блискучих матеріалів занадто підкручене, матове, або викривлене. Зрозуміло що, це псує картинку. Головне в роботі з відображеннями це запікання світла на об'єктах з бликами, навіть якщо ми використовуємо Lumen та відмовились від запікання на користь економії часу і ресурсу. Вже одразу після запікання ми можемо отримати бажаний ефект, якщо ж відображення надалі потребує коригування ми працюємо з параметром Roughness на самому матеріалі від 0 до 1, де 0 це максимальне віддзеркалення, а 1 це повна матовість.

Постпроцес. Використовуючи цей інструмент, ми задаємо параметри кольорокорекції, відображень, тіней, глобального освітлення та інші візуальні налаштування сцени в цілому.

3.2 Переваги та недоліки використання технологій Lumen, Nanite Virtualized Geometry, Reality Capture, Ray tracing

Детально ознайомившись з вищезгаданими технологіями в своїй роботі, у мене склалась об'єктивна думка щодо їх недоліків, бо про їх переваги чути звідусіль, але давайте про кожну по-порядку. Технологія Lumen, яка є новою системою освітлення в Unreal Engine 5, має свої переваги та недоліки. Ось деякі з них.

Переваги використання технології Lumen

- реалістичне освітлення;
- динамічне освітлення в реальному часі;

- покращена атмосферність, реалістичність.

Lumen дозволяє створювати вражаючу реалістичну атмосферу у візуалізаціях. Вона враховує взаємодію світла з різними поверхнями та матеріалами, створюючи враження реалістичного освітлення і тіней. Динамічне освітлення в реальному часі дозволяє, без необхідності в попередньому розрахунку або запіканні, налаштувати освітлення, динамічно змінювати його в процесі візуалізації. Завдяки Lumen можна досягти більшої атмосферності у візуалізаціях, що дозволяє реалістично відображати розсіяне світло, промені сонця, прогін індириктного освітлення та інші ефекти, що додають глибину та реалізм до сцен.

Недоліки використання технології Lumen

Високі вимоги до обладнання. Lumen вимагає потужного обладнання для ефективної роботи. Щоб досягти найкращої якості освітлення і забезпечити плавну продуктивність, може бути необхідна потужна графічна карта та процесор.

Відсутність підтримки на старих платформах. Технологія Lumen підтримується на нових платформах, таких як PC з підтримкою DirectX 12 або PlayStation 5. Це означає, що використання Lumen може бути обмежене на старих платформах або у випадку, коли цільова аудиторія має обмежену доступність до новішого обладнання.

Можливі проблеми з продуктивністю. Хоча Lumen дозволяє відображати динамічне освітлення в реальному часі, це може вплинути на продуктивність, особливо якщо сцена складається з великої кількості деталей і джерел світла. Для досягнення бажаної продуктивності можуть знадобитися оптимізації та компроміси.

Попри недоліки, технологія Lumen є значним кроком вперед у створенні реалістичного освітлення в реальному часі. Її переваги у відображенні динамічного освітлення та покращенні атмосферності допомагають створювати більш імерсивні та вражаючі архітектурні візуалізації. А

тимчасові баги, як погана взаємодія Lumen з рослинністю, до прикладу, дуже швидко виправляються командою розробників.

Nanite Virtualized Geometry та її переваги використання

Велика деталізація: Nanite дозволяє реалістично відображати дуже деталізовані об'єкти без необхідності складних оптимізацій. Це означає, що архітектурні моделі можуть бути створені з високою точністю і деталізацією, що приносить реалістичний вигляд візуалізації.

Ефективне використання пам'яті: Nanite використовує віртуалізацію геометрії, що дозволяє завантажувати і відображати тільки необхідні деталі моделі в реальному часі. Це зменшує вимоги до пам'яті та дозволяє реалізувати великі й складні сцени без втрати продуктивності.

Швидкість відображення: завдяки оптимізації обробки геометрії, Nanite забезпечує високу швидкість відображення, незалежно від розміру та складності сцен. Це дозволяє архітекторам швидко переглядати та редагувати свої проекти, зберігаючи високу продуктивність.

