

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Медіасистем та технологій
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Дослідження можливостей 3D технологій
для створення моделі для ігрових додатків
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕМВм-19-1

Дякуненко Д.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 186 Видавництво та поліграфія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма:

Технології електронних мультимедійних видань
(назва освітньої програми)

Керівник доц. Колесникова Т.А.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри МСТ

(підпис)

Ткаченко В.П.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
Кафедра _____ Медіасистем та технологій _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 186 Видавництво та поліграфія _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Технології електронних мультимедійних видань _____
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)

« 26 » жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Дякуненко Данііл Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження можливостей 3D технологій _____
_____ для створення моделі для ігрових додатків _____
затверджена наказом по університету від 23 жовтня 2020 р. № 1432 Ст

2. Термін подання студентом роботи _____ 10 грудня 2020 р. _____

3. Вихідні дані до роботи Метою магістерської атестаційної роботи є дослідження підходів до створення моделей. Об'єктом дослідження даної роботи є процес дослідження підходів до створення моделей. Предмет дослідження – методи та варіанти моделювання.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. Аналіз сучасного стану галузі моделювання. Аналіз літератури по заданій тематиці. Огляд і аналіз існуючих підходів до створення моделей. Розробка методики і складання плану проведення експерименту. Розробка рекомендацій до створення моделі. Проведення оцінки ефективності результату. Економічне обґрунтування. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Презентація: Титульна сторінка, Завдання на магістерську атестаційну роботу, Актуальність дослідження, Мета роботи, Задачі дослідження, Аналіз існуючих підходів до редизайну, Опис процесу проведення експерименту і отримання даних, Розробка рекомендацій до створення моделей, Оцінка ефективності рекомендацій, Економічне обґрунтування Висновки

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Позначка консультанта про виконання розділу | |
|--------------------|---|---|------|
| | | підпис | дата |
| Основна частина | доц. Колесникова Т. А. | | |
| Економічна частина | проф. Полозова Т.В. | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз завдання на атестаційну роботу | 29.10.2020 | |
| 2 | Аналіз стану проблеми створення моделей | 5.11.2020 | |
| 3 | Проведення теоретичних досліджень | 8.11.2020 | |
| 4 | Проведення експериментальних досліджень | 12.11.2020 | |
| 5 | Економічна частина | 17.11.2020 | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 18.11.2020 | |
| 7 | Оформлення графічної частини | 19.11.2020 | |
| 8 | Захист атестаційної роботи | 14.12.2020 | |

Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 р.

Студент _____ Дякуненко Д.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Колесникова Т. А.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 60 сторінок, 3 таблиць, 40 рисунків, 19 використаних джерел.

3D, ТРИВИМІРНА МОДЕЛЬ, ПРОЕКТУВАННЯ, ЗАПІЧКА, ПОЛІГОН, UV, ХАЙ ПОЛІ.

Мета атестаційної роботи бакалавра – проектування тривимірної моделі ножа та його текстурування.

Об'єкт дослідження – процес створення тривимірної моделі по двом різним пайплайнам.

Предмет дослідження – інструменти та два різних пайплайни.

Дана робота містить опис проектування тривимірної моделі для подальшого використання. Модель призначена для впровадження у будь-який 3D проект. Модель розрахована для продажу та може бути використана як для ігрового контенту, так і відео.

Результатами атестаційної роботи є рекомендації по вибору пайплайна, які поліпшать ефективність процесу створення моделі.

У розділі "Економічна частина" наведено економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 60 страниц, 3 таблиц, 40 рисунков, 19 использованных источников.

3D, ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЗАПЕКАНИЕ, ПОЛІГОН, UV, ХАЙ ПОЛИ.

Целью магистерской аттестационной работы является исследование подходов к созданию модели. Разработка методики и составление плана проведения эксперимента.

Объектом исследования данной работы является процесс создания трехмерной модели по двум разным пайплайнам.

Предмет исследования – инструменты и два разных пайплайна.

Результатами аттестационной работы являются рекомендации по выбору пайплайна, которые улучшат эффективность процесса создания модели.

В разделе "Экономическая часть" приведено экономическое обоснование затрат на проведение научно-исследовательской работы.

ABSTRACT

The explanatory note contains 60 pages, 3 tables, 40 pictures, 19 sources used.

REDESIGN, SITE, DESIGNER WEB-SERVER, PRODUCT,
APPROACHES, RESEARCH, CASE.

The purpose of the master's attestation work is to explore approaches to creating a model. Development of a methodology and drawing up a plan for conducting an experiment.

The object of research in this work is the process of creating a 3D model for two different pipelines.

The subject of research is tools and two different pipelines.

The results of the appraisal work are recommendations for choosing a pipeline that will improve the efficiency of the model creation process.

The section "Economic part" provides an economic rationale for the costs of conducting research work.

ЗМІСТ

| | С. |
|---|----|
| ВСТУП | 9 |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГАЛУЗІ МОДЕЛЮВАННЯ..... | 11 |
| 1.1 Обґрунтування актуальності теми дослідження..... | 11 |
| 1.2 Постановка мети і задач дослідження..... | 13 |
| 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 15 |
| 2.1 AAA-Пайплайн в гейм індустрії..... | 15 |
| 2.2 Драфт | 16 |
| 2.3 Моделювання..... | 18 |
| 2.4 Розгортка | 23 |
| 2.5 Запічка | 25 |
| 2.6 Текстурування | 27 |
| 2.7 Рендер | 30 |
| 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 31 |
| 3.1 Дослідження можливостей та підходів до створення моделі для ігрових додатків | 31 |
| 3.2 Порівняльний двох підходів до створення моделей для ігрових додатків . | 32 |
| 3.2.1 Драфт | 33 |
| 3.2.2 Моделінг..... | 35 |
| 3.2.3 UV Розгортка | 43 |
| 3.2.4 Запічка | 44 |
| 3.3 Рекомендації до підходів створення моделі для ігрових додатків розглянутих двох пайплайнів..... | 47 |
| 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ | 48 |
| 4.1 Характеристика наукового дослідження | 48 |
| 4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата..... | 48 |
| 4.3 Розрахунок одноразових витрат на НДР. | 51 |
| 4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи..... | 55 |

| | |
|---|----|
| 4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР | 56 |
| ВИСНОВКИ..... | 58 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 59 |

ВСТУП

3D графіка або тривимірна графіка – це один з розділів комп'ютерної графіки, комплекс прийомів і інструментів, які дозволяють створити об'ємні об'єкти за допомогою форми і кольору. Від двовимірних зображень вона відрізняється тим, що має на увазі побудова геометричної проекції тривимірної моделі сцени (віртуального простору) на площину, робиться це за допомогою спеціалізованих програм. Отримана модель може відповідати об'єктам реального світу (наприклад, будівля, людина, автомобіль, астероїд) або бути цілком абстрактною (проекція чотиривимірного фрактала).

Сьогодні 3D графіка міцно увійшла в багато сфер нашого життя - це будівництво (візуалізація об'ємних архітектурних зображень будівель, об'єктів, інтер'єру, екстер'єру), виробництво (об'єктне моделювання), телебачення (модельовані фото в глянцевиx журналах, відеоролики, спецефекти в кіно), ігрова індустрія (3D-анімація і віртуальні світи, розробка комп'ютерних ігор); поліграфія (створення поліграфічної продукції), реклама (електронні презентації і каталоги, рекламні щити та ін.) тощо.

В даний час 3D графіка тільки набирає популярність в різних середовищах діяльності чөлвоека, проте вже зараз за допомогою 3D моделей виробляють деталі для промисловості різного масштабу, проводять операції на тілі людини, друкують імплантанти, створюють симулятори, анімаційні мультфільми і безліч інших продуктів.

Саме тому, для виконання атестаційної роботи була обрана тема: «Дослідження можливостей 3D технологій для створення моделі для ігрових додатків». Це актуальний і дуже перспективний напрям діяльності. Велика частина 3D графіки призначена саме для розробки ігор, як для персональних комп'ютерів так і для мобільних пристроїв та ігрових платформ. З мірою зростання ринку, зростає і попит на моделювання різних об'єктів та створення персонажів.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес дослідження підходів для створення тривимірної моделі.

Предмет дослідження – визначення найбільш ефективних методів залежно від типу об'єкта.

Таким чином, в ході дослідження пропонується проаналізувати основні існуючі етапи створення моделі, визначити параметри, які є найбільш важливими для моделювання, визначити найбільш ефективні методи та найпродуктивніший варіант пайплайну.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГАЛУЗИ МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Обґрунтування актуальності теми дослідження

3D моделювання міцно увійшло в наше життя, частково або повністю перебудувавши деякі види бізнесу. 3D моделювання відіграє важливу роль в житті сучасного суспільства. Сьогодні воно використовується в сфері маркетингу, архітектурного дизайну і кінематографії, не кажучи вже про промисловість. 3D моделювання дозволяє створити прототип майбутньої споруди, комерційного продукту в об'ємному форматі. Важливу роль 3D моделювання відіграє при проведенні презентації та демонстрації будь-якого продукту або послуги.

3D моделювання – це проектування тривимірної моделі за заздалегідь розробленим кресленням або ж ескізу. Для побудови об'ємної моделі предмета використовуються спеціальні програмні продукти візуалізації і апаратні пристрої у вигляді комп'ютерів, планшетів і оргтехніки. При моделюванні важливим етапом є рендерінг - перетворення чорновий варіації моделі в приємний для очей формат.

Сучасна тривимірна комп'ютерна графіка дозволяє створювати максимально реалістичні моделі об'єкта, які буває важко відрізнити від звичайної картинки (рис. 1.1). Професійно змодельована презентація дозволяє на високому рівні продемонструвати продукт або послугу потенційним клієнтам, партнерам, інвесторам.

Створення різних моделей персонажів. Зазвичай це використовується при створенні мультфільмів і при проектуванні сучасних комп'ютерних відеоігор (рис. 1.2)



Рисунок 1.1 – Рендер інтер'єру



Рисунок 1.2 – Кадри з фільмів

3Д візуалізація будівель. Цим займаються проектні організації, які бажають оцінити для замовника конструктивні особливості майбутнього об'єкта.

Створення 3Д моделей предметів інтер'єру. У більшості випадків їх виконують дизайнерські компанії з метою демонстрації естетичних властивостей представлених експозицій.

Реклама і маркетинг. Часто потрібні нестандартні об'єкти для рекламування. Важливу складову тривимірної графіки відіграє при демонстрації будь-якої послуги. Це дозволяє зробити більш ефектне враження на зацікавлених осіб.

Виготовлення ексклюзивних прикрас. Професійні художники і ювеліри використовують спеціальні програми, які дозволяють створити оригінальний і неповторний ескіз.

Виробництво меблів і комплектуючих. Компанії часто використовують розробку тривимірної моделі для розміщення своєї продукції в електронних каталогах.

Промислова сфера. Сучасне виробництво неможливо уявити без моделювання продукту компанії. Кожну деталь або повноцінний об'єкт простіше збирати по готовій і продуманій 3D-моделі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Візуалізація кінцевого продукту

Медична сфера. При проведенні хірургічному втручанні або ж пластичної операції, все частіше використовують тривимірну графіку для того, щоб наочно продемонструвати пацієнтові, як буде проходити процедура, і яким буде результат.

1.2 Постановка мети і задач дослідження

Метою магістерської атестаційної роботи є дослідження підходів до редизайну сайтів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз основних етапів створення тривимірної моделі;
- аналіз роботи з прямим пайплайном;
- розбір зворотнього пайплайну;
- аналіз мидполи моделінгу;
- провести оцінку результату.

Об'єкт - це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію і взяте дослідником для вивчення. Предмет - це те, що знаходиться в рамках, в межах об'єкта. Об'єкт - це та частина наукового знання, з якою дослідник має справу.

Предмет дослідження - це той аспект проблеми, досліджуючи який, ми пізнаємо цілісний об'єкт, виділяючи його головні, найбільш суттєві ознаки. Предмет дослідження найчастіше збігається з визначенням його теми або дуже близький до нього. Об'єкт і предмет дослідження як наукові категорії співвідносяться як загальне і часткове.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес дослідження підходів для створення тривимірної моделі.

Предмет дослідження – визначення найбільш ефективних методів залежно від типу об'єкта.

Таким чином, в ході дослідження пропонується проаналізувати основні існуючі етапи створення моделі, визначити параметри, які є найбільш важливими для моделювання, визначити найбільш ефективні методи та найпродуктивніший варіант пайплайну.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 AAA-Пайплайн в гейм індустрії

З кожним роком все більше виходить ігор з мільйонами доларів на розробку. Наприклад, бюджет на розробку гри GTA5 був близько 265 млн \$. Ігри такого масштабу називають «AAA-іграми».

Розробникам AAA-ігор за всяку ціну необхідно виправдати очікування гравців. Звідси впливають вкрай високі вимоги в тому числі до 3D моделей.

Щоб моделі у величезній кількості з'явилися, вони повинні відповідати AAA-пайплайну (pipeline в перекладі з англійської можна перекласти як «конвеєр»; дослівний переклад «шляхопровід»).

Пайплайн - це кілька послідовних етапів розробки моделі, пов'язаних один з одним, які на виході дають оптимізованого персонажа або об'єкт для гри з максимальною якістю і виразністю.

