

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра комп'ютерної інженерії



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Створення анімованого 3D-персонажу

назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

з використанням технології Motion Capture

Здобувача Маріна М. С.  
(прізвище, ініціали)  
4 курсу КІ-543б групи

Керівники: доцент Ненов О. Л.  
(посада, прізвище та ініціали)  
Асистент Орел А. С.  
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Басюркіна Н. Й.  
(посада, прізвище та ініціали)  
ст. викл. Жуковецька С. Л.  
(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 10.06 2023 р., протокол № 8

Завідувач кафедри комп. інженерії Сергій АРТЕМЕНКО  
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

|                      |  |
|----------------------|--|
| Факультет            | <u>комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту</u>         |
| Кафедра              | <u>комп'ютерної інженерії</u>  |
| Ступінь вищої освіти | <u>бакалавр</u>  |
| Спеціальність        | <u>123 «Комп'ютерна інженерія»</u>                                   |
| Освітня програма     | <u>Розробка ігор та інтерактивних медіа у віртуальній реальності</u> |

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії

Сергій АРТЕМЕНКО

« 10 » серпня 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Маріна Максима Сергійовича

1. Тема роботи Створення анімованого 3D-персонажу  
з використанням технології Motion Capture

Затверджена наказом університету від « 10 » серпня 2022 р., наказ № 440-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 5 червня 2023 р.

3. Вихідні дані роботи

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Передпроектний аналіз і постановка завдання. 3. Проектування  
3D-анімованих об'єктів та персонажу. 4. Збір і підготування даних захоплення рухів.  
5. Розробка 3D-анімованих об'єктів та персонажу. 6. Економічні розрахунки.  
7. Охорона праці. 8. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- Слайд 1. Характеристика кваліфікаційної роботи. Слайд 2. Основні поняття предмету  
розробки. Слайд 3. Концепти ігрового персонажу. Слайди 4. Засоби моделювання.  
Слайд 5. Засоби текстурування 3D-моделей. Слайд 6. Засоби анімування персонажу.  
Слайди 7. Реалізація анімованого 3D-персонажу. Слайд 8. Техніко-економічні показники.  
Слайд 9. Загальні висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

| Розділ               | Консультант                                | Підпис, дата   |                  |
|----------------------|--|----------------|------------------|
|                      |  | Завдання видав | Завдання прийняв |
| <i>Економіка</i>     | <i>Басюркіна Н. Й., д. е. н., професор</i> |                |                  |
| <i>Охорона праці</i> | <i>Жуковецька С. Л. ст. викл.</i>          |                |                  |
| <i>Нормоконтроль</i> | <i>Нєнов О. Л., к. т. н., доцент</i>       |                |                  |

7. Дата видачі завдання 30.08.2022

Керівники \_\_\_\_\_ *Олексій НЄНОВ*

\_\_\_\_\_ *Андрій ОРЕЛ*

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ *Максим МАРІН*

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №   | Назва етапів кваліфікаційної роботи             | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-----|---|--------------------------------|----------|
| 1.  | <i>Обґрунтування актуальності розробки.</i>     | <i>01.10.2022</i>              |          |
| 2.  | <i>Дослідження предметної області.</i>          | <i>01.12.2022</i>              |          |
| 3.  | <i>Аналіз існуючих аналогів.</i>                | <i>01.02.2023</i>              |          |
| 4.  | <i>Формування вимог до об'єкту моделювання.</i> | <i>31.03.2023</i>              |          |
| 5.  | <i>Підготування робочого місяця.</i>            | <i>07.04.2023</i>              |          |
| 6.  | <i>Створення концептів.</i>                     | <i>14.04.2023</i>              |          |
| 7.  | <i>Моделювання 3D-об'єктів.</i>                 | <i>28.04.2023</i>              |          |
| 8.  | <i>Текстурування моделі.</i>                    | <i>05.05.2023</i>              |          |
| 9.  | <i>Збір даних руху і анімування моделі.</i>     | <i>12.05.2023</i>              |          |
| 10. | <i>Оформлення пояснювальної записки.</i>        | <i>19.05.2023</i>              |          |
| 11. | <i>Підготування доповіді і презентації.</i>     | <i>26.05.2023</i>              |          |

Керівники роботи \_\_\_\_\_ *Олексій НЄНОВ*

\_\_\_\_\_ *Андрій ОРЕЛ*

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач - дипломник \_\_\_\_\_ *Максим МАРІН*

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена створенню анімованого 3D персонажа в середовищі Blender з використанням сучасних технологій, таких як Motion Capture і новому програмному забезпеченню на основі штучного інтелекту. Метою роботи є розробка ефективного і реалістичного підходу до створення анімації персонажа, який максимально передаватиме природні рухи та поведінку.