Недоліки використання технології Nanite Virtualized Geometry в Unreal Engine 5

Високі вимоги до обчислювальних ресурсів. Використання Nanite може вимагати потужного обладнання для досягнення оптимальної продуктивності. Робота з великими деталізованими моделями може бути важкодоступною на менш потужних системах.

Складність оптимізації. Нанесення дуже великої кількості деталей на сцену може створити виклик управлінню оптимізацією та вимогами до процесора і відеокарти. Оптимізація сцен з великою кількістю геометрії може бути складною задачею, особливо для менш досвідчених користувачів.

Потенційні обмеження фізичної симуляції. Використання великої кількості деталей може вплинути на продуктивність фізичної симуляції, особливо якщо моделі мають складну геометрію. Врахування фізичних

властивостей та розрахунок колізій можуть потребувати додаткових зусиль для оптимізації та підтримки високої продуктивності складних сценах.

Переваги використання технології Reality Capture

Висока точність. Reality Capture дозволяє створювати детальні 3D-моделі з високою точністю. Вона може захоплювати навіть найменші деталі та текстури, що дозволяє отримати візуально реалістичні моделі архітектурних об'єктів.

Швидкість та ефективність. Завдяки автоматизованому процесу захоплення даних та швидкому алгоритму обробки, Reality Capture дозволяє створювати 3D-моделі швидко та ефективно. Це зберігає час та зусилля, що потрібні для ручного моделювання.

Сумісність. Reality Capture підтримує широкий спектр форматів даних, включаючи фотографії, відео, сканування лазером та інші. Це дає можливість використовувати різні джерела даних та інтегрувати їх у процес створення 3D-моделей.

Недоліки використання технології Reality Capture

Обмежена контрольованість. Захоплення даних у реальному середовищі може бути складною задачею через обмежену контрольованість умов. Освітлення, тіні, рух та інші фактори можуть вплинути на якість захоплення та точність отриманих даних.

Вимоги до обладнання. Для отримання найкращих результатів з використанням Reality Capture можуть знадобитися спеціалізовані пристрої, такі як високоякісні камери або 3D-сканери. Це може бути витратним та вимагати додаткових ресурсів.

Обробка даних. Обробка великого обсягу даних, отриманих від Reality Capture, може вимагати потужних комп'ютерних ресурсів та часу. Алгоритми обробки даних можуть бути складними та вимагати спеціалізованого програмного забезпечення.

Упродовж останніх років технологія Reality Capture суттєво покращилася та стала дуже корисною для архітектурної візуалізації. Проте, варто враховувати недоліки, такі як складність контролю умов та вимоги до обладнання та обробки даних, при розгляді її використання.