У нього входять і художні етапи, де потрібно робити арти необхідні для ігрового движка. AAA-пайплайн - це продукт еволюції, який з'явився за багато років розробки топових комп'ютерних ігор.

Працюючи по Пайплайн, ти не просто рухаєш точки, а вирішуєш цілий ряд технічних і художніх завдань:

- в якому стилі повинна бути модель;
- скільки полігонів в ній буде;
- потрібна карта нерівностей (normal);
- використовуємо сучасні фізичний коректні матеріали (PBR) або робимо плоский колір з картою відблиску (а може і без карти відблиску зовсім);
- яке дозвіл текстур на квадратний метр (тексель), і якого дозволу самі текстури;
- з якого ракурсу її бачитимуть найчастіше, модель на передньому чи задньому плані, і чи буде вона анімовані;

- як і де піч карти (не забути зробити скоси для запікання!);
- скульпт або створювати фактури в фотошопі / пеінтере;
- правильно розбити всі полігони на трикутники;
- чи потрібна карта прозорості, чи варто розгортати кілька моделей в один атлас, і як пакувати текстури;
- як експортнуть в движок;
- зробити спрощені моделі, які завантажуються на відстані (лоди), створити геометрію для прорахунку фізики (коліжн).

Пайплайн складається з 6 етапів:

- драфт (форми і силует);
- моделювання (хайполі, лоуполі);
- UV Розгортка;
- запічка текстурних карт;
- створення текстур;
- рендер або импорт у середовище.

Правильно виконані 6 етапів дають на виході якісну і оптимізовану під движок 3D модель. Тому по AAA-Пайплайн працюють трєхмерщкі у всіх студіях, що розробляють топові відеоігри. Як правило, тестове завдання містить в собі моделінг повного циклу. Пайплайн тримає роботу в порядку, і його розуміння необхідно незалежно від того, що потрібно замоделити.

2.2 Драфт

Будь-яка модель починається з драфта, тобто начерку твоєї моделі. А будь-який драфт починається з референсів. Збір референсів настільки важливий, що про нього ми максимально докладно напишемо в наступній статті (8 вересня). Тільки новачки починають моделі машин з усіх деталей на автомобільному диску. AAA-Пайплайн говорить спочатку замоделіть машину з найпростіших об'єктів, адже тобі важливо побудувати її силует, потрапити в пропорції і стилістику, перш ніж переходити до деталей. Драфт - це спрощена

версія ВСІЄІ моделі. Будь-драфт починається з блокінг - начерку моделі з примітивів, який передає суть об'єкта. На етапі блокінг немає жодної найдрібнішої деталі, тільки великі і середні форми. Все зроблено простими боксами, сферами і циліндрами (рис. 2.1).

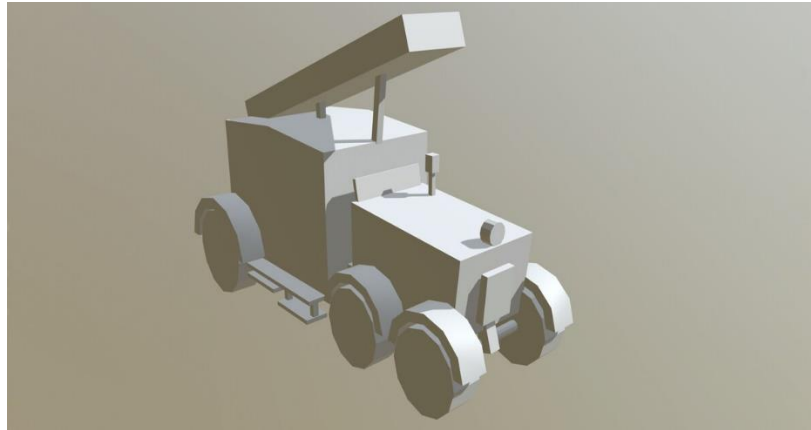


Рисунок 2.1 – Модель з примітивів

Блокінг - це робота над читаним силуетом, правильними пропорціями моделі і робота над великими формами. В середньому на блокінг йде до 40 хвилин.

Наступний етап драфта - це «деталізація». На цьому етапі дуже важливо розібратися з механікою моделі, щоб глядач міг повірити в її функціональність. Варто опрацювати переходи між геометрією і продумати важливі смислові деталі. Цей етап робить геометрію і силует цікавіше.

Важливо, що на цьому етапі все ще не думаємо про топологію. На геометрії може бути багато сміттєвих ребер і точок, відблиск може дивно поводитися, деякі полігони можуть мати більше 4-х точок (n-gon), а буліан може перетворити сітку в кашу. І це нормально все ще шукаємо форми.

Думати про сітку на цьому етапі - це порушення послідовності Пайплайн. Саме тому це все ще «детальний драфт», а не готова модель.

На цьому етапі корисно розподілити кольору по моделі, щоб краще розуміти її фінальний вигляд. Допомагає розібратися з акцентами і пропрацювати палітру задовго до текстуривання (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Драфт та кінцевий варіант

Саме на етапі драфта вирішується, як буде виглядати і читатися модель. Якщо драфт вийшов невиразним, потрібно переробити його, поки не пізно, бо на цьому етапі нічим не врятувати. До речі, форми, які зроблені на драфті, чертовски складно буде міняти протягом подальшої роботи над моделлю, тому драфт потрібно робити з усією відповідальністю перед фінальною моделлю. Це самий творчий етап роботи (не рахуючи текстур, звичайно). Решта роботи - це технічні етапи (рис. 2.3). Ще один приклад блокинга, деталізації і готової моделі.

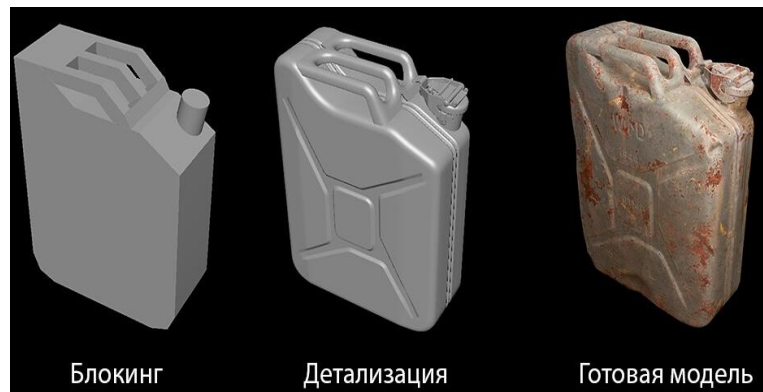


Рисунок 2.3 – Приклад пайплайна

2.3 Моделювання

Коли драфт готовий, можна приступати до роботи з сіткою. Є 2 види топології: легка LowPoly, супер деталізовані HighPoly. Зазвичай для відео ігор роблять 2 моделі: хайполі і лоуполі.

Лоуполі - це максимально легка 3D модель, в якій кожна площина, грань і вершина мають функціональне завдання: впливають на силует, правлять відблиск, вирішують завдання розгортки і так далі.

Головні правила при створенні лоуполі:

- на лоуполі важливі тільки полігони, які впливають на силует і будують форми;
- елементи, які не бачиш - їх треба видаляти;
- все, що має кутоватість на силуеті - скругляється. Іноді для цього треба додати нову геометрію;
- всі плоскі деталі, які не впливають на силует, малюються через текстури або на карті нормалей.

Лоуполі для різних ігор відрізняються. На мобільних пристроях лоуполі дуже легка, 2к - 10к трикутників (рис. 2.4). На деяких AAA проектах люблять вшивати всю геометрію в величезні цільні форми, а на інших кожен деталь відбивають окремою геометрією. Є проекти, де на головного персонажа виходить 50-60к трикутників, а можуть бути проекти по 250К трикутників і більше на персонажа. Усе залежить від поставленої задачі, функціоналу предмета у сцені та багатьох інших факторів які впливають на вибір.



Рисунок 2.4 – Low Poly автомобіль «PUBG»

Відеокарта рендерить в середньому по 60 кадрів в секунду. У реальному часі. На 1 кадр вона вимагає близько 10 000 проходів для відтворення всіх

моделей, текстур, частинок, ефектів, інтерфейсу, і іншого. Для цього відеокарта відправляє виклики відтворення (draw call) процесору. Процесор - вузьке горлечко будь-якого рендеру, тому робота над оптимізацією часто зводиться до оптимізації викликів відтворення (тому робляться конструктори, атласи та інші хитрощі для прискорення рендеру).

Загалом, чим менше полігонів на твоїй моделі, тим краще себе почуває движок гри. Важливо розуміти, що ігровим движкам простіше працювати з меншою кількістю полігонів і купою деталей на Normal Map, ніж навпаки. При цьому полігони, яких не видно, видаляються, вся геометрія максимально оптимізується, циліндри будуються зі збереженням довжини ребра та інше. На лоуполі багато нюансів, що впливають на розгортку і запічку.

Це та сама модель, яка буде в грі (рис. 2.5). Саме її будемо розгортати (етап 3), піч (етап 4) і текстура (етап 5). Завдання лоуполі - знайти ідеальний баланс між виразністю і легкістю моделі. На реальних проектах часто видають бюджет на полігони. Наприклад, майже всі танки для WoT містять менше 50 тисяч трикутників (але бувають виключення).

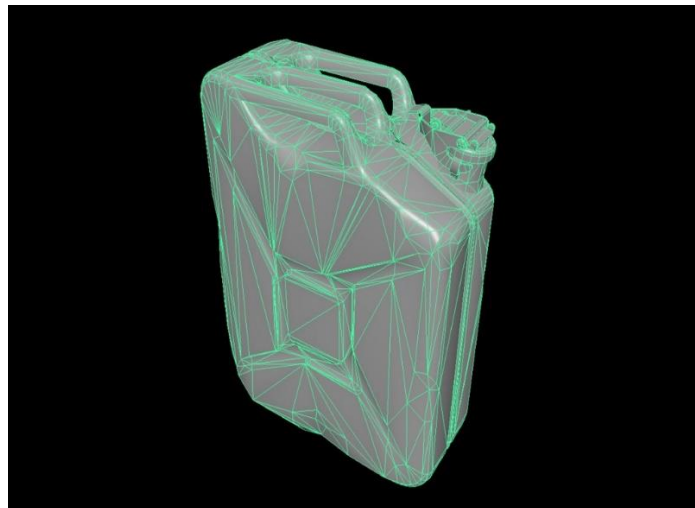


Рис 2.5 – Приклад LowPoly моделі

Фінальна лоуполі, підігнана під скульпт. Кожен вертекс функціональний, сітка оптимізована і тріангулірована для запікання. Наступним кроком потрібно зробити хайполі.

У різних варіаціях Пайплайн змінюється порядок роботи. Десь спочатку роблять лоуполі, потім хайполі, наприклад в роботі над прямокутними об'єктами: будинками, гарматами, танками і так далі. Десь навпаки, наприклад в персонажке або на стилізованих проектах. В кінцевому рахунку, це не так важливо. На сучасних іграх, як правило, роблять і те, і інше.

Хайполі - це супер деталізована модель. На ній немає обмежень по кількості полігонів (головне обмеження - щоб модель взагалі можна було відкрити).

Перше завдання на хайполі - зробити круглі фаски, фактури і деталі, які не потрапили на лоуполі. Хайполі - це етап, коли можна все. Кілька технологій хайполі: SubD, Crease edge і скульпт. Хайполі потрібна тільки для запікання деталей і фасок на лоуполі (етап 4). Хайполі роблять без особливих обмежень по сітці, в ній потрібно дотримуватися квадратів (ними простіше будувати полігональні лупи), а від кутоватостей позбавляються на згладжування. В ігровій движок таку сітки не засунеш, зате вона може бути скільки завгодно деталізованої і гладкою. Існує 3 способи створення Хайполі моделі.

Сабдів (subD) - це створення хайполі через підтримки. Створюєш форми, накладаєш підтримки, вони правильно скругляються, виходить максимальна точність. Це дуже стара але перевірена часом технологія, завда. Найважливіше на сабдіві - зрозуміти, як будувати лупи і кільця полігонів, щоб вони підкреслювали твою форму (рис. 2.6).

Скульпт - необхідний, якщо у моделі потрібні м'які форми або це органіка (рис. 2.7). Неточні, нерівні форми, складки, гриби, м'які форми – усе це робиться за допомогою скульпту. Це як пластилін, тільки в 3д. Скульпт робить сітку настільки щільною, що меш її як пластилін в спеціальних програмах (zBrush, mudbox, 3d coat). Головна особливість Скульпт - можна працювати з десятками і сотнями мільйонів полігонів.

CAD геометрія. Це програма fusion360 та їй подібні. Її зробили для інженерів, щоб вони проектували і збирали реальні мости, машини, роботів та інші штуки для реального світу. Ще Sketchup дуже хороший в кад

модельованні. Від звичайного моделювання CAD відрізняється тим, що кожна поверхню в ньому задається формулою, тому вона може бути як завгодно гладкою і пивною, і її легко редагувати на будь-якому етапі. Але в відеоіграх такі моделі не використовують, так що найчастіше CAD моделі можна побачити у концепт артї.

