

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук та технологій

Кафедра Комп'ютерних інформаційних технологій

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ДИПЛОМНА РОБОТА, ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема:** «3Д модель за різними робочими процесами відповідно до стилізації»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ студент групи УС-211М Пугач Андрій Михайлович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Холявкіна Тетяна Володимирівна

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Ігор РАЙЧЕВ

**Київ 2023**

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук та технологій

Кафедра Комп'ютерних інформаційних технологій

Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма: 12 «Інформаційні технології», 122 «Комп'ютерні науки», «Інформаційні управляючі системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи студента**

\_\_\_\_\_ Пугача Андрія Михайловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи:** «3Д модель за різними робочими процесами відповідно до стилізації» затверджена наказом ректора від «29» вересня 2023 р. за №1976/ст.
- 2. Термін виконання роботи:** 02.10.2023 – 31.12.2023р.
- 3. Вихідні дані до роботи:** 3Д модель за різними робочими процесами відповідно до стилізації.
- 4. Зміст пояснювальної записки:** вступ, аналіз предметної області та постановка задачі, дослідження ролі графічної стилізації у відеоіграх, огляд процесу створення 3Д-моделі для різної стилістики, розробка різних версій 3Д моделі з різною стилістикою, висновки.
- 5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:** приклад стилізованої моделі та реалістичної моделі, спрощений приклад дифузного відображення та дзеркального відображення, налаштування PBR матеріалу за замовчуванням у програмі Blender,

## 6. Календарний план-графік

<b>№ п/п</b>	<b>Завдання</b>	<b>Термін виконання</b>	<b>Підпис керівника</b>
1.	Проаналізувати літературу та джерела за темою дипломної роботи	02.10.23 – 08.10.23р.	
2.	Розроблення та затвердження плану дипломної роботи	09.10.23 – 11.10.23р.	
3.	Привести консультації з науковим керівником щодо створення першого розділу	12.10.23 – 16.10.23р.	
4.	Розробка розділу 1	17.10.23 – 28.10.23р.	
5.	Розробка розділу 2	29.10.23 – 19.11.23р.	
6.	Розробка розділу 3	20.11.23 – 01.12.23р.	
8.	Висновки та оформлення пояснювальної записки дипломної роботи	02.12.23 – 13.12.23р.	
9.	Підписання необхідних документів у встановленому порядку	14.12.22 – 19.12.23р.	
10.	Підготовка до захисту та попередній захист дипломного проекту на випусковій кафедрі дипломної роботи	20.12.23 – 24.12.23р.	

7. Дата видачі завдання: «02» жовтня\_2023 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Тетяна ХОЛЯВКІНА  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Андрій ПУГАЧ  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «3D модель за різними робочими процесами відповідно до стилізації» містить 93 сторінки, 58 рисунків, 10 бібліографічних посилань.

**Об'єктом дослідження є:** процес створення та впровадження графічних стилів у 3D моделях для відеоігор.

**Предметом дослідження є:** графічні стилі в 3D моделюванні для відеоігор.

**Мета роботи:** вивчення та аналіз різних графічних стилів, які використовуються в 3D моделях для комп'ютерних ігор.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати **наступні завдання:**

- дослідити принципи стилізацію комп'ютерної 3D-графіки;
- дослідити інструменти для реалізації бажаного графічного стилю;
- проаналізувати процес розробки 3D-моделі для реалістичної графіки;
- проаналізувати процес стилізованої 3D-моделі;
- розробити реалістичну та стилізовану версії 3D-моделі та зазначити різницю у процесі створення.

**Методи дослідження:** Для дослідження проводитиметься аналіз графічній стилізації для відеоігор та процесів, які входять для досягнення певної стилістики. Результати аналізу застосовуватимуться для практичного створення 3D-моделей у різних стилістиках, з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

**Ключові слова:** 3D МОДЕЛЮВАННЯ, 3D ГРАФІКА, СТИЛІЗОВАНА ГРАФІКА, РЕАЛІСТИЧНІ МОДЕЛІ, PHYSICALLY BASED RENDERING.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	16
1.1. Графічні стилі у відеоіграх.....	16
1.2. Відмінність реалістичних та стилізованих 3D моделей .....	20
1.4. Використання PBR матеріалів для стилізації моделі .....	29
1.5. Задача проекту.....	32
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1 .....	33
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ СТИЛІВ, МЕТОДИ ЇХ ДОСЯГНЕННЯ.....	35
2.1. Пайплайн розробки 3D-моделі.....	35
2.2. Моделювання твердих поверхонь .....	36
2.3. Досягнення реалізму .....	38
2.3.1. Збір посилань .....	39
2.3.2. Масштабування та пропорцій, рівні деталізації.....	39
2.3.3. Масштабування 3D-моделі.....	41
2.3.4. Ретопологія.....	42
2.3.4. UV-розгортка .....	44
2.3.5. Текстурування.....	45
2.4. Досягнення стилізованої моделі.....	47
2.4.1. Визначення стилістики.....	47
2.5. Моделювання стилізованої моделі.....	52
2.5.1. Збір посилань .....	52
2.5.2. Геометричне спрощення .....	52
2.5.3. Кольорова палітра.....	53
2.6. Цел Шейдинг.....	54
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2 .....	56
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛЕЙ ЗА РІЗНОЮ СТИЛІСТИКОЮ .....	58
3.1. Огляд програмного інструментарію.....	58
3.2. Концептуалізація та пошук посилань .....	62
3.3. Блокінг та середньо-полігональна модель .....	63
3.4. Створення Реалістичної моделі.....	68
3.4.1. Моделювання .....	68

3.4.2. Запікання карт накладання.....	73
3.4.3. Текстурування.....	74
3.5. Створення стилізованої моделі .....	81
3.5.1. Моделювання стилізованої моделі.....	81
3.5.2. Стилiзований Шейдинг .....	83
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3.....	87
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	91

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

**PBR** – Physically Based Rendering технологія 3D моделювання, моделює фізичні властивості матеріалів для досягнення більш реалістичного візуального відображення у віртуальних середовищах;

**3D** – об'ємне цифрове зображення;

**AR** – Augmented Reality, технологія доповненої реальності

**VR** – Virtual Reality, віртуальна реальність, імітація або моделювання реального середовища за допомогою комп'ютерної техніки, яка може включати в себе інтерактивність для користувача.

**Рендеринг** - процес створення зображення з тривимірної сцени за допомогою обчислення освітлення, кольорів та текстур;

**Риг** - скорочення від «скелет» (skeleton) у 3D-моделюванні та анімації;

**АО** - Амбієнтна оклюзія (Ambient Occlusion) - метод в комп'ютерній графіці для моделювання затінення областей, які мають обмежений доступ до оточуючого світла;

**Пайплайн** - Специфічний шлях або послідовність етапів у процесі обробки даних;

**Меш** - мережа вершин, ребер і граней, яка створює тривимірний об'єкт у комп'ютерній графіці;

**Топологія** - геометрична структура об'єкта, яка визначає взаємні відносини його елементів, таких як вершини, ребра та грані;

**Шейдинг** - процес визначення кольорів та тонів на поверхнях 3D-моделі під час рендерингу;

**Шейдер** - програма, що використовується в графіці для обчислення властивостей та вигляду поверхонь об'єктів під час їхнього рендерингу.

**Підподілення поверхонь** - Процес розділення граней поверхонь на більше елементарні частини для покращення деталізації у 3D-моделюванні;

**Текстура** – растрове зображення, що накладається на поверхню;

**N-гон** - полігон з N сторін, де N - це кількість сторін;

**Матеріал** - в комп'ютерній графіці це набір параметрів, які визначають властивості поверхні об'єкта, такі як колір, текстура, блик і т. д;

**Запікання** - техніка у 3D-графіці, яка полягає в передачі освітлення та тіней безпосередньо на текстуру для зменшення обчислювального навантаження;

**Оверлей** - графічний елемент чи шар, який накладається поверх інших для створення спеціальних ефектів чи додаткової інформації;

**Блокінг** - процес створення базової форми об'єкта для подальшої деталізації та моделювання;

**Кромові петлі** - гладь, яка утворюється при наявності трикутників або полігонів, які не співпадають у площині;

**Nurbs крива** - (Non-Uniform Rational B-Spline) це математична модель для представлення 2D та 3D геометрії;

**Семпл** - у 3D-графіці це взяття відбитків значень зображення або текстури для подальшого використання.



## ВСТУП

На сьогоднішній день 3D графіка і 3D моделювання є надзвичайно актуальними в індустрії розваг, дизайну, науки та інших галузях. Індустрія розробки відеоігор використовує передові технології 3D графіки для створення ігрових світів, де високоякісна графіка стала невід'ємною частиною ігрового досвіду. Популярні ігрові рушії, такі як Unreal Engine та Unity, надають розробникам інструменти для досягнення реалістичності та ефективності у створенні ігор.

У кінематографі та анімації також надзвичайно важлива 3D графіка для створення захоплюючих фільмів та мультфільмів. Відомі фільми, такі як "Аватар" та "Зоряні війни", використовують передові технології 3D для створення неймовірних спецефектів та реалістичних образів персонажів.

Дизайн і архітектура також не можуть обійтися без 3D моделювання. Воно допомагає створювати деталізовані візуалізації будівель та об'єктів, дозволяючи замовникам та дизайнерам краще розуміти та взаємодіяти з проектами. У медицині 3D моделювання використовується для створення точних моделей органів та тканин для навчання та діагностики.

Навіть у сферах науки та досліджень 3D візуалізація допомагає науковцям краще розуміти та пояснювати складні концепції. Зазвичай це використовується в хімії, фізиці та інших областях. У дизайні продуктів, 3D моделювання дозволяє створювати віртуальні прототипи і визначати їх функціональність перед фізичним створенням.

Не можна також оминути розвиток віртуальної реальності (VR) та розширеної реальності (AR), де 3D графіка використовується для створення інтерактивних досліджень, навчальних програм, рекреаційних ігор та інших застосунків. У графічному дизайні та маркетингу, стилізована 3D графіка використовується для створення привабливих рекламних матеріалів та брендового контенту. Загалом, 3D графіка і 3D моделювання мають величезний вплив на багато галузей і продовжують розвиватися, вносячи нові можливості та можливості для творчості та наукових досліджень.

Проектування графіки та візуального вмісту для гри є важливою частиною процесу розробки гри. За словами видавців ігор, графіка гри є найважливішим аспектом в маркетингу гри. Графіка - це перше, що бачить гравець, і люди мають тенденцію притягати більше до графічно привабливих та вражаючих ігор. Багато сучасних розробників ігор витрачають багато часу і зусиль на вдосконалення вигляду своїх ігор. Важливо, щоб графічні дизайнери вибирали стиль графіки, який підтримує геймплей, вписується у сеттинг та де гра працює плавно на тій платформі, для якої вона призначена.

Протягом історії відеоігор використовувалися різні методи візуалізації ігрового контенту. За допомогою цих технік дизайну розробники і художники досягли різних результатів у вигляді відеоігор. Ці різні візуальні дизайни відомі як графічні стилі, і це також презентаційний вміст світу гри, який видимий гравцю.

Наприклад, порівняємо дві гри, які мають однаковий сеттинг але різний графічний стиль – Deadlink та Ghostrunner (Рис. 1.1). Їх візуальний вигляд та загальна атмосфера відчутно відрізняються для гравця через їх характерно контрастні графічні стилі.

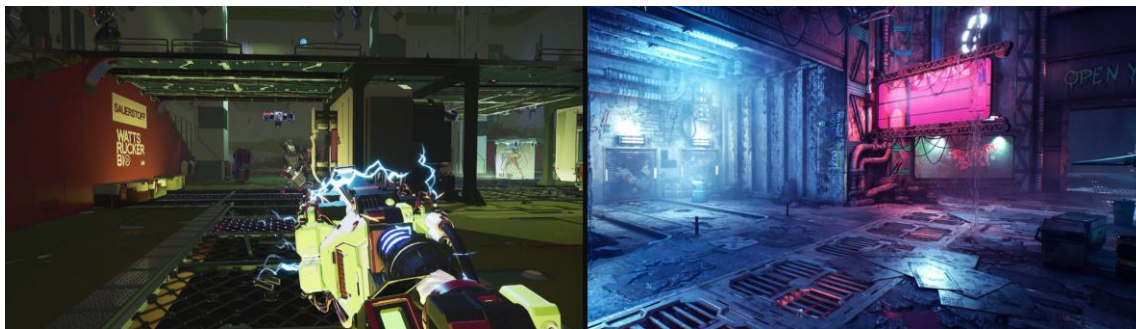


Рис. 1. Приклад стилізованого та реалістичного графічних стилей

Головною **метою** дослідження є вивчення та аналіз різних графічних стилів, які використовуються в 3D моделях для комп'ютерних ігор. При цьому дослідження включає в себе аналіз та порівняння таких стилів, як стилізований та реалістичний, а також їх вплив на загальний вигляд ігрового контенту.

Стосовно стилізованої графіки, Міхал Ожелек (Michał Orzelek) – технічний артист-дженераліст студії Gruby Entertainment на своїй відеоконференції пояснював про важливість стилізованої графіки у відеоіграх. За його думкою, стилізована графіка має ряд переваг над реалістичною.

На даний час кількість відеоігор, які випускаються незалежними інді-студіями дуже сильно зросла, через доступність до інструментарію, який раніше могли використовувати тільки великі багато-бюджетні студії. Якщо вірити статистиці, яка доступна у відкритому доступі на сайті [statista.com](https://www.statista.com), кількість випущених відеоігор за останні п'ять років зросла майже у п'ять разів.

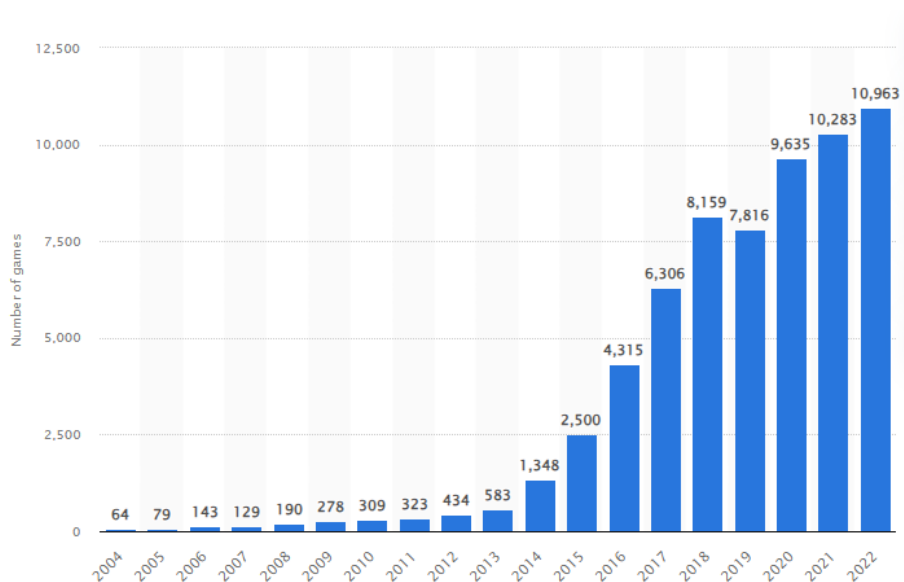


Рис. 2. Статистика кількості випусків відеоігор за останні 18 років

Через велику кількість релізів, ринок перенасичується, і для успішного фінансового успіху виникає необхідність візуально виокремитись серед усіх.

Саме тут і полягає основна перевага стилізованої графіки – надання унікального візуального стилю, який допомагає виокремитися серед решти на ринку.

За словами Міхаля, стилізована графіка відкриває більший креативний простір, не виникає необхідності до ідеального зображення пропорцій або шейдингу

за правилами реального життя, що дозволяє зобразити унікальний естетичний настрій. В залежності від обраного стилю, підбирається

Також стилізована графіка часто є менш технічно вимогливою щодо обчислювальних ресурсів, що дозволяє більш стабільну роботу гри на слабких або мобільних системах, розширюючи потенційну аудиторію покупців.

Через те, що стилізована графіка не обмежує процес створення асетів, в залежності від поставлених цілей, можна використовувати спрощений пайплайн, що дозволяє більш ефективно створювати відеоігрові асети за рахунок їх деталізації.

**Об'єктом** дослідження є процес створення та впровадження графічних стилів у 3D моделях для відеоігор. Один із аспектів цього дослідження - це стилізована 3D графіка, яка охоплює вивчення різних методів створення та відтворення об'єктів та сцен з використанням різних художніх стилів. Це може включати абстракцію, комікс-стиль, низьку деталізацію та інші стилі.

Другим важливим аспектом є вивчення графічних технік та ефектів, які використовуються для досягнення певних стилістичних результатів у 3D графіці.

**Предметом** дослідження є графічні стилі в 3D моделюванні для відеоігор. Дослідження даного предмету дозволяє зосередитися на аналізі та порівнянні різних графічних стилів, їх впливі на ігровий контент, а також на процес створення та реалізації цих стилів. При цьому, конкретні 3D моделі можуть бути використані як приклади чи ілюстрації для обговорення різних аспектів, але вони не є центральним об'єктом дослідження.

Для дослідження даної теми буде здійснюватися 3-D моделювання з нуля. У якості бази буде створено «середньо-полігональну» модель, на її основі за повним пайплайном створюватиметься реалістична модель та за спрощеним пайплайном створюватиметься стилізована модель. Для досягнення результатів, використовуватимуться різні пакети спеціалізованих програм, таких як Blender, Adobe Substance painter, Marmoset Toolbag.

Кім Аава (Kim Aava) у публікації «**Realistic vs. Stylized: Technique Overview**», розглядає різницю технік створення моделей в залежності від обраного стилю.

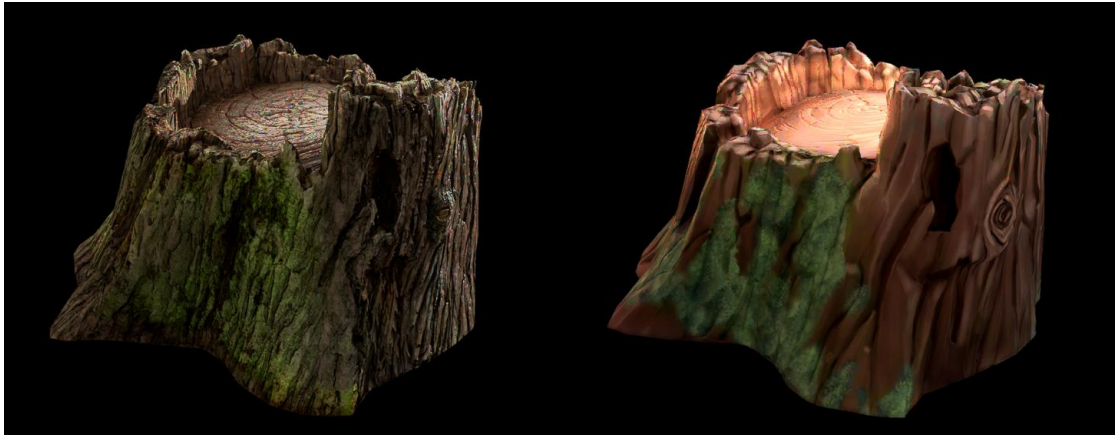


Рис. 3. Порівняння реалістичної моделі та стилізованої моделі

Кім зазначає, що процес створення стилізованих моделей, з часом зазнав змін завдяки новим можливостям технологій. Від обмежень низької полігональності та використання лише дифузних карт, переходять до використання великої кількості полігонів та більш складні системи шейдингу та матеріалів.

Методи створення моделі можуть здатися схожими, але через відмінність у обмеженнях їхні результати відрізняються. Основна різниця між реалізмом і стилізацією полягає в тому, що у реалізмі необхідно підкорятися правилам реального світу для придання реалістичного вигляду об'єкту, одночасно підсилюючи їхню візуальну мову. У стилізованому підході таких обмежень немає, тобто є свобода експериментування з формами і кольорами, завищувати або видаляти деталі для покращення вигляду у будь-якому напрямку. Зробити це з реалізмом зіпсувало б ілюзію реальності, оскільки це не сприймалося б як «реалістичне» і не вписувалося б у реальний світ.

Можна стверджувати, що реалізм сам по собі є стилізацією, і ніщо не є дійсно реалістичним, але створюється таким, щоб виглядати реалістично в межах сучасних технологічних обмежень.

Враховуючи розвиток індустрії відеоігор та постійні зміни в графічних технологіях, а також важливість стилізації та естетичного виразу у геймдизайні, дослідження процесу створення стилізованих 3D моделей набуває актуальності.

**Наукова новизна** полягає в аналізі та систематизації ключових аспектів створення стилізованих 3D моделей, таких як геометрична структура, використання кольорів та текстур, анімація, налаштування PBR матеріалів та освітлення, з урахуванням їх впливу на стиль та вираз об'єктів у відеоіграх.

Дослідження дозволяє визначити оптимальні підходи та кращі практики при створенні стилізованих моделей для досягнення бажаного естетичного ефекту. Це може бути корисним як для геймдизайнерів та технічних художників у галузі розробки ігор, так і для дослідників та фахівців у галузі комп'ютерної графіки та візуального мистецтва.

**Практичне використання** дана модель набуває у відеоіграх або 3D-анімації. Використання 3D моделі за реалістичним виглядом дозволяє використовувати її для доповнення фотореалістичності графіки. Стилiзовані 3D моделі дозволяють створити унікальний візуальний стиль для гри. Стилiзовані моделі часто мають менше полігонів і менш якісні текстури, що робить їх менш вимогливими до обладнання і дозволяє оптимізувати продуктивність гри. Це особливо актуально для мобільних ігор та ігор для різних платформ.

Для досягнення спрощеного пайплайну, відкидатиметься процес створення багато-полігональної моделі та запікання карт. Уся деталізація на моделі буде здійснена геометрією. Хоча це підвищує кількість полігонів та створює не дуже якісну полігональну сітку, це дозволить значно зменшити час створення відеоігрового асету. Так, як процес текстуровання також відкидується, використовуватимуться спеціально налаштовані матеріали, для придання об'єкту стилізованого вигляду. Деякі деталі, які наносяться на етапі текстуровання, будуть створені як геометрична модифікація на самому об'єкті, через відсутність UV-розгортки цього об'єкту.