Висновки

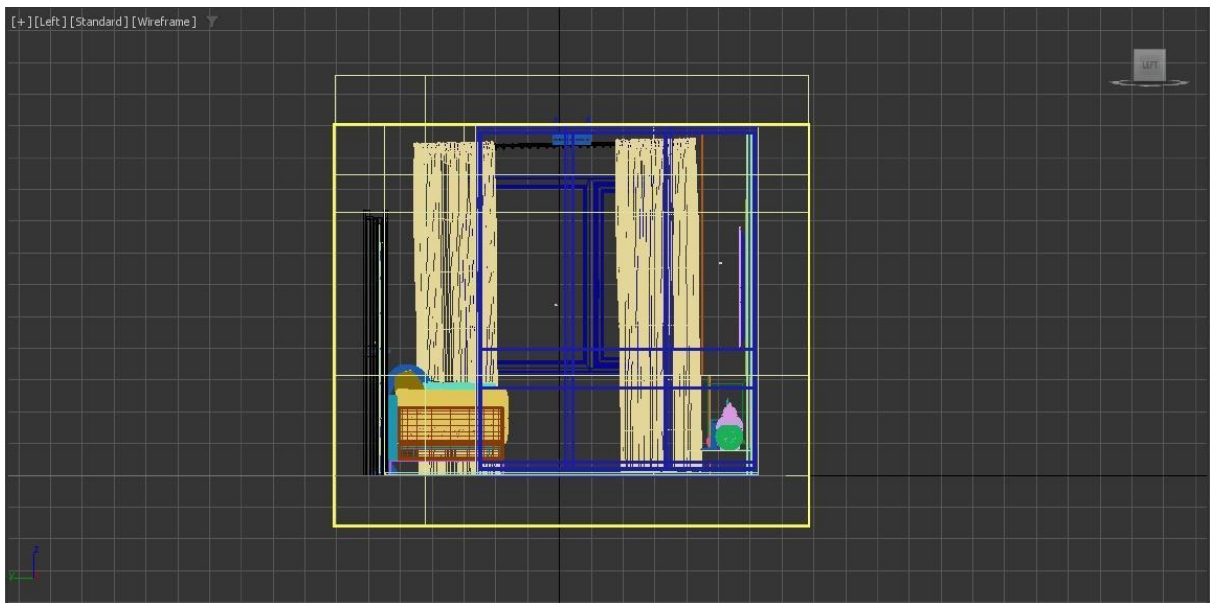
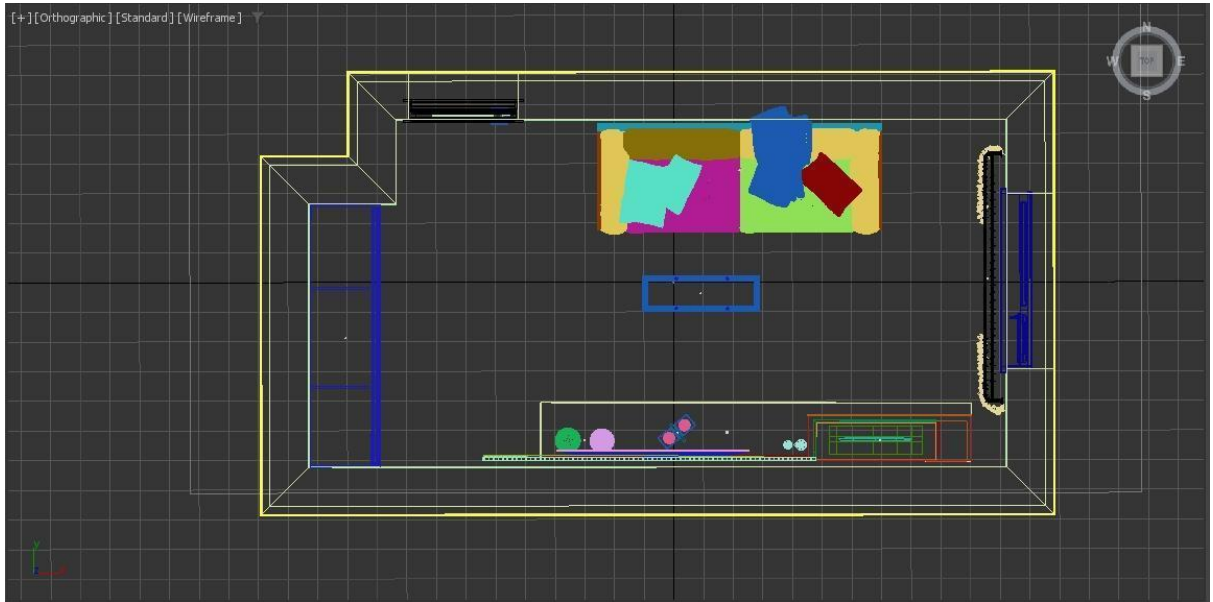
Створено 3D модель на основі частини житлового приміщення в CAD системі 3DSMax, з подальшим її оздобленням елементами архітектури, такими як: двері, вікно, диван, шафа, світильник, штори, тумба, декоративна панель, телевизор, рослинність та інтер'єрні аксесуари. Моделі архітектурних елементів також взяті з бібліотеки 3DSMax. Створений об'єкт інтерпретовано в формат .udatasmith для подальшого експорту в Unreal Engine. В Unreal Engine виставлено глобальне та локальне освітлення, імпортовано архітектурний об'єкт, проведено роботу з матеріалами та текстурами за допомогою Quixel Bridge, створено сцени за допомогою плагіну Camera Actor. Отримані сцени зрендерено та експортовано до монтажної програми DaVinci Resolve Studio для подальшого монтажу та кольорокорекції вихідного відеоматеріалу. Як результат, клієнт отримує відео-презентацію для оцінки візуального вигляду його майбутньої кімнати.