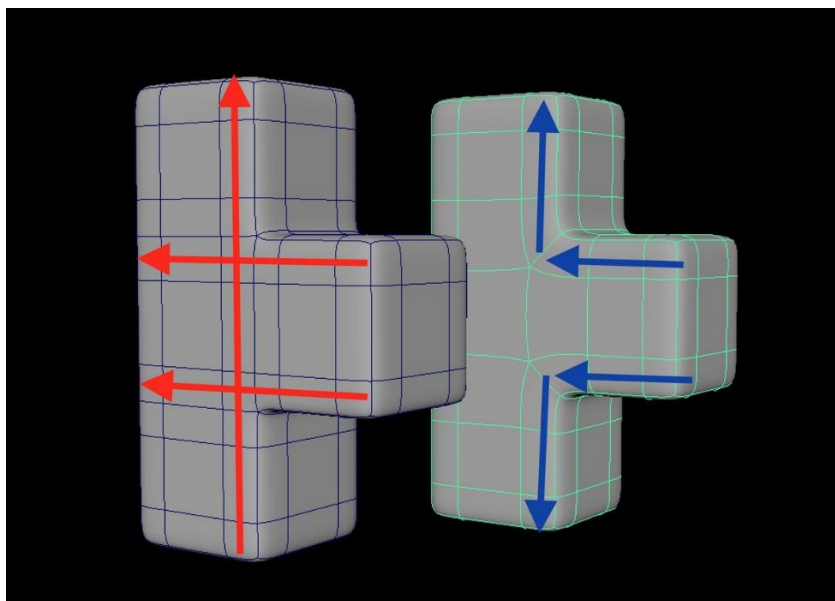


Рисунок 2.6 – Правельні Loop edge



Рисунок 2.7 – Результат скульпту у ZBrush

До чого ведуть провали на етапі моделювання?

- до поганий оптимізації і поганого шейдинга;
- погану лоуполі навіть текстури не врятують;
- помилки з хардами і софтами зіпсують запічку і текстури;
- погана хайполі з потяжками і поганим шейдингом зіпсуютьсю модель;
- хайполі і лоуполі повинні збігатися. Вони повинні бути схожі один на одного і покривати один одного. Інакше будуть проблеми на запічці.

2.4 Розгортка

На цьому етапі ми розгортаємо лоуполі моделі на площині. Це потрібно для подальшого запікання карт (етап 4) та текстури (етап 5) - це прості плоскі картинки, і без розгортки 3D редактор не розуміє, як змінити текстуру до об'ємної моделі.

Задача на розверткє - нарізати модель з найменшим числом швів, переконатися, що текстури не тянуться, острівки не пересікаються (правда, є вимкнення у відеороботах з атласами), повторювані елементи лежать один на друге, і плотність пікселів на тексту відповідає вимогам проекту (рис. 2.8).

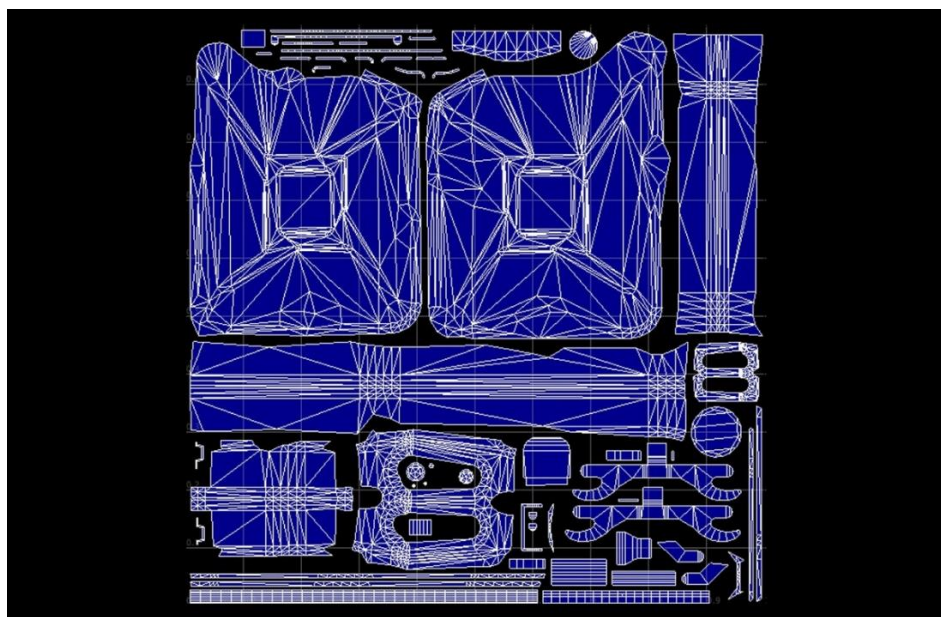


Рисунок 2.8 – UV карта

Якщо на моделі зазначається карта нерівностей - то на всіх жорстких ребрах робиться розріз на розгортці, це робиться для запобігання виникнення артефактів. Чекер на усій моделі рівномірний і квадратний, потягов немає.

Іноді для економії відеопам'яті використовують прямокутну текстуру (наприклад 1024x512 або навіть 2048x256. Так, так теж буває!) Така текстура все-одно розтягується до квадрата, і для неї дуже важливо правильно розтягнути розгортку. До речі, через особливості цифрових обчислень, дозвіл текстур завжди намагаються робити кратними ступеня двійки. Тобто сторона текстури може бути 32 пікселя в ширину. Або 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 або, навіть, 4096 пікселів. Текстура може бути прямокутною, наприклад 512x256, або 512x128, але, як правило, їх роблять квадратними. Текстури кратні ступеню двійки заповнюють цілі осередки відеопам'яті. Якщо замість текстури 1024x1024 засунути в движок текстуру розміром 1000x1000 - вона не заповнить всю осередок відеопам'яті, її обробка зажадає трохи більше ресурсів від відеокарти, і через таку дрібницю гра трохи втратить в продуктивності. Ці втрати дуже несуттєві і майже не помітні, але рендер відео ігор - це завжди боротьба за оптимізацію, і тому все розробники ігор ні секунди не сумніваються, що текстура в 1024x1024 краще текстури в 1000x1000.

Трюки при роботі з UV:

- оверлапи. Якщо на твоїй моделі є однакові елементи, наприклад, болти на обшивці, то на UV їх можна розмапити на один і той же UV shell и перенести на один юдим;

- тайли. Текстура з першого квадрата UV повторюється нескінченно на всі інші квадрати;

- трім. Трім - це нескінченне повторення розгортки, щоб більш ефективно ресурси використувати ігрового движка. Тріми повторюються не на всі боки, а тільки по одній осі;

- атласи. Одна розгортка на якій збираються острови з різними текстурами і дозволяють накласти одну текстуру відразу в кілька різних місць (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Атлас

2.5 Запічка

Етап перенесення деталізації з хайполі на лоуполі. Усі помятості, круглі фаски, зварювальні шви, фактури та інші деталі на лоуполі імітуються спеціальною картою нормалей (рис. 2.10). Ця технологія з'явилася для фільму «Володар Кілець» і зараз повсюдно використовується у відеоіграх, так як дозволяє створювати величезну деталізацію на дуже легких модельках. Крім карти нормалей з хайполі так само печеться карта затемнень, і кольорова розбивка моделі на матеріали - вони допомагають в текстуруванні.

Технологія запікання дозволяє нам перенести всі деталі з high poly і Скульпт на low poly-модель (рис. 2.11). У підсумку, в ігровому движку буде low poly модель з мінімальною кількістю полігонів, але виглядати вона буде так, як ніби на ній є всі ці деталі. Ми беремо low poly модель і додаємо на неї запечені карти нормал і АО.

Ці карти обманюють поведінку ігрового світу. Модель починає бликувати так, як ніби на ній є всі ці фаски, вирізи і інші деталі.

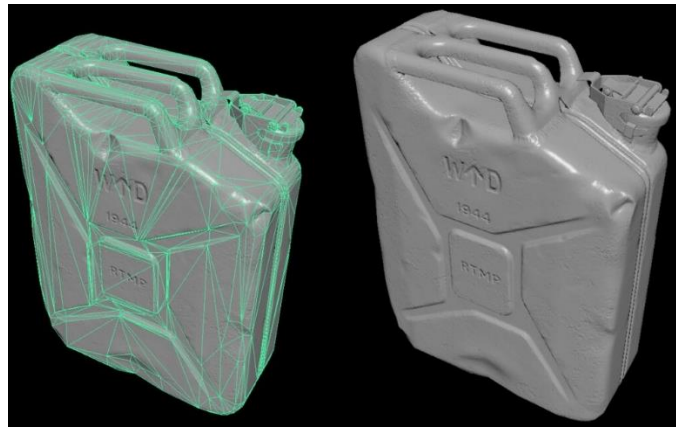


Рисунок 2.10 – LowPoly з картою Normal

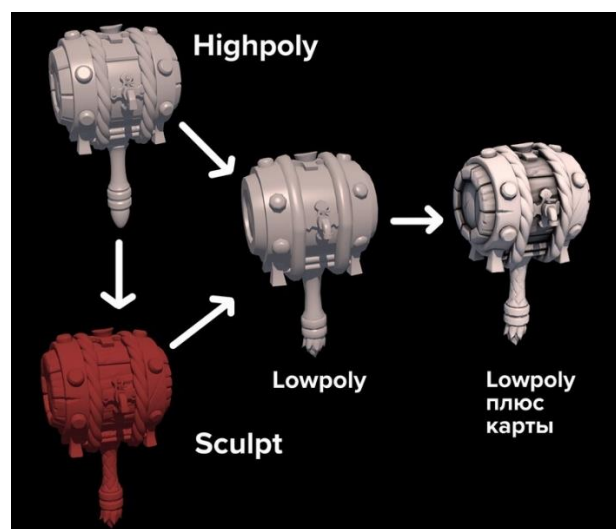


Рисунок 2.11 – Запівка

Ці карти додаються на нашу low poly модель, на ній з'явиться вся деталізація з high poly і скульпту, а завдяки карті Color ID модель буде легше розбити за матеріалами і текстурувати (рис. 2.12). Всі карти створюються на основі розгортки, яку зробили на минулому етапі пайплайн. Без розгортки картки не запекутся. Якщо є помилки на розгортці або low poly моделі, то ми зіткнемося з купою проблем.

Normal Map перекладається як «карта нормалей». Вона змінює напрямок відблиску на геометрії. Карта створює віртуальні вертекс нормалі в кожній точці low poly моделі і спотворює поведінку світла. Якщо накласти запечений нормал на модель, то вона буде виглядати майже як high poly.

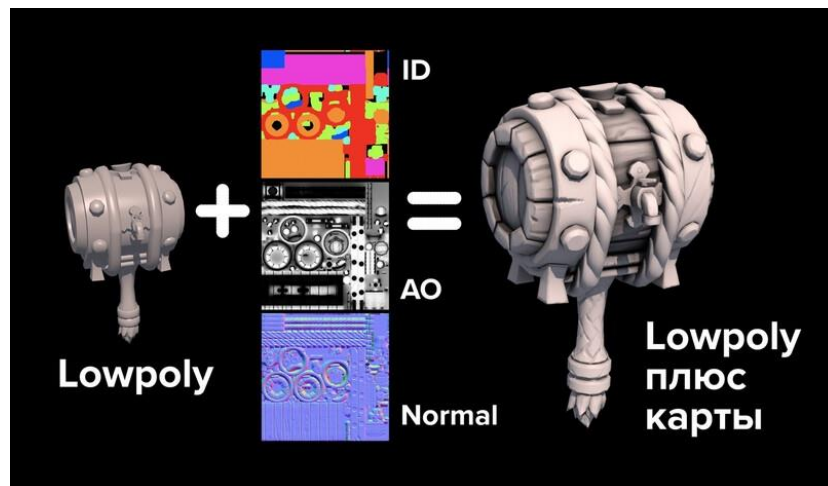


Рисунок 2.12 – LowPoly з картами

Карта Ambient occlusion (AO) - це карта затінення. Вона показує найглибші тіні, які є в об'єкті. В основному це тіні в поглибленнях і на перетинах. Цю карту використовують ігрові движки для коректного висвітлення. Вона також дуже корисна в текстуруванні.

Відмінний приклад того, що складно зробити без АО - це бруд. Вона забивається в найглибші місця моделі, карта АО допоможе легко згенерувати маску заглиблень, щоб забити їх брудом.

2.6 Текстурування

Текстура - це набір параметрів для того, щоб ігрові движки або програми для роботи з текстурами, розуміли, як потрібно обробити піксель

Текстура може містити в собі 1 канал. Наприклад, для прозорості. Або може містити в собі відразу 3 канали для різних цілей (наприклад, для параметрів роботи металіка, шороховатостей і затінення).

Різновидів застосування текстур дуже багато, але всі вони зводяться до одного - до роботи з 1-м або декількома каналами. Наприклад, текстура Cavity (тріщини) зазвичай описує межі (ребра) об'єкта на розгортці, виділяючи пікселі максимальному білим по всій довжині ребер. Але по факту - це просто текстура, канал якої спрямований на відображення інтенсивності пікселів в

потрібних точках. Таку текстуру можна використовувати, наприклад, для масок бруду - тобто, по ній ми можемо відображати бруд на об'єкті.

