

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання  
(повна назва)

Кафедра Медіасистем та технологій  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Методика розробки 3D-моделі для анімації  
(тема)

Виконала:  
студентка 5 курсу, групи ВПВПСз-18-1



Скубій А.І.  
(прізвище, ініціали)


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

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма

Видавничо-поліграфічна справа

(повна назва освітньої програми)

Керівник  проф. Бізюк А.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту  
Зав. кафедри МСТ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дейнеко Ж.В.  
(прізвище, ініціали)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання  
Кафедра Медіасистем та технологій  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Видавничо-поліграфічна справа  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« 3 » квітня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Скубій Анні Ігорівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методика розробки 3D-моделі для анімації

Затверджена наказом по університету від 31.03.2023 р. № 77 Стз


2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 21 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи  
Тип продукції: тривимірна модель анімованого персонажа;  
Призначення дослідження: Методика підготовки 3D-моделі до анімації

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі  
Вступ; 1 Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; 2 Огляд і аналіз існуючих технологій створення моделей; 3 Етапи розробки тривимірної моделі для анімованого фільму; 4 Практичне втілення технології розробки анімованого персонажа, оцінка ефективності результатів; 5 Економічне обґрунтування розробки. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)  
Вихідні дані та мета роботи; Актуальність дослідження, Мета роботи, Задачі дослідження, Аналіз існуючих технологій розробки тривимірних моделей анімованих персонажів; Розробка рекомендацій щодо створення моделі; Розробка рекомендації та практичне втілення технології розробки анімованого персонажа; оцінка ефективності результату; Економічне обґрунтування дослідження. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

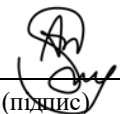
| Найменування розділу | Консультант<br>(посада, прізвище, ім'я, по батькові) | Позначка консультанта про виконання розділу  |            |
|----------------------|--|--|------------|
|                      |  | підпис   | дата       |
| Основна частина      | проф. Бізюк А.В.                                     |  | 09.06.2023 |
| Економічна частина   | ас. Помогалова Н.В.                                  |  | 31.05.2023 |

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № | Назва етапів роботи   | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз предметної області та завдання до роботи             | 17.04.2023                     |          |
| 2 | Аналіз існуючих способів моделювання тривимірного персонажа | 22.04.2023                     |          |
| 3 | Аналіз аналогів   | 06.05.2023                     |          |
| 4 | Розробка концепту 3D-моделі                                 | 13.05.2023                     |          |
| 5 | Визначення програмного забезпечення                         | 20.05.2023                     |          |
| 6 | Повна розробка 3D-моделі                                    | 20.05.2023                     |          |
| 7 | Економічна частина  | 27.05.2023                     |          |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки                            | 02.06.2023                     |          |
| 9 | Оформлення графічної частини                                | 03.06.2023                     |          |

Дата видачі завдання 03 квітня 2023 р.

Студент

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

Скубій А.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

проф. Бізюк А.В.

(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 58 стор., 39 рис., 2 табл., 2 дод., 16 джерел.

3D-МОДЕЛЬ, ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ТОПОЛОГІЯ, ТЕКСТУРУВАННЯ, РІГІНГ, АНІМАЦІЯ, РЕНДЕРИНГ.

В роботі розглянуті питання розробки 3D-моделі персонажа для анімації та реалізація технології анімації. Актуальність цієї роботи обґрунтовано нагальною необхідністю використання 3D-моделювання у багатьох сферах людської діяльності від кіновиробництва до технічного моделювання. Створення 3D-моделей для анімації є дуже популярним у реаліях сьогоdnішнього дня, тому дана тема варта детального розгляду.

Метою роботи є розробка 3D-моделі персонажа для анімації та створення простої анімації.

Для досягнення поставленої мети в кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто такі питання:

- аналіз розвитку 3D-моделювання, сучасного стану галузі;
- дослідження технологій створення та анімації 3D-об'єктів;
- визначення способу моделювання та анімації об'єкту для забезпечення естетичності фінальної картини;
- створення презентаційного відеоролику із застосуванням описаних методів.

Об'єктом роботи є засоби розробки, текстурування та створення анімації 3D-моделі персонажа. Предметом роботи є 3D-модель персонажа та його анімація.

## ABSTRACT

Explanatory message of qualifying work : 58 p., 39 pic., 2 tabl, 2 app., 16 sources.

3D-MODEL, THREE-DIMENSIONAL DESIGN, TOPOLOGY, TEXTURING, RIGING, ANIMATION, РЕНДЕРИНГ.

In-process the considered questions of development of 3D-model of personage for animation and realization of technology of animation. Actuality of this work reasonably by the urgent necessity of the use of 3D-modelling for many spheres of human activity from a filmmaking to the technical design. Creation of 3D-моделей for animation is very popular in realities of today, that is why this theme deserves the detailed consideration.

The purpose of work is development of 3D-model of personage for animation and creation of simple animation.

For achievement of the put purpose in qualifying work of bachelor such questions are considered:

- analysis of development of 3D-modelling, modern state of industry;
- research of technologies of creation and animation of 3D-objects;
- determination of method of design and animation of object is for providing of aesthetic of final picture;
- creation presentation to videofilm with application of the described methods.

The object of work are facilities of development, текстурування and creation of animation of 3D-model of personage. The article of work are a 3D-model of personage and his animation.

## ЗМІСТ

|  | С. |
|--|----|
| ВСТУП .....                                      | 7  |
| 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ.....     | 9  |
| 1.1 Історія розвитку 3D-моделювання .....        | 9  |
| 1.2 Сучасний стан галузі 3D-моделювання .....    | 12 |
| 1.3 Процес створення персонажу для анімації..... | 13 |
| 1.4 Аналіз програм для 3D-моделювання.....       | 20 |
| 2 РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛІ ДЛЯ АНІМОВАНОГО ФІЛЬМУ..... | 24 |
| 2.1 Етапи розробки .....                         | 24 |
| 2.2 Пошук концепту.....                          | 27 |
| 2.3 Пошук референсів для стилізації .....        | 29 |
| 2.4 Створення моделі .....                       | 31 |
| 2.5 Ретопологія та створення UV-розгорток.....   | 38 |
| 2.6 Текстурування.....                           | 40 |
| 3 РІГІНГ ТА АНІМАЦІЯ.....                        | 42 |
| 3.1 Рігінг .....                                 | 42 |
| 3.2 Анімація .....                               | 44 |
| 4 РЕНДЕРИНГ .....                                | 47 |
| 4.1 Налаштування сцени.....                      | 47 |
| 4.2 Рендеринг.....                               | 49 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....                       | 51 |
| ВИСНОВКИ .....                                   | 56 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....                    | 57 |
| ДОДАТОК А Персонаж в статичній позі.....         | 59 |
| ДОДАТОК Б Персонаж в динамічній позі .....       | 60 |

## ВСТУП

3D-моделювання є потужним інструментом, який допомагає вирішувати складні задачі в різних галузях. Його актуальність зумовлена постійними технологічними прогресом, розвитком комп'ютерних можливостей і потребою візуалізувати та розуміти складні об'єкти і процеси.

Одним з напрямів використання 3D-моделювання є виробництво і промисловість. Виробничі компанії можуть використовувати 3D-моделі для створення прототипів, досліджень та оптимізації процесів виробництва. Це дозволяє зменшити час і витрати на розробку нових продуктів, вдосконалювати їх якість і ефективність. 3D-моделювання також знайшло своє застосування в архітектурі та будівництві, де допомагає візуалізувати проекти, покращувати процеси проектування та сприяє точному виконанню робіт.

У медицині 3D-моделювання відіграє важливу роль у створенні реалістичних моделей людського тіла, органів і структур. Це дозволяє лікарям краще розуміти патології, планувати складні операції, навчати студентів медичних факультетів і вдосконалювати методи діагностики та лікування.

Також 3D-моделювання є незамінним інструментом у галузі комп'ютерної графіки і відеоігор. Воно дозволяє створювати реалістичні графічні об'єкти, персонажів і спеціальні ефекти. 3D-моделі стають основою для розробки візуального контенту, який можна побачити в кіно, на телебаченні, у відеоіграх та віртуальній реальності.

Крім того, 3D-моделювання знаходить застосування у науці, особливо у дослідженнях імітаційного моделювання, вивченні фізичних явищ, молекулярної біології та астрономії.

Технології розробки тривимірних персонажів і їх анімації застосовуються досить широко нині, що підтверджує актуальність вибраної теми. Окремі аспекти напряму були розглянуті в роботах кафедри МСТ ХНУРЕ та представлені в тезах Школ-семінарів Міжнародної науково-технічної конференції РМВ. Зокрема, в дослідження Гаманця Є.О.

висвітлено застосування низько полігональних моделей [1], робота Глушко М.М. та Нечаєва В.О. вивчає особливості створення тривимірних персонажів [2], в тезах Ковальової Д.Ф. розглянуто проблеми оптимізації тривимірних моделей [3]. Матеріали поточного дослідження були представлені автором на Молодіжній школі-семінарі Міжнар. наук.-техн. конф. (17 травня 2023, м. Харків) [4].

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка 3D-моделі персонажа для анімації та створення простої анімації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати розвиток 3D-моделювання, сучасний стан галузі;
- дослідити технології створення та анімації 3D-об'єктів;
- визначити спосіб моделювання та анімації об'єкту для забезпечення естетичності фінальної картини;
- створити презентаційний відеоролик із застосуванням описаних методів.

Об'єктом дослідження в кваліфікаційній роботі є засоби розробки, текстурування та створення анімації 3D-моделі персонажа, предметом дослідження – особливості 3D-моделі персонажа та його анімації.

Для досягнення мети були використані такі методи дослідження, як аналіз літературних джерел, систематизація зібраного за темою матеріалу, класифікація і узагальнення, виявлення структури, проектування, практичне опрацювання.

У першому розділі розглянуто теоретичні аспекти технологій створення тривимірної моделі персонажа, проаналізовано основні програми для 3D-моделювання та описано етапи розробки персонажу для анімації. В другому розділі описано процес створення моделі для анімації, зокрема скульптинг, ретопологія та текстурування. В третьому розділі розглянуто специфіку підготовки персонажа до анімації та безпосередньо анімація. В четвертому розділі описані особливості процесу фіналізації сцени та створення ефектного рендеру. Надалі визначено витрати на розробку та ціни 3D-моделі. Наприкінці узагальнено висновки з проведеного дослідження.

# 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

## 1.1 Історія розвитку 3D-моделювання

Комп'ютерна графіка на початку свого існування не була такою ефектною, якою вона стала в наші дні. У ті роки комп'ютери перебували на ранній стадії розвитку та були здатні відтворювати лише найпростіші контури (лінії).

Першою офіційно визнаною спробою використання дисплея для виведення зображення з електронною обчислювальною машиною стало створення у Массачусетському технологічному університеті машини Whirlwind-I в 1950 р. Таким чином, виникнення комп'ютерної графіки можна віднести до 1950-х років. Сам термін «комп'ютерна графіка» придумав у 1960 р. співробітник компанії Boeing У. Феттер [5].

Одним з провідників 3D-моделювання вважається американський вчений Айвен Сазерленд, який працював у галузі інформатики (рис. 1.1). Він створив програму SketchPad та перший шолом віртуальної реальності під час навчання в аспірантурі. SketchPad – прообраз сучасних програм для 3D-моделювання.

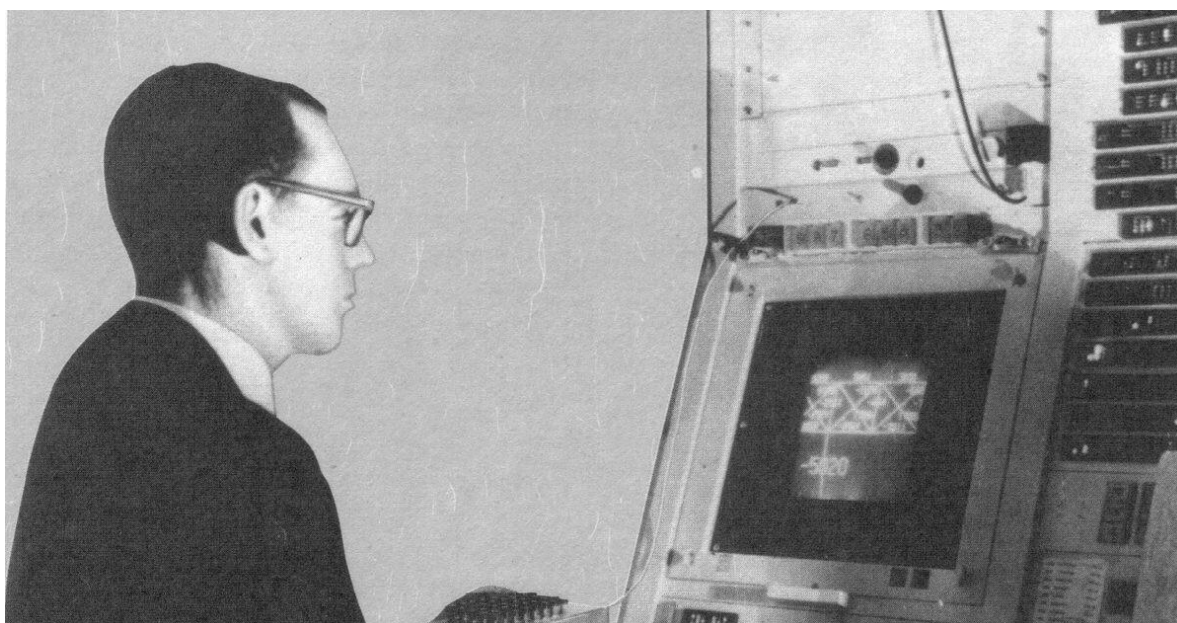


Рисунок 1.1 – Айвен Сазерленд та його програма SketchPad

Серед учнів Сазерленда було багато людей, які зробили величезний внесок у розвиток комп'ютерної графіки. Наприклад, Буй Тонг Фонг створив емпіричну модель розрахунку освітлення тривимірних об'єктів, яка так і називається Phong reflection model. Згодом її удосконалив ще один студент Сазерленда – Джим Блін. Зараз налаштування параметрів матеріалів «Блінн» можна побачити в 3Ds Max та інших програмах моделювання (рис. 1.2).