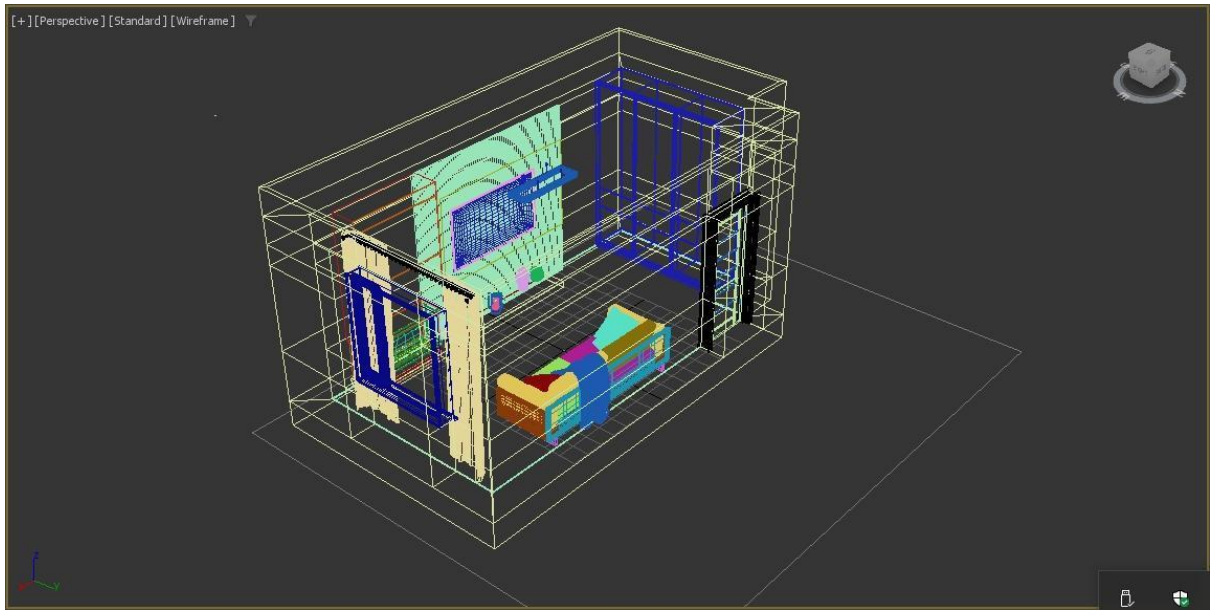
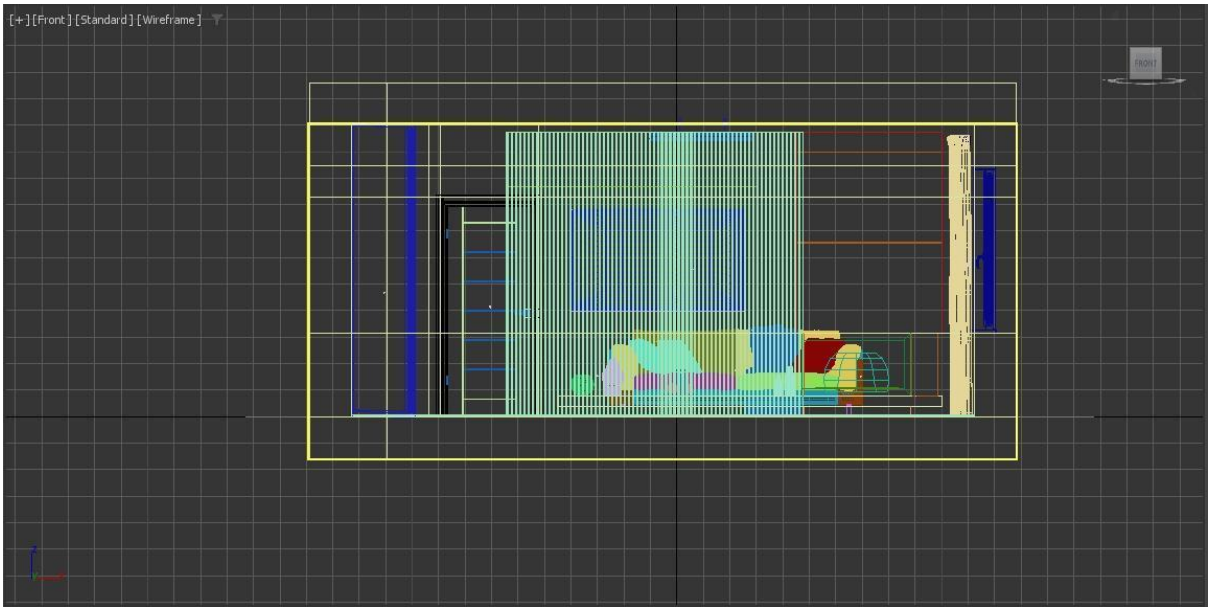
Список використаної літератури