У ході дослідження будуть розглянуті основи моделювання та ригінгу персонажа в Blender, а також методи захоплення рухів у Rokoko Studio (Motion Capture) для отримання реалістичної анімації. Проведений аналіз різних технік та інструментів, доступних в Blender, пов'язаних з Motion Capture, і вибрано найбільш підходящий підхід для даної роботи.

Особлива увага приділена використанню штучного інтелекту для покращення якості анімації. Досліджені методи використання машинного навчання та алгоритмів генерації рухів, щоб створити плавні та природні анімаційні послідовності для персонажа.

Результати роботи представлені у вигляді розробленої анімації 3D персонажа, заснованої на даних Motion Capture та оброблених за допомогою штучного інтелекту. Проведені порівняльні аналізи існуючих підходів та оцінено досягнуті результати в контексті реалізму та якості анімації.

Дипломна робота має практичне значення для різних галузей, включаючи розважальну індустрію, розробку ігор, анімацію та віртуальну реальність.

**Ключові слова:** Трьовимірний графіка, об'ємна графіка, анімація, 3D персонаж, Blender, Motion Capture, штучний інтелект, моделювання, ригінг, машинне навчання, реалістичність, природність, віртуальна реальність.

## **ABSTRACT**

*The diploma project is dedicated to creating an animated 3D character using Blender and incorporating modern technologies such as Motion Capture and artificial intelligence-based software. The objective of the project is to develop an efficient and realistic approach to character animation that accurately portrays natural movements and behaviors.*

*The research will involve studying the fundamentals of character modeling and rigging in Blender, as well as exploring motion capture techniques using Rokoko Studio to achieve realistic animation. An analysis of various motion capture-related techniques and tools available in Blender will be conducted to determine the most suitable approach for this project.*

*Special attention will be given to the use of artificial intelligence to enhance the quality of animation. Methods of machine learning and motion generation algorithms will be investigated to create smooth and natural animation sequences for the character.*

*The outcomes of the project will be presented in the form of a developed 3D character animation based on Motion Capture data and processed using artificial intelligence. Comparative analyses of existing approaches will be conducted, and the achieved results will be evaluated in terms of realism and animation quality.*

*This diploma project holds practical significance for various industries, including entertainment, game development, animation, and virtual reality. It serves as a study of modern technologies and methods that can greatly improve the process of character animation and provide a more realistic and natural appearance.*

**Keywords:** *animation, 3D character, Blender, Motion Capture, artificial intelligence, modeling, rigging, machine learning, realism, naturalness, virtual reality.*

# ЗМІСТ

|  | стор. |
|--|-------|
| ВСТУП .....  | 8     |
| РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДПРОЕКТНИЙ АНАЛІЗ .....                                       | 11    |
| 1.1 Огляд предметної області об’ємної графіки .....                        | 11    |
| 1.2 Засоби створення графічних елементів .....                             | 12    |
| 1.2.1 Засоби створення 2D зображень .....                                  | 12    |
| 1.2.2 Засоби створення 3D-композицій .....                                 | 16    |
| 1.3 Засоби створення анімації .....  | 20    |
| 1.4 Огляд аналогічних проектів в індустрії .....                           | 22    |
| 1.4.1 Анімації Disney .....  | 22    |
| 1.4.2 Анімаційні проекти студій Pixar та DreamWorks .....                  | 23    |
| 1.4.3 Інді-проекти анімації та віртуальна спільнота .....                  | 24    |
| 1.5 Формування основного завдання .....                                    | 25    |
| 1.6 Обґрунтування робочого простору .....                                  | 26    |
| 1.6.1 Blender як основна програма для реалізації проекту. ....             | 26    |
| 1.6.2 Rokoko Studio як основна технологія для захоплення рухів тіла. ....  | 27    |
| Висновки першого розділу .....   | 28    |
| РОЗДІЛ 2 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТУ .....                   | 29    |
| 2.1 Формування технічного завдання до розробки анімованого персонажу ..... | 29    |
| 2.2 Розробка концепції .....   | 30    |
| 2.3 Моделювання та текстурування .....                                     | 31    |
| 2.3.1 Тверде моделювання ( <i>Hard surface</i> ) .....                     | 33    |
| 2.3.2 Органічне моделювання ( <i>Organic sculpting</i> ) .....             | 34    |
| 2.4 Ріггінг та контроль анімації .....                                     | 35    |
| 2.5 Захоплення руху й ретаргетінг .....                                    | 38    |
| 2.6 Пайплайн проекту .....   | 41    |
| Висновки другого розділу .....   | 42    |