**Обґрунтування актуальності.** Галузь 3D-графіки стрімко розширюється, і на даний момент тривимірне моделювання використовується в широкому спектрі індустрій, від архітектурної візуалізації до медицини. Тривимірне моделювання - це процес розробки математичного представлення тривимірної поверхні об'єкта. Тривимірний простір описується у термінах тривимірних декартових координат,

трьох осей, що представляють висоту, ширину і глибину, які перетинаються в початку координат. Результатом полігонного тривимірного моделювання є меш, збірка вершин, ребер і полігонів, що визначають форму об'єкта.

**Графіка** - це зображення або візуальне представлення персонажа чи об'єкта. Говорячи про комп'ютерну графіку, люди зазвичай мають на увазі зображення, які відображаються на екрані комп'ютера. Тому графіка в іграх - це візуалізований ігровий вміст, який показується на екрані ігрової платформи. Те, як ці зображення відображаються, великою мірою залежить від використаного графічного обладнання.

У комп'ютерній графіці фотореалістичний рендеринг спрямований на створення штучних зображень симульованих тривимірних середовищ, які виглядають "як справжній світ". Таким чином, нереалістичний рендеринг - це будь-яка техніка, яка виробляє зображення симульованого тривимірного світу в стилі, відмінному від реалізму. Часто ці стилі нагадують живопис або інші стилі художньої ілюстрації. Особливий комерційний інтерес представляють техніки, які можуть відтворювати тривимірні сцени у стилях, які відповідають "вигляду" традиційних анімованих фільмів. Часто ці техніки називають «toon shading» і дозволяють безшовне поєднання тривимірних об'єктів з традиційною анімацією в стилі «cel».

Ще одним важливим застосуванням нереалістичного рендерингу є допомога користувачу зрозуміти, що зображення є лише приблизним. Психологічно фотореалістичний рендеринг, схоже, підказує точність і досконалість, яка може надмірно підкреслювати відповідність симульованої сцени реальному об'єкту.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

#### 1.1. Графічні стилі у відеоіграх

Серед існуючих графічних стилей, можна визначити три відмінні категорії, які домінували в галузі відеоігор протягом багатьох років. Ці стилі включають абстрактний, стилізований і реалістичний. У межах даної роботи розглянемо саме стилізований та реалістичний графічні стилі.

**Реалістичний графічний стиль** намагається емулювати персонажів гри, об'єкти та оточення якомога більше подібно до реальності. У 1990-х роках реалізм був найпопулярнішим, коли тривимірна візуалізація стала новим стандартом для графіки в іграх. З того часу реалізм можливо все ще є найбажанішим виглядом для сучасних ігор. Оскільки багато розробників ігор приєдналися до тренду на фотореалізм, це майже стало обов'язковим і очікуваним стилем для багато бюджетних ігор. Існують багато прикладів революційних ігор, які використовували і революціонізували реалістичний стиль.

Незважаючи на те, що реалістична графіка була популярним стилем, вона була суттєво обмежена апаратним забезпеченням. Наприклад, реалістична графіка найкраще підходила лише для конкретних жанрів відеоігор, до яких входили, але не обмежувалися: пригодницькі ігри від третьої особи, відеоігри від першої особи, симуляції, автомобільні гонки, ігри жахів та спортивні ігри. Крім того, створення реалістичної тривимірної графіки, яка відповідала б сучасним стандартам, зазвичай вимагало дуже багато часу. Від моделювання, текстурування, підсвічування до анімації моделі з використанням захоплення руху, процес вимагав значно більше зусиль порівняно з іншими стилевими альтернативами, тому

Кафедра КІТ (47)				НАУ 23 17 84 000 ПЗ			
Виконав	Пугач А.М.			АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	Літера	аркуш	аркуші
Керівник	Холявкіна Т.В.					16	19
Консульт.					УС-211 М 122		
Н. контроль	Райчев І.Е.						



Більшість фотореалістичних ігор зазвичай розроблялися середніми і великими компаніями. Для цих дуже реалістичних ігор також потрібне потужне обладнання для відображення вмісту гри, тому цей стиль не часто зустрічається в мобільних і портативних іграх.

Причина переслідування фотореалізму в іграх полягає в самій природі людини. У мистецтві переслідування реалізму завжди було важливою частиною розвитку інших художніх стилів, адже реалізм - це те, що ми, люди, найкраще знаємо. Коли ігри нагадують реальне життя, гравці відчують занурення в їхній світ, і, крім того, процес намагання досягти фотореалізму в іграх є одним із найефективніших факторів у розвитку та вдосконаленні технологій у майбутньому. Реалістичні ігри дуже вражають, коли вони досягають своєї мети. [6]

Реалізм досліджується в графіці комп'ютерних ігор протягом багатьох років у формі симуляцій, але тільки до 1990-х років реалістична графіка стала основним потоком відеоігор. Більшість ігор були тривимірними і намагалися досягти **фотореалізму**, оскільки розробники ігор намагалися витягти максимум з можливостей систем свого часу. [6]

**Фотореалізм** - це графічний стиль, який намагається симулювати реальність з якомога більшою фотографічною подібністю.

Велика більшість сучасних тривимірних відеоігор відображаються за допомогою техніки, яку називають растеризацією. Ця техніка, по суті, є алгоритмом, який відтворює тривимірну сцену на двовимірному екрані. Освітлення та тіні потім моделюються окремо, розраховуючи від вказаного джерела світла. Ця техніка вимагає багато роботи від графічних дизайнерів, і хоча результати вражають, багато хто припускає, що майбутні фотореалістичні відеоігри будуть використовувати іншу техніку відтворення, яку називають трасуванням променів. [4]

**Трасування променів** - це техніка відтворення, яка використовується протягом багатьох років для створення високореалістичних тривимірних сцен для фільмів і анімацій. На відміну від растеризації, освітлення та тіні не повинні моделюватися вручну, оскільки трасування променів моделює самі світлові промені. Це означає, що світлові промені можуть відбиватися від одного об'єкта до іншого,

створюючи дуже складну і реалістичну сцену, як показано на рисунку 1.1. Однак існують багато обмежень у поточній технології.



Рис.1.1. Фотореалістична сцена, створена з використанням трасування променів

Галузь гри знаходиться в процесі переходу від растеризації до трасування променів. З трасуванням променів графіка буде більш реалістичною, ніж будь-коли, і це буде менше роботи для графічних дизайнерів. Найбільша проблема полягає в тому, що ця техніка вимагає великої обчислювальної потужності від комп'ютера.

Незважаючи на поточні досягнення у галузі графіки в іграх, жодна гра сьогодні ще не досягла справжнього фотореалізму. У комп'ютерній графіці можна відтворювати зображення трасуванням променів, які справді фотореалістичні, однак відтворення цих зображень займає дуже багато часу. У відеоіграх цей процес відтворення повинен був виконуватися в реальному часі.

Крім того, хоча персонажі в реалістичних іграх дуже деталізовані та виглядають близько до реальних людей, багато людей все ще відчувають, що персонажі є штучними і чогось бракує. Факт того, що персонаж дуже схожий на людину, але є лише та незначна річ, яка викликає відчуття дискомфорту; це може бути безжиттєві очі, нерухомі анімації чи неточності в зовнішності. Цей явище

називається «Моторошна долина» - термін, ідентифікований професором робототехніки Масахіро Морі ще у 1970 році. За словами Морі, чим ближче ми підходимо до справжнього фотореалізму, тим більш нав'язливими стають навіть найменші неточності для нас. Хоча зображення людей у поточних відеоіграх вражають, технологія ще не досягла цього рівня.

**Стилістичний графічний стиль** спрямований на представлення особи чи об'єкта шляхом завищення його найвидатніших рис. Оскільки стилізована графіка існує завжди з самого початку і може бути реалізована багатьма способами, вона відрізняється великим різноманіттям художніх подань у цьому графічному стилі порівняно з іншими. [4]

Хоча технологічні досягнення протягом років змусили багатьох розробників ігор віддалятися від вражаючих фотореалістичних стилів з точними фізичними симуляціями, але стилізована графіка завжди існувала поруч з реалізмом, оскільки вона могла надати інший варіант, коли головною метою була відмінна аудіовізуальна зовнішність. Наприклад, ці цілі можуть зробити гру привабливішою для дітей, як у серії, або підкреслити певний атмосферний настрій чи палітру кольорів. Крім того, цей стиль виразний і гнучкий, і не обмежений обмеженнями симуляції реалістичної фізики. Таким чином, стилізована графіка добре працює, привертаючи увагу до геймплею і занурення в ігровий світ та оточення. Цей стиль може використовуватися для акцентування певних аспектів зображень або іноді об'єктів без спотворення або руйнування атмосфери, як це часто відбувається в реалістичних іграх.

Важливо підмітити, що оскільки реалістичні ігри все ще далекі від справжнього фотореалізму, ігри зі стилізованою графікою є більш безстроковими та краще старіють з часом.

**Стилізована графіка** є найбільш гнучкою та універсальною з трьох категорій графічних стилів. Оскільки вона практично підходить між абстракцією та реалізмом, стилізована графіка може бути налаштована для отримання максимального результату геймплею і налаштування вигляду гри для задоволення певної аудиторії.

**Стилізована графіка** є популярним стилем на всіх поширених платформах для ігор: комп'ютерах, консолях та мобільних пристроях. Завдяки її візуальній адаптивності, цей стиль добре працює з будь-яким жанром гри і може бути змінений під потреби практично кожного геймера, незалежно від того, чи була цільовою аудиторією дорослі чи діти. Часто стилізована графіка вимагала технічно менше, що дозволяло іграм працювати на старішому обладнанні, збільшуючи таким чином кількість гравців в іграх.

Навіть якщо цей стиль часто розглядається як альтернатива реалістичній графіці, стилізована графіка має перевагу перед реалізмом завдяки своїй здатності акцентувати увагу на геймплеї чи наративі, залишаючись при цьому безстроковою протягом тривалого часу. Важко сказати, як розвиватиметься стилізована графіка в майбутньому, але поки існує реалістична графіка, завжди буде потреба в альтернативних і мистецьких іграх, і, отже, завжди буде місце для стилізованої графіки в одному формі чи іншому.[3]

## **1.2. Відмінність реалістичних та стилізованих 3D моделей**

При моделюванні для ігор меші часто називають низькополігонними і високополігонними, ці терміни служать як технічний, так і описовий термін, хоча фактична кількість полігонів, що визначає, коли меш є низькополігонним або високополігонним, не існує.

Низькополігонні меші призначені для використання в реальному часі. Зазвичай ці меші мають відносно низьку кількість полігонів і відображають лише основні форми об'єкта, але зі зростанням потужності обладнання і обчислювальної потужності збільшилася і кількість деталей в низькополігонних мешах. Наприклад, сучасні меші персонажів складаються з десятків тисяч полігонів порівняно з кількома тисячами полігонів, які були на початку тисячоліття. Графічне середовище гри може складатися з мільйонів полігонів, але це не означає, що полігони повинні використовуватися недбало, оскільки ефективність все ще потрібна для оптимальних результатів. В порівнянні, просто один високополігонний меш може

складатися з мільйонів полігонів і мати величезну кількість деталей, тому високополігонні меші частіше використовуються в анімованих фільмах або в ігрових відеороликах, які обчислюються в автономному режимі. Однак високополігонні меші також мають свою роль у розробці ігор, оскільки їх часто створюють для вилучення певних даних. [6] Візуальну різницю між низькополігонним і високополігонним моделлю можна чітко побачити на рисунку 1.2.

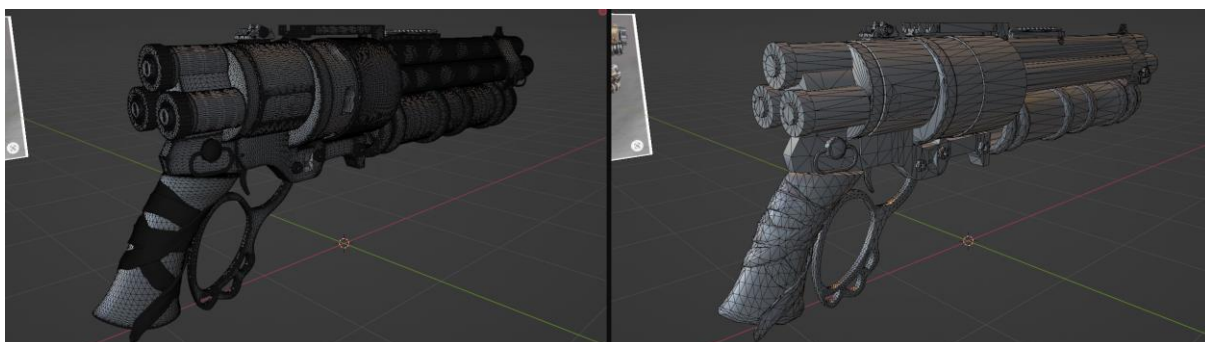


Рис.1.2. Багатополігональна та малополігональна моделі

Процес 3D моделювання може суттєво відрізнятись для стилізованих та реалістичних моделей, визначаючи весь вигляд і характер об'єктів чи персонажів. Основна мета цих двох підходів відіграє ключову роль у формуванні усіх інших аспектів проекту.

У випадку **стилізованих моделей**, головною метою є відтворення конкретного стилю або виразу, а не реалістичності. Ці моделі можуть бути художніми або абстрактними, і вони часто використовують спрощені геометричні форми та яскраві кольори. Особливими рисами стилізованих моделей є великі анімаційні вирази та незвичайні форми, що підсилюють виразність стилю (рис. 1.3.).



Рис.1.3. Приклад стилізованої моделі

**Реалістичні моделі** спрямовані на максимально точне відтворення об'єкта або персонажа, намагаючись досягти максимальної природності та правдоподібності. Вони вимагають докладної геометрії, фотореалістичних текстур, анімаційної точності і деталізації.



Рис.1.4. Приклад реалістичної моделі

Вибір між стилізованими і реалістичними моделями залежить від основної мети проекту та стилю, який необхідно досягти, і він визначає весь процес 3D моделювання, включаючи геометрію, текстури, анімацію та освітлення.

**Топологія моделі**, визначає ще одну ключову відмінність між стилізованими та реалістичними 3D-моделями. Топологія моделі визначає, як розташовані вершини, ребра і полігони у мережі моделі, і вона грає важливу роль у визначенні форми, деталей та анімаційної поведінки моделі.

У **реалістичних моделях** топологія грає важливу роль у досягненні максимальної точності і природноподібності. Тут потрібно багато деталей для відтворення всіх характеристик об'єкта або персонажа. Топологія моделі повинна бути докладною і точною, з урахуванням найменших деталей. Така топологія дозволяє відтворити реалістичні рухи та поведінку об'єкта, що дуже важливо для досягнення природного вигляду. Робочий процес створення реалістичних моделей передбачає створення багатополігональної та малополігональної моделі, UV-розгортку, запікання карт нормалей та текстурування.

У **стилізованих моделях** топологія може бути менш складною і більш спрощеною, оскільки головна мета полягає у відтворенні конкретного художнього стилю або виразу. Такі моделі часто використовують спрощені геометричні структури і форми, які можуть навіть містити абстрактні елементи. Топологія може бути оптимізованою для виразності та спрощення анімації, і вона дозволяє створювати нестандартні форми та гладкі контури. Через те, що вигляд моделі не має конкретних вимог до реалістичності, робочий процес можна спростити, залежно від поставлених задач. Тобто при цілком можливо створити деталізовану модель, можна пропустити деякі етапи її редагування та текстурування, помітно скоротивши час її створення.

Топологія моделі визначається головною метою проекту і вимогами до реалізму. Ця відмінність в топології впливає на всі аспекти 3D моделювання, включаючи вибір геометричних форм, оптимізацію для анімації та текстурування.

У реалістичних моделях використовуються фотореалістичні або близькі до того текстури та матеріали. Основна мета – максимально відтворити реальний

вигляд об'єкта чи персонажа. Текстури мають бути високою якістю та деталізованими, а матеріали повинні відтворювати фізичні властивості поверхні об'єкта, такі як блиск, матовість, прозорість і т.д. Реалістичні моделі можуть використовувати фізично-засновані матеріали для точного моделювання поведінки світла.

У стилізованих моделях текстури та матеріали часто специфічні для стилізації. Основна ідея полягає в тому, щоб надати об'єкту або персонажу характерний стилізований вигляд, що може бути абстрактним або малюнковим. Наприклад, текстура обличчя може бути спрощеною і малюнковою, а текстура одягу може містити яскраві кольори та виразні деталі. Матеріали можуть бути стилізовані для відтворення художнього враження, і їх реалізація може бути менш фізично точною.

### **1.3. PBR-матеріали**

PBR (Physically Based Rendering) шейдинг є важливою технологією у світі 3D моделювання, використовується як у стилізованих, так і в реалістичних 3D моделях. Відмінність полягає в тому, як цей підхід використовується для створення відображення матеріалів і освітлення відповідно до мети проекту та обраного стилю.

PBR, є концепцією використання реалістичних моделей затінення та освітлення з вимірюваними параметрами поверхні для точного відтворення матеріалів реального світу. PBR швидко набула популярності в розробці ігор, і зі збільшенням обчислювальної потужності PBR стала новим стандартом в реальному часі. [2]

У **реалістичних моделях**, PBR використовується для досягнення фотореалістичного вигляду. Тут матеріали ретельно налаштовуються, щоб точно відтворювати фізичні властивості поверхні, такі як блиск, матовість, металічність та грубість. Текстури в PBR-матеріалах зазвичай є високоякісними та фотореалістичними, і освітлення моделюється для точного відтворення реального світла та відображень.



У стилізованих моделях, PBR може бути адаптований для відтворення специфічних стилів або виразів. Наприклад, для досягнення коміксового або мультяшного стилю можна використовувати яскраві та насичені кольори в PBR-матеріалах, а текстури можуть бути стилізованими та малюнковими. Освітлення також може бути спеціально налаштоване для створення виразних контурів та тіней.

PBR, є концепцією використання реалістичних моделей затінення та освітлення з вимірюваними параметрами поверхні для точного відтворення матеріалів реального світу. PBR швидко набула популярності в розробці ігор, і зі збільшенням обчислювальної потужності PBR стала новим стандартом в реальному часі. Використання фізично-основаних, енергозберігаючих моделей затінення дозволяє легше досягти реалістичних матеріалів, які надають послідовний вигляд в різних умовах освітлення. Важливо розуміти, що PBR є концепцією, і фактичні реалізації можуть відрізнятися між системами. Найбільшими перевагами системи PBR є те, що вона надає художникам менше параметрів, які більш інтуїтивно для них працюють. Іншою перевагою є послідовність, наявність вимірних базових значень матеріалів видаляє деякі варіанти, роблячи контент більш послідовним між художниками.

Фізичні явища затінення пов'язані з взаємодією світла і матеріалу. Взаємодія залежить від фізичних характеристик світла, а також параметрів речовини. Наприклад, груба пластмасова поверхня відбиває світло дуже по-іншому, ніж гладка хромована поверхня. За допомогою PBR більшість матеріалів можна створити, використовуючи лише один тип шейдера.

Основними аспектами системи PBR є бі-дірекційні функції розподілу відбиття, які описують, як і скільки світла відбивається при контакті світла з певним матеріалом, а також як світло відбивається від поверхні при різних точках огляду. У цьому документі не будуть розглядатися конкретні функції, але будуть обговорені деякі фізичні властивості, які описують, як вхідне світло взаємодіє з поверхнею матеріалу.

**Дифузне відображення** - це відображення світла від поверхні, при якому падаючий промінь відбивається під багатьма кутами (рис. 1.5). Коли світло

потрапляє на поверхню, деякі промені проникають у об'єкт, і всередині об'єкта світло або розсіюється, або поглинається матеріалом. Коли деяке розсіяне світло виходить з об'єкта, воно стає видимим знову. Різні довжини хвиль світла поглинаються по-різному, що надає об'єкту його видимий колір. Наприклад, якщо об'єкт поглинає більшість світла, але розсіює червоний колір, він буде виглядати червоним. Альbedo, кількість дифузного відображення з поверхні об'єкта, може бути обчислено і виміряно на шкалі від 0,0 для відсутності відображення на абсолютно чорній поверхні до 1,0 для ідеального відображення на білій поверхні. Зазвичай ці екстремальні значення не зустрічаються в реальному світі. Наприклад, дрібки, одне з найтемніших речовин на Землі, мають значення альbedo близько 0,04, а свіжий сніг, найбільша світловідбиваюча речовина, має значення близько 0,90.

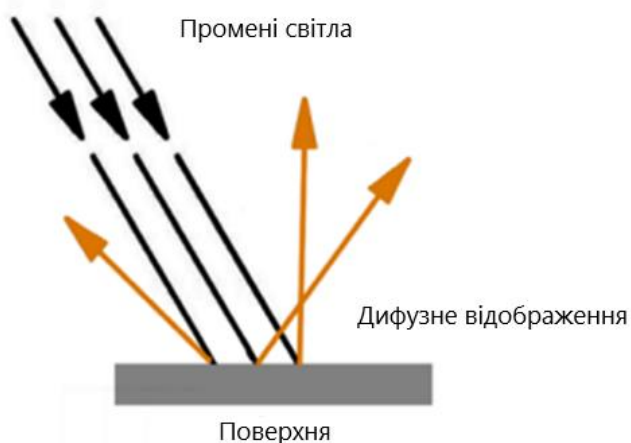


Рис. 1.5. Спрощений приклад дифузного відображення

**Дзеркальне відображення** - це відображення, при якому світло з одного вхідного напрямку відбивається в одному вихідному напрямку (рис. 1.6). Цей тип відображення відбувається миттєво, як тільки світло потрапляє на поверхню. Зазвичай матеріали можна поділити на дві основні категорії на основі їх дзеркальної

відбивності: провідники та ізолятори. Кожен матеріал у реальному світі має певну кількість дзеркального відображення, і ця відбивність часто залишається досить сталим для кожного типу матеріалу. Кількість дзеркального відображення може бути визначена індексом заломлення матеріалу (IOR). Шкала IOR визначає, наскільки швидко світло поширюється через матеріал у порівнянні з вакуумом.