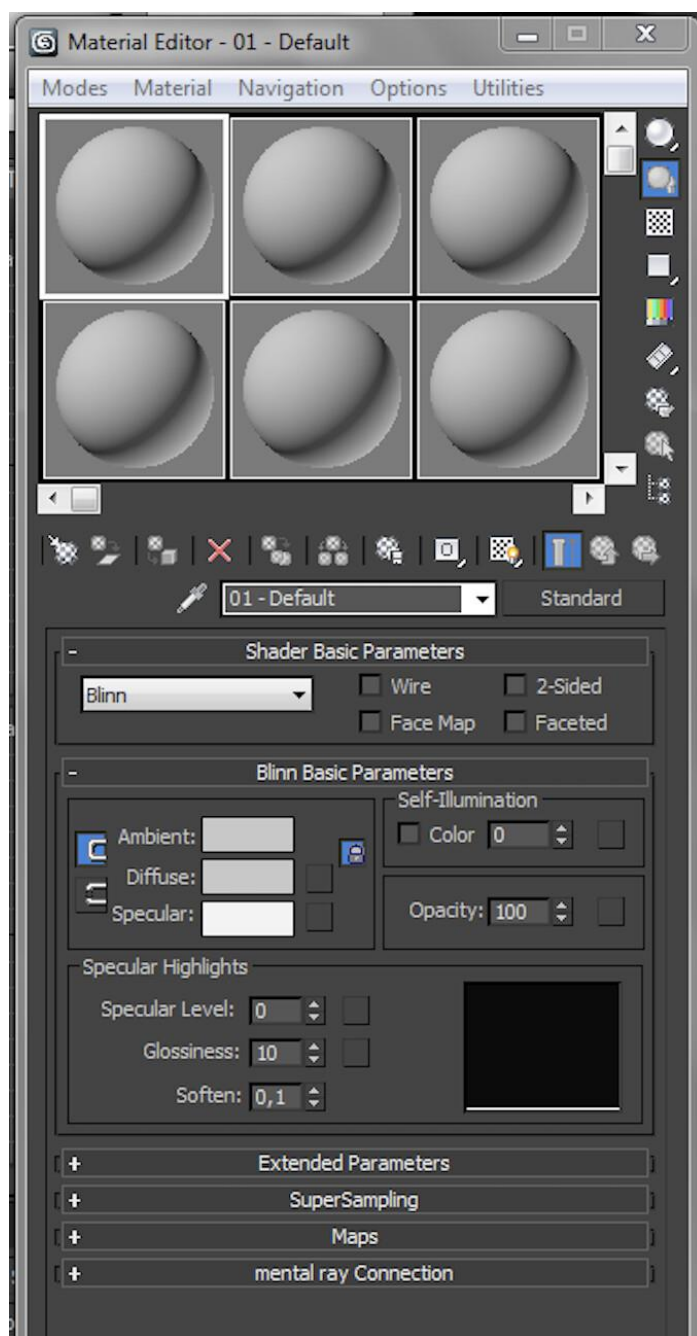


Рисунок 1.2 – Налаштування параметрів матеріалу по Блінну в 3Ds Max

Інші студенти Сазерленда також вписали свої імена в історію 3D. Наприклад, Анрі Гуро вигадав метод затінення полігональних моделей, який дозволив імітувати гладкі поверхні, а Ед Катмулл став одним із засновників легендарної студії Pixar, яка випустила перший повнометражний комп'ютерний мультфільм «Історія іграшок». Втім, лаври найпершого в історії 3D-мультика належать іншому ролику – короткометражці «Пригоди Андре та бджілки Уоллі», яку створив ще один засновник Pixar Джон Лассетер у 1984 році (рис. 1.3). А через 25 років, у 2009-му на екрани вийшов красивий «Аватар», який дуже наочно продемонстрував, як сильно просунулася індустрія 3D за чверть століття.



Рисунок 1.3 – Кадр з анімаційного фільму  
«Пригоди Андре та бджілки Уоллі»

Одна з найважливіших складових 3D-графіки, завдяки якій індустрія багато в чому стала такою, якою вона є зараз, – це трасування променів. Мається на увазі комп'ютерний прорахунок взаємодії світла з поверхнями

тривимірної сцени: падіння, відбиття, заломлення, розсіювання променів від одного або кількох джерел світла. Чим точніше прораховується ця взаємодія, тим реалістичнішою виходить картинка. Методи, що використовуються при трасуванні променів у 3D, були запозичені у фізиків-ядерників та виробників оптичних систем [6].

## 1.2 Сучасний стан галузі 3D-модельовання

В нинішній час індустрія комп'ютерного модельовання стрімко розвивається. 3D-модельовання є невід'ємною частиною багатьох галузей, таких як створення кінофільмів, мультфільмів, рекламних відеороликів комп'ютерних ігор тощо.

Спеціалісти у сфері 3D користуються великим попитом на ринку праці. Існують такі 3D-спеціальності [7]:

- 3D-моделер – спеціаліст з модельовання, що надає початкового вигляду, об'єму і форми тривимірної моделі. Зазвичай робота моделера починається після того, як концепт-художник готує для нього двомірний ескіз – саме на основі цього малюнку потім і створюється тривимірна модель;
- рігер – спеціаліст, що підготовлює моделі персонажів та об'єктів до процесу їх анімування. Для цього фахівець створює кістяк взаємопов'язаних цифрових кісток, які називаються «ріг»;
- візуалізатор – спеціаліст, який займається візуальною складовою моделі: робота з віртуальними камерами та джерелами світла, матеріалами та текстурами;
- аніматор – спеціаліст, який «оживляє» моделі та кадр в цілому. У його обов'язки може входити як анімація прольоту камери, так і анімація персонажів;
- спеціаліст спецефектів (VFX) – спеціаліст, який займається симуляцією рідини, диму, вогню, може створювати вибухи та інші спецефекти;
- композер – спеціаліст, який збирає усі попередньо створені шари (моделі, сцени, камери, світло) картини в єдине ціле;

– 3D-дженераліст – людина, яка охоплює всі або більшість вищеописаних функцій.

Також на розвиток моделювання впливають можливості апаратних та програмних ресурсів. За останні 10 років можливості техніки тільки збільшуються. Поява більш потужних комп'ютерів дозволяє реалізовувати складні візуальні ефекти, покращувати якість моделей та анімації, здійснювати процедуру рендерингу набагато швидше, ніж раніше. Розробка нових програм та технологій для створення 3D-моделей та анімації спрощує роботу спеціалістів без втрати якості готового продукту.

### 1.3 Процес створення персонажу для анімації

Будь-яка розробка персонажа для анімації починається з ідеї і концепції. У сьогоденній індустрії дуже великий вплив має створення художнього концепту. Це є фундаментом створення будь-якого персонажу. Починаючи із чорнових ескізів, концепт перетворюється в орієнтир для 3D-моделерів та аніматорів.

Концепт-арт використовується на ранніх стадіях розробки мультимедійного продукту. Частіше за все це ескізи, на яких базується візуальна частина. У моєму випадку концепт-арт послужив основою для створення 3D-моделі персонажа для анімації.

Персонаж – вигадане створіння, що має певний характер, настрій, неповторний зовнішній вигляд. При 3D моделювання персонажі діляться на дві основні групи: анімовані і статичні. Різниця між анімованим персонажем і статичним персонажем – це особлива топологія персонажа, завдяки якій буде полегшена робота аніматорів. Зазвичай статичні символи мають більш детальну інформацію.

Ескіз персонажа – це етап творчого пошуку, підбору референсів і роздумів про історію персонажа, розвитку образу, поз, емоцій, уточнення деталей і малювання кінцевого результату.





Рисунок 1.5 – Пози персонажів

Після задання контурів персонажу та визначення найкращого варіанту персонажа, починається деталізація концепту. Для цього використовують градації сірого щоб краще читався об'єм.

Після допрацювання чорно-білого концепту, починається пошук гармонійних кольорів. Художник заповнює частини ескізу різними кольорами щоб підібрати найефектнішу комбінацію кольорів. Для цього використовують різні методи накладання шарів у програмі, в якій створюється концепт. Зазвичай використовують режим накладання Color, адже він не затемнює зображення як Multiply і не висвітлює зображення як Screen. Але для досягнення різних ефектів, художник може використовувати кілька шарів з різними методами накладання для досягнення найкращого результату (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Створення концепту персонажу

Після чітко пропрацьованого концепту, можна переходити до 3D-моделювання. Існують різні інструменти для скульптингу, наприклад ZBrush, Autodesk 3ds Max, Maya та Blender. Однак Zbrush вважається найкращим вибором для роботи зі скульптингом.

Все починається з блокінгу основних форм. Зазвичай для цього використовують прості об'єкти, такі як куби, циліндри, сфери та інші примітивні геометричні фігури, щоб показати загальний об'єм та співвідношення форм 3D-персонажа. Потім за допомогою пензля Move модифікуються форми для надання вірної форми (рис. 1.7).

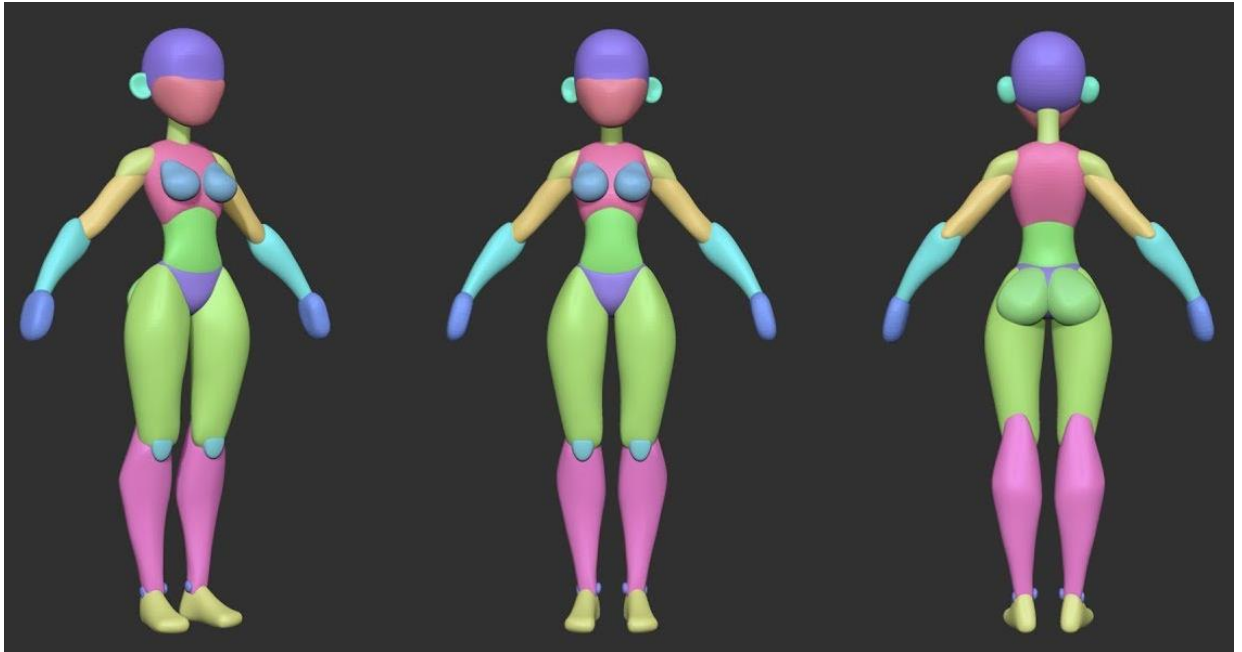


Рисунок 1.7 – Блокінг персонажу

Використовуючи різні пензлі, художник потім ліпить більш детальні форми, такі як зморшки, складки та м'язи. Також пропрацьовуються деталі одягу, аксесуари та всі складові дизайну персонажу. Цей етап займає багато часу, адже потрібно заскульптити всі деталі з усіх боків моделі. Дуже важливо спостерігати щоб усе виглядало гармонійно та правильно з усіх сторін.

Цей етап називається створенням високополігональної моделі (рис. 1.8). Для усіх об'єктів застосовується Subdivision або Dynamesh в залежності від бажаного результату. Якщо об'єкт має погану топологію і точно буде ретополізованим, то потрібно використовувати Dynamesh, адже він створює швидко і зручну, але неякісну топологію. Якщо топологія об'єкту вже підходить і не буде змінюватись, то потрібно використовувати Subdivision Levels. Цей спосіб зручний, бо можна переключатись від першого до найвищого рівня і редагувати модель на різних рівнях деталізації.

Наступний етап – ретопологія. Це процес коригування поверхні моделі для зменшення кількості полігонів (рис. 1.9). Оскільки анімація – складний процес, дуже важливо, щоб усі 3D-моделі були оптимізовані так, щоб системні вимоги були прийнятними для плавної анімації.



Рисунок 1.8 – Приклад дуже детальної високополігональної моделі



Рисунок 1.9 – Приклад ретопології голови персонажу

Blender може запропонувати досить корисні рішення, такі як SpeedRetopo, Retopoflow 3, Softwrap і Instant Meshes. Maya, з іншого боку, пропонує досить потужні інструменти для ретопології, які можуть бути настільки ж ефективними, а іноді й автоматизованими. Зрештою, все залежить від уподобань і мети – для складних моделей це зводиться до ручної роботи з усіма її площинами.

Разом з ретопологією створюється UV-розгортка (рис. 1.10). UV-розгортку можна уявити як розгорнуту, згладжену 2D-оболонку 3D-сітки. UV-розгортка використовується для додавання текстури. Дуже важливо правильно розгорнути модель, щоб текстури не розпливалися.