|                      |             |                          |               |             |   |                          |             |                |
|----------------------|-------------|--------------------------|---------------|-------------|---|--------------------------|-------------|----------------|
|                      |             |                          |               |             | <i>КРБ.КІ.1.440-03.3.3</i>  |                          |             |                |
| <i>Змн.</i>          | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>          | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |   |                          |             |                |
| <i>Розробив</i>      |             | <i>Максим Марін</i>      |               |             | <i>Створення анімованого 3D-персонажу з використанням технології Motion Capture</i> | <i>Літ.</i>              | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевірив</i>     |             | <i>Олександр СІРЕНКО</i> |               |             |   | 6                        | 81          |                |
| <i>Рецензент</i>     |             | <i>Евгеній ДАНЬКО</i>    |               |             |   | <i>зр. КІ-543б, ОНТУ</i> |             |                |
| <i>Нормоконтроль</i> |             | <i>Олександр СІРЕНКО</i> |               |             |   |                          |             |                |
| <i>Затвердив</i>     |             | <i>Сергій АРТЕМЕНКО</i>  |               |             |   |                          |             |                |

|   |    |
|---|----|
| РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АНІМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХУ .....                 | 43 |
| 3.1 Обґрунтування вибору технічних засобів.....   | 43 |
| 3.2 Розробка концепції та дизайну персонажа .....   | 44 |
| 3.3 Моделювання та скульптинг персонажу.....  | 46 |
| 3.4 Анімація та ретаргетинг.....  | 53 |
| РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ .....   | 55 |
| 4.1 Основні завдання організаційно-економічного та маркетингового обґрунтування проекту ..... | 55 |
| 4.2 Обґрунтування ефективності проєкту.....   | 57 |
| 4.3 Оцінка науково-технічного рівня розробки.....   | 60 |
| 4.4 Розрахунок економічної ефективності проєкту .....   | 62 |
| РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....  | 64 |
| 5.1 Загальні умови безпеки праці з комп'ютерною технікою .....                                | 64 |
| 5.2 Врахування факторів, що впливають на працю .....  | 65 |
| 5.2.1 Шум.....  | 66 |
| 5.2.2 Неіонізуюче випромінювання. ....  | 66 |
| 5.2.3 Мікроклімат у приміщенні. ....  | 67 |
| 5.2.4 Робоча поза.....  | 68 |
| 5.2.5 Напруженість праці. ....  | 69 |
| 5.2.6 Вимоги до організації робочого місця.....   | 69 |
| 5.2.7 Режим праці та відпочинку: .....  | 69 |
| 5.2.8 Електробезпека .....  | 70 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....   | 72 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 73 |
| ДОДАТКИ.....  | 75 |
| Додаток А .....   | 75 |
| Додаток Б.....  | 75 |

## ВСТУП

У сучасному світі ми безперервно стикаємося з проявом комп'ютерної графіки у повсякденному житті. Ми систематично бачимо її вранці, коли беремо телефон в руки ще перед сніданком. Вирушаючи з дому на навчання або роботу, ми спостерігаємо нескінченну кількість реклами, яка у свою чергу рясніє різними візуальними способами привернути нашу увагу та проінформувати. Після чого ми, повертаючись додому, продовжуємо дивитися улюблені фільми, насолоджуватися відеоіграми або навіть самі створюємо власні віртуальні світи, не покидаючи своєї кімнати.