Але з текстурами все не так просто. Існує кілька технологій візуалізації картини, зі своїми вимогами до текстур. Наприклад в старих іграх малювали карту кольору з вшитим в неї світлом і тінями, і карту відблисків, але в сучасних AAA проектах використовується фізично коректний рендер - PBR. Суть цієї технології: є окрема карта чистого кольору об'єкта без відблисків і затінення, карта відповідає за силу відображень, і карта передає гладкість / шорсткість поверхні, яка відповідає за розмір відблиску. На даний момент у індустрії використовують наступні карти (рис. 2.13):

- Normal – карта висот;
- Albedo – карта коліру;
- Metalness- карта металу та діелектрику;
- Roughness - карта нерівностей поверхні та розсіювання;
- AO - карта затемнення.

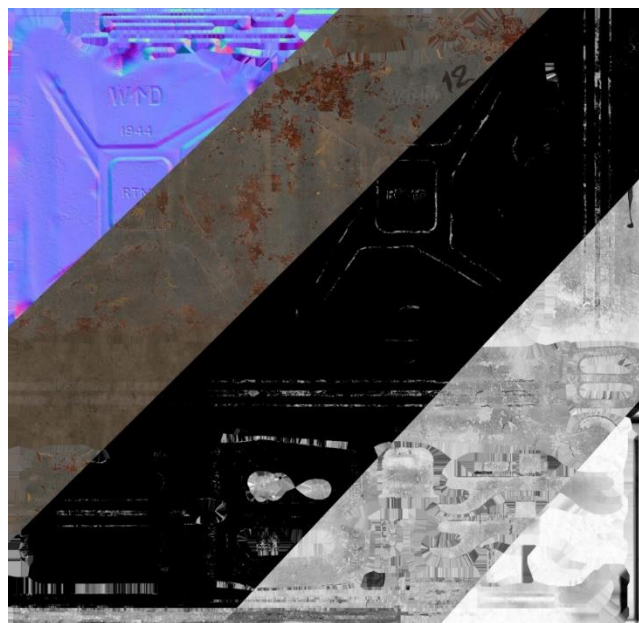


Рисунок 2.13 – Усі карти потрібні для сучасної моделі

Що стосується аббревіатури PBR вона розшифровується як: Physically Based Rendering. Що в перекладі означає «Заснований на фізиці рендер».

Як ми всі знаємо, ми не могли б бачити жоден об'єкт, якби об'єкти не відображали світло, який на них падає. Все це працює дуже просто - промінь світла падає на стіл, відбивається і потрапляє на сітківку ока. Залежно від поверхні, від її стану (чи відображає воно, як дзеркало, або має шорсткість, чи є краплі бруду / води / кави на поверхні) в око приходять вже видозмінений промінь. Суть залишається незмінною - то, як ми бачимо об'єкти, вибудовується з того, як світло відбивається від поверхні. І стандарт PBR описує те, які параметри повинні враховуватися, щоб світло виглядало максимально кінематографічно (рис. 2.14).

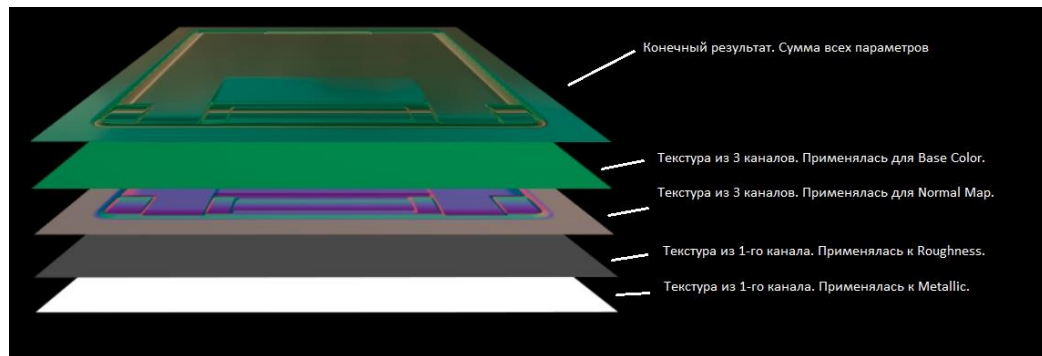


Рисунок 2.14 – Приклад усіх карт

Найбільш поширеними помилками текстурирования є:

- невірне масштабування текстури ставати причиною спотворення зображення на поверхні об'єкта, що моделюється;
- вибір неякісних текстур низького дозволу;
- текстурирование складних об'єктів за допомогою інструмента UVW map, замість UNWRAP UVW, що ставати причиною невірної налаштування параметрів;
- невірна настройка прозорості текстур, параметрів відображення і заломлення;
- багаторазове дублювання зображення текстури на одній поверхні знижує її реалістичність.

Параметри в PBR не обов'язково повинні бути унікальні. Це все ще звичайні параметри, які ми можемо вказувати через канали пікселів. Одні і ті ж текстури ми можемо використовувати по різному. Це дає нам перевагу - не потрібно завантажувати пам'ять зайвими файлами з великою кількістю пікселів, а досить завантажити один файл і підказати програмі, як його розрахувати.

Кожна модель має свою історію тому етап текстуривання індивідуальний для кожної моделі. Дуже важливо що б модель виглядала як у житті, тому на етапі підбору референсів дуже важливо вивчити всі деталі що б кожна людина, яка побачить цю модель в грі повірили, що вона справжня.

2.7 Рендер

Етап не дуже важливий для моделлера в студії, але важливий для портфолію. Моделлеру варто вчитися красиво подавати свою модель. Погана подача може запороти круту модель, а класний рендер рятує середні модельки. Взагалі рендер відбувається у движку, можна запікати світло, а можна зробити його динамічним. Це все налаштовується у движку куди буде імпортована модель у майбутньому (рис. 2.15).



Рисунок 2.15 – Готовий рендер

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Дослідження можливостей та підходів до створення моделі для ігрових додатків

На сьогоднішній день відомі такі підходи до проектування моделей для AAA-проектів як:

- хай полі та лоу полі моделінг (High Poly to Low Poly), розглядає процес стандартного прямого пайплайну;
- мід полі моделінг (Mid Poly), розглядає процес розробки з точки зору функціональних можливостей комп'ютера користувача та індивідуальних нюансів моделі у сцені.

При застосуванні підходу хай полі моделювання, в якості основного принципу передбачається, що даний метод заснований на запіканні деталізації на карти і таким чином полегшує роботу з комп'ютером або іншим девайсом під який розробляється проект. У цьому випадку передбачається, що буде створено дві моделі як це описувалось раніше у теоретичних дослідженнях, перша високого полігональна (хай полі) інша низько полігональна для простоти роботи двигуна гри. З початку розвитку ігрової індустрії все базувалося на даному пайлайні та полягало в тому, що б максимально заощадити полігонаж моделі і при цьому передати максимальну деталізацію.

З огляду на те, що такий підхід до створення моделі орієнтований на функціональні характеристики ігрових двигунів та можливостями характеристик персонального девайса користувача.

В процесі розвитку технологій в тому числі і комплектуючих девайсів. Все більш складні сцени можна було створювати і великий поштовх цьому дав кінематограф, куди в сцені з легкістю могли помістити вискополігональні моделі. Однак рендер у кінематографі та у відеоіграх відрізняється, оскільки для кіно це один продуманий рендр кадра, а для ігор постійне оновлення у

реальному часі, тому таке велике навантаження неможливе для звичайного користувача.

З появою нового покоління відеокарт, поліпшення оптимізації ігрових движків, а так само збільшення мінімальних характеристик для проекту. З'явився новий тип моделювання який назвали мід полі. З ним змінився пайплайн розробки і підготовки імпорту моделі в середу. У мід полі не потрібно створювати дві окремі моделі. В даному підході використовується оптимізована модель і сітка з деталізацією але через це виникають труднощі у роботі з моделью та її оптимізації.

Для виявлення факторів, у порівнянні двох підходів моделювання для оптимального вибору, розглянемо ці два методи на кожному етапі пайплайна докладніше. Визначаючи переваги та недоліки кожного та подальшого створення рекомендацій для вибору певного методу в залежності від ситуації.

3.2 Порівняльний двох підходів до створення моделей для ігрових додатків

Для експерименту був обраний референс кам'яної колони (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Референс колони

Оскільки даний об'єкт добре підходить для порівняння двох методів моделювання. Має велику кількість тріщин і нерівностей поверхні для демонстрації пайплайнів та визначення переваг та недоліків.

3.2.1 Драфт

Драфт - це начерк моделі, його спрощена версія, яка передає суть об'єкта. Правильно зроблений драфт майже не відрізняється від готової моделі. У драфті просто немає пошкоджень, фактур і дрібних деталей. Але у фінальній моделі всі великі та середні форми, зроблені на цьому етапі, залишаються незмінними.

Після референсів важлови приділити час на те, щоб проаналізувати зібраний матеріал (рис. 3.2).

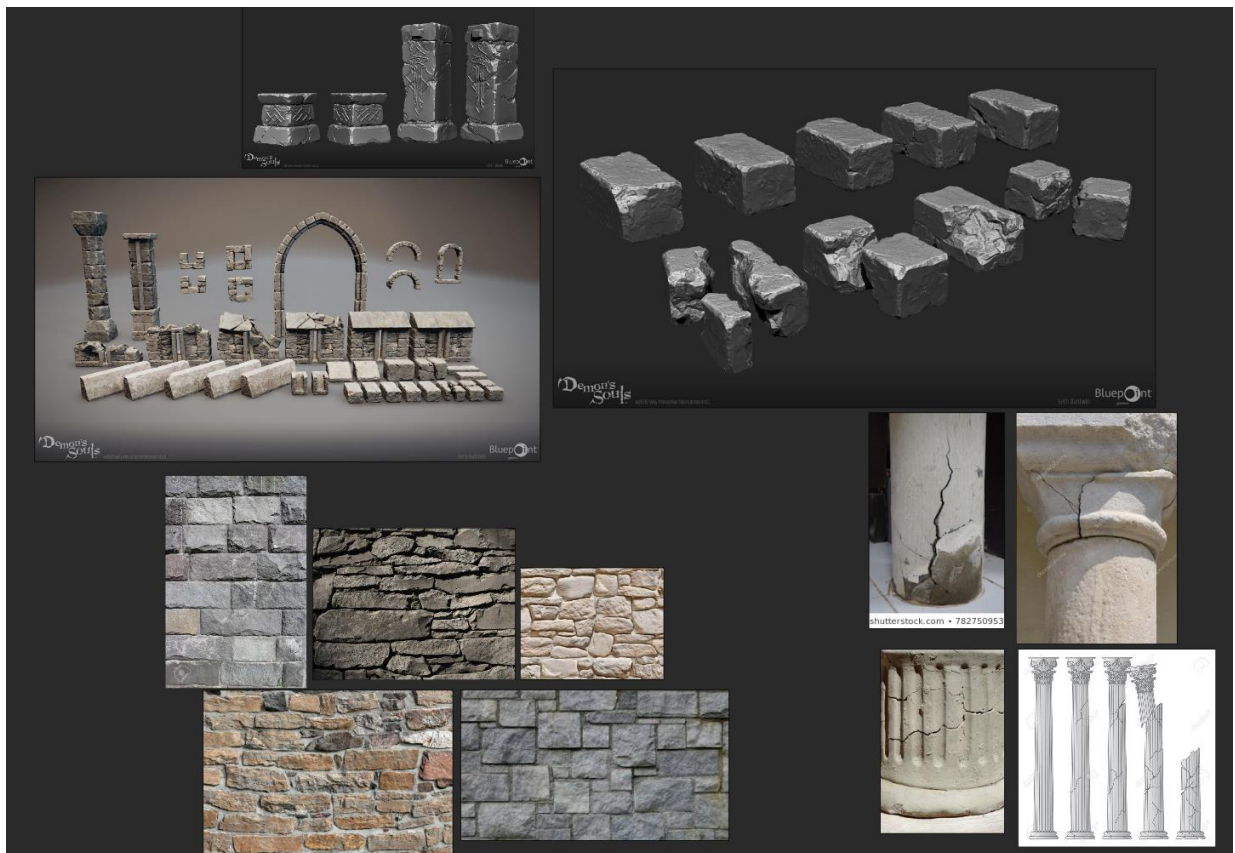


Рисунок 3.2 – Допоміжні референси

Зрозуміти композицію форм, механіку елементів і як вони пов'язані між собою. А потім переходити до блокингу і деталізації. Тому що, переробляти на етапі сітки (або ще далі) буде набагато складніше.

Потрібно підібрати ще пару референсів для того щоб зрозуміти кладку бруківки та декілька прикладів з тріщинами і пошкодженнями каменю. За допомогою програми «Pure Ref» були зібрані референси з тріщеннами і прикладами кладки каменю, котрі допоможуть при подальшій деталізації колони.

Цих референсів було достатньо, щоб витягти усю цінну інформацію для даної моделі і все продумати на початковому рівні. Будь-яка, навіть найскладніша модель складається з декількох дуже простих об'єктів - пари прямокутників, сфер або циліндрів. Основні частини колони складаються з кубів та прямокутників. Але також дуже важливо пам'ятати історію предмету, а саме де він знаходився у приміщенні чи на вулиці, які деформації він міг отримати та у якому місці. Уся ця інформація знадобиться нам на наступному етапі розробки моделі.

Оскільки в даній колоні близько 150 каменів і робити кожний з них унікальним це займало дуже багато часу. Тому було достатньо створити близько 5-7 основних каменів, які відрізнялися по формі і виду між собою. Завжди треба пам'ятати, що у ситуації з великою кількістю повторень одного елемента не можна створювати дуже явні руйнування, тому що вони відразу будуть помітні, а об'єкти повинні виглядати максимально реалістично, щоб гравець повірив і занурився в створений світ.