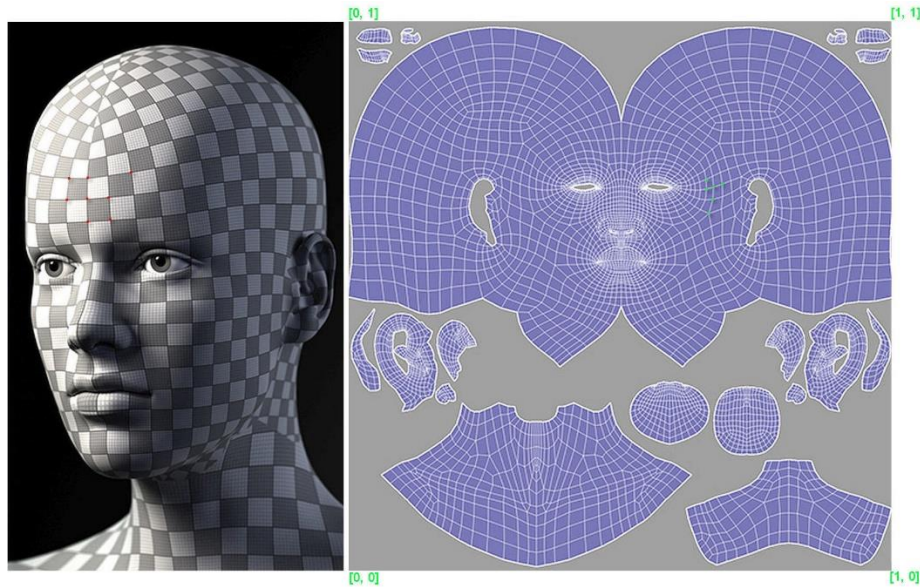


Рисунок 1.10 – Правильна UV-розгортка голови персонажа

Після цього художник також запікає високополігональні деталі в низькополігональні моделі. Зазвичай запікаються Normal Map, AO Map та Height Map.

Далі йде етап текстурування. На цьому етапі додаються всі необхідні матеріали, такі як шкіра, метал, тканина тощо. Одними з найпопулярніших інструментів для роботи з текстурами є Substance Painter, Substance Designer і 3D Coat.

Наступний етап – рігінг. Також відомий як скелетна анімація, рігінг відноситься до процесу додавання контролю до 3D-моделі персонажа. Він визначає діапазон жестів і дій персонажа. Художник додає кістки, сокети та з'єднання відповідно до вказівок аніматора. Рігінг спрощує процес анімації персонажів і, відповідно, підвищує ефективність виробництва.

Один з фінальних етапів – анімація. Це ще одна трудомістка частина створення 3D-персонажів. Аніматор використовує кістки, додані під час

рігінгу, для переміщення моделі, обертання, і масштабування, щоб імітувати різні рухи та пози. Коли аніматора задовольняє певне положення моделі, він зберігає ці положення на часовій шкалі.

Фінальною частиною етапу виробництва є рендеринг. Тут кожна сцена рендериться окремо в шарах, включаючи фон, передній план, кольори, об'єкти, світло, тіні тощо. Рендеринг однієї сцени може тривати лише кілька секунд або навіть кілька днів залежно від складності сцени. Після завершення рендерингу процес виробництва переходить до пост-продакшену для остаточних налаштувань [8].

Багато професійних 3D-художників використовують окреме обладнання для рендерингу – це дозволяє продовжувати моделювання на основному комп'ютері, тоді як рендеринг може тривати годинами на іншому.

Варто зауважити, що не всі 3D-художники можуть охопити всі аспекти 3D-дизайну персонажів. Деякі зосереджені лише на моделюванні або текстуруванні, а інші беруться за рігінг і анімацію.

#### 1.4 Аналіз програм для 3D-моделювання

Сьогодні представлено досить багато програм для 3D-моделювання. Майже завжди необхідно використовувати декілька програм для виконання поставленої задачі, адже усі програми мають свої плюси і мінуси.

Для скульптингу стандартом вважається ZBrush. Це програма від компанії Pixologic. ZBrush платний, стандартна підписка складає близько 50 доларів на місяць. Існують художники, що використовують інші програми, такі як Blender, але функціонал цієї програми саме для скульптингу обмежений у порівнянні з ZBrush.

ZBrush використовує парадигми, запозичені з традиційного скульптингу. Всередині ZBrush художники можуть тягнути, штовхати, тиснути, скребти чи іншим чином маніпулювати цифровим об'єктом так само, як можна працювати зі справжньою глиною.

Найперші версії ZBrush містили 30 інструментів пензля, які дозволяли виконувати різноманітні процеси та давали більше контролю. Використовуючи ці пензлі, художник може виліпити цифрову версію майже всього, що забажає.

Маніпулюючи віртуальною поверхнею певним чином, 3D-художник може створити деталізовані елементи, як-от луска дракона або зморшки на обличчі людини. Такі дрібні деталі дуже важко передати без інструментів, які має Zbrush (рис 1.11).

Незважаючи на те, що ця програма відома насамперед створенням органічних фігур із великою кількістю деталей на поверхні, ZBrush також добре підходить для створення інших об'єктів, наприклад транспортних засобів чи зброї [9].



Рисунок 1.11 – Інтерфейс ZBrush

Наступною доволі популярною програмою є Blender. Blender є кросплатформним і однаково добре працює на комп'ютерах Linux, Windows і Macintosh. Основною перевагою цієї програми є те, що вона безкоштовна. Це ідеальний варіант для студентів, щоб попрактикуватись у створенні тривимірних моделей. Незважаючи на те, що програма безкоштовна, вона доволі професійна та містить великий функціонал (рис. 1.12).

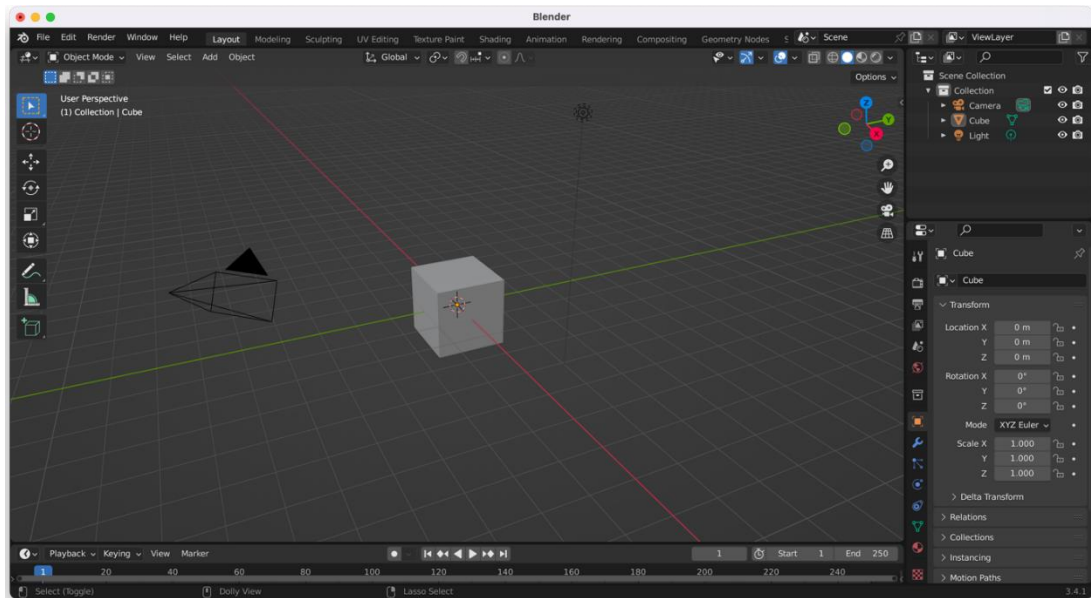


Рисунок 1.12 – Інтерфейс Blender

Blender підтримує весь 3D-пайплайн – моделювання, монтаж, анімацію, симуляцію, рендеринг, композицію та відстеження руху, навіть редагування відео та створення ігор. Досвідчені користувачі використовують API Blender для створення сценаріїв Python, щоб налаштувати програму та створити спеціалізовані інструменти; часто вони включені до майбутніх випусків Blender. Blender добре підходить для окремих осіб і невеликих студій, які отримують переваги від його уніфікованого пайплайну та адаптивного процесу розробки [6].

Стандартом для hard-surface моделювання, рігінгу та анімації є Autodesk Maya (рис. 1.13). Цю програму використовують провідні студії анімації, зокрема Blue Sky Studios, Framestore та Moving Picture Company. Це програмне забезпечення використовувалося для анімації таких фільмів, які отримали нагороди, як-от «Крижане серце» та «Wreck It Ralph». Ця програма також платна, користування якою коштує 220 доларів на місяць.

За допомогою Maya можна створювати 3D-ресурси для фільмів, телебачення та відеоігор. Зазвичай це включає кілька різних компонентів майстерності, зокрема створення 3D-моделей, рігінг, анімацію, динаміку, малювання, освітлення та рендеринг. Maya містить інтуїтивно зрозумілі та прості у використанні інструменти для спрощення всіх цих завдань [10].



Рисунок 1.13 – Інтерфейс Autodesk Maya

Однією з найпопулярніших програм з текстурування є Adobe Substance 3D Painter, підписка на яку коштує 50 доларів в місяць.

Substance 3D Painter широко використовується у виробництві ігор і фільмів, а також у дизайні продуктів, моді й архітектурі. В програму потрібно імпортувати моделі з вже зробленими UV-розгортками. Substance 3D Painter має велику бібліотеку матеріалів та смарт матеріалів, що дозволяє доволі швидко текстурувати моделі (рис. 1.14). В цій програмі можна також запікати моделі, що робить її ще більш функціональною [11].



Рисунок 1.14 – Інтерфейс Substance 3D Painter

Існує чимало програм для створення 3D-моделей. Кожен моделер підбирає необхідну програму відповідно до своїх можливостей та потреб.

## 2 РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛІ ДЛЯ АНІМОВАНОГО ФІЛЬМУ

### 2.1 Етапи розробки

Розробка 3D-моделі здійснюється у декілька етапів (рис 2.1). Як і в будь-якій іншій справі, починати слід з ідеї, яку необхідно виразити в концептах. Це важливий етап, який буде фундаментом для усієї подальшої роботи. Насправді не так важливо, якої якості будуть ескізи. Тому що ескіз це план, який чітко представляє фінальний результат і кроки, потрібні для його реалізації.

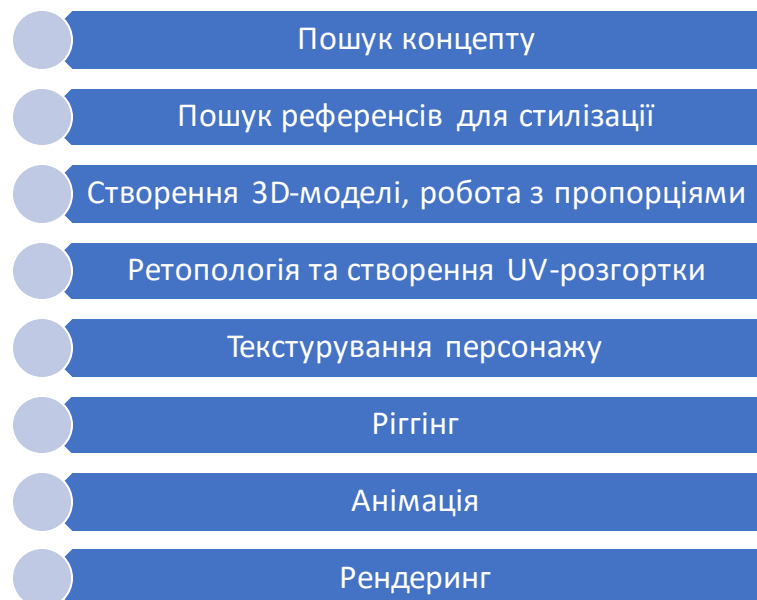


Рисунок 2.1 – Основні етапи роботи над створенням 3D моделі

Моделювання або створення геометрії моделі. Йдеться про створення тривимірної геометричної моделі, без урахування фізичних властивостей об'єкту. Як прийоми використовуються:

- витискування;
- модифікатори;
- полігональне моделювання;
- обертання.

Ретопологія. Завершивши роботу над high poly моделлю, можна сміливо приступати до її оптимізації, тому що в тому виді, в якому

знаходиться модель зараз, використання в грі украй не раціональне. Навряд чи знайдеться той сміливець, який зважився б опрацювати модель в 20 мільйонів полігонів і з абсолютно хаотичною сіткою. Тому приступаємо до процесу ретопології, основною суттю якого є зменшення кількості полігонів до оптимального та побудова правильної сітки, придатної для анімації. Ретопологію можна робити як в сторонньому програмному забезпеченні, так і в 3D Max за допомогою інструменту PolyDraw. Рекомендується використовувати loop (з англ. – петля, виток) в місцях згинів, це полегшить подальший скіннинг і забезпечить анімаціям природніший вид.

Текстурування об'єкту. Рівень реалістичності майбутньої моделі безпосередньо залежить від вибору матеріалів при створенні текстур. Професійні програми для роботи з тривимірною графікою практично не обмежені в можливостях для створення реалістичної картинки.

При текстуруванні 3D-моделіст вибирає матеріали і кольори. У кінематографі це завдання відведене окремому експертові – художникові по текстурам. Проте при створенні 3D-персонажа виникає необхідність в попередній підготовці UV- розгортки текстури.

Що це таке? Фактично йдеться про 2D-зображення, яке містить поверхню 3D-моделі персонажів. Така розгортка потрібна для ідеального і безпомилкового накладення текстури на модель.

На наступному етапі виконується промальовування текстур з їх наступному прив'язкою до моделей 3D-персонажей. Моделісти готують повноцінний набір текстур, що містить:

- карту нерівностей (bump);
- карту рельєфу (displacement);
- карту прозорості(alpha);
- карту нормалей (normal map);
- карту відблисків (specular);
- колір.

Результатом стає створення готового образу 3D-персонажа, де є усе, починаючи від волосся, що детально промальовувало, на голові, до чітко прокреслених зморшок на обличчі. Виставляння світла і точки спостереження. Один з найскладніших етапів при створенні 3D-моделі. Адже саме від вибору тону світла, рівня яскравості, різкості і глибини тіней безпосередньо залежить реалістичне сприйняття зображення. Крім того, необхідно вибрати точку спостереження за об'єктом. Це може бути вид з висоти пташиного польоту або масштабування простору з досягненням ефекту присутності в нім – шляхом вибору виду на об'єкт з висоти людського зростання.

Риггинг і скиннинг. Щоб вдихнути життя в нашого персонажа, треба створити йому кістки і прискрити до них модель. Скиннинг (від англійського слова *skin* – шкіра, *skinning* – процес створення шкіри, зустрічається також написання *скиннинг*) – це один з головних етапів створення 3D-персонажа, коли готовий скелет прив'язується (скініться) до самої 3D-моделі персонажа. У нашому випадку це гуманоїд, тому використовуємо стандартний скелет CATRig. Підганяємо усі кістки під пропорції нашого персонажа і приступаємо до скиннингу. Запасемося терпінням, це досить трудомісткий процес, оскільки треба правильно призначити вагу (англ. *weight*) для кожної вершини моделі. Чим більше вага, тим більше впливає конкретна кістка на конкретну вершину 3D-моделі. До того ж чим правильніше топологія моделі, тим простіше і швидше здійснюватиметься скінінг.