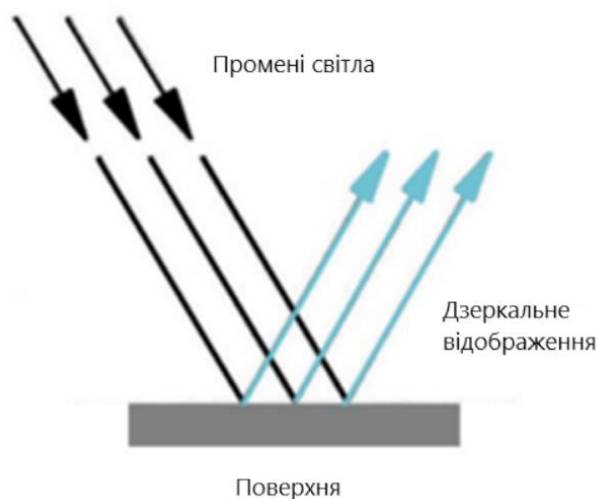


Рис. 1.6. Спрощений приклад дзеркального відображення

Матеріали, які проводять електричний струм, основним чином метали, мають високу кількість дзеркального відображення, до 60 - 90%. Оскільки більшість світла не потрапляє всередину матеріалу, поверхня виглядає блискучою. Провідники також зазвичай поглинають світло, а не розсіюють його, і через це провідники, як правило, не відображають дифузного відображення. Деякі метали, такі як золото та мідь, також мають відтінкове відображення при підсвічуванні білим світлом, що є особливістю провідників. З іншого боку, ізолятори, як правило, мають низьку кількість дзеркального відображення, від 2 до 5%. Також зазвичай рефлексія виглядає білою, коли її підсвічують білим світлом.

Важливою особливістю дифузного та дзеркального відображення є їх взаємовиключність, яка видно на рисунку, оскільки світло спершу повинно потрапити в об'єкт, щоб бути дифузно відображеним. Цей концепт відомий як закон

збереження енергії, що означає, що світло, відображене від поверхні, ніколи не буде яскравіше, ніж те, яке спочатку освітлює її. Закон збереження енергії ускладнює завдання художників у створенні матеріалів, які не є фізично можливими, оскільки він завдає перешкоди виділенню поверхні більшою кількістю світла, ніж було отримано.

**Мікроповерхня** визначає шорсткість поверхні. Ці невеликі недоліки, які притаманні поверхням у реальному світі, можуть бути занадто маленькими для ока. Незважаючи на це, ці мікроскопічні вм'ятини та борозни впливають на відбиття світла, спричиняючи розбіжність вхідного світла при відбитті від більш шорсткої поверхні, як показано на рисунку 1.7. Ця маленька деталь відіграє важливу роль у визначенні матеріалу, оскільки у реальному світі існує велика різноманітність мікроповерхневих особливостей. Оскільки промені світла, відбиті від поверхні, розповсюджуються, відображення виглядає більш розмитим, а поверхня відображає ширший дзеркальний блиск. І через закон збереження енергії більш широкі відображення також виглядають більш тьмяними, ніж гострі відбитки на гладкій поверхні.

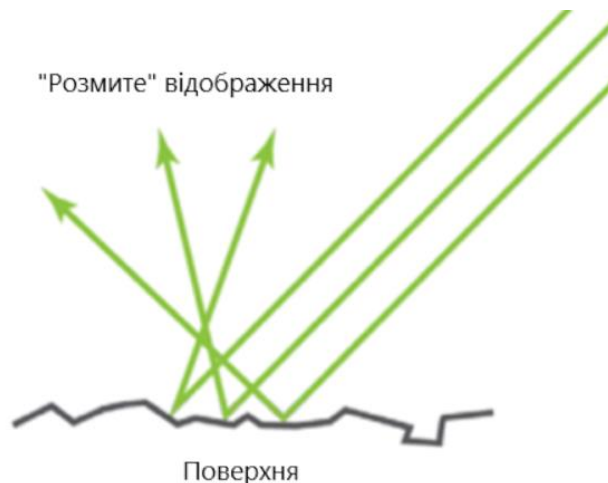


Рис. 1.7. Спрощений приклад відображення на шорсткій поверхні

**Френеля** - це відсоток світла, яке поверхня відбиває під градусами нахилу. Це тому, що світло, яке попадає на поверхню під більшим кутом, набагато більше

ймовірності відбити, ніж те, яке попадає на поверхню прямо, що означає, що для всіх гладких матеріалів відбиття стає повним при екстремальному куті. Знову ж таки, це ефект, який притаманний всім матеріалам у реальному світі, навіть якщо цей ефект стає менш помітним на більш шорстких поверхнях.

#### 1.4. Використання PBR матеріалів для стилізації моделі

Для налаштування матеріалів, майже кожна програма із 3D середовищем має власний редактор.

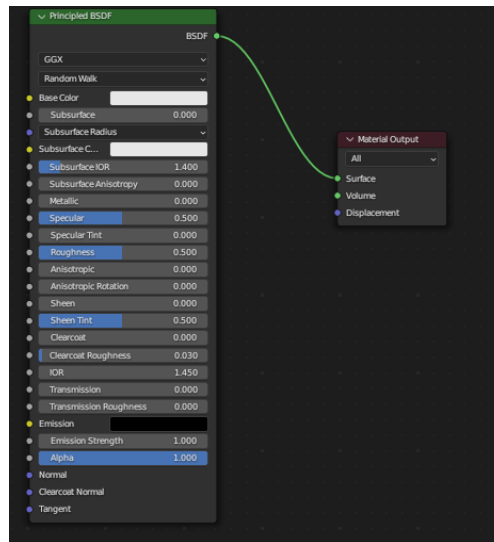


Рис. 1.8. Налаштування PBR матеріалу за замовчуванням у програмі Blender

У реалістичних моделях, PBR використовується для досягнення фотореалістичного вигляду. Матеріали ретельно налаштовуються, для точного відтворення фізичних властивостей поверхні, такі як блиск, матовість, металічність та грубість. Текстури в PBR-матеріалах зазвичай є високоякісними та фотореалістичними, і освітлення моделюється для точного відтворення реального світла та відображень. Типовий робочий процес створення PBR матеріалів для реалістичних моделей передбачає створення текстур, що накладаються на модель за допомогою використання спеціалізованих програм для їх визначення, таких як

Quixel Mixer або Adobe Substance Painter. У редакторі дані текстури підключаються до відповідних входів.

Розберемо окремо основні елементи налаштування PBR матеріалів.

**Карта основного кольору** визначає колір поверхні. Вона підключається до входу **Base Color** у вузлі Principled BSDF.

**Карта шорсткості** визначає, наскільки грубою є поверхня. Її слід підключити до входу **Roughness** у вузлі Principled BSDF. Необхідно переконатися, що кольоровий простір зображення встановлено на "Дані без кольору", бо даний вхід приймає інформацію лише у вигляді чорно-білого масиву даних, яким являється ця карта.

**Карта висоти** може бути використана для створення детальних тіней та світлотіней на матеріалі або навіть для реального зміщення геометрії об'єкта.

**Карта нормалей** визначає напрям, в якому спрямована частина поверхні і використовується для створення детальних тіней та світлотіней.

Зазвичай її слід підключити до входу кольору вузла **Normal Map**, який потім слід підключити до входу нормалі вузла Principled BSDF. Слід мати на увазі, що існує декілька форматів нормалей, найпоширеніші – це «OpenGL» та «DirectX», Blender використовує «OpenGL».

Можливо використовувати карту нормалей в поєднанні з картою висоти, але рекомендовано використовувати лише одну з них, оскільки у більшості випадків вони створюють дуже схожий ефект.

**Карта металу** визначає, які частини матеріалу є металевими, а які ні. Її слід підключити до входу **Metallic** вузла Principled BSDF. Так само, як і з входом Roughness, вхід Metallic приймає лише чорно-білу інформацію. Лише матеріали, які одночасно є металевими та неметалевими, мають цю карту. Фізично правильно мати металеві матеріали на значенні 1.

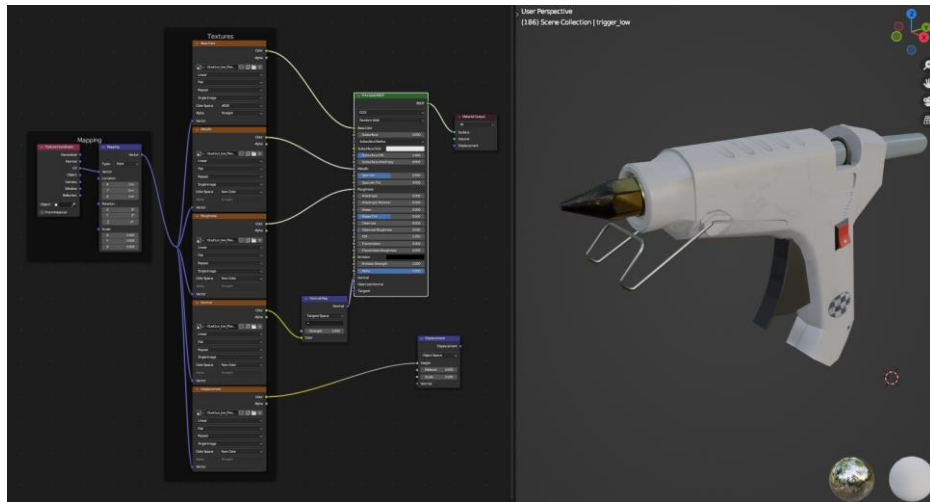


Рис. 1.9. Налаштування PBR-матеріалу для реалістичної моделі

У стилізованих моделях, PBR може бути адаптований для відтворення специфічних стилів або виразів. Наприклад, для досягнення коміксового або мультяшного стилю можна використовувати яскраві та насичені кольори в PBR-матеріалах, а текстури можуть бути стилізованими та малюнковими. Але використання текстур залежить лише від поставлених цілей. Цілком можливо досягнути гарного результату і з використанням базових кольорів, налаштованих під модель та середовище (рис. 1.10). Освітлення також може бути спеціально налаштоване для створення виразних контурів та тіней.

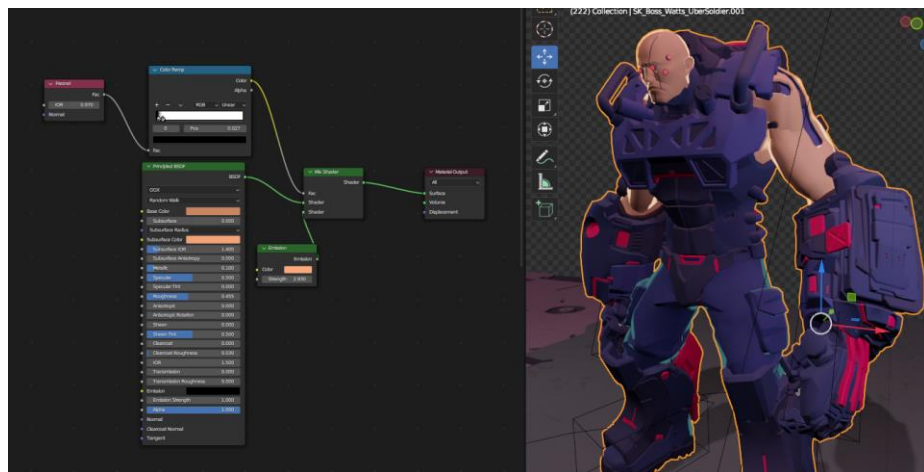


Рис. 1.10. Налаштування PBR-матеріалу для стилізованої моделі

Але базовим кольором обмежуватися немає необхідності. Якщо це дозволяє топологія моделі, можна використовувати процедурні текстури та накласти їх на модель, надавши більш детальний вигляд до моделі. Приклад такого налаштування наведено на рис. 1.11.

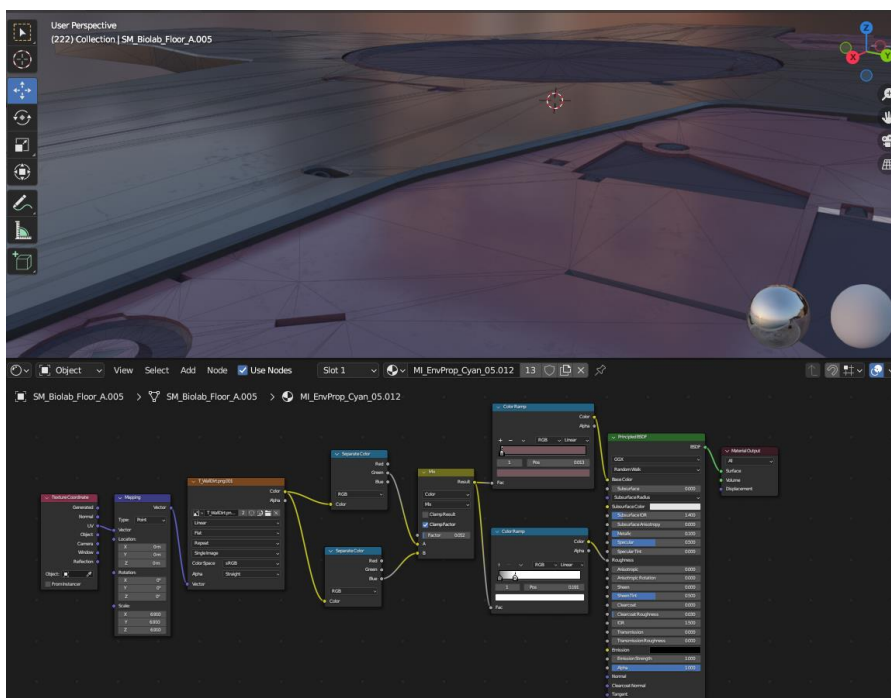


Рис. 1.11. Налаштування PBR-матеріалу для стилізованого мешу

## 1.5. Задача проекту

Розробити модель у реалістичному та стилізованому стилях для використання у відповідних областях та порівняти спрощення процесу створення.

Реалістична модель створюється за загальноприйнятим пайплайном створення ігрових 3D моделей.

Стилізована модель матиме спрощений пайплайн, але з високим рівнем деталізації, з використанням спеціально налаштованих PBR матеріалів для досягнення бажаного якісного кінцевого результату.



## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі було розглянуто важливі аспекти, пов'язані із процесом розробки ігор, зокрема фактори, що впливають на графічний стиль і візуальний контент гри. Графіка та візуальний вміст відіграють ключову роль у привертанні гравців і формуванні загального враження від гри. Велика увага приділяється вибору графічного стилю, який відображається на атмосфері гри.

Зараз спостерігається надзвичайно швидкий розвиток технологій, таких як штучний інтелект, реалістичне освітлення та трасування променів, що відкриває нові горизонти для графіки в іграх. Разом із зростанням можливостей, збільшується відповідальність розробників у створенні візуальних вражень.

Сучасні можливості технологій дозволяють індустрії розробки відеоігор прагнути до вищих стандартів реалізму та докладності. Однак ця реалістичність не завжди є кінцевою метою. Стилізовані підходи, які використовують спрощені форми, абстракцію та виразність, надають геймдеву свободу для вираження унікальних художніх концепцій та ідей.

Зокрема, було проаналізовано два основних графічних стилі - стилізований і реалістичний. Реалістичний стиль спрямований на максимально точне відтворення реального світу і вимагає високої деталізації, фотореалістичних текстур та точного моделювання світла та тіней. З іншого боку, стилізований стиль дозволяє відтворювати специфічні стилі або вирази, використовуючи яскраві кольори, спрощені геометричні форми та стилізовані текстури. Вибір між цими стилями залежить від мети розробки гри і ефекту, який бажається досягти.

Вибір графічного стилю, типу моделей і матеріалів впливає на ефективність розробки, обчислювальні вимоги і враження гравців від гри. Досягнення балансу між графічною якістю та ефективністю - ключовий завдання розробників. Від рішень, прийнятих щодо вибору стилю, моделей та матеріалів, буде залежати загальний успіх проекту.

Топологія моделі грає важливу роль у формуванні не тільки вигляду, але і анімації об'єктів та персонажів. Вибір між низько- та високополігонними мешами, а

також між стилізованими та реалістичними моделями визначається завданнями проекту та бажаним стилем. Кожен з цих аспектів вимагає глибокого розуміння від розробників ігор та відіграє ключову роль у створенні неповторних візуальних світів. Низькополігонні моделі призначені для візуалізації у реальному часі та відображають основні форми об'єкта, зазвичай маючи обмежену кількість полігонів. Високіполігонні моделі, навпаки, мають більше деталей і використовуються для створення деталізованих об'єктів, але вимагають більшого обчислювального ресурсу.

У цьому розділі також було відзначено важливість матеріалів та їх налаштування у процесі розробки ігор. PBR (Physically Based Rendering) матеріали дозволяють досягти реалістичного візуального ефекту, відтворюючи фізичні властивості поверхні об'єктів. Текстури та освітлення грають важливу роль у створенні PBR матеріалів, які можуть бути налаштовані як для реалістичних, так і для стилізованих моделей, залежно від бажаного ефекту.

Основними компонентами PBR є кілька властивостей матеріалів. По-перше, це «альбедо», яке визначає базовий колір поверхні матеріалу та його здатність розсіювати світло. Далі, «грубість» вказує на ступінь розсіювання світла на поверхні, при чому гладкі поверхні мають низьку грубість, а грубі - високу. «Металічність» вказує, наскільки схожий матеріал на метал, тобто чи він відображає світло, як метал, чи розсіює його, як неметал.

При створенні PBR матеріалів важливо враховувати і "нормалі", які визначають, як світло відбивається від поверхні та створює тіні та рельєф. Додатково, "амбієнтна оклюзія" враховує, наскільки світло може досягти певних областей на поверхні, створюючи тіні в місцях, де світло зазвичай менше потрапляє.

Крім того, PBR враховує вплив навколишнього середовища та освітлення на вигляд об'єктів. Він може відображати відбиття навколишнього середовища на поверхні об'єктів та створювати реалістичні відбитки світла.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ СТИЛІВ, МЕТОДИ ЇХ ДОСЯГНЕННЯ

#### 2.1. Пайплайн розробки 3D-моделі

Пайплайн розробки 3D-моделі – це процес, який використовується для створення тривимірної комп'ютерної графіки, зазвичай для відеоігор, фільмів, телебачення та анімації. Це серія кроків, кожен з яких готує тривимірні моделі та інші елементи для наступного етапу виробничого процесу (рис. 2.1). Це може включати завдання, такі як моделювання, текстурування, створення ригу, анімація, освітлення, відтворення та композиція. Кожен пайплайн є унікальним і може відрізнятися залежно від проекту та використовуваного програмного забезпечення. Однак кожний пайплайн слідує тим же основним процесам, щоб забезпечити, що кінцевий продукт виглядає якнайкраще. [10]

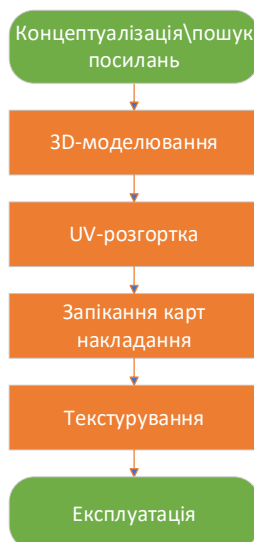


Рис. 2.1. Базовий пайплайн створення 3D-моделі

				<b>НАУ 23 17 84 000 ПЗ</b>			
Виконав	Пугач А.М.			АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ СТИЛІВ, МЕТОДИ ЇХ ДОСЯГНЕННЯ	Літера	аркуш	аркушів
Керівник	Холявкіна Т.В.					35	23
Консульт.					УС-211 М 122		
Н. контроль	Райчев І.Е.						

Пайплайн є визначальний для успіху будь-якого виробничого процесу. Це виробничий процес, що включає серію взаємопов'язаних кроків, призначених для забезпечення того, що кожний етап процесу буде завершено вчасно, ефективно і економічно. На етапі генерації ідей бізнесу розробляють креативні та інноваційні концепції нових продуктів для розширення свого портфелю. Після того, як ідея була ретельно досліджена та затверджена, вона відправляється на етап розробки, де вона буде розроблена та впроваджена. Після цього продукт піддається серії випробувань для переконання, що всі його компоненти працюють належним чином. Після затвердження продукт може бути випущений. Компанії можуть забезпечити безперебійний хід всього виробничого процесу та тримати всіх зацікавлених сторін в курсі їх роботи, якщо у них є чіткий виробничий конвеєр. Важливо, щоб будь-який успішний виробничий процес мав виробничий конвеєр, оскільки це дозволяє компаніям максимізувати ефективність, забезпечуючи випуск продуктів вчасно та високої якості.

## **2.2. Моделювання твердих поверхонь**

У межах даного проекту буде розроблятися 3D-модель з твердими поверхнями. Розберемо що таке модель з твердими поверхнями та технік її створення.

Модель твердої поверхні - це та, для якої не створюється риг, або не деформується протягом своєї ролі в анімації чи грі, а лише є статичним реквізитом чи елементом оточення (рис. 2.2). У контексті моделювання для різної стилістики, створення базових моделей може не сильно відрізнятися між собою. Залежно від обраної тематики чи стилю, головна різниця виникає при деталізації та щільності геометрії.

Створення моделі з твердими поверхнями також можна називати неорганічним моделюванням. Основна різниця між органічним та неорганічним моделюванням, в кінцевому підсумку, зводиться до кількох ключових факторів:

- Гладкі, дзеркальні, панельовані дизайни.
- Жорсткі, структуровані корпуси.
- Геометричний та часто промисловий мотив.
- Акцент на витончені деталі.
- Зазвичай включає принаймні одну вісь симетрії.
- Кольори та матеріали зазвичай визначаються межами полігональної сітки.
- Моделі твердих поверхонь часто використовуються з великим натхненням від реальних образців.