Для основних каменів були взяті стандартні розміри цегли окрім висоти, щоб вони відповідали основному референсу (рис. 3.3). Інші були модифіковані по ширині. Таким чином було зроблено 7 різних видів.

Оскільки розмір підстави колони не можна було розрахувати відштовхувались від розмірів цегли (рис. 3.4). Таким чином були створені два основні блоки нижній та верхній. Цього було достатньо для етапу драфта для розуміння форми і загальних розмірів.

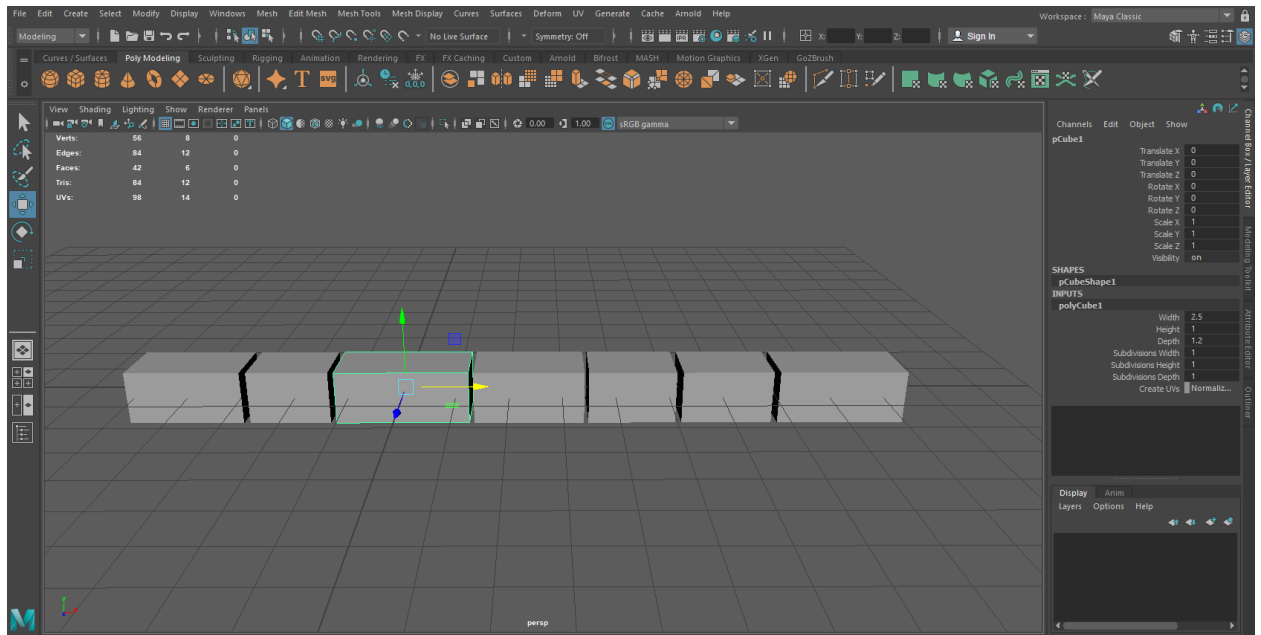


Рисунок 3.3 – Основні камені

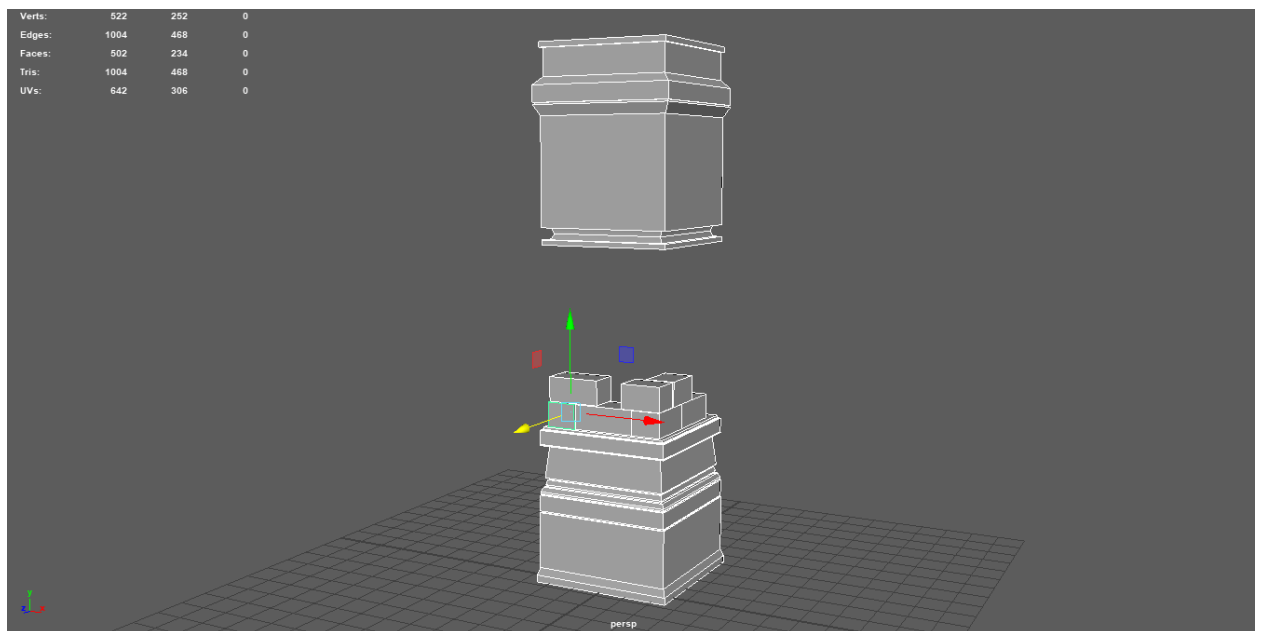


Рисунок 3.4 – Драфт

3.2.2 Моделінг

Драфт не можна імпортувати, починаючи з того, що движок може її неправильно триангулювати, закінчуючи тим, що драфт може не вписатися в ліміти проекту. Звідси впливає потреба у створенні легкої моделі, в якій мінімум полігонів, така модель називається лоу полі. На етапі моделінгу

почалися розбіжності двох пайплайнів. Для хай поли лоу поли нам потрібно було створити дві моделі спочатку високо полігональну на ній буде вся деталізація (тріщини, відколи й побитости), а так само дуже важлива відмінність що на високополігональній моделі будуть округлені фаски щоб створювати відблиск на гострих кутах і додавати реалізму за рахунок економії полігонажа моделі.

Мид поли у свою чергу це компроміс у деталізції між хайполі і оптимізованими лоуполі. З цієї сіткою роблять супер детальні і цікаві моделі, які кльово виглядають в кадрі, добре шейдяться, але в той же час вони досить оптимізовані і легкі, для достатньої зручності текстурирования і роботи з ними.

Для початку потрібн було остворити високодеталізовану модель і як на етапі драфту розпочати з бруківки. Камінь мав 6 полігонів (рис. 3.5).

| | | | |
|--------|-----|----|---|
| Verts: | 278 | 8 | 0 |
| Edges: | 548 | 12 | 0 |
| Faces: | 274 | 6 | 0 |
| Tris: | 548 | 12 | 0 |
| UVs: | 350 | 14 | 0 |

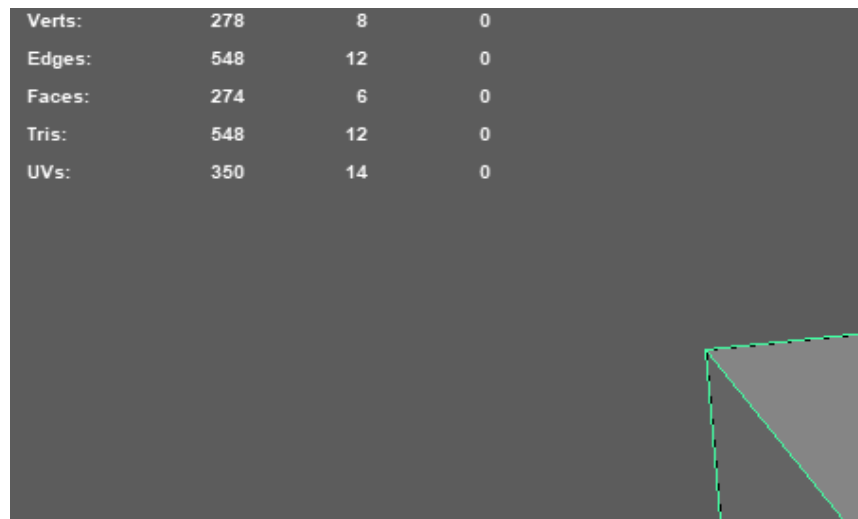


Рисунок 3.5 – Полігонаж одного елемента

Тому потрібно було додати луп еджів для утримання форми і повторити це з кожним каменем, щоб потім імпортувати у програму для скульптингу (рис. 3.6).

Після цього ми можемо додавати групи згладжування і після імпортувати у Zbrush. У даній програмі була додана уся деталізація і на кінцевому етапі один елlement мав 3,5 мільйона полігонів.

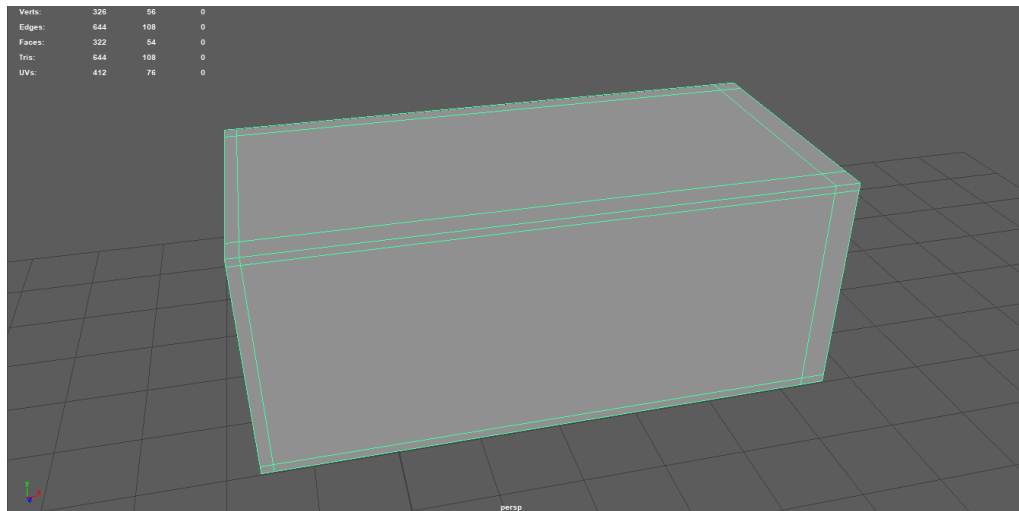


Рисунок 3.6 – Утримаючи еджи

Оскільки утримаючи еджи були додані біля країв, тому основна частина полігонів сформувалась на ребрах моделі. Тому був зроблений DynaMesh (рис. 3.7). Ця функція рівномірно поширює полігони по всій моделі.

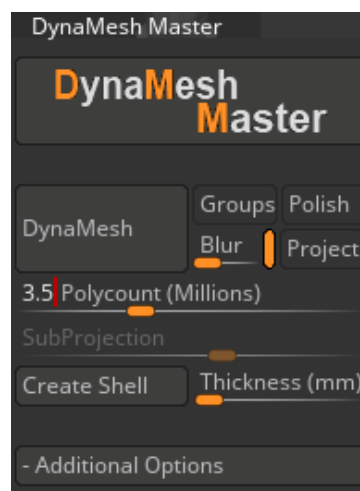


Рисунок 3.7 – Вікно налаштувань

Тепер після того як сітка була рівномірно розподілена по всьому об'єкту за допомогою пензлей Trimdynunic та ClayBuildup були збиті кути і кожен камінь став унікальним по відношенню один до одного (рис. 3.8). Але не можна було додавати сильних унікальних відмінностей, так як потім кожен буде дублюватися велику кількість разів і це було б дуже помітно навіть з великої відстані.

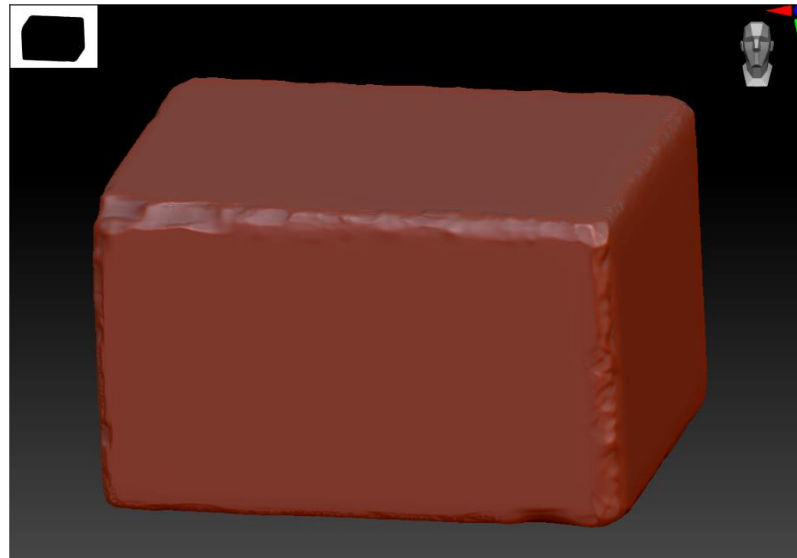


Рисунок 3.8 – Камень після додавання деталізації

Так само потрібно було додати фактуру каменю для більшого реалізму. Фактура була створена самостійно, для цього була взята текстура звичайного каменю. Оскільки альфа працює тільки з чорно білим зображенням на якому біле видавлюється, а чорне вдавлюється. Дане зображення за допомогою програми Photoshop було переведена в чорно білий, а так само за допомогою налаштування рівнів доведено до потрібного стану (рис. 3.9). Тепер дане зображення було готово для імпорту в ZBrush для нанесення на модель.