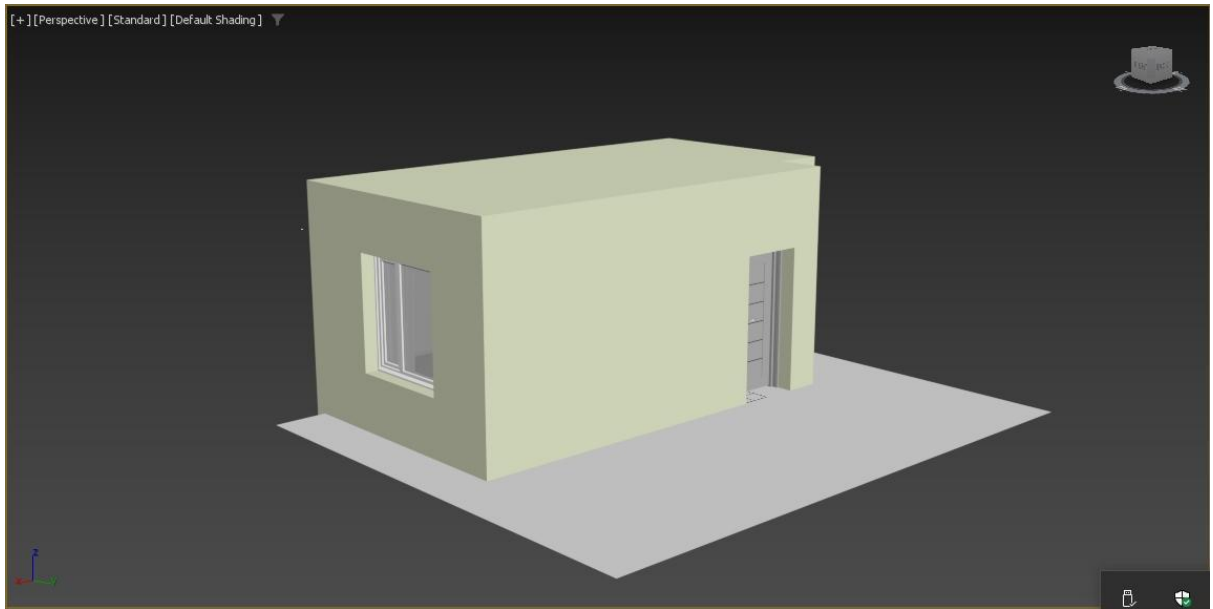
1. Lumen Global Illumination and Reflections [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine/>
2. Nanite Virtualized Geometry [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/nanite-virtualized-geometry-in-unreal-engine/>
3. Virtual Shadow Maps [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/virtual-shadow-maps-in-unreal-engine/>
4. Path Tracer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/path-tracer-in-unreal-engine/>
5. Textures [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/textures-in-unreal-engine/>
6. Materials [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/unreal-engine-materials/>
7. Physically Based Materials [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/physically-based-materials-in-unreal-engine/>
8. Lighting the Environment [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/lighting-the-environment-in-unreal-engine/>
9. Global Illumination [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/global-illumination-in-unreal-engine/>
10. Hardware Ray Tracing and Path Tracing Features [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/ray-tracing-and-path-tracing-features-in-unreal-engine/>
11. Features and Properties of Lights [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/features-and-properties-of-lights-in-unreal-engine/>