Далі йде етап комп'ютерної анімації 3D-персонажів, де об'єкти зображаються в двох варіантах: поверхнєве представлення (сітка/шкіра) при створенні 3D-персонажа, яке застосовується для малювання символу, або ієрархічна колекція взаємозв'язаних кісток (клубень/скелет). За допомогою останнього здійснюється анімація (ключовий кадр і поза) сітки.

Якщо потрібне створення 3D-персонажей із загальнішими рисами, ніж гуманоїдний персонаж, не обов'язково, щоб набір кісток був взаємозв'язаним або ієрархічним. Він буде вищим описом рівня руху шкіри.

3D анімація персонажа украй важлива. Адже без неї ваш герой не рухатиметься і не мінятиме форму. По суті анімація – це швидке відображення ланцюжка статичних картинок, що відрізняються між собою незначними деталями. Само собою зрозуміло, що основна мета на цьому етапі полягає в досягненні максимальної реалістичності рухів 3D-персонажів. Це має первинне значення в кінематографі, оскільки часто у фільмах тривимірний герой повинен взаємодіяти із справжніми акторами.

Тут на допомогу приходить Keyframes – анімація 3D-персонажів по ключових кадрах. Дизайнер повинен вказати позицію 3D-персонажа в першому та останньому кадрах руху, а обчислення інших кадрів доручене спеціальній програмі. На практиці така технологія виглядає просто, але коли треба створити складні рухи і добитися реалістичності 3D-персонажів, доводиться старанно працювати.

3D-візуалізація або рендеринг. Завершуючий етап 3D-моделювання. Він полягає в деталізації налаштувань відображення 3D-моделі. Тобто додавання графічних спецефектів, таких, як відблиски, туман, сяйво і так далі. У разі відео-рендеринга, визначаються точні параметри 3D-анімації персонажів, деталей, ландшафтів і тому подібне (час кольорних перепадів, світіння та ін.).

На цьому ж етапі деталізуються налаштування візуалізації: підбирається потрібна кількість кадрів в секунду і розширення підсумкового відео (наприклад, DivX, AVI, Cinerak, Indeo, MPEG-1, MPEG-4, MPEG-2, WMV і тому подібне). У разі потреби отримати двомірне растрове зображення, визначається формат і роздільна здатність зображення, в основному – JPEG, TIFF або RAW.

## 2.2 Пошук концепту

Перед початком розробки персонажу, я почала шукати ідеальний концепт для реалізації. Переглянувши багато робіт різних художників, я зупинилась на роботі талановитого художника Moxuan Zhang. Він має дуже гарний концепт персонажу кролика з іменем Бату.

Історія цього кролика дуже цікава. Даний персонаж має дуже пригодницький та войовничий дух. В нього є важливе завдання – вирушити у подорож для того, щоб здолати свого запеклого ворога – орла. Бату має характерне для воїна вбрання – основа з пір'я та залізна броня. В своєму арсеналі він має чимало зброї, але для виконання цього завдання йому необхідний саме його меч.

Цей кролик не такий як усі інші, він має особливі вушка, що допомагають йому бути більш чуйним. Його зачіска не заважає йому у боротьбі, волосся гарно зібране у хвостик. Загальні кольори нейтральні – сірий, коричневий, блідо зелений з акцентними вкраплення червоного кольору на одязі, аксесуарах для волосся та на мечі (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Концепт кролика Бату

### 2.3 Пошук референсів для стилізації

Для створення даної моделі персонажу, я вирішила робити його стилізованим.

Взагалі, під час створення 3D-моделей, особливо в сучасному просторі, художники наслідують загальні риси персонажу та намагаються їх виділити і трохи перебільшити для більш ефектного вигляду. Наприклад, давньогрецька скульптура не була повним відображенням реального людського тіла, оскільки художники намагались передати найкращі риси, щоб скульптура мала ідеальний вигляд. Тому художники набагато частіше виявляють свій характерний стиль, створюючи стилізовані тривимірні фігури.

Щоб створити стилізованого 3D персонажа, спочатку потрібно зібрати відповідні референси. Хороші референси є дуже інформативним і навчальним джерелом для дизайну, деталізації та загального ефекту.

Оскільки завданням проекту є створення антропоморфної тварини, я вирішила спочатку підібрати відповідні референси.

На першому референсі зображена антропоморфна ящірка (рис. 2.3). Дуже гарно передані основні анатомічні особливості ящірки, при цьому ми бачимо, що вона має такі ж можливості як і людина, тобто може ходити на двох ногах, розмовляти. Модель має помірну деталізацію, що є характерним для стилізованого персонажу.

Наступний референс ще більш схожий на обраного мною персонажа. Цей кіт міг би бути другом або напарником кролика Бату. Даний кіт також є антропоморфним, він має відповідний для самурая одяг та меч. Основні матеріали – шкіра, тканина, блискучі очі та металеві вставки (рис. 2.4).

Також як для прикладу я вирішила взяти модель людини самурая (рис. 2.5). Дуже гарно стилізовані основні риси персонажу. Деякі моменти, такі як вуха, очі, посмішка, гіперболізовані для того, щоб краще передати характер доброго та життєрадісного персонажу. Гарно підібрані кольори підкреслюють його веселий настрій.



Рисунок 2.3 – Антропоморфна ящірка



Рисунок 2.4 – Антропоморфний кіт самурай



Рисунок 2.5 – Людина самурай

Загалом, проаналізувавши референси, я прийшла до висновку, що персонаж має мати основні анатомічні характеристики кролика, такі як вуха, лапки тощо. При цьому він має бути зображений у позі, відповідній людині. Потрібно використовувати небагато матеріалів, щоб персонаж виглядав стилізованим. Гіперболізація деяких рис також може допомогти у передачі характеру та настрою персонажу.

#### 2.4 Створення моделі

Для скульптингу я обрала програму ZBrush. Ця програма вважається стандартом та, на мою думку, є найзручнішою при скульптингу моделей.

Я почала зі створення шару та, використовуючи інструмент Move, деформувала його та створила основу для майбутньої голови. Потім я дублювала цю форму та використовуючи ті ж інструменти, деформувала для

створення тулуба, рук та ніг. Для кожного об'єкта я використовувала ввімкнену симетрію (гаряча клавіша X), що полегшує роботу з моделлю.

Після цього я створила вуха та почала пропрацьовувати загальну форму пальців кролика на лапах (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Створення основних форм

Наступним етапом я вирішила додати одяг та волосся. Я створювала загальні форми, не дуже пропрацьовуючи деталі, щоб сфокусуватись на загальній формі. На початку роботи необхідно йти від великого до малого, тобто спочатку задати основну форму, а потім вже деталізувати модель. Також я одразу пофарбувала очі за допомогою PolyPaint. Для того щоб форма одягу повторювала форму тіла, я маскувала необхідну частину тіла, зажавши Ctrl та видавлювала це виділення за допомогою інструменту Extract (Subtool – Extract – Apply). Для всіх елементів я використовувала Dynamesh, що дає змогу збільшити або зменшити кількість полігонів за необхідності (рис. 2.7).

Після того як я створила основу для всіх елементів кролика, я почала пропрацьовувати деталі. Розпочала з мордочки кролика. На цьому етапі я намагалася передати основні анатомічні структури голови кролика, при цьому трохи додавши стилізації. Модель голови має характерні для кролика структури, такі як ніс та ротик. А ось очі та брови вже пропрацьовані більш стилізовано та нагадують людські риси обличчя (рис. 2.8).



Рисунок 2.7 – Пропрацювання загальної форми кролика

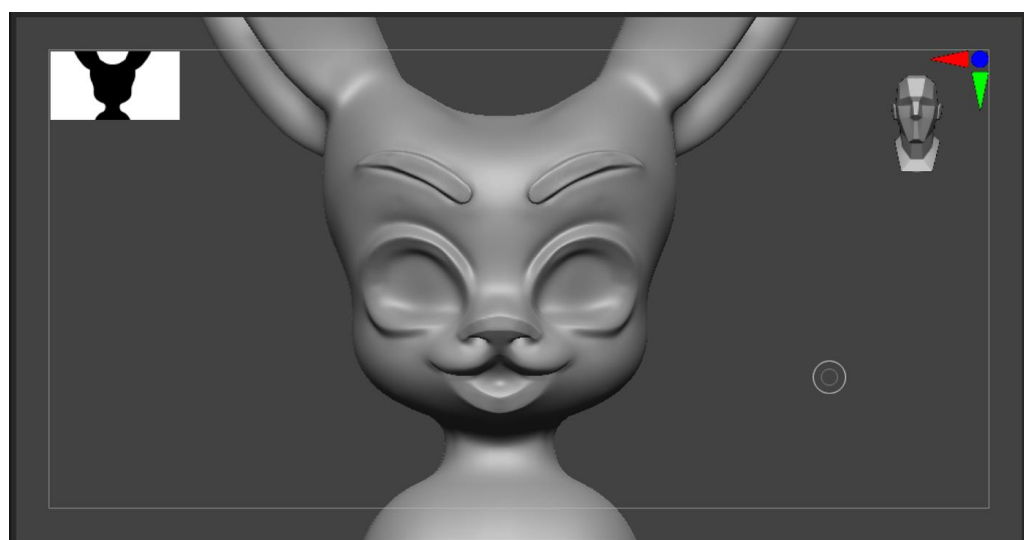


Рисунок 2.8 – деталізація голови кролика

Наступним етапом була деталізація волосся. Для волосся я використовувати пензлі Move, ClayBuildUp та DamStandart. Останній пензль дає змогу особливо гарно пропрацювати деталі волосся, створюючи гарну текстуру.

Також для тоньких пасм я використовувала пензль XMD Hair. Цей інструмент дає змогу малювати лінію, за якою буде йти пасмо волосся. Для пасм волосся я не використовувала Dynamesh, адже він би зруйнував всю топологію цих елементів. Я вирішила використати Subdivision Levels, для того щоб зробити ці пасма ще детальнішими.

При створенні волосся особливо важливо звертати увагу на те як пропрацьовують його інші художники. На цьому етапі необхідно зібрати всі необхідні референси. Так як кролики не мають волосся на голові, цей елемент запозичений у людей. Оскільки ця модель створюється для презентації персонажу, я вирішила зробити волосся більш динамічним та спрямувати його в бік, неначе воно розвіюється від поривів вітру. Такі елементи роблять рендер менш статичним та додають динамічності зображенню (рис. 2.9).

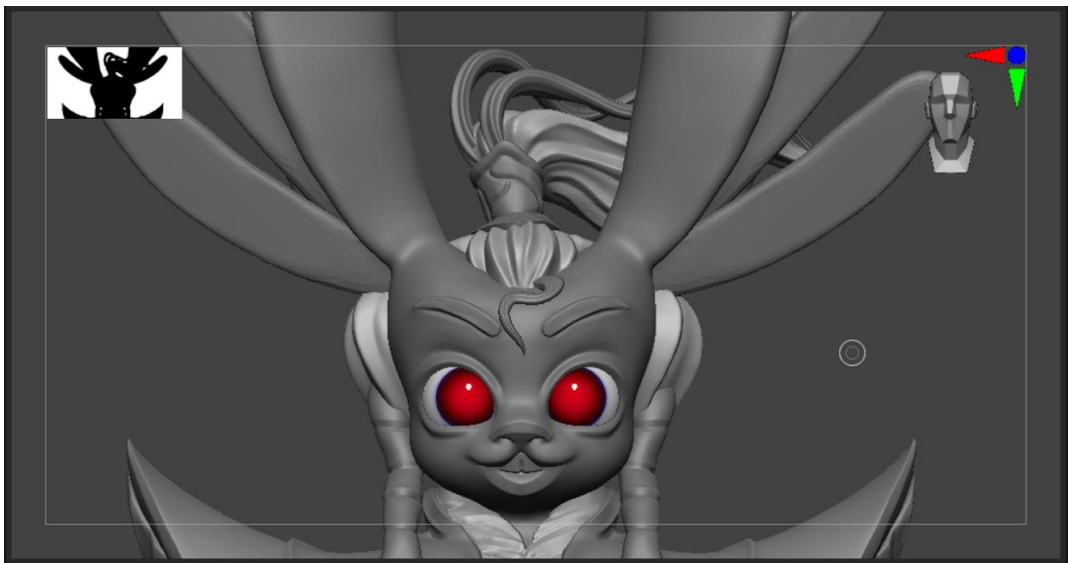


Рисунок 2.9 – Деталізація волосся кролика

Одним із найбільш довгих етапів було пропрацювання одягу Бату. Основна частина складається з матеріалу, що має текстуру, схожу на пір'я. Використовуючи такі пензлі як DamStandart, я намітила основні лінії текстури. Потім за допомогою пензля TrimDynamic, я полішувала кожен частинку узору для того, щоб вони були більш плоскі (рис. 2.10).

Для того щоб додати пір'ячко по краям спідниці, я змодельовала одну пір'їнку та на її основі створила свій власний пензль. Таким чином, при кожному проведенні пензля, з'являлось пір'я різної форми. Створення власних пензлів є чудовим інструментом програми ZBrush, що дає змогу працювати більш ефективно.