Завдяки створеній альфі була додана деталізація на площині моделі, завдяки чому не потрібно пророблювати тріщини і рельєф, передаючи це за допомогою створеної текстури і змінюя кут повороту для уникнення тайловості.

Після роботи з скульптингом не можна було переносити настільки навантажену сітку в програму для моделювання тому за допомогою Decimation Master був досягнутий потрібні результат по полігонажу для кожного каменю і як можна помітити дана функція зберігає форму моделі і триангулює її. Загальне число полігон скоротилося з 1.5 мільйона (рис. 3.10) до 45 тисяч (рис. 3.11). Після повторення з кожним з варіантів модель імпортована назад.



Рисунок 3.9 – Створена Alpha

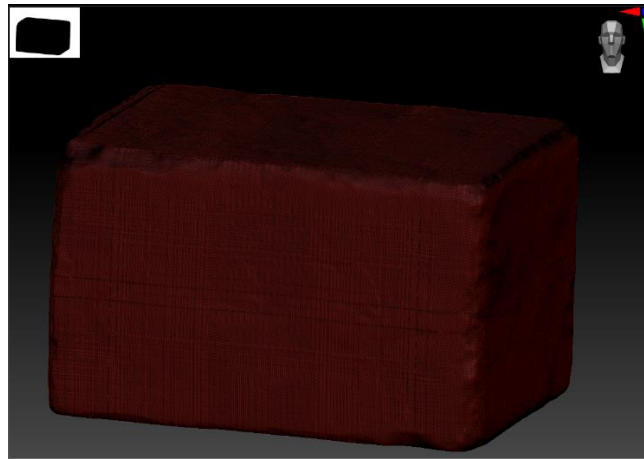


Рисунок 3.10 – До Decimation Master

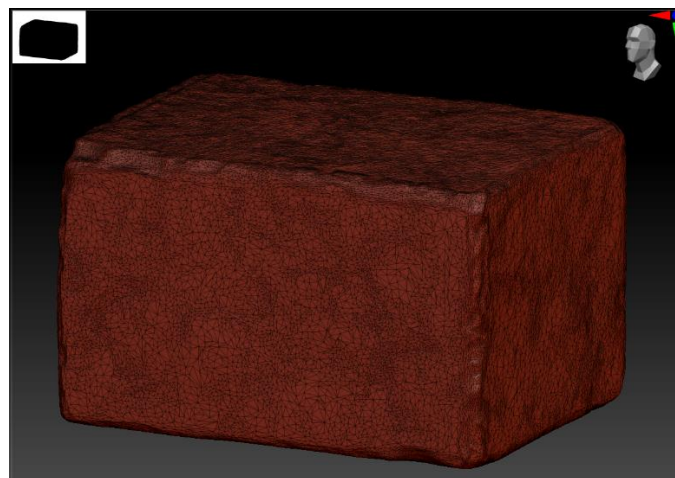


Рисунок 3.11 – Після Decimation Master

Даних заготовок було достатньо для вибудовування середній частині колони. За допомогою функція повороту, пересування і масштабування колона отримала унікальний вид всього з 7 початкових варіантів (рис. 3.12).

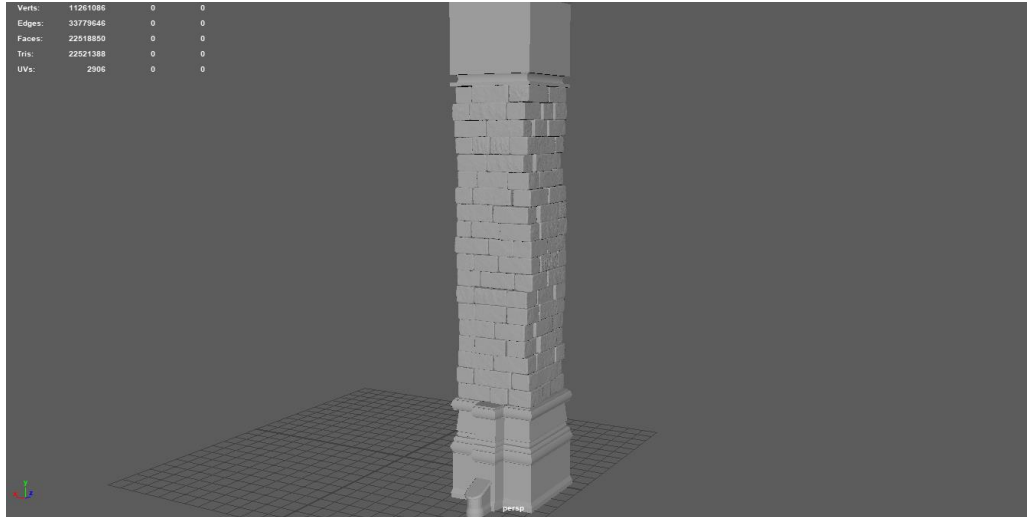


Рисунок 3.12 – Середня частина колони

Теперь потрібно було повторити всі ті ж самі дії з основою колони. Дві підстави були змодельовані під SubDiv і надалі перенсені в ZBrush для додавання деталізації відколів, а також фактури каменя за допомогою створеної раніше альфи, а так само за допомогою Orb кистей були додані тріщини (рис. 3.13 та 3.14).

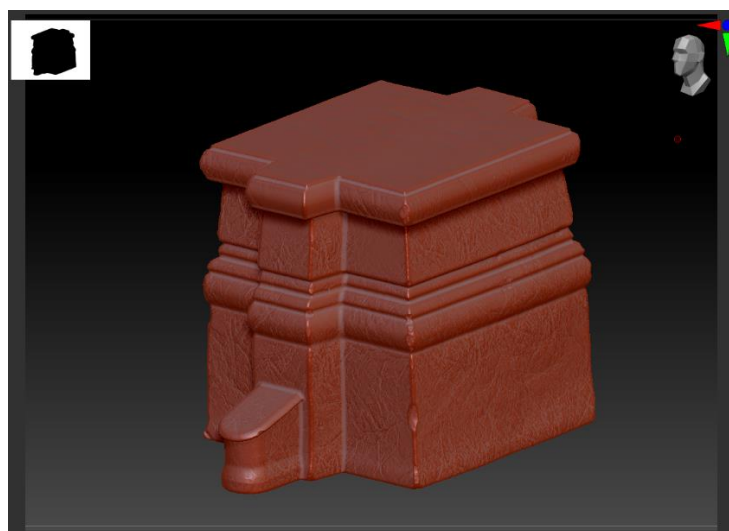


Рисунок 3.13 – Нижня частина колони

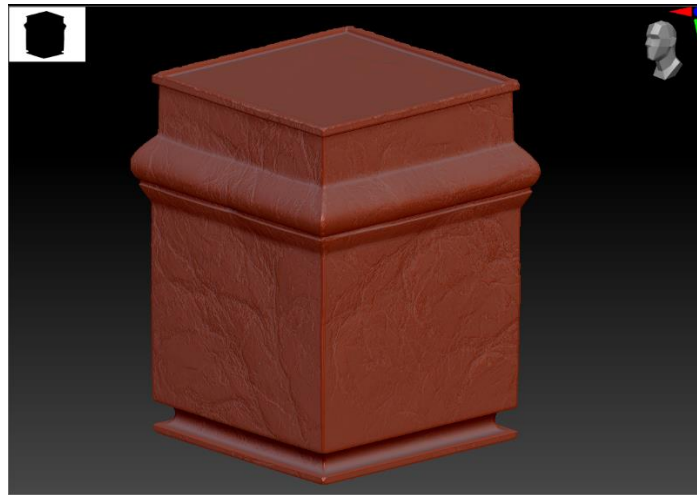


Рисунок 3.14 – Верхня частина колони

Для хай полі пайплайну цього було достатньо, оскільки не так важливо було скільки полігон у вискополігональній моделі, тому що це все запікатиметься на нізкополігональну модель де і важливий кожен полігон. Тому дані частини були перенесені в програму для моделювання. Після чого дуже важливо помістити їх в теж саме місце де вони розташовувалися спочатку. Оскільки з програми Maya в ZBrush всі частини переносилися за допомогою плагіна ZBrushExport вони всі повернулися на початкові позиції і на цьому етап моделювання по пайплайну хай полі лоу полі закінчується. В свою чергу в мід полі нам потрібно отриману модель на скільки це можливо зменшити за кількістю полігон без втрати основних форм, рельєфу і виду. Усе це здійснюється за допомогою того Decimation Master. Таким чином різниця досягла в 10 разів і хай поли налічувала 500 тисяч, коли мід поли в свою чергу 50 тисяч. Після чого потрібно прочистити і перевірити всю модель на наявність дуже вузьких полігон, а так само на розшиті точки і багатокутники.

Оскільки в мід поли пайплайнні при створенні колони утворилися щілини між каменями і їх потрібно було заповнитит, щоб імітувати бетон або глину. Для цього в програмі ZBrush дублювалася модель за допомогою функції роздування об'єкта і перерахунку полігон зшивалися усі зазори. Для регулювання заповнення були назначіні різні кольори для дубліката та оригіналу (рис. 3.15).

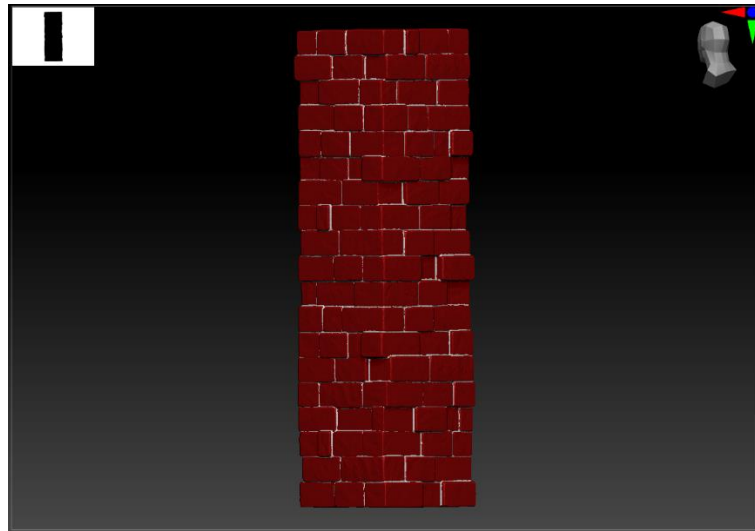


Рисунок 3.15 – Заповнення щілин

Таким чином етап моделювання показав нам що в цих пайплайнах багато спільного але кінцевий результат вони дають різний (рис. 3.16). І саме через це робота на всіх наступних етапах буде відрізнятися. Оскільки це дві кардинально різні сітки. З огляду на навантаженість мід полі сітки припустившись помилки або погано перевіривши модель, це все буде видно на наступних етапах. Тому дуже валиво перевіряти сітку на дуже вузькі полігони вони будуть видавати себен на шейдингу при запіканні. Мід поли пайплайн вимагає великої уважності до деталей і сидючості. За рахунок чого і дозволяє залишити більше справжньою деталізації на моделі.



Рисунок 3.16 – Лоу полі, мід полі та хай полі

3.2.3 UV Розгортка

На етапі UV розгортки важливо максимально зайнята площину одного юдіма на якому буде розгортка. Важливо дотримуватися кількох важливих правил. Якщо перехід між поверхнями більше ніж 35-45 градусів між ними повинен бути хард едж і кожен хард едж повинен мати розріз на розгортці. Але мід полі модель має досить щільну сітку тому по більшій мірі це все відносилось до хай полі лоу полі пайплайну.

Оскільки, стандартний пайплайн мав багату кількість окремих об'єктів, то потрібно було прослідкувати, щоб кожний острівок розгортки мав відстань один від одного, оскільки не завжди автоматична функція фасування виконує на усе на високому рівні. Також потрібно було вирівнювати кожний острів по двох осях, по-перше щоб вони займали менше місця, по-друге під час текстурування це займає менше часу та дозволяє створювати текстури за допомогою таких програм як Photoshop та Qixel.

Дуже важливо приховувати шви розгортки, тому що вони одразу показують нереалістичність об'єкта. Тому після притримування всіх цих правил були отримані дві розгортки. Оскільки важливий кожен піксель розгортки то полігони які будуть не видно можна було видаляти, щоб вони не займали зайве місце на розгортці. В багатьох випадках це місця які стикаються з підлогою або закриті іншими об'єктами.