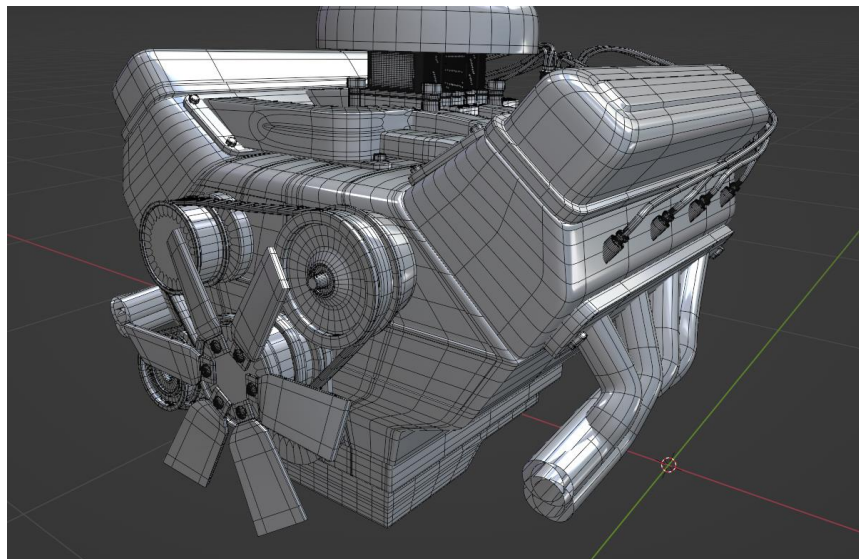


Рис. 2.2. Приклад моделі з твердими поверхностями

Моделювання твердих поверхонь не є CAD-моделюванням. Однак знання механіки або виконання дослідження є дуже важливим для надання переконливого вигляду, який захоплюватиме. Зазвичай при створенні таких моделей вважається як саме механічні елементи моделі взаємодіють між собою.

Одна з найпоширеніших технік – це бокс та підподілення (box/subdivision) моделювання та по-полігональне. Метод бокс та підподілення моделювання починається з базової примітивної форми, яка ретельно вдосконалюється за допомогою інструментів та операцій редагування моделі: витягувань, масштабувань, розщеплення геометрії та булевих операцій. Форма та структура полігональної сітки

поступово будується і вдосконалюється з кожним наступним рівнем підподілення. Додаються додаткові полігони, що надає їй достатньо геометрії для вдосконалення форми та додавання деталей. Цей процес повторюється до того часу, поки модель вірно передає задуманий дизайн на стадії концепції. [7]

По-полігональне моделювання - це протилежність бокс-моделювання, де, замість того, щоб починати з примітивної початкової форми, яка вдосконалюється, модель будується поетапно з нуля. У даному методі часто починають з однієї вершини або площини, поступово будуючи форму за допомогою інструментарію редагування 3D-моделі. [7]

Жодна з цих технік не є кращою за іншу, обидві мають свої переваги та недоліки. Бокс та підподілення моделювання краще підходить для створення базової моделі або коли модель ще на етапі раннього стану, що дозволяє швидко побудувати початкову форму та легко скоригувати її форму та пропорції. По-полігональне моделювання дозволяє більшу контроль над геометрією та набагато легше використовувати для складних форм, які вимагають точності та витонченої топології, таких як обличчя чи вуха. Найкращий спосіб використання цих технік - це поєднання їх сильних сторін і використання обох. Наприклад, використання бокс/сабдивізіон моделювання для великих за масштабом областей моделі та по-полігональне моделювання для більш складних менших областей, які вимагають дуже щільної деталізації.

### **2.3. Досягнення реалізму**

Зазвичай реалістична модель – це та, яка повністю відображає властивості оригінального об'єкту з реального світу, на якій вона базується. Але не завжди модель, що створюється має існуючий аналог в реальному світі. Головне створити саме враження того, що даний об'єкт може існувати у реальному світі.

Реалістичне 3D-моделювання вимагає використання правильних тенхлік для досягнення бажаного рівню деталізації та відповідності. Для досягнення такого

результату існують багато різних технік, що включають в себе збір посилань, розуміння пропорцій, врахування фізики реального світу, отримання відгуку та інше, які використовуються 3D-художниками.

### **2.3.1. Збір посилань**

Перед тим як виконувати тривимірне моделювання, важливо зібрати достатньо велику кількість посилань та провести ретельне дослідження. Цей етап забезпечує те, що кінцева модель максимально наблизиться до реального об'єкта чи сцени, яку ви прагнете відтворити. Посилання можуть включати фотографії, ескізи, креслення, а навіть фізичні об'єкти.

Глибоке дослідження допомагає зрозуміти характеристики, деталі та відтінки предмета. Ці знання дозволяють приймати обґрунтовані рішення під час процесу моделювання, забезпечуючи точне відтворення реальності вашою моделлю. Незалежно від того, чи створюєте ви персонажа, історичну будівлю чи природний ландшафт, дослідження лягає в основу досягнення автентичності.

### **2.3.2. Масштабування та пропорцій, рівні деталізації**

Створення у 3D-моделі у реалістичному стилі вимагає високої зосередженості на деталях. При аналізі будь-якого об'єкту з реального світу, у його формі можна виокремити 3 види деталізації: середні деталі, малі деталі та мікро-поверхневі деталі (рис. 2.3). Кожен рівень деталізації визначає вигляд та реалістичність об'єкта, і важливо систематично вдосконалювати кожну частину процесу.

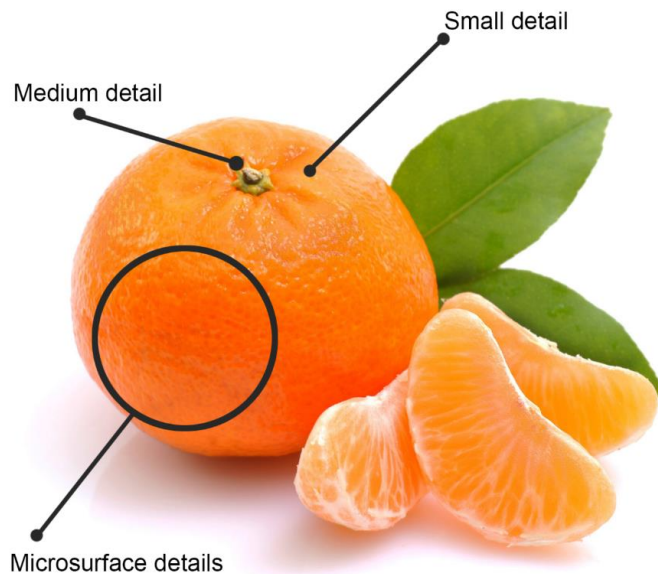


Рис. 2.3. Різні рівні деталізація на прикладі реального об'єкту

На першому етапі визначені середні деталі, що визначають загальний контур та форму об'єкта. Збереження правильності пропорцій та проведення базової геометричної обробки є основною метою цього етапу. Важливо дотримуватися вірності вигляду моделі і забезпечити правильність обраного контуру.

Далі, увага переходить до малих деталей, які вносять більш тонкі нюанси в форму об'єкта. Витягнуті краї, рельєф та інші елементи додають об'єму та структури, створюючи більш деталізоване зображення.

Останнім рівнем деталізації є мікро-поверхневі деталі. Тут введені дрібні шорсткості, виїмки та інші елементи, які забезпечують глибокий і вишуканий вигляд моделі при детальному розгляді. Спосіб нанесення таких дрібних деталей відрізняється в залежності від методу моделювання, наприклад при скульптингу меш дуже щільний, що дозволяє нанести мікро-поверхневі деталі саме на геометрії. Але при полігональному моделюванні, необхідно зберігати організовану полігональну сітку, тому більш доцільним є використання текстурних карт.

Створення самого об'єкту здійснюється на різних рівнях геометричної комплексності. Необхідність в цьому виникає для збереження якісного вигляду



моделі та оптимізації.

*Середній рівень деталізації:* Моделі середнього рівня деталізації надають можливість створювати більш деталізовані об'єкти, зберігаючи при цьому рівень оптимізації ресурсів. Моделі середнього рівня часто використовуються як базис для створення високополігональних та низькополігональних версій, щоб задовольнити різні вимоги проекту.

*Високий рівень деталізації:* Моделі з високим рівнем деталізації представляють собою вражаюче деталізовані об'єкти, які мають значну кількість полігонів. Це використовується для створення реалістичних об'єктів у високоякісних візуальних проектах, таких як фільми, рекламні ролики або деталізовані моделі для віртуальних ілюстрацій. Високополігональні моделі дозволяють детально прорисовувати поверхню об'єкта, відображаючи всі мікродеталі та текстурні елементи. Використання цих моделей може вимагати великої потужності обчислювальних ресурсів для рендерингу, тому їх частіше за все використовують у виробництві та постпродакції, а не в реальному часі. [3]

*Низький рівень деталізації:* Моделі з низьким рівнем деталізації вирізняються обмеженою кількістю полігонів, що складають їх поверхню. Це основний підхід у виробництві відеоігор та інтерактивних додатків, де важлива продуктивність та висока кадрова частота. Об'єкти, створені з використанням низькополігональної геометрії, зазвичай стилізовані, мають абстрактні форми і призначені для швидкого та ефективного відображення в реальному часі.

### **2.3.3. Масштабування 3D-моделі**

Збереження точного масштабу та пропорцій є фундаментальним для досягнення реалізму в тривимірному моделюванні. Об'єкти у віртуальному світі повинні відтворювати свої реальні аналоги за розміром та взаєминами. Ігнорування масштабу та пропорцій може призвести до візуально вибиваючих результатів.

Використання зображень-посилань із відомими вимірами допомагає досягти точного масштабу. Крім того, програмні засоби часто надають функції встановлення

одиниць вимірювання та розмірів, що допомагає зберігати однорідні пропорції протягом усього процесу моделювання. Увага до масштабу забезпечує, що модель ідеально вписується в своє призначене середовище, чи то це відеогра, архітектурна візуалізація або фільм.

Для отримання найкращої якості зазвичай накладають кілька карт, включаючи контур, зображення та інші поверхневі карти. Як правило, сучасне програмне забезпечення для моделювання дозволяє застосовувати карти різних форматів, тому їх використання є важливим. Наприклад, 3D-моделювальники звертаються до втратних та невтратних бітмап (наприклад, TARGA), імпортуючи карти, які забезпечують реалістичний ефект. [3]

Крім того, надзвичайно важливо звертати увагу на матеріал, з здійснюється робота. Це залежить від того, чи має модель бути глянцевою чи матовою в реальному житті. Реалістичні моделі слідують природним шаблонам.

#### **2.3.4. Ретопологія**

Ретопологія означає перебудовування низькополігонального мешу поверхні над існуючим мешем високої полігональності. Це є важливою частиною процесу, високополігональні меші мають базову топологію, яка не є придатною для використання і має занадто велику деталізацію та кількість полігонів, що надто навантажує гральний рушій.

Через це, необхідно виконати ретопологію високополігональної моделі, створюючи новий меш зверху неї. Даний меш відповідає існуючій високополігональній моделі, але має гарно-організовану та оптимізовану полігональну сітку, із значно меншою кількістю полігонів (рис. 2.4).

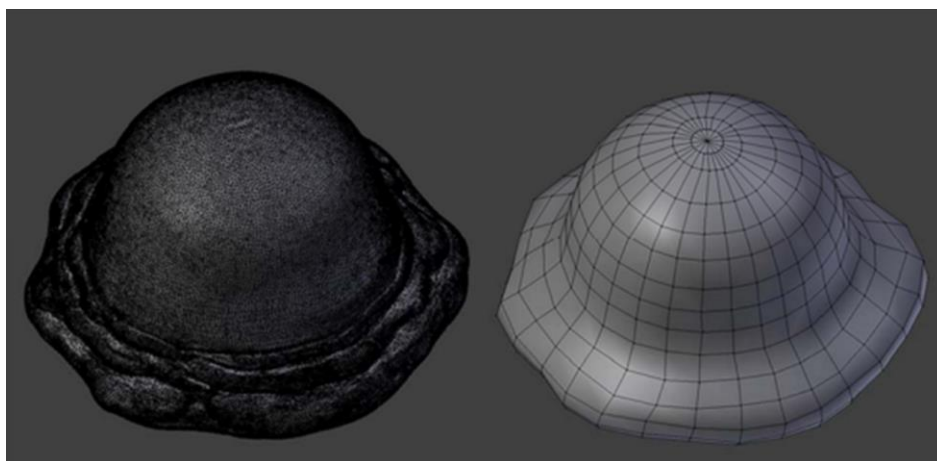


Рис. 2.4. Ретопологія багато-полігонального мешу

Під час ретопології важливо слідкувати за кількістю полігонів. Для забезпечення сталої кількості кадрів і плавного ходу гри важливо створювати тривимірні моделі з низькою кількістю полігонів, щоб не надто навантажувати ігровий рушій. З розвитком апаратних засобів кількість полігонів, яку може мати кожен ресурс, значно зросла, але все ще важливо дотримуватися жорсткого бюджету полігонів, який зазвичай визначається платформами, на яких гра буде запускатися.

Іноді можна пропустити етап ретопології, коли створюють моделі за допомогою полігонального моделювання, якщо вони є відносно простими і будують сітку з правильною топологією та низькою кількістю полігонів від самого початку. Однак завжди існує певний рівень оптимізації та очищення, такий як додавання додаткових петель країв навколо з'єднань, щоб надати мешу додаткову геометрію в областях, які згинаються, і дозволити їй краще деформуватися, або оптимізація полігональної сітки для досягнення мінімальної кількості полігонів для оптимальної продуктивності ігрового рушія.

### 2.3.4. UV-розгортка

UV-відображення, або процес розгортання UV, починається розгортанням поверхні тривимірної моделі для створення розгорнутої, розгладженої 2D-зображення, де можна розмістити текстуру. UV визначають двовимірну систему текстурних координат, відповідно U та V, які допомагають з розміщенням карт текстур зображень на тривимірній моделі.

Для розгортання мешу необхідно розмістити «шви» по всій моделі (рис. 2.5). Добрим способом визначити, де розмістити шви, є уявити текстуру як обгортку навколо моделі, враховуючи місця, де шви природно виникають. Шви розміщуються там, де їх можна приховати або зробити менш помітними на моделі (залежно від кута камери, який використовується в грі), наприклад, під підборіддям чи навіть під пахвами. Більшість сучасних 3D-програм мають інструмент для рисування, який дозволяє моделювальнику розмальовувати прямо по моделі, що полегшує виправлення цих швів.

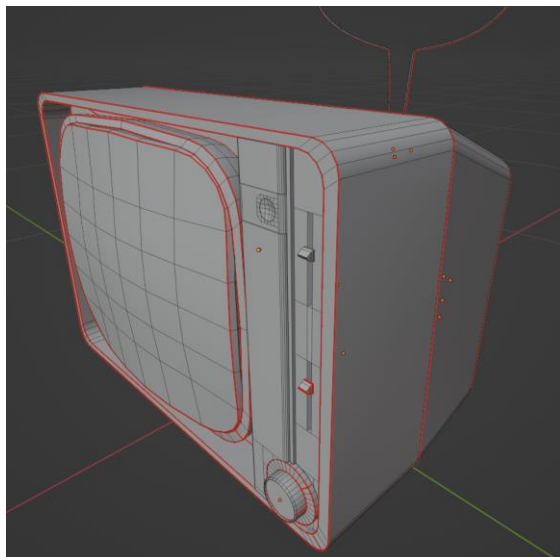


Рис. 2.5. Зображення «швів» розгортки на готовій моделі

Під час розташування UV важливо організовано упаковувати їх разом, максимально економлячи простір. Однак важливо залишати принаймні 4-10 пікселів

простору між ними через можливість "кровоточіння" текстури. Найкраще залишати більше місця для UV для більш важливих областей, які вимагають більше деталей. Також важливо якнайбільше дзеркалювати UV, залишаючи асиметрію для областей, які будуть найбільш видимими у камерах гри. Приклад UV-розгортки зображено на рис 2.6.

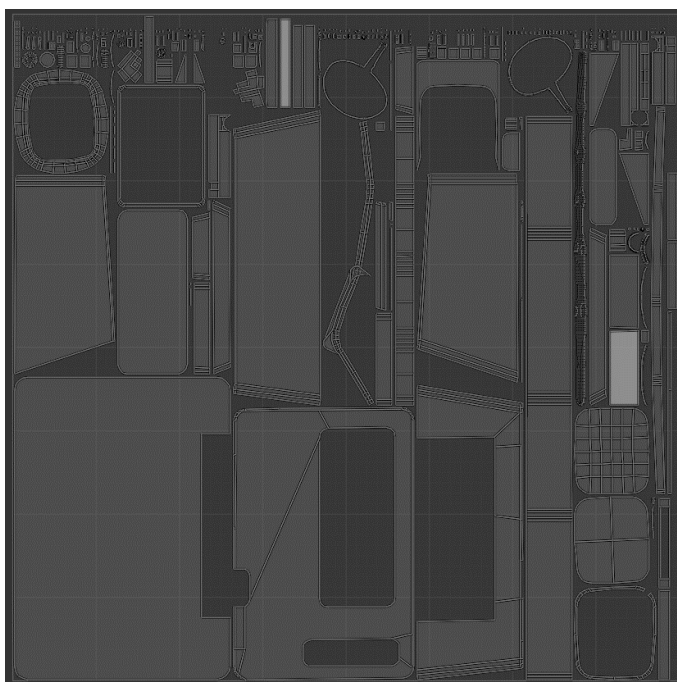


Рис. 2.6. Розгорнута 3D-модель на UV-площині.

Під час організації UV також важливо мати на увазі, якого типу кут буде у грі для камери. Наприклад, якщо камера гри заблокована в ізометричному вигляді, то UV верхньої частини тіла повинні займати найбільший простір, оскільки вони знаходяться більше в фокусі і, отже, вимагають більш високого рівня деталей, тоді як нижні частини тіла більш приховані від виду, потребують менше деталей і, отже, можуть мати менший UV-простір.

### **2.3.5. Текстурування**

Останнім етапом при створенні тривимірної моделі є текстурування. Текстури

- це двовимірні зображення, які накладаються на поверхню тривимірної моделі і призначені впливати на її зовнішній вигляд. Вони можуть додавати колір, текстуру або навіть контролювати певні властивості матеріалу, такі як глянцевість чи відбивання, в залежності від стилю текстурування, який використовується. Оскільки в іграх існує жорсткий бюджет полігонів для оптимальної продуктивності, текстури - це найкращий спосіб зберігати якість та високий рівень деталізації моделей, при цьому зберігаючи низьку кількість полігонів.

Існують різні методи текстурування в залежності від використовуваного стилю. Як вже зазначалося раніше, існує текстурування PBR, яке використовує кілька карт та матеріалів (карти нормалей, альbedo, мікроповерхні, відбивальність, виїмка, АО), що часто використовується для більш реалістичного підходу.

Після того, як були розташовані UV-розгортки, можна починати застосовувати та обробляти текстури. Зазвичай це виконується в програмах для малювання та розфарбовування, таких як Photoshop, що дозволяє художникам розглядати процес текстурування, наче це ілюстрація або малюнок, або використовувати режими шарів для більш реалістичного підходу. Це часто є взаємодією між процесом текстурування в програмі для малювання 2D та оцінюванням результатів на реальній тривимірній моделі, перезавантажуючи текстури в обраному програмному забезпеченні для тривимірного моделювання.

Сучасні програми для тривимірного моделювання дозволяють безпосередньо малювати на моделях (наприклад, 3D Coat, Zbrush та інші), а деякі навіть спеціально призначені лише для проведення процесу текстурування (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Інтерфейс спеціалізованої програми для 3D-текстурування

Здатність малювати безпосередньо на моделі та спостерігати за змінами в реальному часі є набагато інтуїтивніше, ніж текстурування на сплюснених UV-розгортках. Крім того, при використанні цього методу текстурування шви стають менш проблемною областю, оскільки їх можна малювати безпосередньо. У кінці кінців це вирішується самим художником-текстуристом, який обирає програмне забезпечення та методи роботи, які найкраще підходять саме йому. Деякі обирають певне програмне забезпечення, тоді як інші використовують комбінацію різних програм для досягнення візуального стилю, який вони намагаються відтворити.

## 2.4. Досягнення стилізованої моделі

### 2.4.1. Визначення стилістики

Модифікаційний пайплайн залежить від бажаного кінцевого результату. Головна мета даного проекту – це якомога більше спростити виробничий процес, але не компенсувати деталізацію об'єкта.

Якщо метою є саме спрощення процесу розробки 3D-моделі, то в такому випадку підходить саме мінімалізм. Найпопулярніше уявлення про мінімалістичну гарфіку – це базова форма моделі, на яку накладається шейдер з базовим кольором.

Так, як такі моделі не використовують карти накладань та текстури, які малюються вручну, немає необхідності створення UV-розгортки. Простота їх створення дозволяє створити масштабну сцену у досить короткий час (рис.2.8).



Рис. 2.8. 3D-сцена, виконана у мінімалістичному стилі

Сцена на Рис. \* виконана саме у мінімалістичному стилі. Але окрім базового кольору, більшість 3D-моделей використовують шейдери, що містять згенеровані текстури, які надають 3D-моделям більш унікальний вигляд. Через відсутність UV-розгортки, використовується альтернативний спосіб їх накладання, замість розподілення 2D-рисунок на UV-розгортку, рисунок проєктується з трьох осей, глобальні координати 3D-середовища, після чого налаштовуються значення згенерованої текстури та накладається маска.

Розберемо асет зі сцени, та відповідне налаштування вузлів. Дана модель має лише основний колір та текстуру. Ця текстура обробляється вузлом Voronoi, що надає їй відповідний стилізований вигляд, із жорстким переходом кольорів. Також використовується текстура-градієнт, для визначає маску накладання (Рис. 2.9).



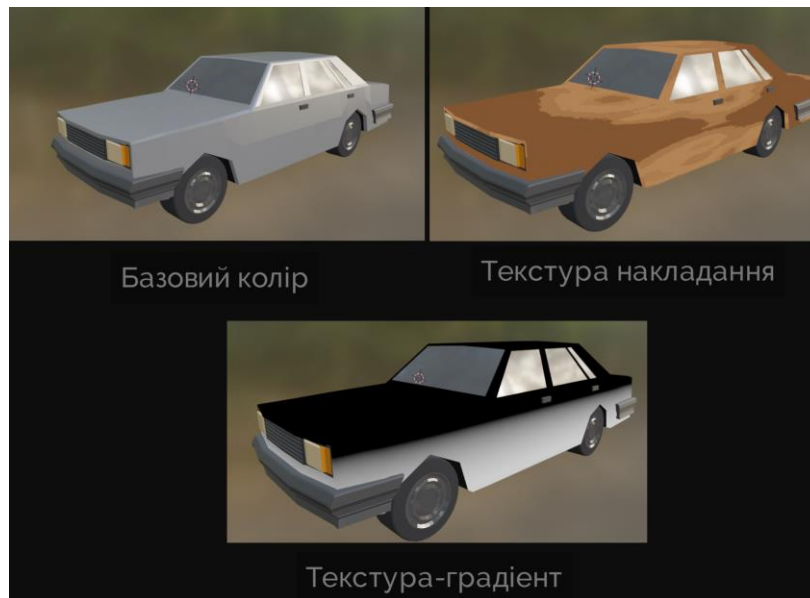


Рис. 2.9. Текстури маскувння мінімалістичної моделі

Кінцевий вигляд 3D-моделі у мінімалістичному стилі та порядок розташування графічних вузлів зображено нижче на Рис. 2.10.