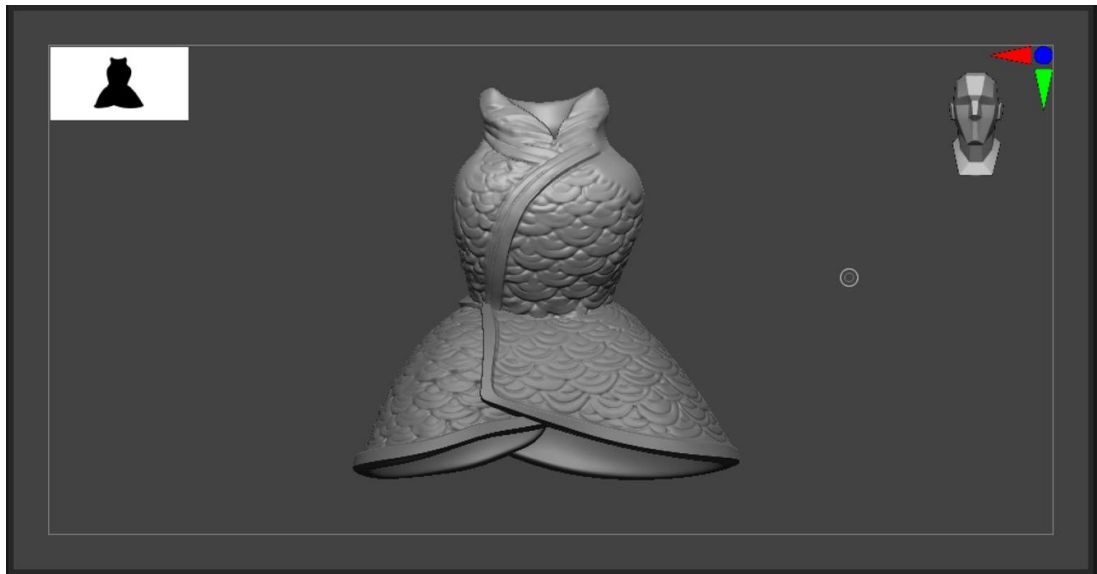


Рисунок 2.10 – Деталізація основної частини одягу кролика

Після того як я створила кілька пір'їн, я здублювала їх та повернула в потрібну сторону. При необхідності за допомогою пензля Move я урізноманітнювала нахили пір'їнок для того, щоб загальний паттерн був неоднорідним (рис. 2.11).

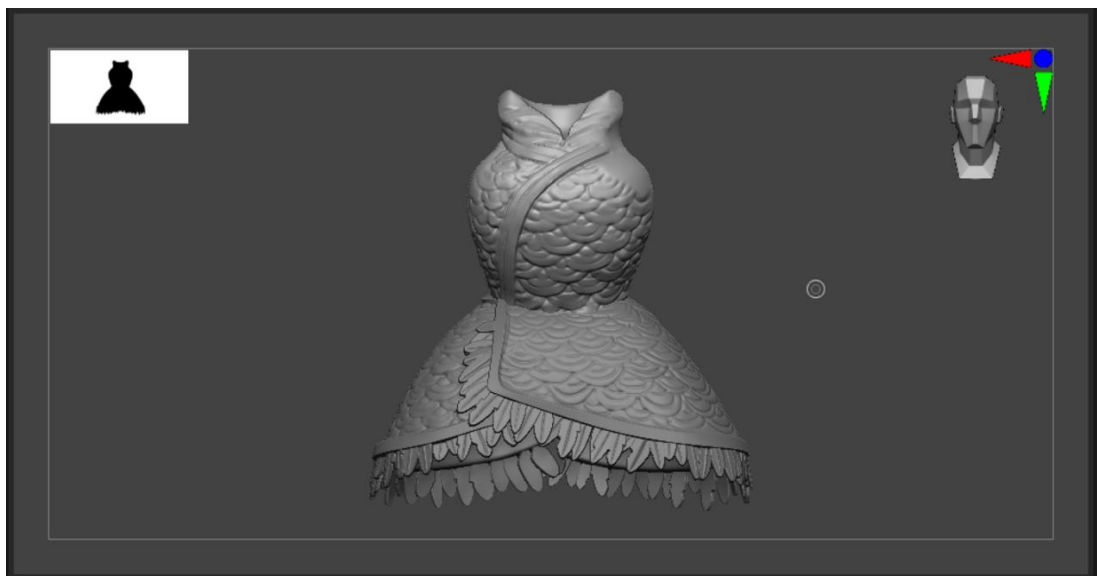


Рисунок 2.11 – Додавання пір'я

Наступним етапом була деталізація штанів кролика Бату. Штани мають дуже цікаву текстуру, адже вони імітують шерсть кролика. Для цього я використовувала пензлі ClayBuildUp та DamStandart.

На цьому етапі також необхідно знайти референси як справжньої шерсті, так і приклади відтворення шерсті у інших художників. Важливо з самого початку задати основний напрям шерсті і вже потім переходити до деталізації. Я додатково використовувала пензль SnakeHook за допомогою якого можна досягти переходу довгих волосків (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Деталізація штанів

Також на штани я додала кілька пасм шерсті щоб ще більше підкреслити, що ці штани є начебто частиною тіла кролика (рис. 2.13).

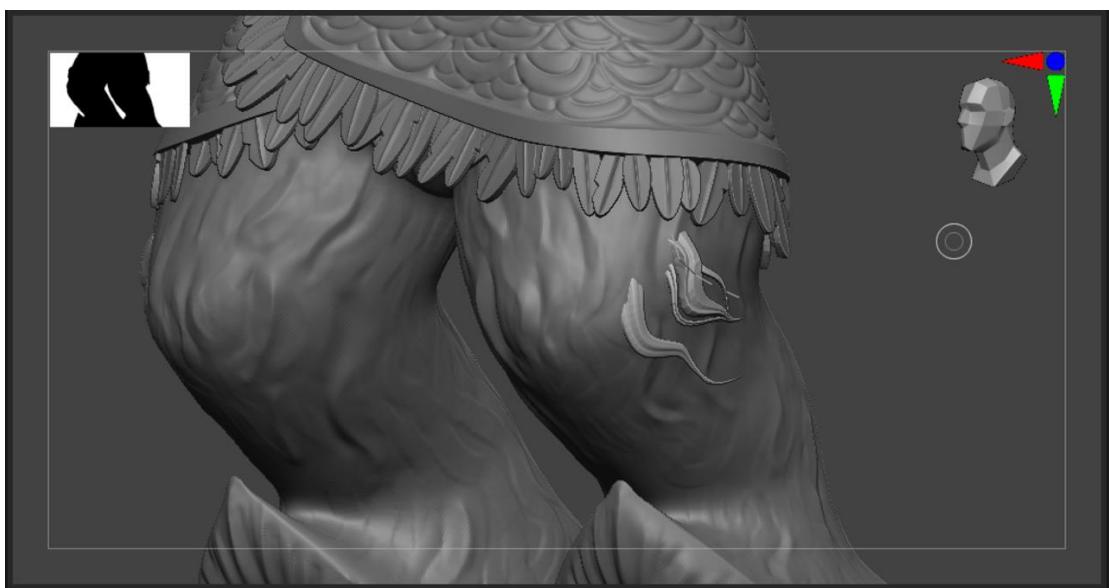


Рисунок 2.13 – Додавання пасм шерсті на штани

Так як рукава складаються з двох частин (нижня частина, що імітує шерсть та верхня броня), я скульптила їх як два різних об'єкта. Для нижньої частини я імітувала шерсть як на штанах, а на броні я додала візерунок, що відповідає концепту (рис. 2.14).

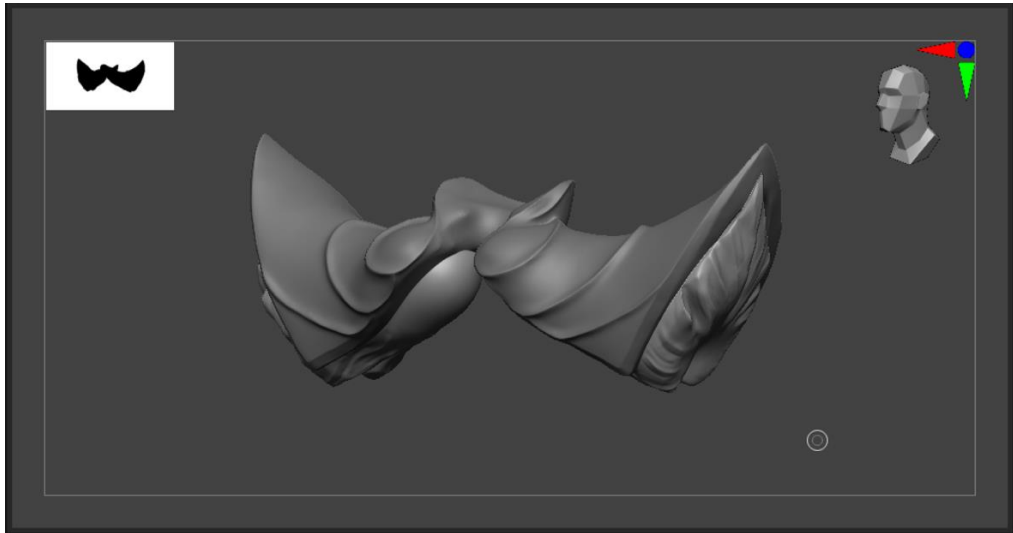


Рисунок 2.14 – Пропрацювання рукавів

Також я вдосконалила форму лапок, зробила їх більш пухкими та схожими на кролячу лапку. Після цього я додала невеличкі пазури. Для пазурів я створила сферу і деформувала її відповідно до необхідної форми (рис. 2.15).



Рисунок 2.15 – Пропрацювання лап

Завершуючи етап моделювання, я додала аксесуари, такі як пояс, резинка та інші деталі (рис. 2.16).



Рисунок 2.16 – фінальна модель

## 2.5 Ретопологія та створення UV-розгорток

Для того, щоб модель в майбутньому можна було анімувати, необхідно зробити ретопологію [12]. На етапі моделювання я використовувала різні методи збільшення кількості полігонів, такі як Dynamesh та Subdivision Levels. Dynamesh швидко збільшує кількість полігонів, але робить модель дуже важкою і неакуратною. З такою топологією просто неможливо далі працювати, тому необхідно зробити ретопологію [13].

Ретопологію можна робити як вручну в Blender, так і автоматичну в ZBrush. Я вирішила використати останню. ZBrush має функцію ZRemesher, що може доволі ефективно створювати гарну топологію. Але для цього необхідно правильно підготувати модель. Я використовую метод полігруп. Цей метод полягає в тому, що за допомогою маскуванню я створюю полігрупи, відповідно до форми об'єкта і потім при ретопології за допомогою ZRemesher, я вмикаю функцію KeepGroups. Це дає змогу контролювати процес ретопології. Кожна полігрупа має своє забарвлення (рис. 2.17).

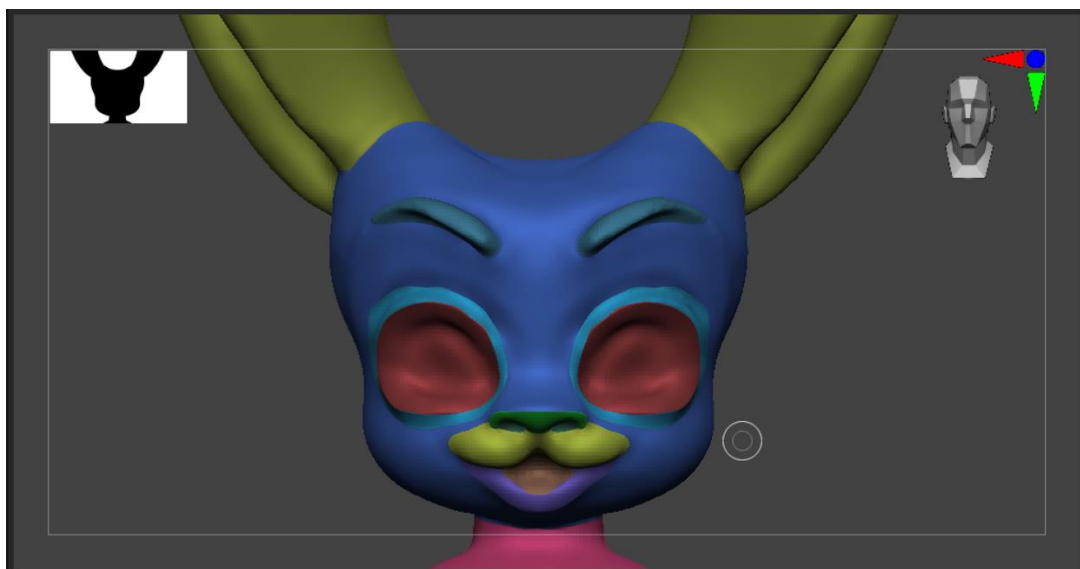


Рисунок 2.17 – Створення полігруп

Потім потрібно запустити процес ретопології, почекати кілька хвилин і повторити це з іншими об'єктами (рис. 2.18).

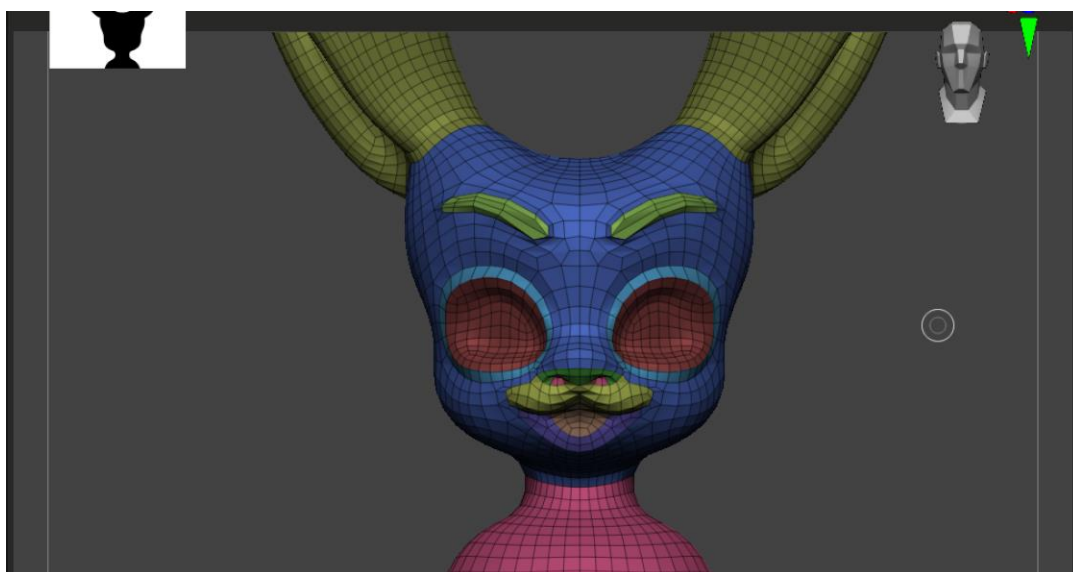


Рисунок 2.18 – Результат ретопології за допомогою ZRemesher

Також на цьому етапі необхідно створити UV-розгортки. Для виконання цього завдання я також скористалась інструментами ZBrush. Для створення розгортки необхідно натиснути ZPlugin – UV Unwrap – Work on clone – Unwrap (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Розгортка тіла кролика

Заключною дією цього етапу є проєкція високополігональної моделі на нову низькополігональну модель. Для цього необхідно залишити видимими лише два об'єкти (хайполі та лоуполі) та натиснути Subtool – Project – Project All.