У порівнянні двох розгорток добре видно, що у лоу полі пайплайна (рис. 3.17) площа займана островами набагато більше і щільніше, а так само через не навантаженість сітки працювати з нею набагато легше. Тому зайнало набагато менше часу. Так само рівномірність текселю у лоу полі методу краще і тексель розгортки у лоу полі дорівнює 33, коли у мід поли методу 22 (рис. 3.18).

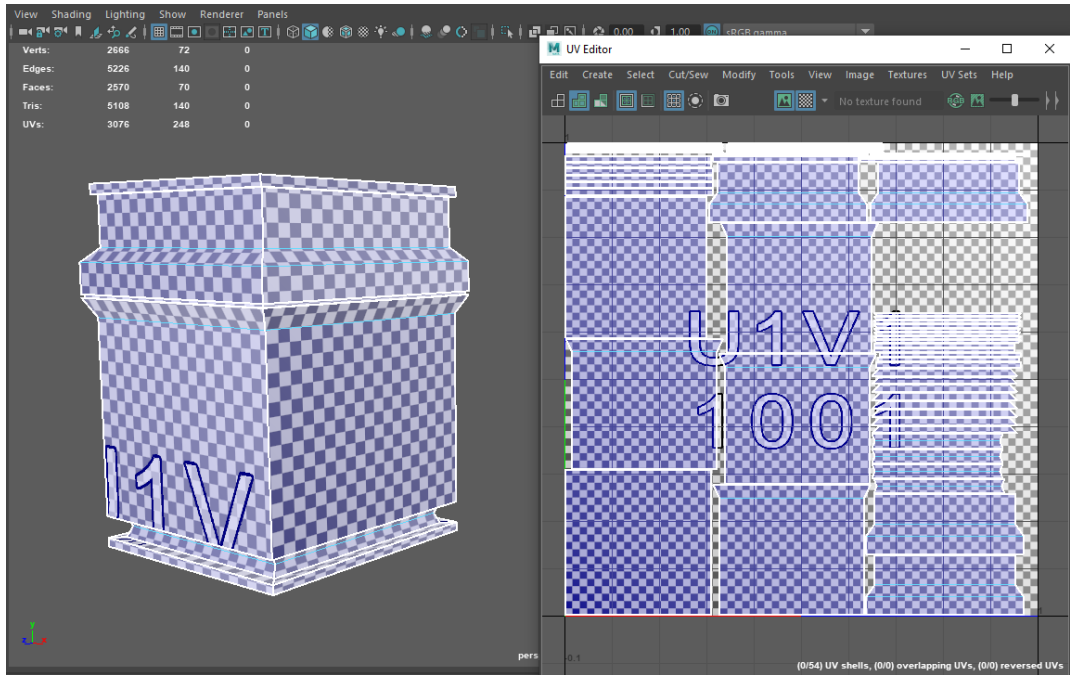


Рисунок 3.17 – Лоу полі розгортка

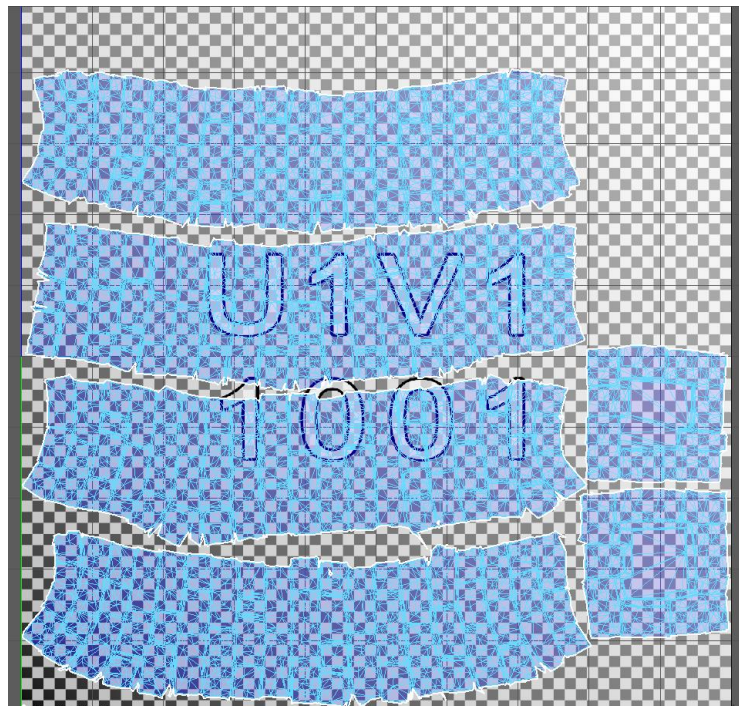


Рисунок 3.18 – Мид полі розгортка

3.2.4 Запічка

На минулому етапі була зроблена розгортка, а зараз вона буде використовуватися для створення Normal Map, AO і Color ID. Щоб створити

нормал, потрібно було взяти розгортку, яку ми робили раніше, взяти хай полі і скульпт, завантажити в програму для запікання і за допомогою запічки, а саме створення карт які будуть імітувати речі з хай полі на лоу полі створити усі потрібні карти. Також дуже важливо запікати карти у налаштуваннях у два рази вище ніж вони будуть на кінцевій моделі (рис. 3.19). Якщо об'єкти перетинаються між собою вони залишають артефакти один на одному, тому дуже важливо використовувати кейдж для запікання. Кейдж повторює геометрію моделі і віддаляє лоу поли від хай поли, щоб промені котрі запікають карти могли вільно проходити і переносити деталізацію з однієї моделі на іншу. У разі виникнення артіфактов використовувалась спеціальний пензлик пейт скью для початкового відображення моделі.

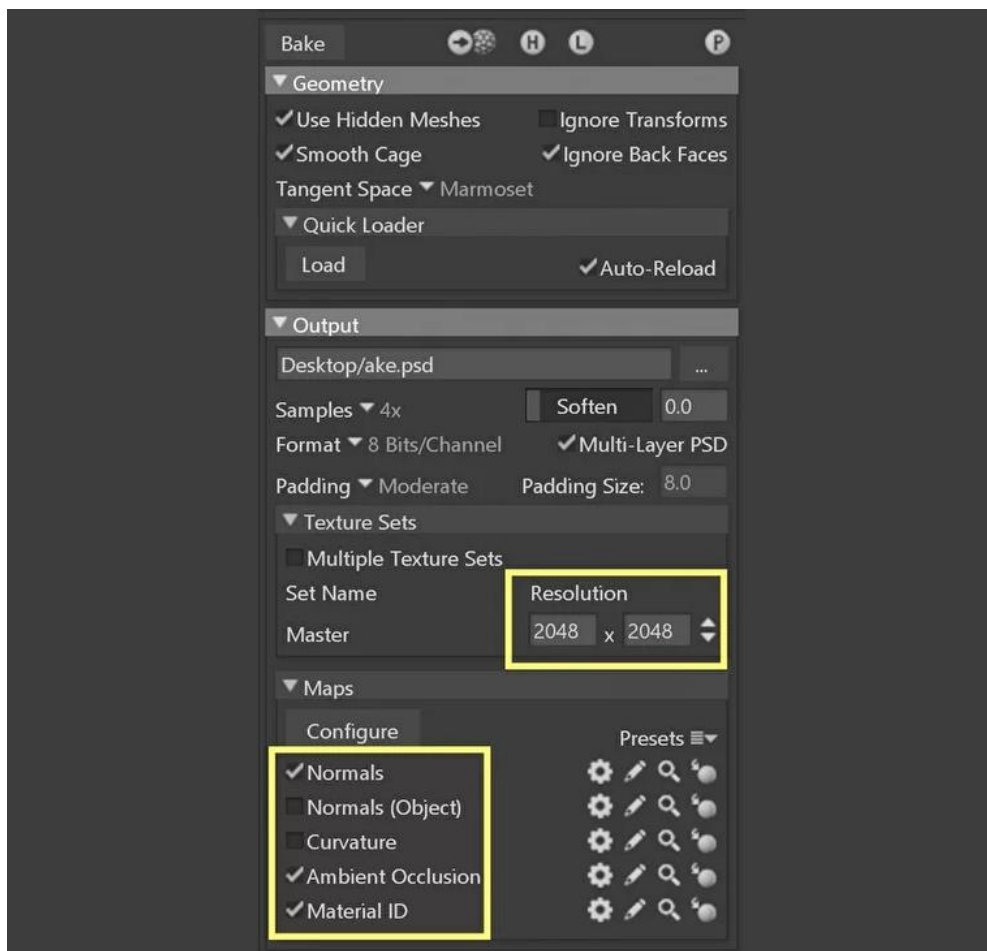


Рисунок 3.19 – Налаштування для запікання потрібних карт

Після запікання були отриманні наступні карти (рис. 3.20,3.21,3.22).

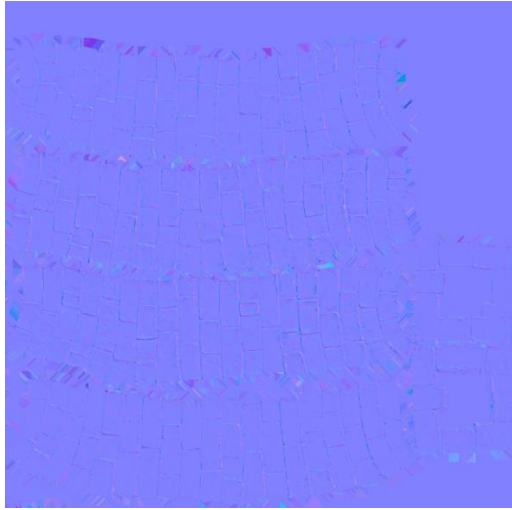


Рисунок 3.20 – Normal map

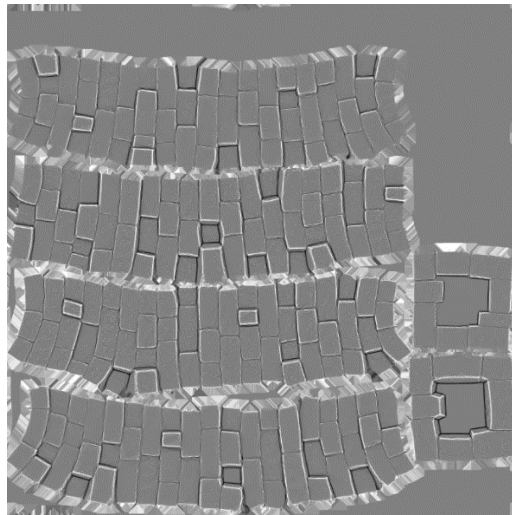


Рисунок 3.21 – Curvature

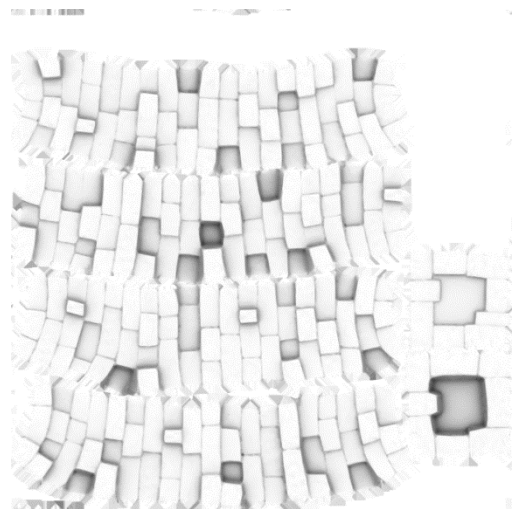


Рисунок 3.22 – AO

3.3 Рекомендації до підходів створення моделі для ігрових додатків розглянутих двох пайплайнів

Після проведеного дослідження, можна запропонувати наступні рекомендації. Ще при підборі референсів потрібно замислюватися про кожний наступний етап створення тривимірної моделі, продумавши кожен крок. І як показало проведене дослідження немає сенсу зупинятися на одному пайплайні їх можна схрещувати, бо кожен має свої переваги і недоліки. Хай поли лоу поли добре підходить для моделей які будуть далеко від гравця або ж, якщо ігрова камера знаходиться зверху і гравець не зможе помітити деталізацію яку можна легко переносити з допомогою запечених карт і результат буде такий же як і при мід поли моделінгу. Даний пайплайн так само ідеально підходить для текстур котрі малюють від руки Тому що при даному типі текстуривання дуже важлива розгортка і займаний їй тексель.

Хай полі підходить для моделей які мають багато площин з безліччю дрібних деталей які навіть при безпосередньому контакті з гравцем можна залишати тільки на хай полі. Тип моделей Хард серфейс також дуже гарно підійде під даний пайплайн.

Мід полі моделювання потрібно використовувати у моделях які знаходяться у безпосередньо близькому контакті з гравцем або глядачем для передачі деталізації об'єкта, а так само якщо цей об'єкт планується в майбутньому зруйнувати або проводити з ним взаємодії. Так само використовувати мід поли моделювання для одноразового рендеру для каст сцен. Даний пайплайн відходить для моделей під анімацію, для створення одягу та зброї для ігор від першого лиця. Якщо модель статична, вона потрібна для гри і даний об'єкт буде на другому третьому плані для гравця, то все повинно бути по пайплайн Хай полі дл Лоу полі

Якщо ж це головний герой або його зброя, або ж машина у якій повинен гнутися капот і інші частини, або модель потрібна для появи в каст сцені. Так само до цього типу відносять всі зруйновані об'єкти то це мід поли пайплайн.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

4.1 Характеристика наукового дослідження

У даному розділі здійснено економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідних робіт щодо визначення можливостей та підходів до створення моделі для ігрових додатків. У даній роботі було проведено дослідження різноманітних підходів до створення тривимірної моделі. У ході обґрунтування необхідно провести розрахунок:

- трудовитрат та заробітної плати працівникам;
- одноразових витрат;
- прибутку;
- оцінки роботи;
- економічної ефективності НДР.