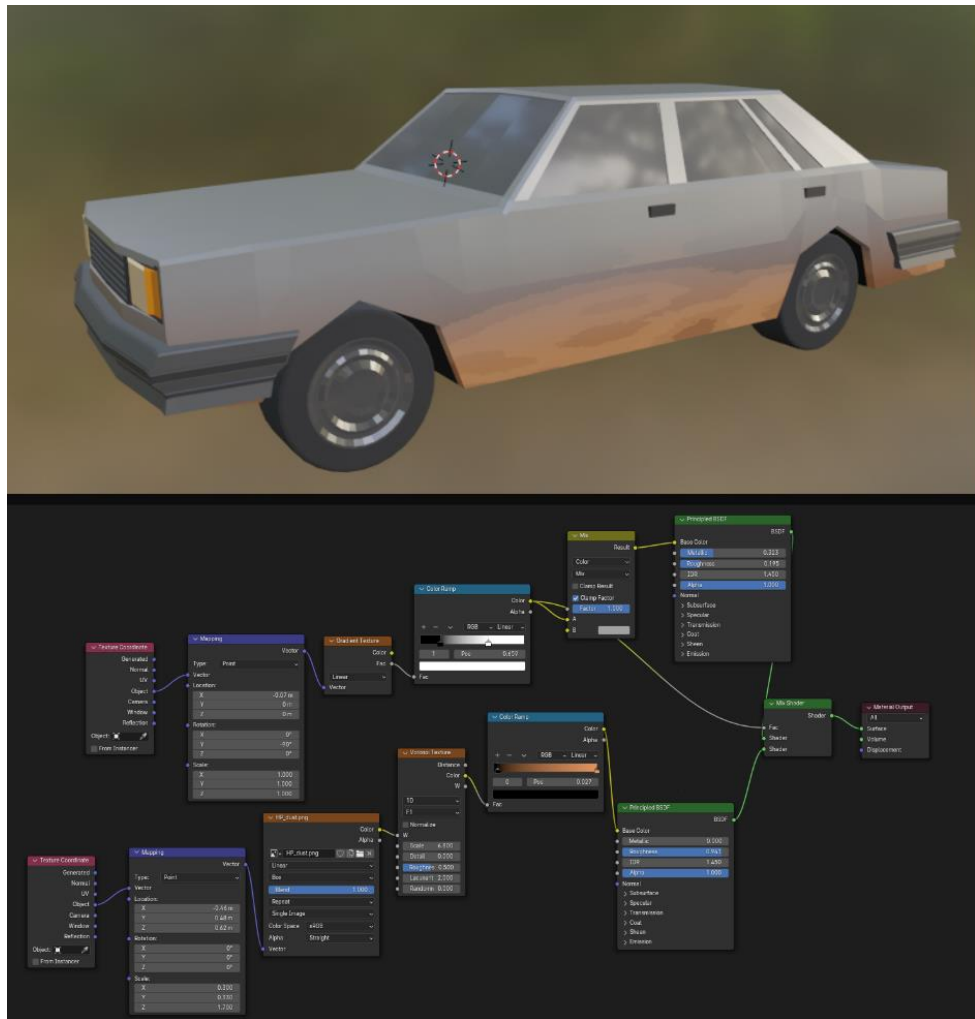


Рис. 2.10. Результат маскування та налаштування графічної вузлів

Хоча геометрична спрощеність не тільки сприяє швидкій розробці, сучасні ігрові рушії дуже оптимізовані і здатні обробляти сотні тисяч полігонів одночасно. У мінімалістичному стилі зовсім не обов'язково обмежуватися простою геометричною деталізацією, якщо обраний художній напрям це дозволяє. Гарним прикладом цього є скріншот з відеогри Deadlink (Рис. 2.11). Усі об'єкти деталізовані на досить великому рівні, але вони зберігають мінімалізований стиль, за рахунок гострих кутів та зберігання простоти топології.



Рис. 2.11. Приклад відеоігрової стилізованої графіки

Переглянемо 3D-асет з цієї гри, щоб розібратися за якими принципами його створено (Рис. 2.12).

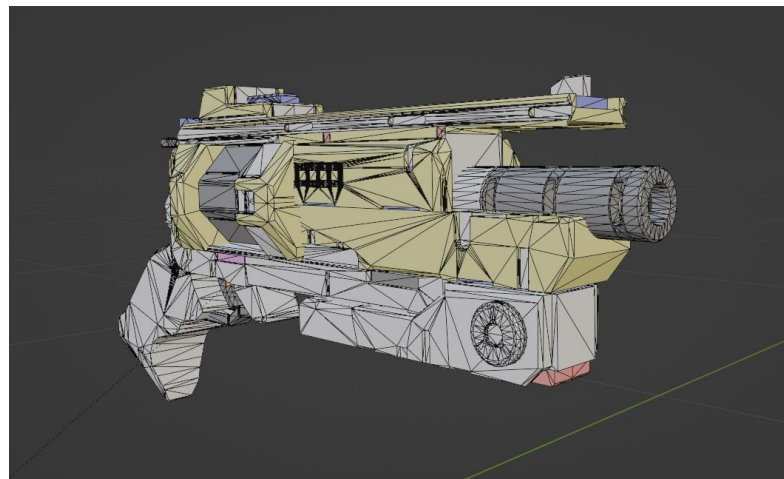


Рис. 2.12. Топологія відеоігрового асету з мінімалістичною стилізацією

Так як у грі цей асет знаходиться дуже близько до камери, він є дуже деталізованим, але абсолютно кожна деталь є геометричною. Сама модель також

використовує базові кольори та внутрішньоігровий шейдинг, замість текстур. Полігональна сітка моделі спрощена настільки, наскільки це можливо, щоб не втратити силуету моделі, але через те, що не використовуються карти накладання, елементи, які можна б було візуалізувати у вигляді текстури є складними геометричними, що негативно впливає на оптимізацію.

## **2.5. Моделювання стилізованої моделі**

### **2.5.1. Збір посилань**

Як і при створенні реалістичній моделі, в першу чергу здійснюється збір посилань. При створенні будь-якої моделі необхідно мати гарний приклад для досягнення бажаного результату. Відрізнитися може тільки зміст посилань, замість відтворення фізично-правильних властивостей та пропорцій, за приклад береться концепційна робота, для відтворення художнього стилю.

Концепційна робота може включати в себе скетчі, тематичні колажі, або інші візуальні елементи, що допомагають візуалізувати кінцевий вигляд. Цей етап є фундаментом для подальшої роботи та гарантує, що у всіх етапах розробки ви будете керуватися специфічним вираженням стилю, що розробляється.

### **2.5.2. Геометричне спрощення**

Одним із ефективних методів геометричної спрощеності є застосування плоских поверхонь та гладких кривих, замість складних геометричних деталей. Це дозволяє зберігати форму об'єкта, але виключає докладні елементи, які можуть бути менш важливими для стилізованого вигляду. Також не використовується підподілення поверхонь, зберігаються n-гони та гострі кути. [4]

Так, як не створюються UV-розгортка, додати надпис або «наліпку» у якості текстури неможливо, але дану лімітацію можна обійти створивши їх у якості геометричної деталі. Недолік такого методу є те, що це значно додає полігонів до моделі, також для них необхідно створити окремий матеріал, щоб вони виділялися

на 3D-моделі.

Так, як кожна деталь суттєво збільшує кількість полігонів, слід уникати деталей, які не вносять суттєвого внеску у стилізований вигляд об'єкта. Необхідно враховувати які деталі можна відкинути або спростити, зберігаючи при цьому естетику та виразність. Це може означати відмову від надмірних зазубрин чи виточок, концентрацію на головних рисах об'єкта.

### 2.5.3. Кольорова палітра

Створення стилізованих 3D-моделей часто базується на обмеженій та виразній кольоровій палітрі. Важливо визначити основні кольори, які характеризують стиль, та використовувати їх консистентно. Замість багаточарових та деталізованих текстур можна вибрати насичені однотонні або градієнтні колірні площини для покриття поверхонь. Кольори можуть виражати атмосферу, настрій та характер моделі. [4]

Спеціальна увага приділяється контрастам та відтінкам, які можуть виділяти ключові елементи моделі та створювати враження глибини. За допомогою кольорів можна підкреслити особливості та схарактеризувати різні частини об'єкта. Важливо відбирати кольорові відтінки, які відповідають обраному стилі та взаємодіють гармонійно між собою.

Також слід враховувати вплив освітлення на кольори та їх взаємодію в різних сценаріях. Використовуйте це як можливість створити унікальні та цікаві візуальні ефекти, які відповідають естетиці стилізованого підходу.

Отже, стиль моделі, що створюється визначається наступним:

- Мінімалістичний вигляд;
- Геометрична деталізація здійснюватиметься на середньому рівні, без створення UV-розгорткок, генерування карт накладання та текстурування;
- Базові кольори з налаштуванням шорсткості.
- Обмежена кольорова палітра та метод тонування цел шейдинг.

## 2.6. Цел Шейдинг

Цел-шейдинг є технікою у 3D-графіці, заснованою на конкретному методі шейдингу. Ця техніка полягає в відтворенні вигляду традиційних 2D-кадрів анімації за допомогою плоских кольорів для тінювання 3D-об'єктів в нереалістичний спосіб.[4]

Цел-шейдинг дозволяє досягти плоского та «рисункового» вигляду, що є характерним для багатьох художніх стилів, спрощуючи деталізацію та створюючи враження намальованого об'єкта. Це особливо ефективно в тих випадках, коли реалістичність не є головним критерієм.

Застосування цел-шейдингу дозволяє ефективно надавати об'єктам об'ємний вигляд, навіть при відсутності значущих деталей у геометрії. Цей підхід взаємодіє із текстурами, кольоровими переходами та заповненням об'єктів, допомагаючи створити неповторний та художній вигляд.

Окрім того, цел-шейдинг сприяє емоційному виразу об'єктів, допомагаючи додати вираженість та стиль до їхніх форм. Це рішення також пропонує широкі можливості налаштувань, що дозволяє експериментувати з різними ефектами, колірними палітрами та стилістичними варіантами.

Проте це не обмежується лише методом шейдингу. У сучасності цел-шейдинг також відомий як художній стиль або метод створення 3D-графіки за допомогою специфічно розфарбованих текстур і використанням контурів.

Приклад використання цел-шейдингу у порівнянні з реалістичним шейдингом наведено нижче на рис 2.13:

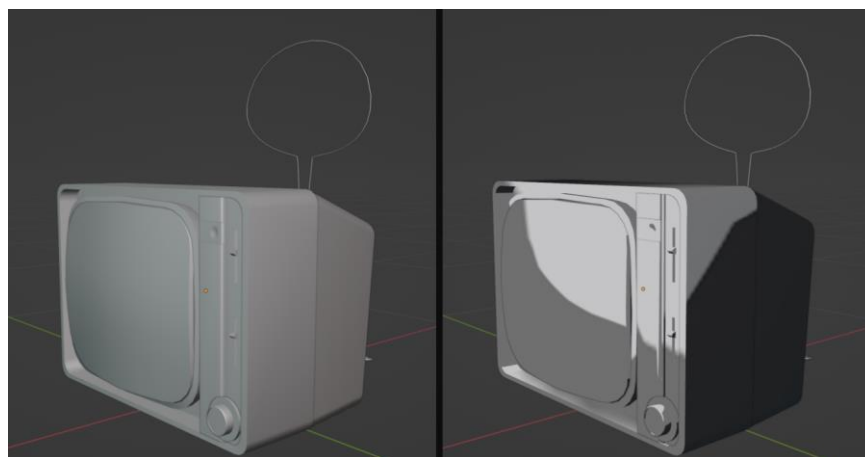


Рис. 2.13. Приклад об'єкту із звичайним шейдингом та цел-шейдингом

Цел-шейдинг не є технічно складним. Ускладнення забезпечення правильного використання цієї техніки включає деякі інші аспекти, які слід враховувати під час виробництва.

Ефект генерується з нормалей об'єктів. Кожна нормаль має свій власний кут, який визначається між її напрямком та точкою освітлення. Обчислюється відповідний косинус і застосовується конкретний відтінок для цих граней/областей. Коли як нормалі і напрямки світла співпадають, відтінок буде світліший. Коли напрямки не збігаються, кут збільшується, і відтінок буде темніший.

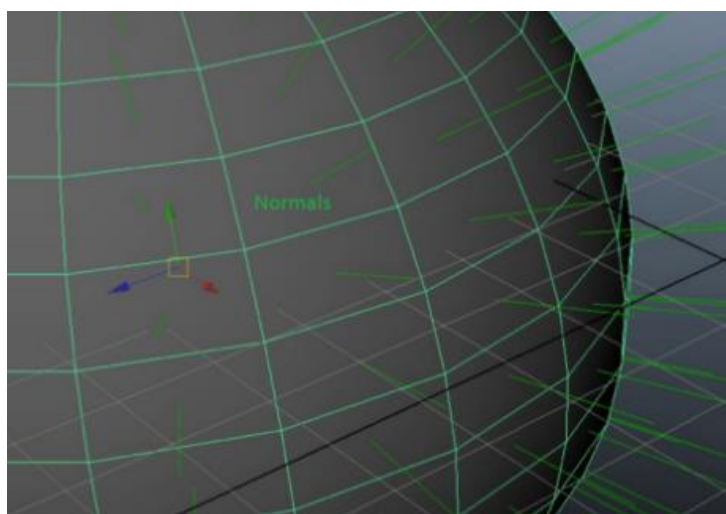


Рис. 2.14. Зображення нормалей на моделі

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі було проведено докладний аналіз аспектів та процесів, які входять для досягнення певної стилістики при 3D-моделюванні. Будь який якісний кінцевий продукт є результатом гарно розробленого пайплайну, який відрізняється в залежності від поставлених цілей. Пайплайн розробки 3D-моделі представляє собою процес, що використовується для створення тривимірної комп'ютерної графіки, зазвичай застосовується у виробництві відеоігор, фільмів, телепрограм та анімації. Це послідовність етапів, кожен з яких готує тривимірні моделі та інші складові для наступного етапу виробничого процесу.

Модель твердої поверхні - це об'єкт, який залишається незмінним, без згинів або деформацій під час використання у відеоіграх або анімації. Вона функціонує як статичний елемент або деталь оточення. У контексті моделювання для різних стилів, базові моделі можуть бути досить схожими. Однак, в залежності від обраного стилю чи тематики, основна відмінність виявляється у рівні деталізації та складності геометрії.

Для досягнення реалістичного 3D-моделювання важливо використовувати відповідні техніки для досягнення бажаного рівня деталізації та відповідності. Існує низка різноманітних методів, які включають в себе збір посилань, уважне врахування пропорцій, врахування фізичних законів реального світу, отримання зворотного зв'язку та інші, які використовуються фахівцями у сфері 3D-мистецтва. Процес досягнення реалізму включає у себе роботу з різними рівнями деталізації, від середніх до мікро-поверхневих деталей. До цього входить створення різних версій моделі, використання UV-розгортки для правильного розміщення текстур, процес запікання карт, а також компетентне текстурування для досягнення оптимального вигляду і тонування моделі. Такий підхід вимагає використання різноманітних технік, щоб кожен аспект моделі був якісно пророблений та сприяв досягненню максимальної реалістичності.



Для стилізованої графіки, якщо основна мета – це спрощення процесу розробки доцільно використовувати саме мінімалізм. У мінімалістичному стилі не обов'язково обмежуватися лише простою геометричною деталізацією, якщо художній напрямок цього дозволяє.

Використання цел-шейдингу дозволяє ефективно створювати об'ємний вигляд об'єктів, навіть без значущих деталей у геометрії. Цей підхід взаємодіє з текстурами, кольоровими переходами та заповненням об'єктів, створюючи унікальний та художній вигляд. Це рішення також надає широкі можливості налаштувань, що дозволяє експериментувати з різними ефектами, колірними палітрами та стилістичними варіантами.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛЕЙ ЗА РІЗНОЮ СТИЛІСТИКОЮ

#### 3.1. Огляд програмного інструментарію

##### **PureRef**

PureRef - це програма для операційних систем Windows, Mac та Linux, яка веде відстеження зображень.

Управління зображеннями в програмі забезпечують такі опції, як можливість обертати, змінювати розмір, відзеркалювати, налаштовувати прозорість, додавати підписи, обрізати або вільно переміщати зображення в робочому просторі. Робочий простір також легко масштабувати та переміщати.

PureRef підтримує різноманітні формати зображень, такі як BMP, DDS, GIF, ICNS, ICO, JPEG, JP2, MNG, PBM, PGM, PNG, PNM, PPM, PSD, TIFF, WEBP, XBM, XPM, TGA (TrueVision 2.0).

Для зручного використання PureRef дозволяє налаштовувати інтерфейс, його кольори, гарячі клавіші та інші системні параметри.

Досить корисною функцією програми є можливість упакувати ваш канвас з референціями в єдиний файл .pur. Таким чином, зробивши таке збереження, ви можете впевнено видалити оригінали, а за потреби легко переглянути їх або розпакувати з програми.

**НАУ 23 17 84 000 ПЗ**

<i>Виконав</i>	<i>Пугач А.М.</i>			РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛЕЙ ЗА РІЗНОЮ СТИЛІСТИКОЮ	<i>Літера</i>	<i>аркуш</i>	<i>аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Холявкіна Т.В.</i>					58	30
<i>Консульт.</i>					УС-211 М 122		
<i>Н. контроль</i>	<i>Райчев І.Е.</i>						

## **Blender**

Blender — програмний пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає засоби моделювання, анімації, рендерінгу, після-обробки відео. До версії 2.80 містив рушій Blender Game Engine для створення відеоігор. Пакет є вільним програмним забезпеченням та розповсюджується під ліцензією GNU GPL.

Особливостями пакету є малий розмір, висока швидкість рендерінгу, наявність версій для багатьох операційних систем — FreeBSD, GNU/Linux, Mac OS X, SGI Irix 6.5, Sun Solaris 2.8 (sparc), Microsoft Windows, SkyOS, MorphOS та Pocket PC. Пакет має такі функції, як симуляція динаміки твердих тіл (Rigid Body), рідин (Liquid simulation) та м'яких тіл (Soft body), редагування матеріалів і геометрії за принципом вузлів (Nodes), велику кількість легко доступних розширень, написаних мовою Python.

Характерними особливостями пакету Blender є його невеликий розмір та підтримка багатьох популярних операційних систем. Він підтримує роботу з багатьма геометричними примітивами — базовими полігональними моделями (куб, сфера, циліндр тощо), кривими Безьє, поверхнями NURBS, metaballs, векторними шрифтами. Шляхом їх перетину та зміни розташування й розмірів окремих полігонів створюються всі інші, складніші, об'єкти. Є функція малювання довільних кривих нарисним олівцем (Grease Pencil).

У Blender будь-яка сутність, з якою взаємодіє користувач, називається об'єктом. Це може бути як полігональна модель чи крива, так і джерело світла, камера огляду, арматура моделі тощо, котрі видимі при редагуванні, але не відображаються в фінальній роботі. При цьому дані об'єкта (певна форма/функція) відділені від нього, тому декілька об'єктів здатні використовувати одні й ті ж дані.

Робота з тривимірними моделями відбувається у сцені, розкресленій координатною сіткою. Об'єкти сцени об'єднуються в так звані колекції. За промовчуванням кожна сцена має одну колекцію, але користувачі вільні створювати нові колекції та переміщувати між ними об'єкти для згрупування своєї роботи. Схема сцени відображається за промовчуванням праворуч вгорі. До сцени може додаватися фон або площина із зображенням-зразком для моделювання. Об'єкти

можуть бути неактивними (з ними не відбувається взаємодії), активними (відбувається непряма взаємодія) та вибраними (користувач взаємодіє конкретно з цим об'єктом). Всі вони мають координати походження, що враховуються при переміщенні та деформації, та виходять з поворотної точки, що може перебувати за межами самого об'єкта. Blender містить інструменти для моделювання методом скульптингу, що симулює ліплення з глини.

На полігональні моделі можуть накладатися текстури та матеріали. Текстура визначає вигляд моделі (колір, прозорість, імітація шорсткості, блиску тощо), а матеріал додатково визначає взаємодію з іншими об'єктами (заломлення променів світла, відображення, свічення). Створення текстур і матеріалів відбувається за допомогою наочних схем, які складаються з вузлів (нодів, nodes) і зв'язків між ними. Існують вузли, що задають масштаб, яскравість, змішування текстур і т. д. Текстури й матеріали можуть генеруватися процедурно.

Blender містить інструменти анімації, серед яких *inverse kinematics*, арматурна (скелетна) та сіткова деформація, анімація за ключовими кадрами, нелінійна анімація, *timeline*, *vertex weighting*, *constraints*, динаміка м'яких тіл, включаючи визначення колізій форми об'єктів при взаємодії, динаміка рідин, *Bullet* динаміка твердих тіл, система волосся на основі частинок та система частинок при визначенні колізій об'єктів.

Програмний пакет можна розширювати доповненнями, котрі упаковуються в архів *.zip* або являють собою файли *.py* (Python). Такі доповнення дозволяють, наприклад, генерувати складні моделі, додавати нові інструменти. Python використовується також як засіб імпорту/експорту файлів (наприклад *COLLADA*), автоматизації завдань.

### **Marmoset Toolbag**

Marmoset Toolbag - це програмний продукт, який включає інструменти для оформлення, текстурювання та запікання в реальному часі.

Функції програми:

- Підтримка анімації усіх форматів;
- Розширене освітлення;

- Запікання текстур.

Marmoset надає користувачу надійний набір матеріалів і налаштувань освітлення, спрощуючи процес рендерингу. Також є можливість підключення карт накладання і вибору сценарію освітлення на основі HDR у меню налаштувань.