## 2.6 Текстурування

На даному етапі необхідно створити текстури для моделі. Так як я працюю над стилізованою моделлю, я буду використовувати лише PolyPaint.

PolyPaint дозволяє малювати на поверхні моделі без попереднього створення розгорток. Карту текстури можна створити пізніше, а пофарбовану поверхню можна перенести на карту.

Поліфарбування має значні переваги порівняно зі стандартним робочим процесом: роздільну здатність карти текстури не потрібно вирішувати заздалегідь. Це особливо цінно, якщо виявиться, що необхідно більше деталей в певній області. Замість того, щоб перефарбовувати нову, більшу карту текстури, можна просто перенести наявне фарбування поверхні на нову, більшу карту, без необхідності переробляти.

Перед тим як фарбувати модель, необхідно переконатися, що є достатньо полігонів. Якщо розмальовувати низькополігональну модель, буде

погана якість текстури. Саме тому завжди краще створювати текстуру на найвищому рівні *Sundivision Level*.

Після цього у вкладці *Tool > Polypaint* потрібно увімкнути *Colorize*. Також необхідно вимкнути *Zadd* або *ZSub*, щоб уникнути ліплення моделі під час малювання.

Потім я увімкнула *RGB*, виставила необхідну мені інтенсивність та розфарбовувала модель (рис. 2.20).



Рисунок 2.20 – Результат текстурування моделі

Це доволі довгий процес, але він вимагає використання лише одного інструменту – пензля *Paint*.

Також при роботі з концептом для того, щоб точно передати всі кольори, можна використовувати *Spotlight*. Цей інструмент дає змогу проєкційного текстурування, що дозволяє підготувати вихідну текстуру безпосередньо в *ZBrush*, а потім розфарбувати нею модель у 3D. Існує величезна кількість функціональних можливостей цього інструменту. Використовуючи *Spotlight* продуктивність малювання зросте у рази. Для цього необхідно натиснути *Texture – Import – Spotlight*. Потім виставити непрозорість на 100. Після того я вибрала необхідну ділянку концепту та натиснула *C*, щоб вибрати піпеткою колір.

## 3 РІГІНГ ТА АНІМАЦІЯ

### 3.1 Рігінг

Задля того щоб зробити гарну анімацію, необхідно правильно створити та налаштувати ріг [14].

Скелетна анімація, для якої і застосовується рігінг (а з ним і скінінг) зручна насамперед тим, що дозволяє маніпулювати великою кількістю елементів фігури, що анімується за допомогою відносно малої кількості керуючих елементів – тих самих кісток та їх регульованих характеристик.

Оскільки між ними встановлюється ієрархічна залежність, то зміщення у просторі кожної кістки, що залежить від іншої, буде сукупність її власних трансформацій і трансформацій, яким піддається «материнська» кістка. Іншими словами, за зміщенням кістки стегна має слідувати зміщення кісток усієї ноги. Грамотне налаштування залежностей дозволяє аніматорам значно економити зусилля, вказуючи, наприклад, траєкторії зміщення тільки для невеликої кількості окремих кісток, які потягнуть за собою інші, що знаходяться в ієрархічному підпорядкуванні.

Власне структура віртуального скелета навіть ззовні дуже схожа на скелет. Від складності цієї структури залежить, наскільки вона буде гнучкою, і наскільки реалістичною вийде анімація. З іншого боку, чим більше кісток, тим складніше буде працювати зі скелетом [15].

Я створила базовий скелет для моделі, щоб в подальшому було легше ним маніпулювати. Для цього я імпортувала модель в програму Blender та додала елемент Armature. Після цього перейшла в режим редагування та додала кістки для правої сторони моделі. Потім я перейменувала всі кістки у відповідні назви та віддзеркалила їх за допомогою інструменту Symmetrize.

Також я додала додаткові кістки для хвоста та вух кролика (рис. 3.1).

Додати просто кістки недостатньо для правильного рігу, необхідно ще зробити скініг. Для цього я використовую Weight Paint.



Рисунок 3.1 – Створений скелет

Спочатку я нажала на модель, зажала Shift та клікнула Ctrl P, після цього вибрала Armature – Deform with Empty Groups. Після цього я почала присвоювати вагу на кожну окрему кістку. Це доволі довгий та кропіткий процес, особливо якщо модель має багато елементів одягу (рис. 3.2).

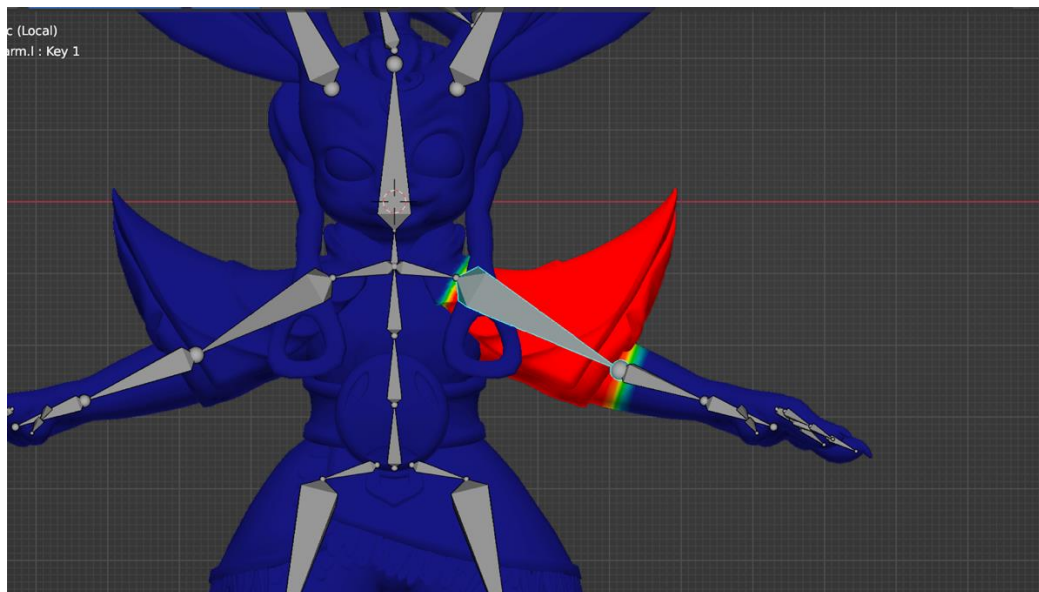


Рисунок 3.2 – Приклад скінінгу руки кролика

Після закінчення створення рігу, я перевірила правильність виконання роботи, повертаючи кістки по черзі.

### 3.2 Анімація

Для цього проекту я вирішила створити просту анімацію для презентації персонажу. Ідея полягає в тому, щоб камера повільно віддалялася від кролика Бату, який в той час трохи змінює емоцію та ворухить вушками. Такі короткі відео часто використовують для того, щоб презентувати персонажа, який в майбутньому буде використовуватись в анімації.

Найперше, що потрібно зробити – це створити камеру та налаштувати основні її характеристики. Я вирішила зробити квадратне відео розширенням 1024x1024 пікселя. Фокусна відстань даної камери – 75 мм, щоб не спотворюватись пропорції персонажа, адже камера буде відображати персонажа і зблизька, і здалеку. Довжина відео – 60 фреймів з частотою 24 кадри в секунду.

Спочатку я налаштувала анімацію камери, вона буде рухатись від обличчя кролика до точки, де його буде видно в повний зріст (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Налаштування анімації камери

Далі я налаштувала рухи самого кролика. За допомогою кісток я повернула вуха та хвостик. Все це я робила в режимі Pose Mode (рис. 3.4). Кожен кейфрейм я додавала за допомогою клавіш I – Rotation [16].

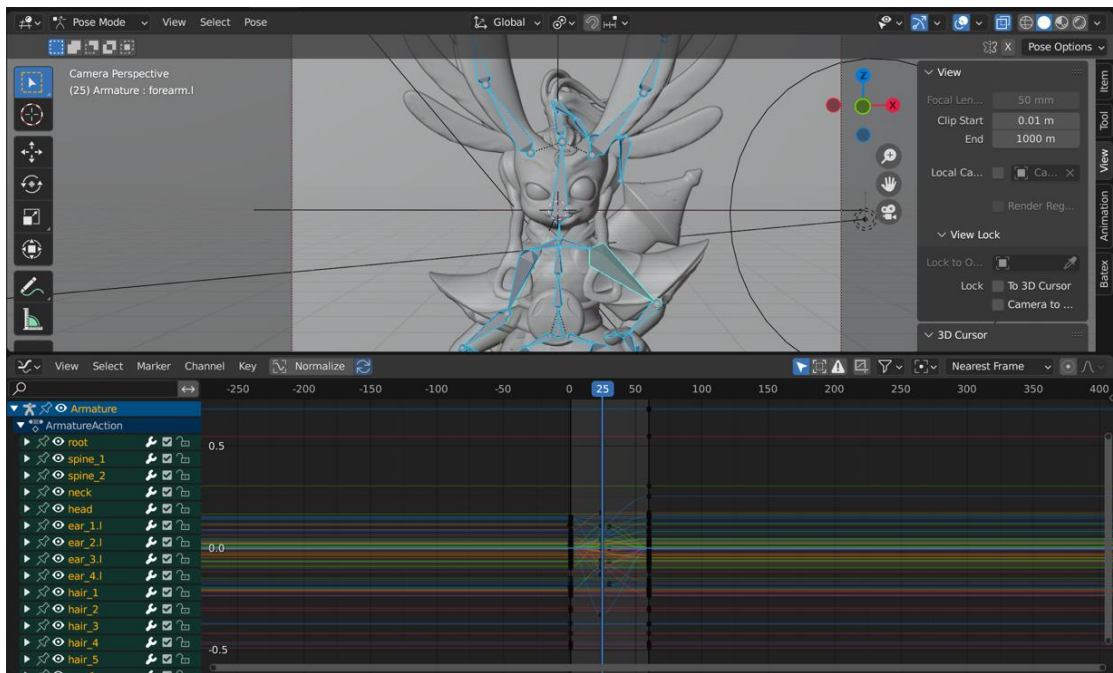


Рисунок 3.4 – Анімація вух кролика

Також я хотіла додати трохи емоцій на обличчя персонажу. Для цього я вирішила використати трохи іншу техніку. Blender дає змогу анімувати зміни форми об'єкта за допомогою Shape Keys. Саме тому я трохи змінила вираз його обличчя та додала характерне для кролика часте дихання носом саме завдяки інструменту Shape Keys (рис. 3.5).

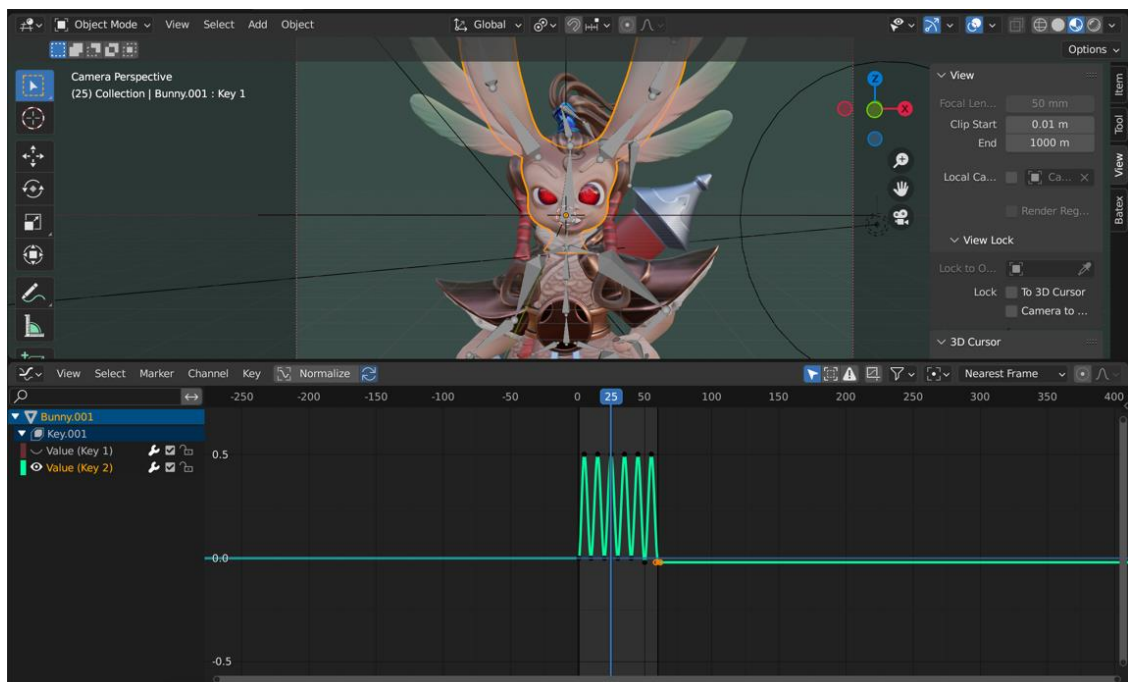


Рисунок 3.5 – Анімація за допомогою Shape Keys

Також окремо на очі я додала анімацію повороту, для того, щоб з рухом камери кролик продовжував дивитись прямо в камеру (рис. 3.6).