Метою атестаційної роботи є дослідження технологій створення тривимірних моделей та створення рекомендацій щодо етапів розробки, яких слід дотримуватися при розробці.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес створення моделі. Предмет дослідження – інструменти та два різних пайплайни.

У ході дослідження проводився аналіз предметної області, визначення основних критеріїв, яким повинна відповідати модель, огляд існуючого основного пайплайну створення, порівняльний аналіз кожного етапу з новим методом, а також було розроблено набір рекомендацій для створення тривимірної моделі для подальшого імпорту в ігровий двигун.

4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

У процесі виконання науково-дослідної роботи (НДР) було вирішено такі завдання:

- проведено аналіз стану проблеми використання високополігональних моделей;
- проведено аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи;
- проведено порівняльний аналіз існуючого пайплайну для створення тривимірної моделі;
- проведено аналіз процесу створення тривимірної моделі;
- розроблено рекомендації щодо вибору пайплайну.

Умовно науково-дослідну роботу можна розділити на три етапи: підготовчий, основний і заключний.

На стадії виконання підготовчого етапу було проведено аналіз процесу створення тривимірної моделі та проведено аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи. Пошук інформації здійснювався у мережі Internet, а також було розглянуто літературні джерела.

Роботами, що було проведено на основній стадії дослідження, були:

- порівняльний аналіз існуючого пайплайну та нового для створення тривимірної моделі;
- формування критеріїв, яким повинна відповідати модель;
- розробка рекомендацій щодо вибору пайплайну для створення тривимірної моделі.

На заключному етапі науково-дослідної роботи було проведено аналіз результатів виконання НДР, визначення методики, складання звіту по НДР, а також захист звіту.

При плануванні науково-дослідної роботи потрібно провести розрахунок трудомісткості робіт, що є найбільш відповідальною частиною етапу. Трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на часові строки розробки.

У даній роботі біло задіяно два фахівця: керівник роботи та 3D artist. Середньомісячна заробітна плата кваліфікованого 3D artist становить 15 000 грн/місяць, керівник роботи отримує 18000 грн/місяць. Усі дані було взято з веб-ресурсу для ІТ-сфери – dou.ua.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт.
Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{\text{ср.дн.}}$) розраховується:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{Z_{\text{ср.міс.}}}{n}, \quad (4.1)$$

де $Z_{\text{ср.міс.}}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, ($n=22$).

Середньоденна заробітна плата керівника роботи складає:

$$Z_{\text{ср.дн}} = \frac{18000}{22} = 820 \text{ (грн)}.$$

Середньоденна заробітна плата 3D artist складає:

$$Z_{\text{ср.дн}} = \frac{15000}{22} = 682 \text{ (грн)}.$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Етапи виконання НДР

| Перелік робіт | Кількість виконавців | Посада виконавця | Трудомісткість робіт, люд. днів | Середньоденна заробітна плата, грн | Сума заробітної плати, грн |
|--|----------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Підготовчий етап | | | | | |
| 1.1. Розробка та затвердження ТЗ | 1 | керівник роботи | 1 | 820 | 820 |
| 1.2 Підготовка довідкових матеріалів для виконання НДР | 1 | керівник роботи | 1 | 820 | 820 |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|----------------------------|----|------|------|
| 2. Основний етап | | | | | |
| 2.1 Постановка задачі | 1 | 3D artist | 1 | 682 | 682 |
| 2.2 Аналіз пайплайну | 1 | 3D artist | 2 | 682 | 1364 |
| 2.3 Аналіз літератури | 1 | 3D artist | 1 | 682 | 682 |
| 2.4 Формування основних критеріїв | 1 | 3D artist | 2 | 682 | 1364 |
| 3. Заключний етап | | | | | |
| 3.1 Аналіз результатів проведення роботи | 2 | керівник роботи, 3D artist | 1 | 1502 | 1502 |
| 3.2. Формування звіту, висновків та пропозицій за темою дослідження | 1 | керівник роботи | 2 | 820 | 1640 |
| Усього | | | 11 | | 7874 |

4.3 Розрахунок одноразових витрат на НДР.

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв'язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали та визначені їх потребою для виконання робіт, і цінами, що діють на момент складання калькуляції. Для проведення НДР потрібно: 1 механічний олівець, 3 шт. ручки та 2 шт. блокноти. Матеріальні витрати розраховуються за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \cdot C_j, \quad (4.2)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

Q_j – кількість використаних одиниць j -го виду матеріалів, $j = (1 \div n)$;

C_j – ціна одиниці j -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок матеріальних витрат

| Найменування | Од. вим. | Кількість, Шт | Ціна, грн | Сума, грн. |
|--------------------|----------|------------------|--------------|---------------|
| Олівець механічний | шт. | 1 | 4 | 4 |
| Ручка | шт. | 2 | 7 | 14 |
| Блокнот | шт. | 1 | 15 | 15 |
| Всього | | | | 33 |

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Згідно проведеним раніше розрахунком, витрати на оплату праці дорівнюють 7874 грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов'язкового державного соціального страхування в обов'язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках,

передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов'язкового державного соціального страхування.

Для об'єкта дослідження ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22% від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 1732,28 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: 3 комп'ютера вартістю 37000 грн. Вищенаведене устаткування є власністю організації, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР.

Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \cdot T, \quad (4.3)$$

$$AB = \frac{37000 \times 4}{560} + \frac{37000 \times 5}{560} + \frac{37000 \times 1}{560} = 179 + 330 + 45 = 554 \text{ (грн).}$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідницької роботи;

BO_k – вартість основних засобів k -го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k -го виду, днів;

T – термін науково-дослідницької роботи, днів;

L – кількість видів обладнання.

Підставивши відомі значення у формулу, визначимо величину амортизаційних відрахувань:

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{\text{кВт}}, \quad (4.4)$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{\text{кВт}}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Споживна потужність комп'ютера складає 0,65 кВт за годину. Тариф споживачів за першим класом напруги, тобто 35 кВт та більше), складає 1,68 грн/кВт-годин (без ПДВ). Підставивши значення у формулу, визначимо величину витрат на спожиту електроенергію:

$$Z_3 = 0,65 \times 72 \times 1,68 + 0,65 \times 24 \times 1,68 + 0,65 \times 9 \times 1,68 = 78,62 + 26,21 + 9,82 = 114,65 \text{ (грн)}$$

До інших статей витрат відносяться такі:

- адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці;
- вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме інтернет – із розрахунку 150 грн на місяць (тариф на доступ до мережі інтернет у нежитлових приміщеннях); тобто 55 грн за 11 днів виконання НДР.

Витрати на ліцензію ПЗ на 15 днів становлять: Microsoft Word – 250 грн, Substance painter – 90 грн та Photoshop – 130 грн.

За час виконання НДР витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги не мали місця.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Кошторис витрат на розробку та ціна НДР

| № з/п | Показник | Сума, грн |
|-------|---|-----------|
| 1 | Заробітна плата | 7874 |
| 2 | Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1) | 1732,28 |
| 3 | Матеріальні витрати | 33 |
| 4 | Амортизація основних засобів | 554 |
| 5 | Витрати на електроенергію | 114,65 |
| 6 | Інші витрати, у тому числі: | |

Продовження таблиці 4.3

| № з/п | Показник | Сума, грн |
|-------|---------------------------------------|-----------|
| 6.1 | вартість ліцензії | 470 |
| 6.2 | вартість послуг інтернету | 55 |
| 6.3 | адміністративні витрати (20% від п.1) | 1574,8 |
| | Усього | 17132,13 |

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями п.1÷п.6 та складає 17132,13грн.

4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це завершальний наслідок послідовності дій, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Відповідно до теми даної роботи можна зробити висновок про те, що у якості результату впровадження НДР є зменшення часу, що має досить велике значення для розробників, та як наслідок, користувачів.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = |X_{б_j} - X_{н_j}|, \quad (4.5)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1, m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{б_j}$ – базове значення j -ої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$X_{н_j}$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження пропонованих рішень.

У якості досліджуваної характеристики виступає оцінка експертів обраної моделі, що в подальшому будуть виставлені, спираючись на ці рекомендації. Оцінка експертів визначається сумарною бальною оцінкою бібліотек з урахуванням ваги кожного критерію, яка дорівнює до впровадження 12,55 та після формування рекомендацій – 20,65. Підставивши відповідні значення у формулу (4.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_1 = |20,65 - 10,55| = 10,1.$$

Далі проведено оцінку економічної ефективності отриманого результату виконаної науково-дослідної роботи.

4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати».

Коефіцієнт розраховується за такою формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (4.6)$$

$$K_{ев} = \frac{10,1}{17132,13} * 100 = 0,058 (\%).$$

де B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн.;

$K_{ев}$ – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює j -ту характеристику досліджуваного процесу.

Таким чином, отриманий результат свідчить про те, що кожна гривня витрат на НДР змінює експертну оцінку щодо моделі, яка подалі використовується на етапі до впровадження рекомендацій та після впровадження на 0,058%. Дана науково-дослідна робота має досить високий показник економічної ефективності.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження має прикладний характер, і пропонує методiku створення тривимірної моделі, засновану на одному з двох розглянутих пайплайнів.

Запропонована методика та рекомендації ґрунтуються на розглянутих принципах, підборі референсів, драфту, процесу моделювання та запікання карт моделі.

У процесі виконання науково-дослідної роботи (НДР) було вирішено такі завдання:

- проведено аналіз стану проблеми використання високополігональних моделей;
- проведено аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи;
- проведено порівняльний аналіз існуючого пайплайну для створення тривимірної моделі;
- проведено аналіз процесу створення тривимірної моделі;
- розроблено рекомендації щодо вибору пайплайну в залежності від заданих чинників.

У розділі економічна частина виконані розрахунки доцільності дослідження. Дана робота має досить високий показник економічної ефективності, роботу у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має високий науковий та технічний рівень.

Ґрунтуючись на вищесказаному, можна вважати, що мета дослідження досягнута в повному обсязі. У той же час слід врахувати, що ряд даних, використовуваних при підготовці даної роботи, мають ситуативний характер.

Перш за все, це фактори які можуть змінювати пайплайн. Оскільки сфера тривимірного моделювання постійно розвивається через деякий час нові методи можуть прийти на заміну цим, та в інший момент часу результати аналогічного аналізу будуть в деякій мірі відрізнятися від отриманих.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю. 3d Maya 2008. Бібліотека користувача. М.: Вільямс, 2011. 560 с.
2. Бондаренко С., Бондаренко М. Autodesk 3d Maya 2009 для "чайників". М.: Діалектика, 2010. 368 с.
3. Каменський П.А., Резніков Ф.А. Самовчитель 3d Maya 2009 для початківців. М.: Тріумф, 2014. 208 с.
4. Квінт І. Створюємо ландшафтний дизайн на комп'ютері. М.: Питер, 2010. 240 с.
5. Келлі Л. Мердок 3d Maya 2008. Біблія користувача. М.: Діалектика, 2016. 813 с.
6. Козин М.А. 3ds Max 9 для початківців. М.: БХВ-Петербург, 2015. 279 с.
7. Міловського О. 3ds Max 2016. Дизайн інтер'єрів та архітектури. М.: Питер, 2016. 519 с.
8. Мердок К. 3ds Max 2012. Біблія користувача. М.: Діалектика, Вільямс, 2012. 370 с.
9. Пекарів Л. 3ds Max для архітекторів і дизайнерів інтер'єру та ландшафту. М.: БХВ-Петербург, 2010. 937 с.
10. Потьомкін О. Твердотільне моделювання в системі КОМПАС-3D. М.: БХВ-Петербург, 2018. 512 с.
11. Прахов А. Blender. 3D-моделювання та анімація. Керівництво для початківців. М.: БХВ-Петербург, 2018. 272 с.
12. Пташинский В.С., Резников Ф.А. Як встановити і почати роботу з 3ds Max 2009. М.: Вогні, 2016. 176 с.
13. Сафонов О. Комп'ютерна анімація. Створення 3D-персонажів в Maya. М.: Питер, 2011. 208 с.
14. Шишанов А. Ландшафтний дизайн і екстер'єр в 3ds Max. М.: Питер, 2010. 264 с.

15. Шпак Ю.А. 3ds Max 9. Океан з крапель. М.: Додека-XXI, 2019. 299 с.
16. Глушаков С.В., Харківський А.В. 3ds Max 2008. Самовчитель. М.: АСТ, АСТ Москва, ВКТ, 2008. 448 с.
17. Міловського О. 3ds Max 2014. Дизайн інтер'єрів та архітектури. М.: Питер, 2014. 400 с.
18. Стиренко О.С. 3ds Max 2009-2011. Самовчитель. М.: ДМК Пресс, 2011. 235 с.
19. Талалай П. Компас-3D V9 на прикладах. М.: БХВ-Петербург, 2008. 592 с.