12. Reflections Environment [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/reflections-environment-in-unreal-engine/>
13. Shadowing [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/shadowing-in-unreal-engine/>
14. Post Process Effects [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/post-process-effects-in-unreal-engine/>
15. Forward Shading Renderer [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/forward-shading-renderer-in-unreal-engine/>
16. HDRI Backdrop Visualization Tool [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/hdri-backdrop-visualization-tool-in-unreal-engine/>
17. Sun and Sky Actor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/sun-and-sky-actor-in-unreal-engine/>
18. Geographically Accurate Sun Positioning Tool [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/geographically-accurate-sun-positioning-tool-in-unreal-engine/>

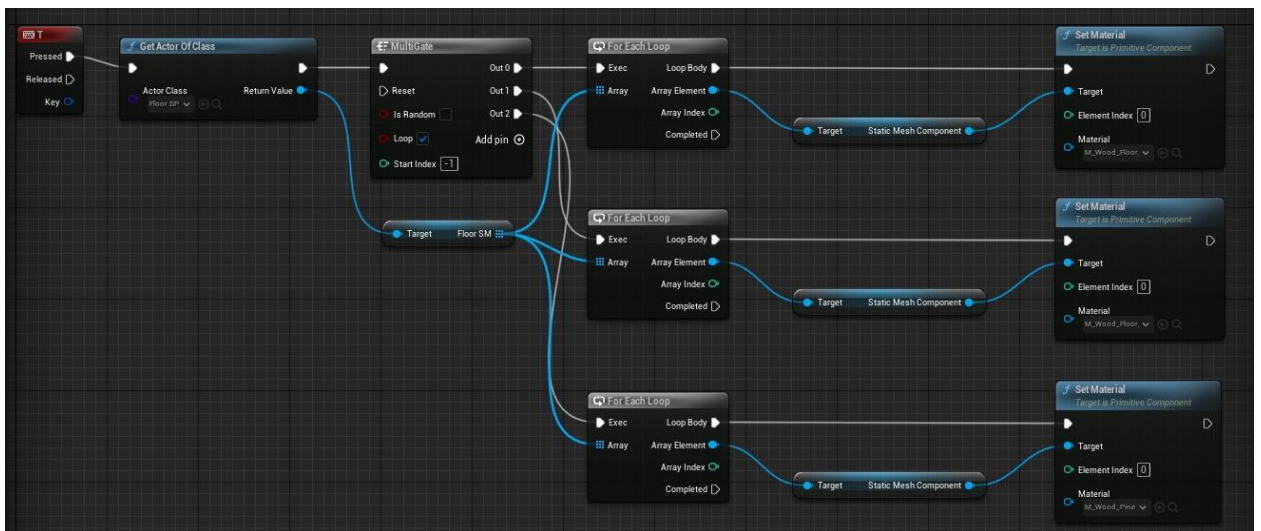
Додатки







3D модель спроектованого приміщення в різних проекціях



Нодова структура blueprint





Результати інтерактивної заміни матеріалів