Окрім основних інструментів Marmoset, програмне забезпечення постачається стандартним широким списком ефектів пост-обробки, які включають АО, глибину різкості, високоякісний світлий колір, глибокий туман і хроматичну аберацію, всі з якими можна взаємодіяти в реальному часі.

### **Adobe Substance Painter**

Substance 3D Painter - це програмне забезпечення для 3D-малювання, яке дозволяє користувачам текстурувати та додавати матеріали безпосередньо до 3D-мереж у режимі реального часу.

Substance 3D Painter - це програмне забезпечення для 3D-малювання, яке дозволяє користувачам текстурувати та додавати матеріали безпосередньо до 3D-мереж у режимі реального часу.

Основні функції включають:

- **Накладання текстур в реальному часі:** Робота з текстурами організована так, що користувач бачить результат під час їх застосування, причому кожен мазок миттєво застосовується до всіх каналів;
- **Слої:** Робочий процес в Substance Painter нагадує аналогічний у Adobe Photoshop. Він базується на стеку слоїв, які можна додавати, видаляти, об'єднувати, приховувати тощо;
- **Робота з частинками:** Програма дозволяє створювати реалістичні частинки, такі як дощ, дим, вогонь, сніг, пил і накладати їх на тривимірні об'єкти за допомогою різноманітних кистей;
- **Використання шейдерів:** Користувач може імпортувати власні шейдери і створювати канали для малювання, такі як фізично-коректний Physically-Based Shader або нефотореалістичний "мультяшний" Toon Shader;

- **Ефекти та кисті:** Можна створювати або використовувати готові кисті та ефекти для реалістичного старіння чи інших текстурних ефектів;
- **Удосконалений 2D:** Присутній 2D-режим з динамічними тінями, вільно обертовим полотном і безшовним 2D-малюванням, що поєднує в собі переваги 3D і зручності гнучкого 2D-режиму;
- **Обернений робочий процес:** При зміні роздільної здатності програма перераховує кожен штрих, що дозволяє користувачеві змінювати розгортання та перепроєкцію штрихів в будь-який момент;
- **Організація робочого процесу:** Зручна організація інструментів, матеріалів та ефектів, можливість імпортування та створення наборів для роботи;
- **Широка інтеграція з іншими програмами:** Можливість використання тривимірних і двовимірних моделей, ефектів та матеріалів, створених в інших програмах, таких як Substance Designer, Zbrush, DynaMesh тощо.

### 3.2. Концептуалізація та пошук посилань

Першим етапом створення будь-якої 3D-моделі є її концептуалізація та пошук посилань. Для даного проекту не береться за основу реальний об'єкт, тому за основу не вдасться взяти реальні фотографії. Так, як створюватиметься об'єкт з твердими поверхнями, фантастична тематика є дуже гарним вибором, а сама ідея 3D-моделі, що створюватиметься- це стаціонарна енергетична зброя.

У посилань використовуватимуться різні концепти, рендери та асети з відеоігор. Позичання ідей для деталізації з інших робіт дуже допомагають доповнити власний дизайн, бо вони містять гарні приклади деталізації твердих поверхонь, а також можливі ідея функціональності цього об'єкту.

PureRef дозволяє зберегти усі накопиченні матеріали посилання у єдиному файлі, а також організувати їх розташування. Також файл-проект даною програми дуже зручно використовувати як екранний оверлей при моделюванні. Усі зібрані

посилання, що використовуватимуться при розробці проекту, зібрані у файлі програми, зображено на рис. 3.1.

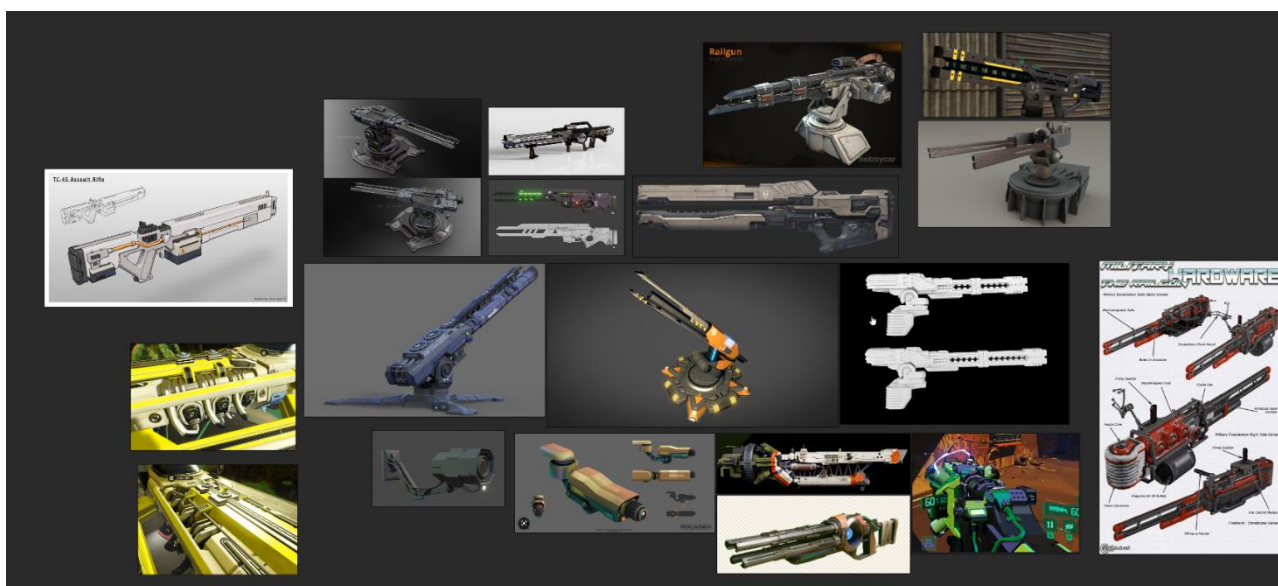


Рис. 3.1. Зібрані посилання, організовані у програмі PureRef

### 3.3. Блокінг та середньо-полігональна модель

Тривимірне моделювання повністю здійснюватиметься у програмі Blender, яка надає дуже широкий інструментарій для редагування 3D-моделей, налаштування шейдингу, та багато інших можливостей, що використовуватимуться у даному проекті.

Наступним етапом створення 3D-моделі є блокінг, який визначатиме загальний силует об'єкта. Для блокінгу використовуються примітивні об'єкти, які редагуються інструментами витягування, зміни масштабу, позиції, кута оберту, операціями Boolean, додавання кромових петель та інше. Геометрія об'єкту на даному етапі є дуже простою, для того, щоб за необхідністю можливо було ввести бажані зміни до загальної форми.

У даному проекті блокінг починається з найбільшого елемента моделі – каркас. Він визначатиме головний силует та подальшу деталізацію моделі (рис. 3.2).

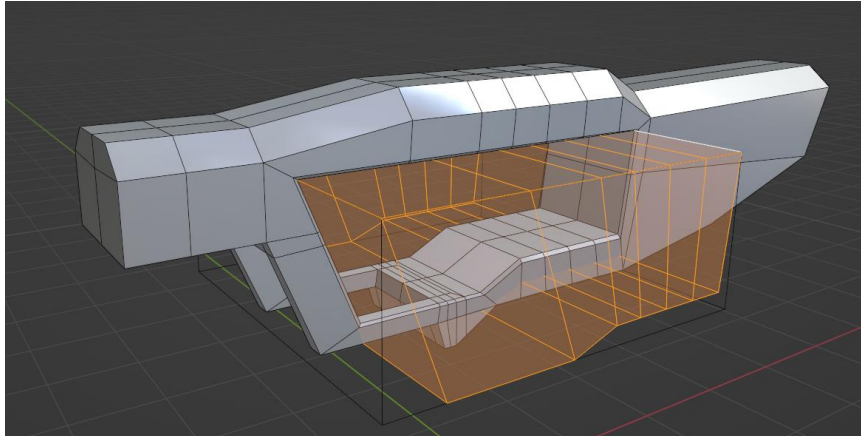


Рис. 3.2. Початкова деталізація дизайну каркасу моделі

Відштовхуючись від форми каркасу та використовуючи посилання, наступні функціональні форми, що додаються до об'єкту – гарматний ствол та установка з ротором, на який він встановлений. З додаванням цих двох предметів, визначення загального силуету можна вважати виконаним і далі переходити до розробки середньо-полігональної моделі. Результат блокінгу зображено на рис. 3.3.

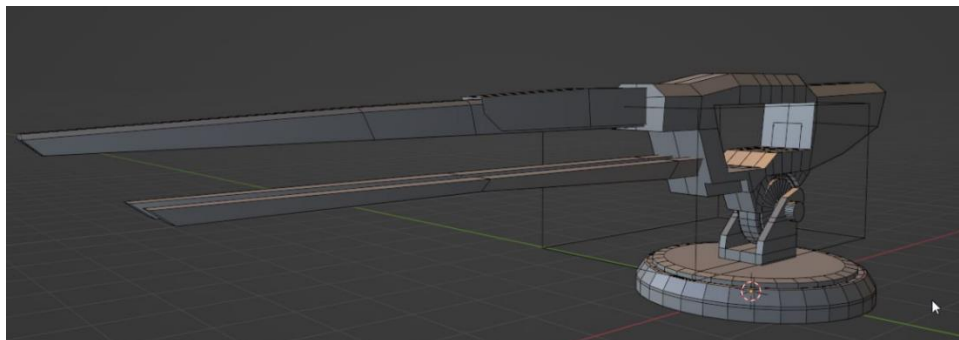


Рис. 3.3. Готовий блокінг моделі

Середньо-полігональна модель є дуже важливою, бо вона визначає усю основну деталізацію об'єкта на середньому рівні, а її елементи використовуватимуться повторно при створенні різних версій моделі.



На даний момент каркас є повністю пустий, тому наступним додається внутрішня деталізація, яка також матиме функціональний зміст роботи даної зброї (рис. 3.4).

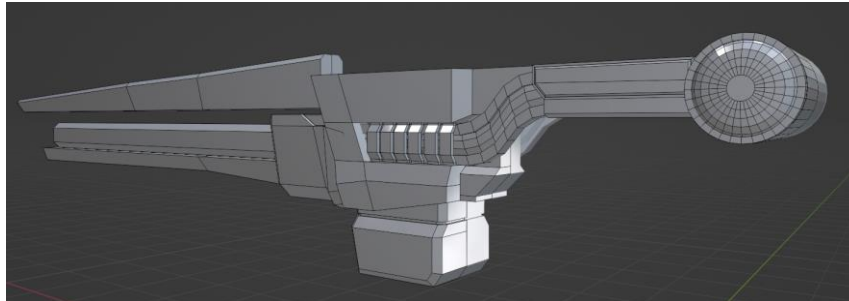


Рис. 3.4. Внутрішня деталізація середньо-полігональної моделі

Далі переглянемо установку, на яку рама закріплена. У блокінгу вона має дуже просту циліндричну форму, а ротор функціонально не має сенсу. Внесемо зміни до цих об'єктів. За допомогою операцій витягування надамо циліндр убільш цікаву форму, яка створює враження більш міцного кріплення.

Так, як функціонально ротор повинен витримувати навантаження важкого каркасу, його дизайн буде повністю змінено на більш об'ємну округлену форму. Результат виконання рображено нижче на рис. 3.5.

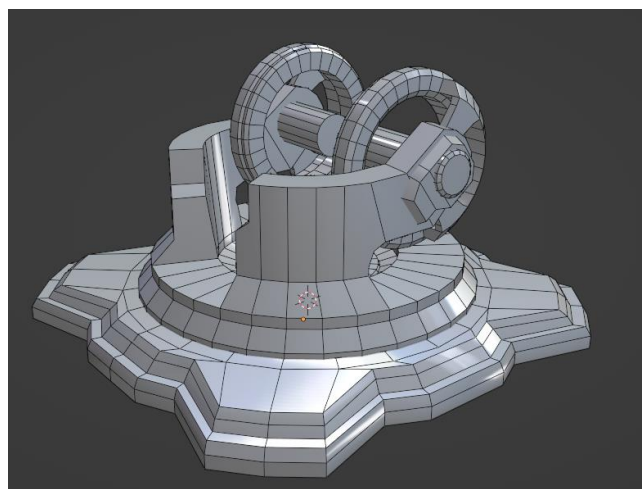


Рис.3.5. Редизайн нижньої частини моделі

Деталізацію на середньому рівні можна вважати завершеною для даної версії моделі, тому можна переходити до деталізації на малому рівні. Додамо різного роду механічну деталізацію у вигляді додаєткових пристроїв, які доповнюватимуть форму об'єкту у різних її областях (рис. 3.6).

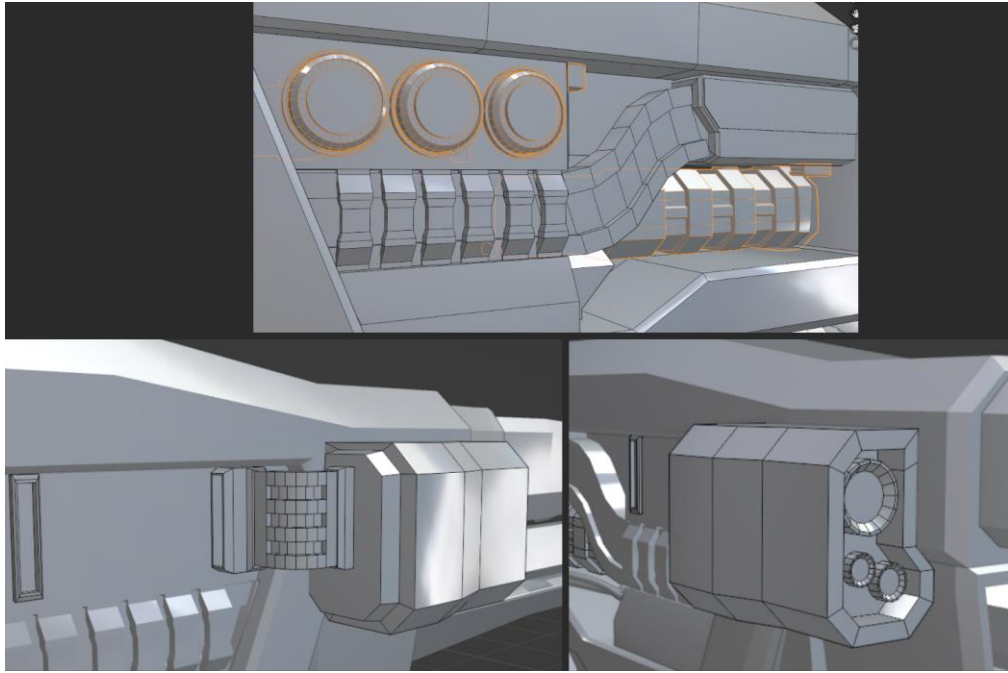


Рис. 3.6. Деталізація на середньому рівні

Одним з невід'ємних елементів дизайну фантастичних механізмів є трубчасті конструкції (зазвичай у формі дротів), що виходять назовні моделі. Такі конструкції надають об'єкту додаткової комплексності та створюють враження саме працюючого механізму.

Для створення таких деталей доцільно використовувати Nurbs криві, які надають детальний контроль над створенням та редагуванням ліній у 3D-середовищі. Цим лініям можна задати об'єм, або накласти будь-який об'єкт, що буде огинати криву.

З використанням даного інструменту, на різних областях 3D-моделі, у контекстуально відповідних місцях, додаємо ще один слой деталізації, який фіналізуватиме вигляд середньо-полігональної версії 3D-моделі (рис. 3.7).

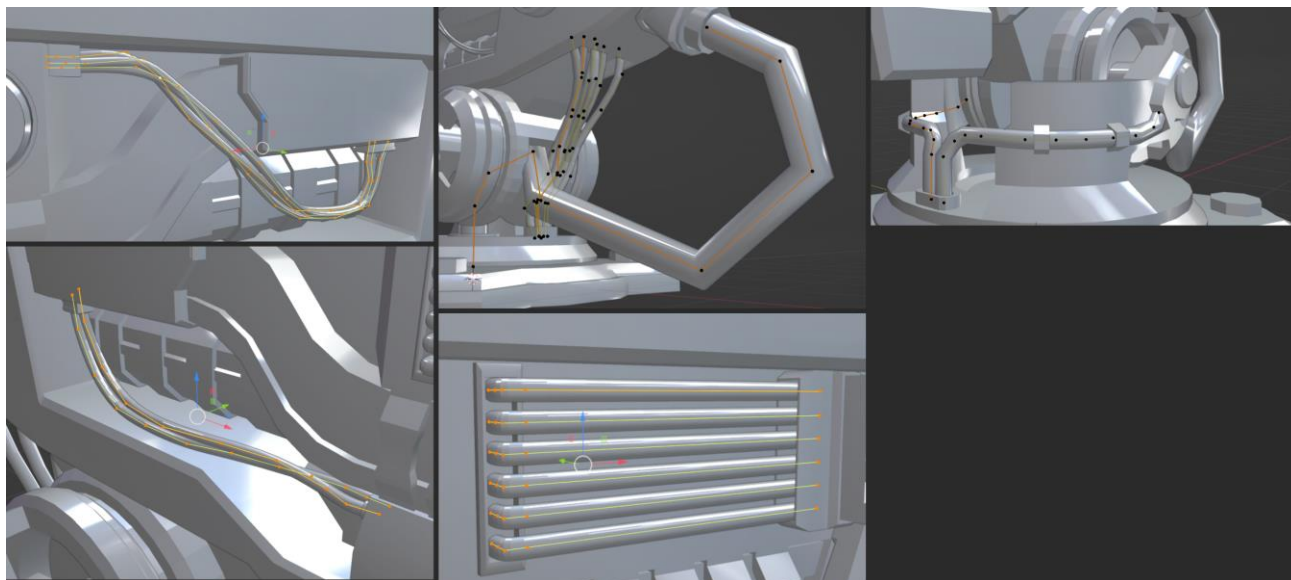


Рис. 3.7. Використання Nurbs кривих для дизайну об'єкта

Кінцевий вигляд середньо-полігональної моделі зображено на Рис. 3.8. Полігональний бюджет даної моделі становить 27 240 полігонів. Вона слугуватиме як основа для усіх подальших версій моделі як для реалістичного, так і для стилізованого варіанту.



Рис. 3.8. Готова середньо-полігональна модель.

### **3.4. Створення Реалістичної моделі**

#### **3.4.1. Моделювання**

Для реалістичної моделі необхідно створити ще дві версії 3D-моделі. Багато-полігональну та мало-полігональну. Багато-полігональна модель містить додаткову деталізацію, яка формує кінцеве візуальне представлення, але як результат щільність полігональної сітки дуже велика, через що експлуатація даної версії не є оптимальною.

Окрім додаткової деталізації, є необхідним досягнути округлості кутів та чистий шейдинг, з використанням модифікатору «підподілення поверхонь», кромових петель та чистої топології. В залежності від форми об'єкту це може зайняти дуже багато часу, та використання складних технік, через що створення даної версії моделі є одним з найбільш часозатратним етапом у паплайні. Приклад досягнення цього, та як модифікується меш зображено на рис. 3.9.

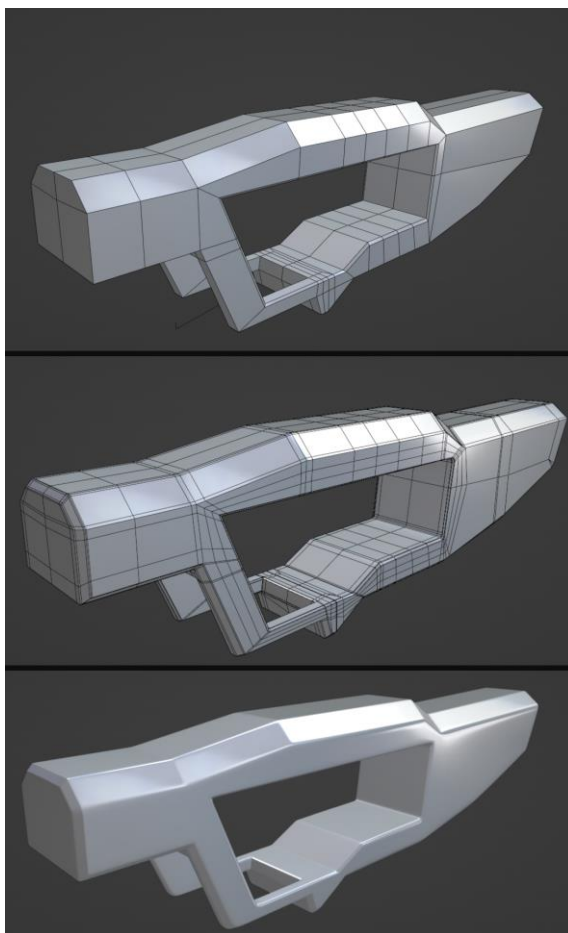


Рис. 3.9. Створення багато-полігональної версії каркасу моделі

Усі області моделі окремо модифікуються для додавання додаткової роздільності моделі. Також створюються нові малі деталі, з метою їх запікання. Важливо враховувати які створювані елементи будуть зображені на карті нормалей (рис. 3.10).