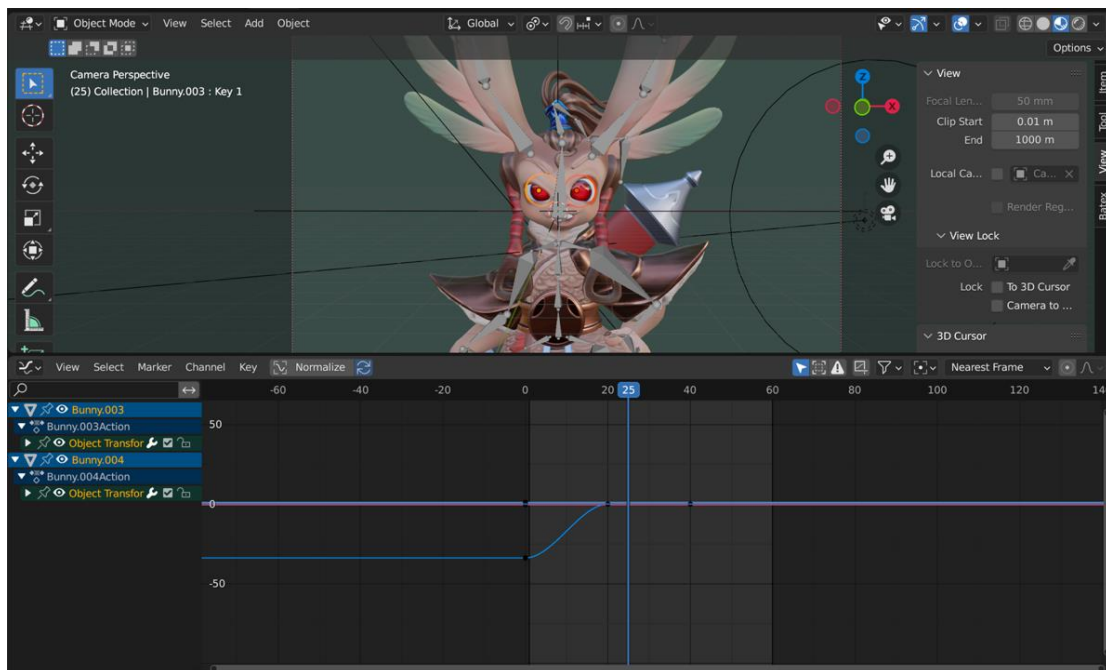


Рисунок 3.6 – Анімація очей кролика

## 4 РЕНДЕРИНГ

### 4.1 Налаштування сцени

Заключним етапом створення персонажу є налаштування сцени та рендеринг. В моєму випадку буде кілька рендерів, адже я хочу отримати рендери в кількох позах і ракурсах, і також необхідно відрендерити анімацію.

Спочатку я налаштувала всі матеріали, а саме додала текстури для всіх об'єктів сцени. Для металевих об'єктів я додала металевий ефект в налаштуваннях матеріалу. Також я додала пагорб з травою на землі. Для цього я намалювала одну травинку у програмі Photoshop та за допомогою Particle System в Blender зробила систему трави. Я створила Plane, присвоїла йому матеріал з намальованою текстурою трави. Потім перейшла до пагорба та додала йому Particle System. Налаштувавши все, в мене вийшов доволі гарний пагорб з травою (рис. 4.1).

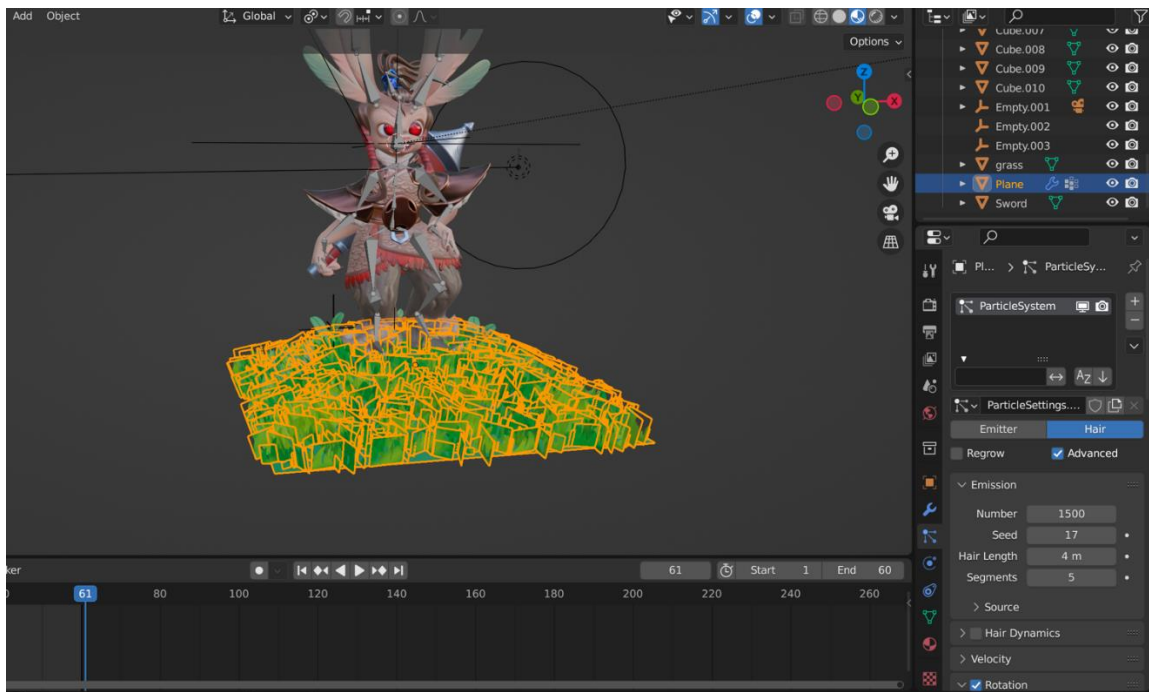


Рисунок 4.1 – Створення Particle System для трави

Так як я хотіла додати різноманіття в кольорах трави, я створила спеціальний шейдер, що робить її зафарбованою різними відтінками. Для

цього я використовувала Material Nodes та багато різних видів нодів для того, щоб досягти бажаного результату. Ноди Noise Texture відповідають за те, щоб кольори розподілялись не рівномірно, а за допомогою шуму. Ноди Color Ramp створюють градієнт, що визначає діапазон кольорів, в які необхідно пофарбувати траву. Ноди Texture Coordinate визначають яким методом буде розподілятися все вище наведене. В даному випадку найкраще підійшов варіант Object Coordinate (рис. 4.2).

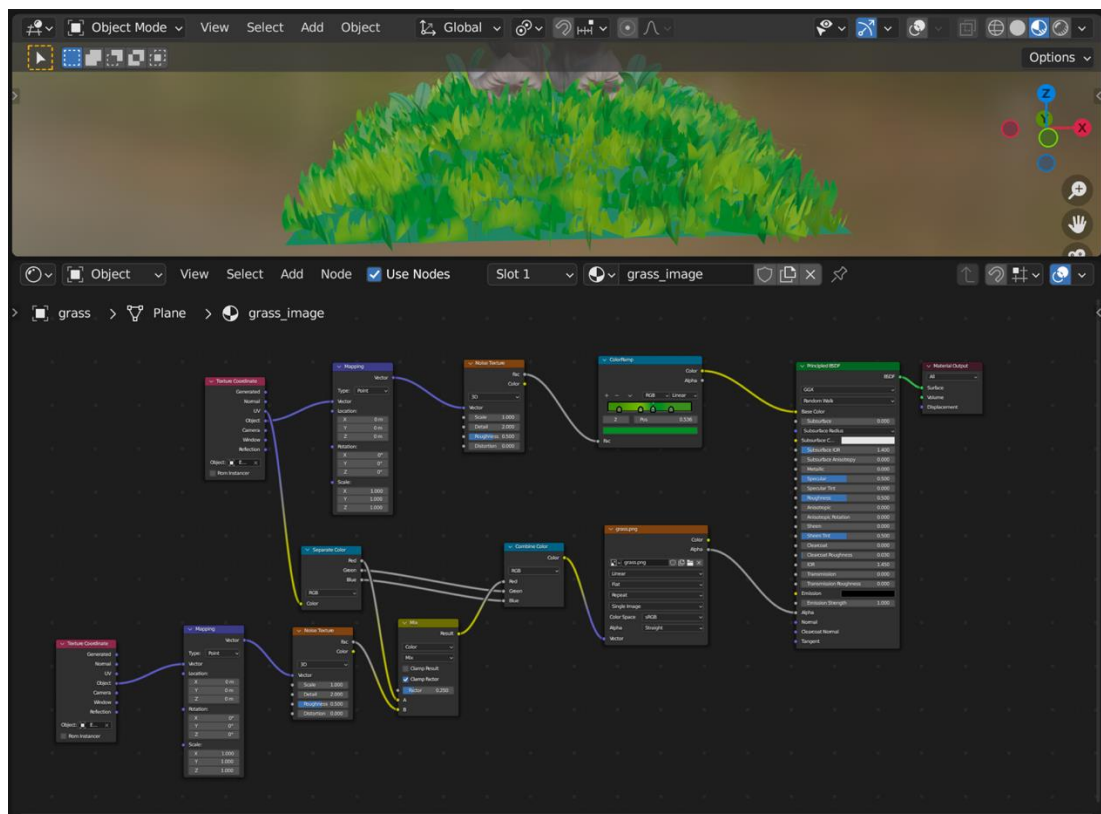


Рисунок 4.2 – Налаштування шейдеру трави

Наступним етапом було налаштування світла та статичних камер. Для загального освітлення я використовувала HDRI карту, щоб створити загальну атмосферу. Я також використовувала два джерела світла – малюючий (спереду зліва) та контрольний (ззаду справа). Для малюючого я обрала теплий відтінок, адже кролик знаходиться на вулиці та на нього світить сонце. Для контрольного світла я вибрала холодний світло-блакитний відтінок, щоб металічні об'єкти мали гарний рефлекс.

Також я створила статичну камеру з фокусною довжиною 75 мм. Розширення зображення я обрала 1920x1920. Я вирішила рендерити на прозорому фоні у форматі .png для того, щоб у подальшому в Фотошопі підібрати гарний фон. Після кількох пробних рендерів та допрацювання світла, я отримала бажаний результат. Рендер – доволі тривалий процес, він може зайняти від кількох хвилин до кількох годин.

## 4.2 Рендеринг

Для рендеру я використовувала Cycles. Cycles – це фізичний інструмент трасування шляхів Blender для рендерингу. Він розроблений, щоб забезпечити готові фізичні результати з художнім контролем і гнучкими вузлами затінення для виробничих потреб [14].

Щоб використовувати Cycles, потрібно вибрати його як механізм відтворення у властивостях відтворення. Для рендерингу з прискоренням GPU, я увімкнула сумісні пристрої в меню «Параметри – Система – Пристрої рендерингу циклі» (рис. 4.3).

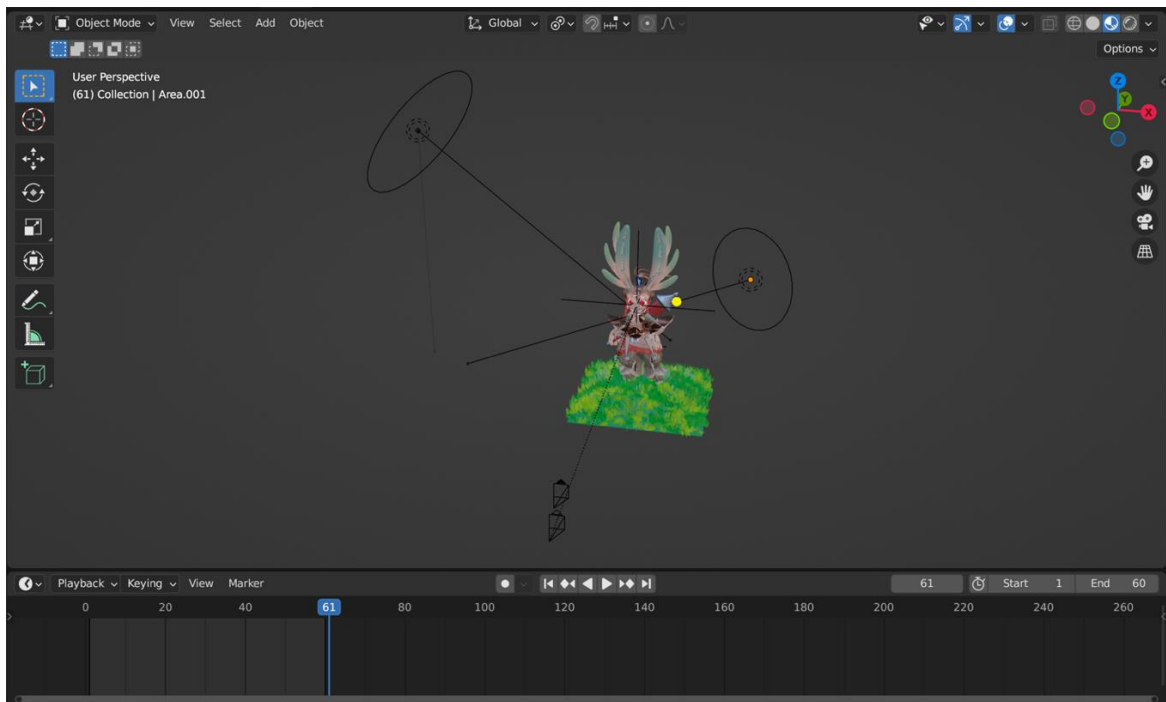


Рисунок 4.3 – Налаштування освітлення та камери

Також я вирішила створити рендер у цікавих та незвичних позах, тому я здублювала сцену і за допомогою кісток та Pose Mode, налаштувала кролика Бату у динамічній позі (рис. 4.4).

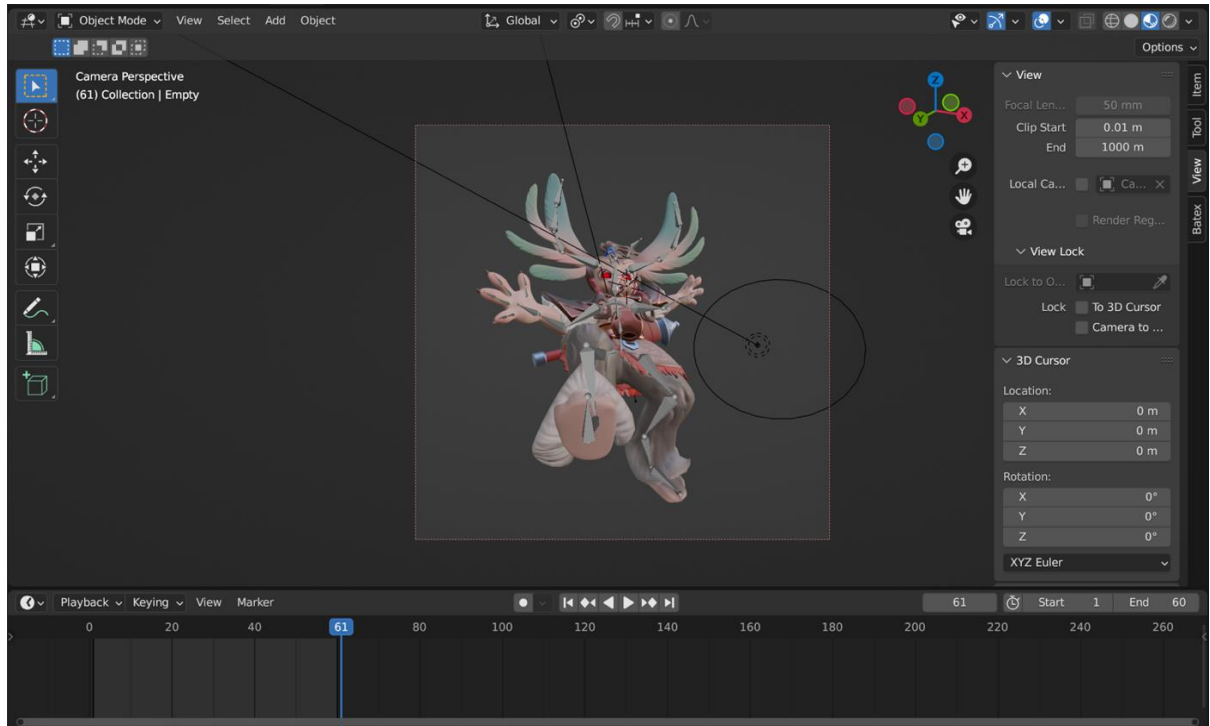


Рисунок 4.4 – Кролик Бату у динамічній позі

Після рендеру статичних зображень, я перейшла до рендерингу анімації. Рендер анімації займає зазвичай кілька годин. Я також додатково створила відео Turntable. Turntable – це відео, в якому модель обертається на 360 градусів для того, щоб відобразити її з усіх боків.

В кінці я також додала відрендерені картинки в Photoshop та додала фон для зображень.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У результаті виконання кваліфікаційної роботи створена 3D-модель персонажу для короткого анімаційного фільму «Кролик Бату». Створення 3D-моделі є фундаментальним етапом при створенні анімаційного фільму.

Економічна ефективність проєкту розраховується перед тривимірним моделюванням персонажу, у результаті чого можливо спрогнозувати потенційний ефект і доцільність впровадження даного проєкту на виробництві анімаційного фільму. Спочатку розраховується собівартість розробки, потім визначається ціна.

Розглянемо переваги створеної моделі.

Даний проєкт передбачає створення презентаційної моделі для попереднього затвердження персонажу перед початком розробки анімаційного фільму. Таким чином, для його створення залучено мінімальну кількість фахівців, що дозволяє заощадити витрати часу на навчання кадрів.

Створена 3D-модель персонажу узгоджується на всіх етапах її створення, що дає можливість заощадити часові та грошові ресурси на внесення та виправлення правок.

Розглянемо конкурентне середовище відповідно до тематики створеної 3D-моделі. Даний проєкт має значні переваги перед конкурентами з ряду причин:

- проєкт передбачає не лише моделювання персонажу, а й створення розгортки, текстурування, рігінг, анімацію та рендеринг фінальної картинки;
- проєкт виконаний у найбільш яскравому й привабливому дизайні серед конкурентів.

Розглянемо джерела економії, доходу, джерела фінансування.

Для фірми-розробника джерелом доходу є прокат створеного анімаційного фільму. Витрати фірми містять у собі витрати на розробку фільму. Джерелом фінансування є власні кошти фірми-розробника.

Розглянемо порядок проєктування презентаційної 3D-моделі.

У загальному випадку розробка презентаційної 3D-моделі містить у собі наступні етапи:

- початковий етап, а саме пошук концепту та референсів, на якому формулюються основні вимоги до вигляду персонажу, описуються риси його характеру та обирається напрямок стилізації;

- етап створення 3D-моделі та робота з основними пропорціями. Даний етап є дуже важливим та доволі трудомістким, адже опрацювання основної форми та пошук правильних пропорцій – це фундамент розробки персонажу;

- етап ретопології та створення UV-розгорток, на якому створюється лоуполі-модель та виконується підготовка моделі до текстурування;

- етап текстурування, на якому фарбується поверхня моделі;

- етап рігінгу, на якому створюється скелет для подальшої анімації персонажу;

- етап анімації, на якому фіксуються рухи персонажу;

- заключний етап, на якому відбувається налаштування сцени та рендеринг фінальної картинки та анімації.

Здійснимо розрахунок собівартості і ціни розробки 3D-моделі.

У собівартість розробки 3D-моделі входять наступні статті витрат:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- єдиний соціальний внесок;
- інші витрати.

Створенням презентаційної 3D-моделі займаються п'ять фахівців: концепт-художник, 3D-моделер, рігер, аніматор та спеціаліст з рендерингу. Зарплата концепт-художника становить 120,00 грн/год, 3D-моделера – 175,00 грн/год, рігера – 150,00 грн/год, аніматора – 200 грн/год, спеціаліста з рендерингу – 160 грн/год. При цьому тривалість робочого дня для кожного з них становить 8 годин. Проєкт розробляється 12 днів.

Розрахунок основної заробітної плати наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок витрат на заробітну плату

| Етап                                     | Вид робіт   | Виконавець |                         | Годинна ставка, грн | Тривалість виконання, дні | Заробітна плата, грн |
|--|---|------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
|  |   | Кількість  | Посада                  |                     |                           |                      |
| 1. Початковий                            | Пошук референсів та створення концепту персонажу        | 1          | концепт-художник        | 120,00              | 2                         | 1920,00              |
| 2. Створення 3D-моделі                   | Скульптинг персонажу                                    | 1          | 3D-моделер              | 175,00              | 3                         | 4200,00              |
| 3. Ретопологія та створення UV-розгортки | Створення лоуполі моделі та підготовка до текстурювання | 1          | 3D-моделер              | 175,00              | 1                         | 1400,00              |
| 4. Текстурювання                         | Фарбування поверхні моделі                              | 1          | 3D-моделер              | 175,00              | 1                         | 1400,00              |
| 5. Рігінг                                | Створення скелету для анімації                          | 1          | рігер                   | 150,00              | 1                         | 1200,00              |
| 6. Анімація                              | Створення анімації персонажа та камери                  | 1          | аніматор                | 200,00              | 2                         | 3200,00              |
| 7. Рендеринг                             | Композитинг та рендеринг фінальної картинки та анімації | 1          | спеціаліст з рендерингу | 160,00              | 2                         | 2560                 |
| Разом                                    |   |            |                         |                     | 12                        | 15880,00             |
| Додаткова заробітна плата (20 %)         |   |            |                         |                     |                           | 3176,00              |
| Усього                                   |   |            |                         |                     |                           | 19056,00             |

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість і за особливі умови праці. Додаткова заробітна плата становить 20 % від основної:

$$15880,00 * 0,2 = 3176,00 \text{ грн.}$$

Ставка єдиного соціального внеску становить 22 % від величини основної і додаткової заробітної плати:

$$19056,00 * 0,22 = 4192,32 \text{ грн.}$$

До інших витрат слід віднести витрати на обслуговування комп'ютерів і плату за електроенергію.

Витрати на електроенергію розраховуються виходячи зі споживаної потужності устрою і тарифу на електроенергію. У даному випадку передбачається використання 5 комп'ютерів з потужністю 0,7 кВт/год. Вартість однієї кВт/год електроенергії прийнято у розмірі 1,68 грн. Час використання електроенергії в процесі розробки:

$$12 * 8 = 96 \text{ год.}$$

Отже, плата за електроенергію складе:

$$0,7 * 1,68 * 96 = 112,90 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування комп'ютерів визначаються з вартості комп'ютера і часу його експлуатації, після закінчення якого, він підлягає заміні (зазвичай цей час не перевищує 3-х років), протягом року комп'ютер використовується 254 робочих дні. Отже:

$$((30000,00 / (3 * 8 * 254)) * 96) * 5 = 2362,20 \text{ грн.}$$

Проект впроваджується для однієї компанії, тому собівартість розробки становить 25723,42 грн:

$$25723,42 / 1 = 25723,42 \text{ грн.}$$

Розрахуємо суму прибутку від реалізації проекту (виходячи з рівня рентабельності 30 %):

$$25723,42 * 0,3 = 7717,03 \text{ грн.}$$

Розрахуємо ціну розробки проєкту без податку на додану вартість (ПДВ):

$$25723,42 + 7717,03 = 33440,45 \text{ грн.}$$

Розрахуємо суму ПДВ, що дорівнює 20% від ціни без ПДВ:

$$33440,45 * 0,2 = 6688,09 \text{ грн.}$$

Розрахуємо ціну проєкту з урахуванням ПДВ:

$$33440,45 + 6688,09 = 40128,54 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на розробку та ціни 3D-моделі

| Стаття витрат                         | Сума, грн |
|---------------------------------------|-----------|
| Основна заробітна плата               | 15880,00  |
| Додаткова заробітна плата             | 3176,00   |
| Єдиний соціальний внесок              | 4192,32   |
| Витрати на обслуговування комп'ютерів | 2362,2    |
| Витрати на електроенергію             | 112,90    |
| Собівартість проєкту                  | 25723,42  |
| Прибуток                              | 7717,03   |
| Ціна без ПДВ                          | 33440,45  |
| Податок на додану вартість (ПДВ)      | 6688,09   |
| Ціна з урахуванням ПДВ                | 40128,54  |

Таким чином, виходячи з виконаних розрахунків повна вартість створеної презентаційної 3D-моделі складе 40128,54 грн. Термін виконання всіх етапів розробки становить 12 днів для команди з одного концепт-художника, 3D-моделера, рігера, аніматора та спеціаліста з рендерингу. Очікувана сума прибутку складе 7717,03 грн.

## ВИСНОВКИ

Професія 3D-художника є дуже актуальною в сучасному світі, оскільки вона має багато застосувань в різних галузях, таких як кіно, відеоігри, архітектура, медицина, наука та інше. У кіно і відеоіграх 3D-художники створюють візуальні ефекти, анімацію та моделі персонажів, предметів та локацій. У цій галузі робота 3D-художника дуже важлива, оскільки вона допомагає створити віртуальний світ, який приваблює глядачів та гравців.

Обрана тема актуальна і в наш час.

В кваліфікаційній роботі бакалавра було проаналізовано літературу та побудовано 3D-модель. Для цієї роботи був складений план (алгоритм реалізації проекту) та встановлено необхідне програмне забезпечення.

Під час проекту поглиблено вивчалася програма Pixologic ZBrush та Blender. При створенні 3D моделі були проаналізовані сучасні технології, враховані їх переваги і недоліки.

Під час роботи над проектом були отримані практичні навички при вивченні предметної області, описі проектного рішення, побудові моделі, налаштуванні сцени світла і рендеринга.

В представленій роботі розглянуті всі задачі, поставлені на етапі постановки завдання, а саме:

- проаналізовано розвиток 3D-моделювання, сучасний стан галузі;
- досліджено технології створення та анімації 3D-об'єктів;
- визначено спосіб моделювання та анімації об'єкту для забезпечення естетичності фінальної картини;
- створено презентаційний відеоролик із застосуванням описаних методів.

Таким чином, в ході кваліфікаційної роботи була досягнута основна мета і виконані дослідницькі цілі.

У дослідженні вивчалися предметна область, анатомія людини та кролика аспекти пошуку концепту, основні техніки скульптингу, рігінгу анімації та всі інструменти, необхідні для розробки 3D-моделі.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гаманець Є.О., Дейнеко Ж.В. Особливості створення анімованого тривимірного персонажу // Поліграфічні, мультимедійні та web технології: матеріали Молодіжної школи-семінару VI Міжнар. наук.-техн. конф. (3 листопада 2021, м. Харків). 2021. Т. 2. С. 76-78.
2. Глушко М.М., Нечаєв В.О. LOW POLY моделінг для індустрії інтерактивних розваг // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (18-22 травня 2021, м. Харків). 2021. Т. 1. С. 107-108.
3. Kovalyova D.F., Dejneko Zh.V. Optimizacziya 3D-modelej kak sposob umen`sheniya zagruzki na graficheskij proczessor // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали Молодіжної школи-семінару V Міжнар. наук.-техн. конф. (3 листопада 2020, м. Харків). 2020. Т. 2. С. 27-30.
4. Бізюк А. В., Скубій А. І. Методика розробки 3d-моделі для короткого анімованого фільму // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали Молодіжної школи-семінару Міжнар. наук.-техн. конф. (17 травня 2023, м. Харків). 2023. Т. 2. С. 33-34.
5. Історія комп'ютерної графіки. URL: [http://ni.biz.ua/3/3\\_6/3\\_67743\\_istoriya-kompyuternoy-grafiki.html](http://ni.biz.ua/3/3_6/3_67743_istoriya-kompyuternoy-grafiki.html) (дата звернення: 23.03.2023).
6. Історія і перспективи розвитку комп'ютерної графіки. URL: [https://vuzlit.com/333283/istoriya\\_perspektivi\\_rozvitku\\_kompyuternoyi\\_grafiki](https://vuzlit.com/333283/istoriya_perspektivi_rozvitku_kompyuternoyi_grafiki) (дата звернення: 23.03.2023)
7. The Complex Career of a 3D Artist – What to Specialize in and Why. URL: <https://www.easyrender.com/a/the-complex-career-of-a-3d-artist-what-to-specialize-in-and-why> (дата звернення: 23.03.2023).
8. 3D character modeling. How to create 3D characters. URL: <https://rocketbrush.com/blog/3d-character-modeling-create-3d-characters> (дата звернення: 29.03.2023)
9. ZBrush. URL: <https://pixologic.com> (дата звернення: 29.03.2023).

10. Blender. URL: <https://www.blender.org> (дата звернення: 29.03.2023).
11. Autodesk Maya. URL: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview?panel=buy&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=MAYA> (дата звернення: 29.03.2023).
12. Substance 3D Painter. URL: <https://www.adobe.com/products/substance3d/3d-augmented-reality.html> (дата звернення: 29.03.2023).
13. Key 3D Rigging Terms to Get You Moving. URL: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/key-rigging-terms-get-moving> (дата звернення: 05.05.2023).
14. 3D model rigging: the meaning and particularities of the proces. URL: <https://3d-ace.com/blog/3d-model-rigging/> (дата звернення: 05.05.2023).
15. How to render in Blender. URL: <https://artisticrender.com/how-to-render-in-blender/> (дата звернення: 08.05.2023).
16. How to render an image in Blender. URL: <https://www.blenderbasecamp.com/home/how-to-render-an-image-in-blender/> (дата звернення: 08.05.2023)