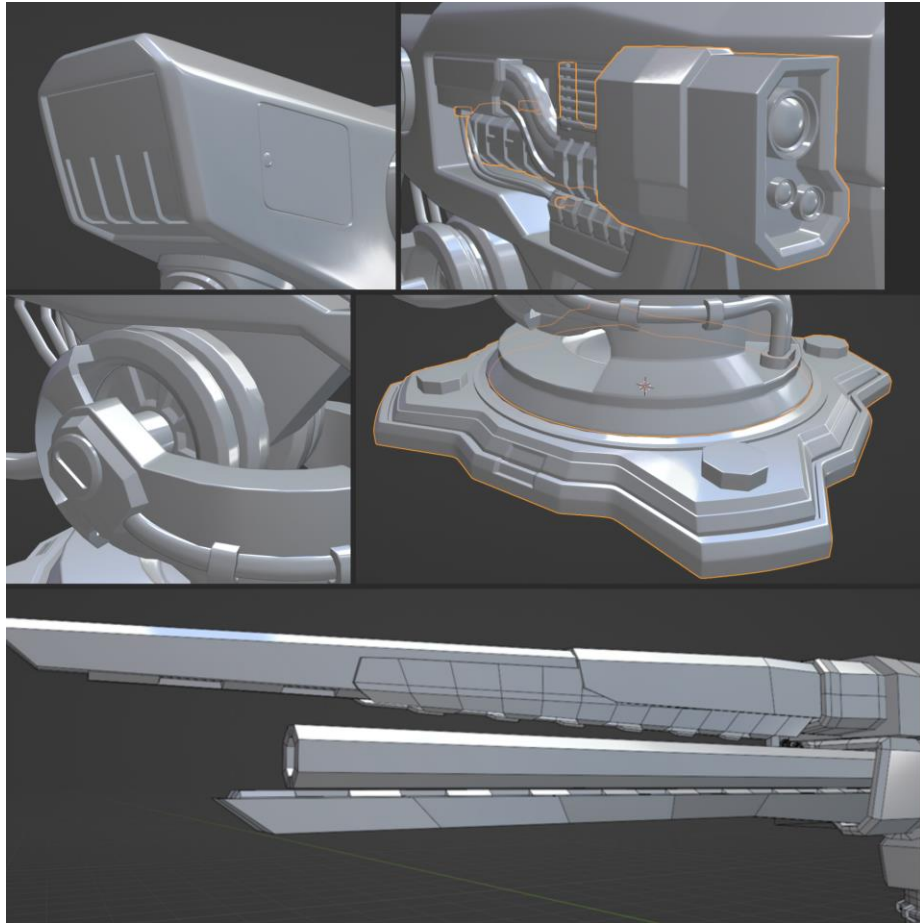


Рис. 3.10. Багато-полігональні версії деталей на середньому рівні

Кінцевий вигляд багато-полігональної моделі зображено на Рис. 3.11. Полігональний бюджет даної моделі ставить 2 421 112 полігонів, що дуже суттєво більше, ніж на середньо-полігональній моделі. Як вже було зазначено раніше, дана модель не є оптимізованою для експлуатації, тому наступним створюється мало-полігональна версія.



Рис. 3.11. Готова багато-полігональна модель

Так, як за основу можна використовувати меш середньо-полігональної моделі, або багато-полігональної моделі без модифікаторів, створення даної версії є суттєво більш простим та швидким процесом, без необхідності у виконанні ретопології.

Мало-полігональна модель повинна мати якомога меншу кількість полігонів, але не за рахунок руйнування форми об'єкту, бо як правило, на неї накладається карта нормалей. Якщо якийсь елемент з багато-полігональної моделі можна зобразити у якості нормалей, то він убирається з мало-полігональної версії для оптимізації. Також з картою нормалей дуже гарно можна передати «плавність» вигляду багато-полігональної версії моделі.

Але є необхідно правильно підготувати таку модель до запікання, щоб уникнути небажаних артефактів, як, наприклад, силует моделі, що запікається, повинен повністю повторювати силует об'єкту, що використовується як основа.

Готова мало-полігональна модель зображена на рис. 3.12, а її UV-розгортка на Рис. 3.13. Полігональний бюджет даної моделі становить 19 620 полігонів, що є суттєвою оптимізацією навіть у порівнянні з середньо-полігональною версією.



Рис. 3.12. Готова мало-полігональна модель



Рис. 3.13. UV-розгортка мало-полігональної моделі



### 3.4.2. Запікання карт накладання

Після завершення моделювання 3D-моделі, наступним етапом є запікання карт, даний процес здійснюватиметься у програмному пакеті Marmoset Toolbag, який надає для цього широкий інструментарій.

Запікатимуться саме 3 карти – нормалей, АО та округлості.

Для даного проекту, використовуватимуться наступні налаштування: формат рисунку .psd, кількість семплів - 16х, rgb формат зображення - 8bit/channel, формат карти нормалей - OpenGl, розширення зображення - 4048x4048. Нижче на рис. 3.14 зображено перед-показ карт накладання у дії та решта налаштувань.

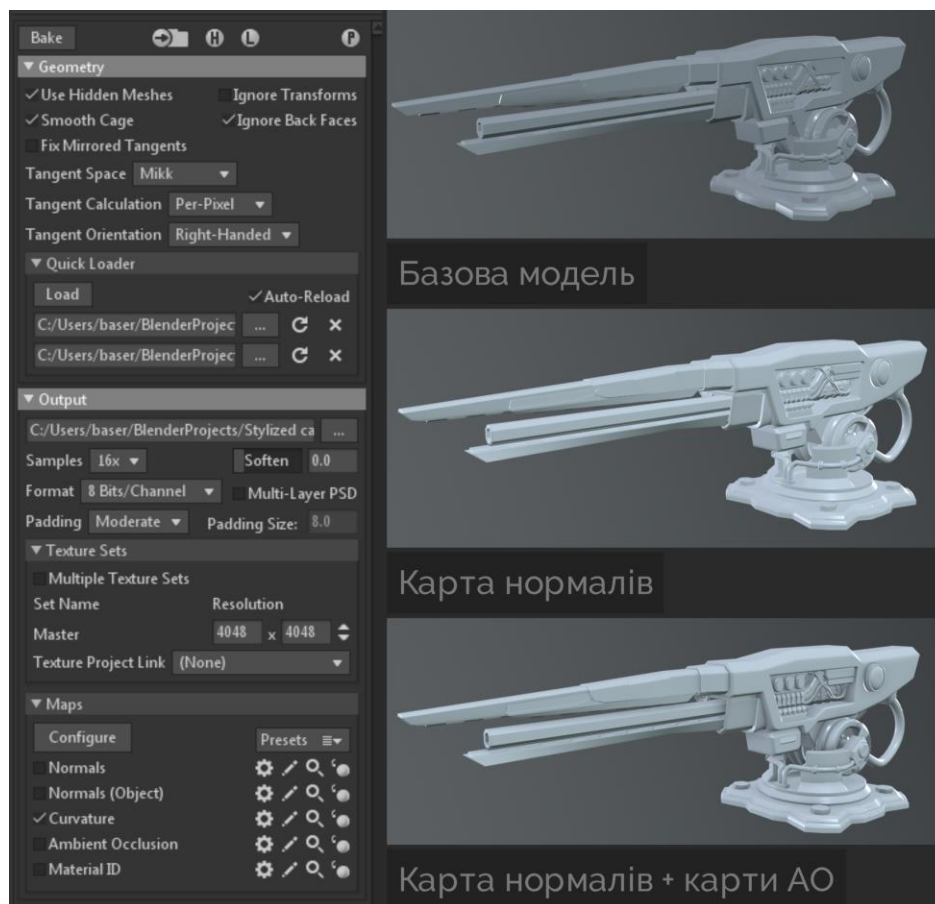


Рис. 3.14. Вигляд мало-полігональної моделі з поступовим використанням карт накладанням

Карти округлості не мають перед-показу, оскільки вони використовуватимуться у наступному етапі – текстурованні. Ці карти визначають усі кути моделі, з їх використанням стає можливим генерування процедурних ефектів по краям моделі, що значно спрощує процес текстуровання.

В результаті процесу запікання було значно оптимізовано модель, без втрати деталізації. На рис. 3.15 зображено результуючі згенеровані .psd файли що в подальшому будуть використовуватися при текстурованні та фінальному вигляді 3D-моделі.

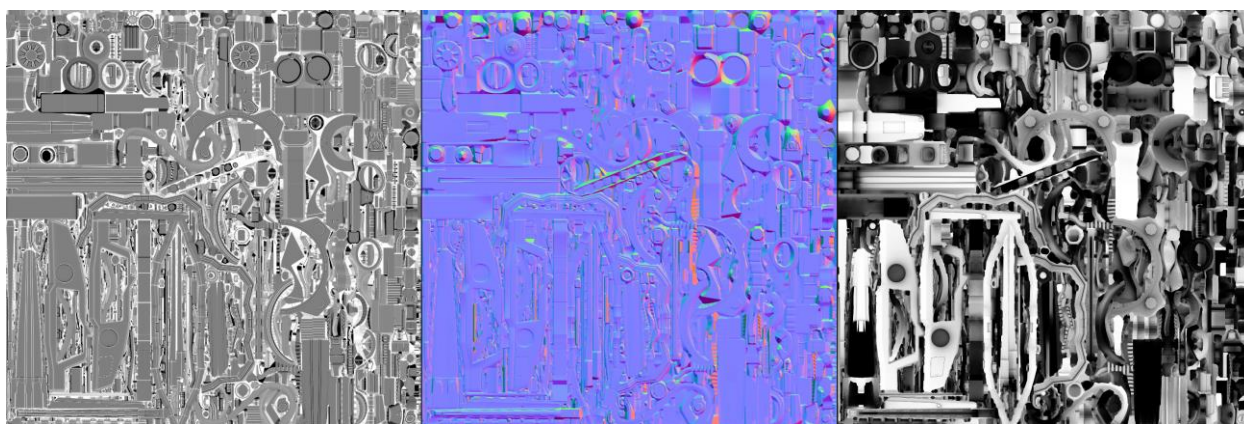


Рис. 3.15. Згенеровані карти накладання

### 3.4.3. Текстуровання

Текстуровання моделі здійснюватиметься у спеціалізованому програмному пакеті Substance Painter.

Після створення нового проекту в першу чергу завантажуються створені карти накладання у меню налаштувань текстурного набору (рис. 3.16).

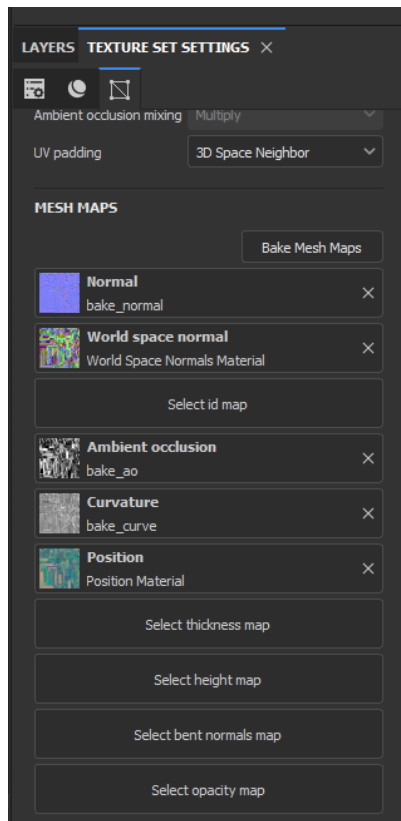


Рис. 3.16. Завантажені карти накладання у інтерфейсі Substance Painter

Головна перевага даної програми – це можливість налаштовувати матеріали шарами. Для кожного окремого елемента можна створити окремий набір матеріалів, дуже ретельно їх налаштовувати. Кожний матеріал визначатиме шорсткість, металевість, базовий колір та нормаль моделі, завдяки чому можливо імітувати будь-яку поверхню. Поточне налаштування шарів для моделі зображено на рис. 3.17

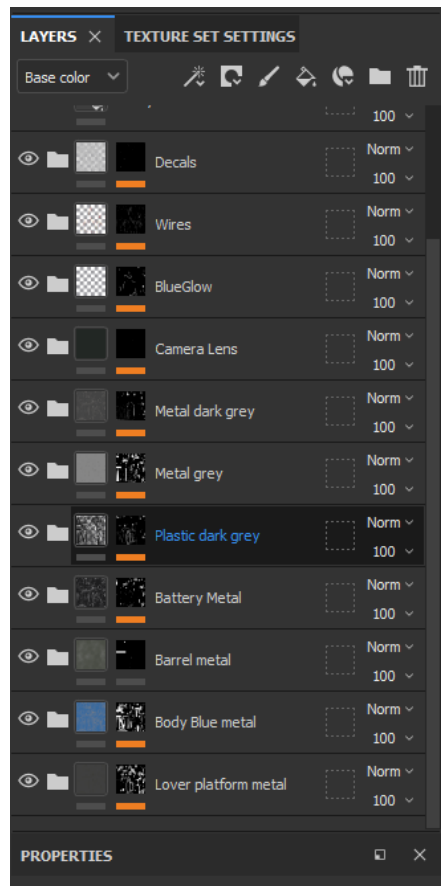


Рис. 3.17. Шари, зображені в інтерфейсі Substance Painter

Саме на даному етапі визначатиметься мікро-поверхнева деталізація моделі, для даного проекту – це різні подряпини та забруднення. На рис 3.18 зображено початкове налаштування кольору, а також перший шар мікро-поверхневих деталей – металеві подряпини. Для їх визначення використовується інструмент-генератор, що процедурно визначає металеві подряпини по кутах об’єкта, для визначення де саме розташовані ці кути використовується раніше згенерована карта округлень. На даному рисунку можна спостерігати, наскільки сильний вплив це має на реалістичне сприйняття моделі.



Рис. 3.18. Вигляд текстурованої моделі з базовими кольорами та з додатковим шаром, що визначає подряпини.

Наступним налаштовуються емісивні матеріали. Для усіх елементів моделі, дизайн яких передбачає свічення створюється окремий шар, що містить матеріал, який є джерелом світла, а також поверхневі недоліки у якості мікроповерхневої-деталізації (рис. 3.19).

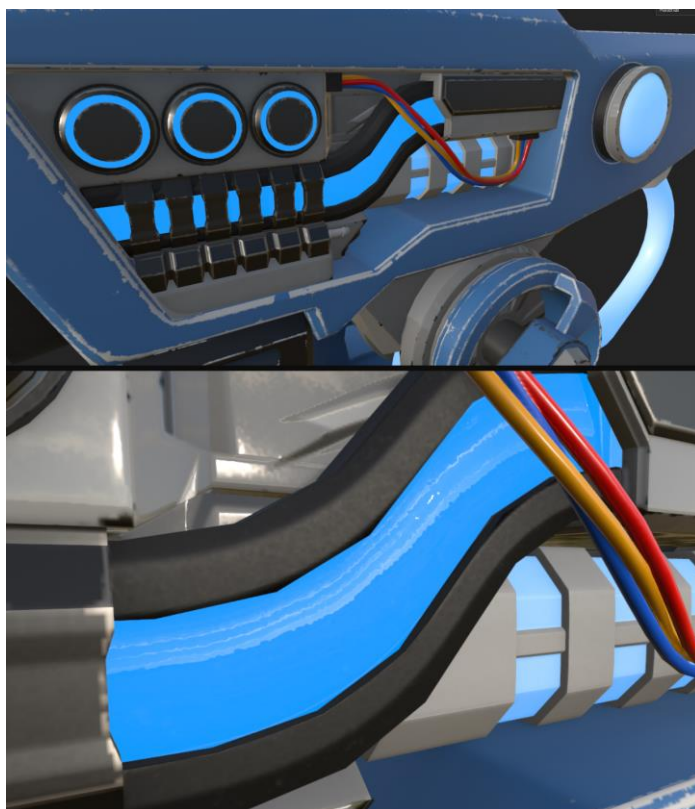


Рис. 3.19. Визначені емісивні текстури на 3D-моделі

Далі удосконалюються матеріали, що використовуються поверхнями. У реальному світі не існує ідеально гладких поверхонь, отже для придання реалістичності в залежності від типу матеріалу додається шар поверхневих недоліків, легких подряпин. Результат зображено на рис. 20, враження реалістичності моделі було дуже суттєво покращено.

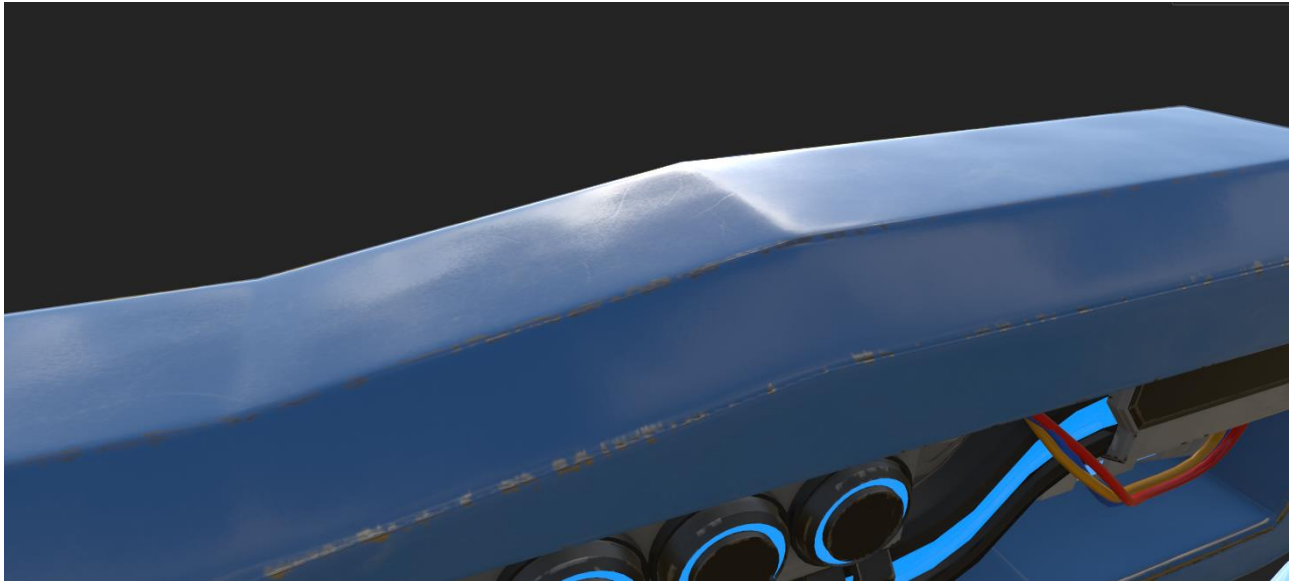


Рис. 3.20. Мікро-поверхнева деталізація, поверхневі недоліки

Процес текстурювання майже закінчено, наступним малюються декалі. Декаль - це текстура, яку можна накладати «поверх» іншої текстури з метою додавання додаткових деталей чи ефектів. Декалі часто використовуються для створення реалістичних слідів, зіткнень чи інших знаків на поверхнях об'єктів. У даному випадку декалі визначатимуть деякі графічні малюнки, для придачі більш цікавого вигляду моделі. Так, як модель має досить зношений зовнішній вигляд, то ці декалі накладаються із додатковим слоєм маски, що імітує подряпини (рис. 3.21).

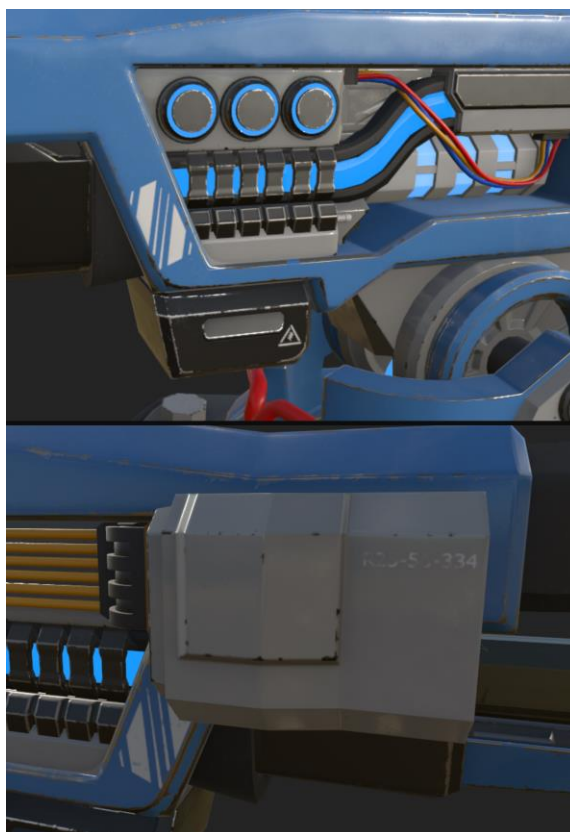


Рис. 3.21. Зображення декалей на поверхнях моделі

Останній штрих – це додавання глобального слою забруднення на усю модель. Для реалістичного накладання цього слою використовуються глобальні нормалі, у якості маски накладання.

Отже, закінчений вигляд моделі зображено на Рис. 22. Полігональний бюджет даної моделі становить 19 620 полігонів. Для деталізації та оптимізації було розроблено 2 версії моделі, 3 карти накладання та здійснено текстурування з використанням PBR-матеріалів.





Рис. 3.22. Готова 3D-модель у реалістичній тематиці

Дана модель була повністю розроблена за стандартним пайплайном в індустрії розробки відеоігрових асетів, кожний етап вимагає значного знання програмного забезпечення та досвіду для досягнення якісного кінцевого результату. Зазвичай кожний етап пайплайну виконують різні спеціалісти. Загальна кількість витраченого часу досягає приблизно 18 годин. Хоча кінцевий результат є задовільним, це дуже значне витрачення часу всього на один 3D-об'єкт.

### **3.5. Створення стилізованої моделі**

#### **3.5.1. Моделювання стилізованої моделі**

Стилізована версія моделі матиме набагато коротший час розробки та менш складний процес моделювання, через відсутність необхідності створювати багато-полігональну версію моделі. Уся розробка моделі повністю здійснюватиметься у межах програмного пакету Blender.

Так, як вже було створено середньо-полігональну версію моделі, доцільно її використовувати як основу для стилізованої моделі.

Здійснимо деякі модифікації до форми об'єкту, щоб відрізнити його дизайн від реалістичної моделі (рис. 3.23).

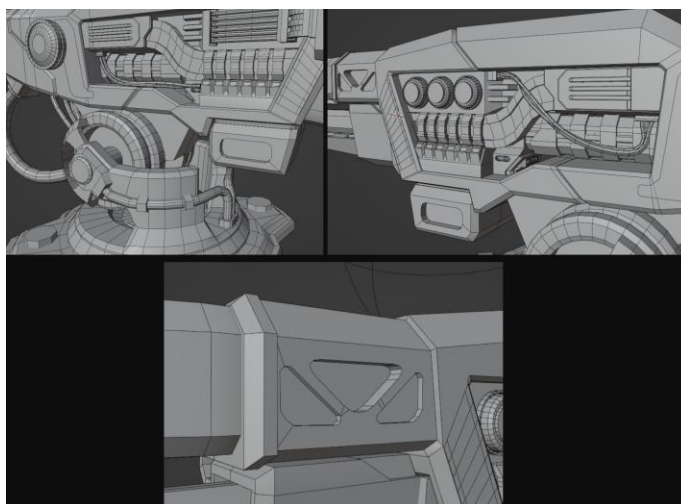


Рис. 3.23. Деталізація стилізованої моделі на середньому рівні

Головний принцип дизайну у даній стилістиці – це поглиблена деталізація на середньому рівні. Зберігаються гострі кути, не використовується підподілення поверхонь, а усі декалі – геометричні, замість текстурних.

Отже кінцевий вигляд стилізованої моделі зображено на рис. 3.24. Полігональний бюджет даної моделі становить 22 394 полігонів. У порівнянні з реалістичною моделлю, це менш оптимізована кількість полігонів, але вона знаходиться у допустимих межах.

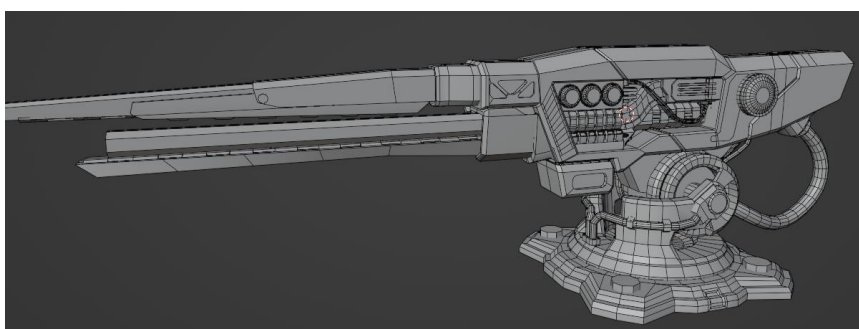


Рис. 3.24. Готовий вигляд геометрії стилізованої моделі

На цьому етапі моделювання стилізованої моделі закінчується. Створюється лише єдина версія моделі, без необхідності UV-розгортання, що дуже суттєво скорочує час розробки.

### 3.5.2. Стилiзований Шейдинг

Для стилізації шейдингу моделі використовуватимуться графічні вузли. А саме вузол, що визначає глобальні нормалі моделі та вузол, що визначає текстурні координати, відносно об'єкта, до якого модель прив'язана. У якості такого об'єкту створюється пустий елемент, який грає роль об'єкту прив'язання, від нього повністю залежить під яким кутом відбуватиметься стилізоване тінювання моделі (рис. 3.25).

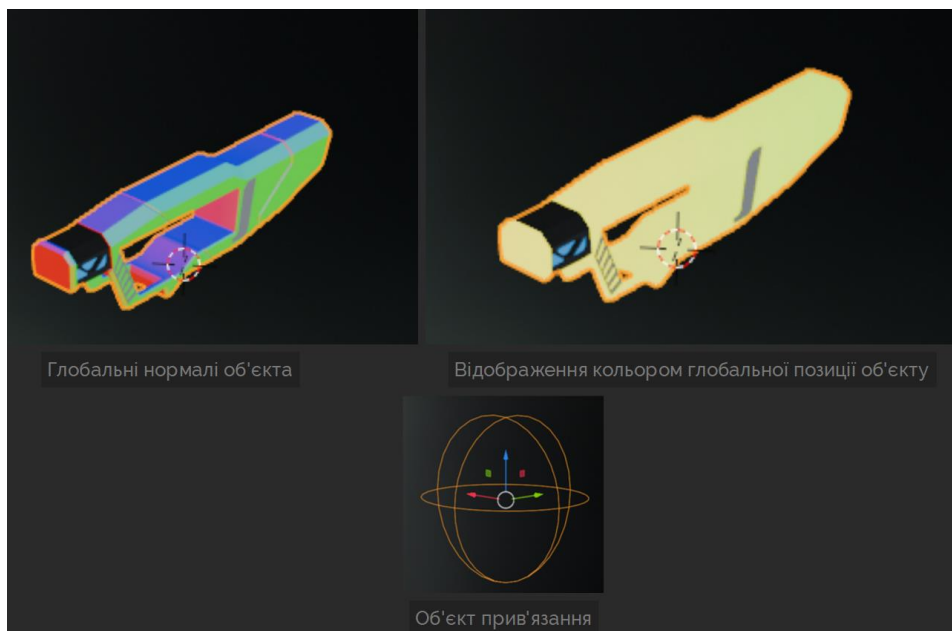


Рис. 3.25. Графічна інформація, що використовується для створення маски тінювання

Для створення маски, яку можна використовувати для тінювання, здійснюється скалярний добуток інформації глобальних нормалів та текстурних координат за допомогою вузла векторної математики (рис. 3.26).

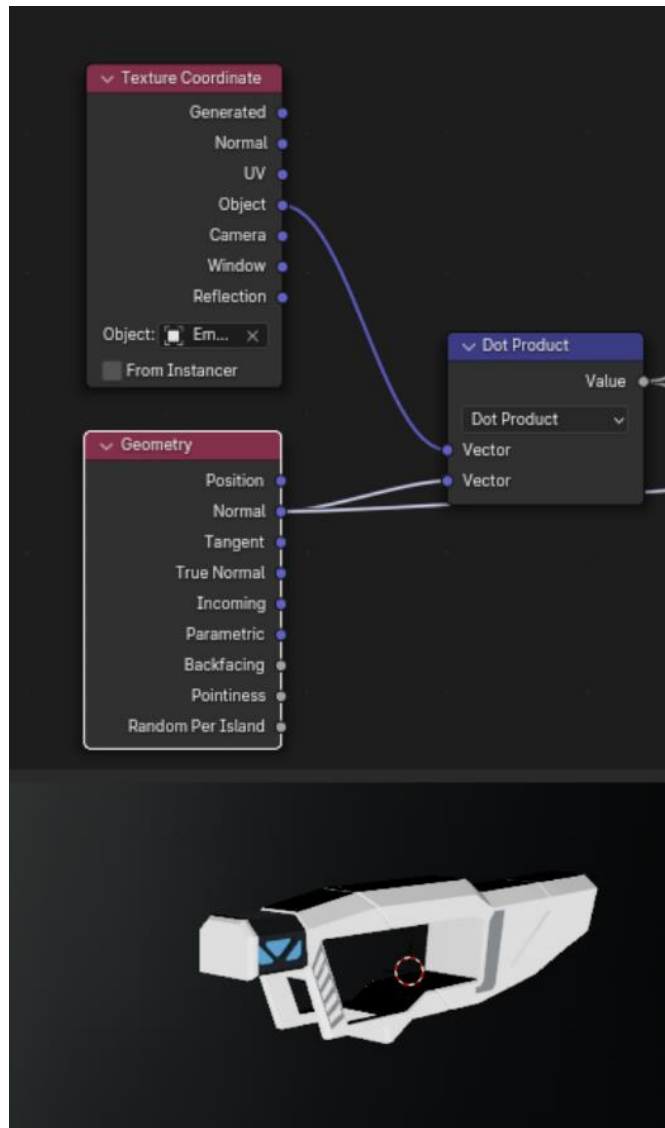


Рис. 3.26. Налаштування графічних вузлів та результат маски тінювання

Дана маска використовуватиметься для тінювання усього об'єкту. Головна особливість такої маски – вона повністю визначається об'єктом, до якого прив'язана, тому якщо шляхом експериментування змінити положення цього об'єкту, можна отримати альтернативний, цікавий результат.

Наступним чином визначаються кольори об'єкту. Загальна кольорова палітра не відрізнятиметься від тієї, що використовується.

Для того, щоб визначити колір тінювання, використовується налаштуванні нодів, що зображено на рис. \*.

Дане налаштування використовує декілька віддтінків одного кольору, що визначають тінювання за допомогою маски та накладається поверх на базового PBR вузла. Результат роботи такого налаштування також зображено на рис. 3.27.

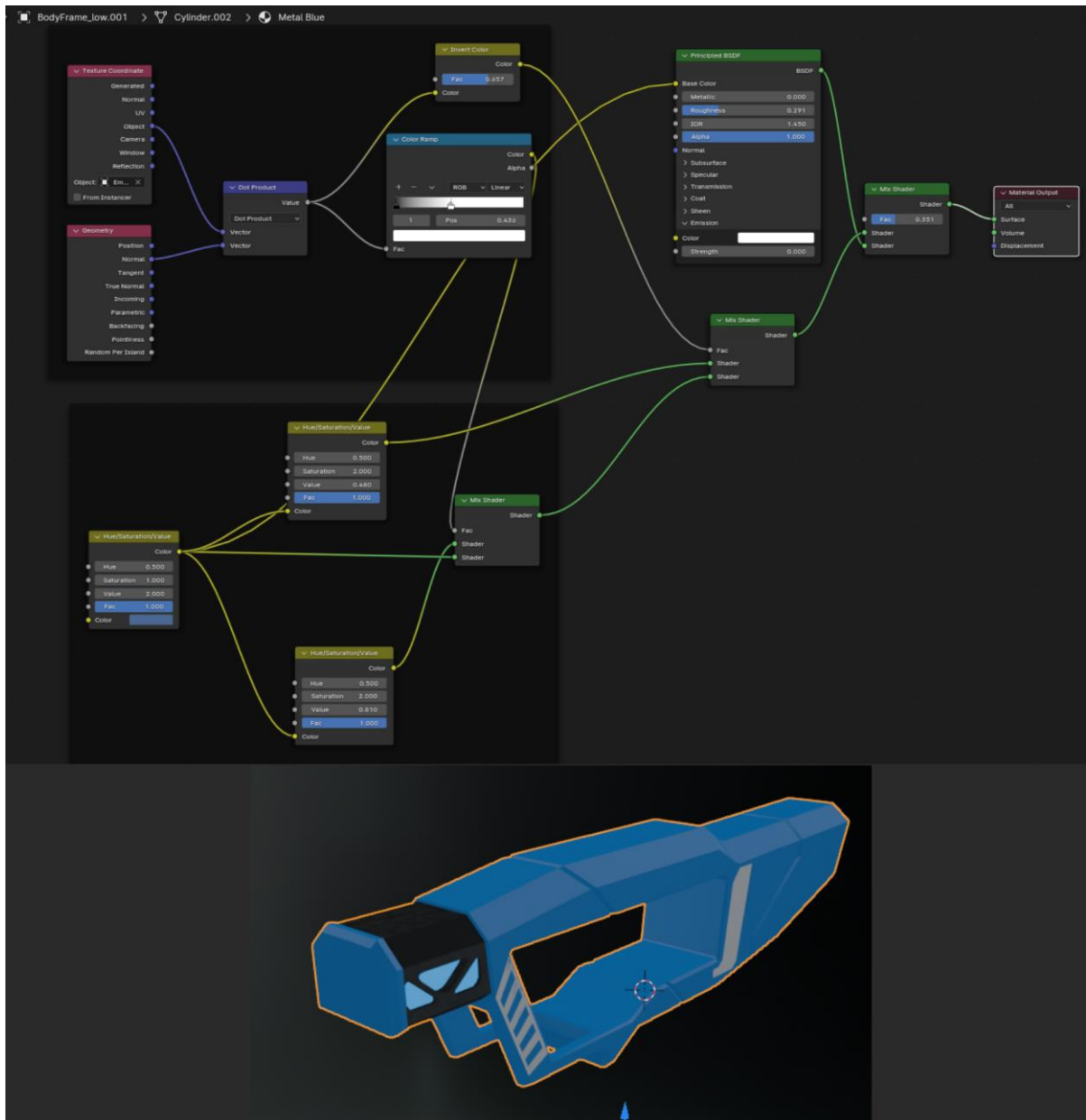


Рис. 3.27. Кінцеве налаштування графічних вузлів для створення стилізованого шейдингу

Для кожного елемента моделі визначається відповідний колір. Недоліком такого методу шейдингу є те, що для кожного окремого кольору створюється окремий матеріал. Але також, кожний окремий матеріал можливо підналаштувати окремо, для придачі більшої візуальної різноманітності (рис. 3.28).

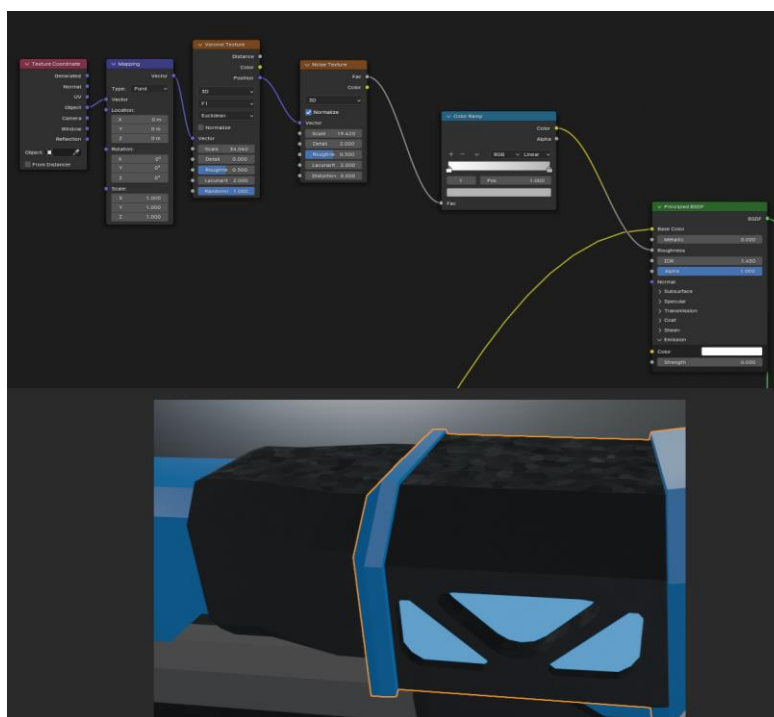


Рис. 3.28. Налаштування додаткових матеріалів

Закінчений вигляд стилізованої моделі зображено на Рис. \*. Полігональний бюджет даної моделі ставить 22 394 полігонів, кожний колір визначається окремим матеріалом. У якості тінювання використовується власний створений шейдер, який визначає стилізоване освітлення кольору, яке за бажанням можливо змінити змінюючи положення об'єкту, до якого воно прив'язано.



Рис. 3.30. Кінцевий вигляд стилізованої моделі

### ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

Процес творення реалістичної моделі дуже багато етапний, вимагає співпраці різних фахівців та включає моделювання різних версій об'єкта, UV-розгортку, запікання карт та текстуровання. Цей процес вимагає значних зусиль, часу та вмінь, забезпечуючи оптимізований зовнішній вигляд за рахунок тривалості розробки. Використання різних програмних інструментів потребує вивчення кожного окремо.

У випадку стилізованої моделі було обрано конкретний стиль, що суттєво спростило процес розробки. Тут ми мали лише одну версію моделі в межах однієї програми. У цьому підході відсутні етапи UV-розгортки, запікання карт та текстуровання. Замість цього, після завершення моделювання, створювався шейдер, який використовував глобальну нормаль об'єкта та координати для створення стилізованого тінювання.

Однак, недоліком цього підходу є необхідність створення окремих шейдерів для кожного кольору чи елемента з відмінними властивостями. В результаті, кінцева модель має більш цікавий вигляд, але по рівню оптимізації поступається реалістичній моделі.

## ВИСНОВКИ

У сучасному світі 3D графіка і 3D моделювання надзвичайно важливі в індустрії розваг, дизайну, науки та інших галузях. Галузь розробки відеоігор використовує передові технології 3D графіки для створення ігрових світів, де високоякісна графіка стала необхідною складовою ігрового досвіду. Популярні ігрові рушії, такі як Unreal Engine та Unity, забезпечують розробникам інструменти для досягнення реалістичності та ефективності у створенні ігор.

Проектування графіки для відеоігор є важливою частиною розробки, оскільки графіка визначає перше враження гравця та впливає на маркетинг гри. Історія відеоігор свідчить про використання різних методів візуалізації, відомих як графічні стилі, щоб подати ігровий контент у вигляді, який був би видимий для гравця. Застосування цих методів дозволяє досягти різноманітних результатів графічної стилістики.

Розвиток віртуальної та розширеної реальності використовує 3D графіку для створення інтерактивних досліджень, навчальних програм та рекреаційних ігор. У графічному дизайні та маркетингу стилізована 3D графіка використовується для створення привабливих рекламних матеріалів та брендового контенту. Вплив 3D графіки та моделювання на різні галузі є значущим і продовжує розширюватися, надаючи нові можливості для творчості та наукових досліджень.

У комп'ютерній графіці фотореалістичний рендеринг прагне створити штучні зображення тривимірних середовищ, які виглядають «як справжній світ». Насупроти цього, нереалістичний рендеринг застосовує різні стилі, такі як «toon shading», нагадуючи живопис чи інші художні стилі, для створення неповторних виглядів у симульованих тривимірних середовищах.

Здебільшого реалістична модель повністю відтворює властивості оригінального об'єкта з реального світу, на якому вона базується. Проте не завжди створена модель має прямий аналог в реальному світі. Основне завдання полягає у тому, щоб створити враження, що даний об'єкт може існувати у реальному світі.

Реалістичне 3D-моделювання передбачає використання правильних технік для



досягнення потрібного рівня деталізації та відповідності. Для досягнення такого результату існує ряд різних технік, включаючи збір посилань, розуміння пропорцій, врахування фізики реального світу, отримання зворотного зв'язку та інші, які використовуються професійними 3D-художниками.

Деталі у 3D-моделюванні суттєво збільшують кількість полігонів, тому важливо уникати зайвих деталей, які не вносять значущого внеску у стилізований вигляд об'єкта. При виборі, які деталі залишити чи спростити, слід зберігати естетику та виразність, наприклад, можна відмовитися від надмірних зазубрин чи виточок, акцентуючи основні риси об'єкта.

Цел-шейдинг є технікою у 3D-графіці, яка базується на конкретному методі шейдингу. Ця техніка відтворює вигляд традиційних 2D-кадрів анімації, використовуючи плоскі кольори для тінювання 3D-об'єктів у нереалістичний спосіб. Цел-шейдинг забезпечує плоский та «рисунковий» вигляд, що характерний для різних художніх стилів, спрощуючи деталізацію та створюючи враження намальованого об'єкта. Це особливо ефективно, коли реалістичність не є головним критерієм. Використання цел-шейдингу дозволяє ефективно створювати об'ємний вигляд об'єктів, навіть при відсутності значущих деталей у геометрії. Цей підхід взаємодіє з текстурями, кольоровими переходами та заповненням об'єктів, що сприяє створенню унікального та художнього вигляду.

Окрім того, цел-шейдинг підсилює емоційний вираз об'єктів, додаючи виразність та стиль їхнім формам. Цей метод також пропонує широкі можливості налаштувань, дозволяючи експериментувати з різними ефектами, колірними палітрами та стилістичними варіантами. Зазначено, що цел-шейдинг у сучасності визнаний як художній стиль або метод створення 3D-графіки з використанням специфічно розфарбованих текстур та контурів.

У даній роботі було проведено створення двох версій моделі — реалістичної та стилізованої. Процес створення реалістичної моделі виявився складним і багатоетапним. Він включав в себе моделювання різних варіантів об'єкта, використання техніки UV-розгортки, запікання текстур та їх подальше текстурування. Цей процес вимагав значних зусиль, часових та навичкових ресурсів,

але дозволив досягти високого рівня деталізації та оптимізації зовнішнього вигляду за рахунок продовженого часу розробки. Використання різних програмних інструментів також вимагало вивчення кожного інструмента окремо, забезпечуючи комплексність та кваліфікацію у всіх аспектах моделювання.

У випадку стилізованої моделі обрано конкретний стиль, що суттєво спростило процес розробки. Тут обмежилися лише однією версією моделі в межах однієї програми. Цей підхід виключив етапи UV-розгортки, запікання карт та текстурування. Замість цього, після завершення моделювання, був створений шейдер, який використовував глобальну нормаль об'єкта та його координати для створення стилізованого тінювання. Недоліком підходу є необхідність створення окремих шейдерів для кожного кольору чи елемента з відмінними властивостями. Це може призвести до підвищеної складності та обсягу роботи. Хоча кінцева модель може виглядати більш цікаво, відзначається, що на рівні оптимізації вона поступається реалістичній моделі, ставлячи під сумнів її ефективність у вимогливих проектах.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Stylized Rendering Techniques For Scalable Real-Time 3D Animation. Adam Lake, Carl Marshall, Mark Harris, Marc Blackstein. University of North Carolina at Chapel Hill – 10с. - Електрон. Аналог друк. вид.: режим доступу: <https://dl.acm.org/doi> (дата звернення 02.10.2023).
2. Real Time Rendering: Fourth Edition CRC Press: Taylor & Francis Group – London, New York 2018. – 440с. – Електрон. Аналог друк. вид.: режим доступу: <https://research.quanfita.cn>. (дата звернення 05.10.2023).
3. Real Time Rendering Performance (Video Course) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dev.epicgames.com>. (дата звернення 06.10.2023).
4. Stylized Depiction in Computer Graphics [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.red3d.com/cwr/npr/> (дата звернення 07.10.2023).
5. How 3D Rendering Works: Vertex Processing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.techspot.com/article/1857-how-to-3d-rendering-vertex-processing/> (дата звернення 06.10.2023).
6. Matthew Omernick Creating the Art of the Game: First Edition / New Riders Pub; 1st edition 2004. – 352 с. – Електрон. Аналог друк. вид.: режим доступу: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення 07.10.2023).
7. 3D Game Environment in Unreal Engine 4: Miro Vesterinen, Kajaani University of Applied Sciences - Електрон. Аналог друк. вид.: режим доступу: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/84635/Vesterinen\\_Miro.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/84635/Vesterinen_Miro.pdf?sequence=1) (дата звернення 7.10.2023).
8. A Custom Normals Workflow for Clean, Stylized Toon Shading [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aversionofreality.com/blog/2022/4/21/custom-normals-workflow> (дата звернення 8.10.2023).
9. 3D Texturing using curvature maps. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://esstudio.site/2018/09/10/3d-texturing-using-curvature-maps.html#google\\_vignette](https://esstudio.site/2018/09/10/3d-texturing-using-curvature-maps.html#google_vignette) (дата звернення 8.10.2023).

10. 3D Modeling Pipeline for Games: Ana Catarina Fonseca, Tampere University of Applied Sciences 2018. – 49 с. – Електрон. Аналог друк. вид.: режим доступу: <https://citeseerx.ist.psu.edu> (дата звернення 8.10.2023).