На даний час індустрія медіа-розваг досягла неймовірних висот та продовжує набирати ще більший темп. Кожен рік технології вдосконалюються і стають доступнішими як професійним студіям, так і самотнім творцям, даючи можливість створювати контент більш високого рівня без особливих навичок. Завдяки цьому сам візуальний контент і все, що з ним пов'язано, почали розвиватися з неймовірною швидкістю, впроваджуючись практично скрізь навіть у повсякденному житті.

Термін комп'ютерна графіка описує будь-яке використання комп'ютерів для створення та обробки зображень. Графіка може растровою або векторною, бути двовимірною або тривимірною, зображення можуть бути повністю синтетичними або створюватися шляхом обробки реальних фотографій. Серед усіх видів візуалізації на сьогоднішній день переважає саме тривимірна візуалізація. Технології 3D дозволяють моделювати буквально все: від найпростіших примітивних об'єктів до складних сцен, композицій, креслень, структур, явищ тощо. 3D-моделювання застосовується у архітектурному моделюванні (зокрема, інтер'єрів та екстер'єрів), фільмах різної складності і призначення, візуалізаціях для навчальних цілей, відеоіграх, застосунках VR (віртуальної реальності) та AR (доповненої реальності), для підготовки моделей для 3D-друку тощо. Зокрема, за останні 10 років 3D-моделі і анімація

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 8    |

ігрових персонажів (обличчя, тіла тощо) настільки розвинулися, що нерідко їх стало важко відрізнити від реальних.

Незважаючи на поступове підвищення зручності та інтуїтивності засобів створення і анімування 3D-моделей, а також розвиток сучасних відповідних технологій, можна констатувати, що багато з розробників все ще не впроваджують їх у своїх проектах. Ймовірно, що однією з причин цього є недостатня обізнаність про особливості і переваги використання цих технологій.

У розвитку реалістичності графіки важливу роль відіграють, зокрема, такі технології:

- Motion capture (MoCap) — технологія захоплення руху, метод анімації персонажів та об'єктів, при якому анімація створюється не вручну, а шляхом відстеження, оцифрування і запису рухів реального об'єкта та подальшого перенесення їх на тривимірну модель;
- Face motion tracking (захоплення руху обличчя) — різновид Motion capture, процес електронного перетворення руху обличчя людини в цифрову базу даних за допомогою камери або лазерних сканерів;
- «Unreal Engine Metahuman» — технологія створення максимально реалістичних людських персонажів від компанії Epic Games;
- «LIDAR» (Light Detection and Ranging) — технологія вимірювання відстані шляхом вилучення світла та заміру часу повернення цього відбитого світла на приймач; використовується для сканування реальної поверхні або ландшафта;
- Ray tracing — симуляція реальних світлових променів та багато інших.

Технологія захоплення руху принесла важливі зміни в галузі 3D-анімації. Крім галузі геймдеву, вона дуже широко використовується у кінематографі. Зокрема, її можна використовувати для планування та анімації складних або небезпечних сцен перед їх зйомкою, мінімізуючи ризики для акторів і знімальної групи.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Об'єктом дослідження в роботі є комп'ютерне 3D-моделювання та анімація.

Предметом дослідження є процес розробки 3D-персонажу з використанням технології Motion Capture.

Прикладна мета - створити оригінальний тривимірний персонаж з анімацією, який можна використовувати при розробці комп'ютерних ігор і відео.

Задачі для досягнення поставленої мети:

- виконати аналітичний огляд необхідних технологій;
- підібрати інструментарій;
- створити концепт і ескізи майбутнього персонажу;
- розробити 3D-модель персонажу, текстури, ...;
- виконати збір та підготовку даних для анімування;
- застосувати ці дані для 3D-моделі і отримати готові анімації;
- виконати маркетингове дослідження і техніко-економічний аналіз проекту;
- дослідити питання охорони праці користувача;
- оформити проектну документацію.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 10   |

# РОЗДІЛ 1

## ПЕРЕДПРОЕКТНИЙ АНАЛІЗ

### 1.1 Огляд предметної області об'ємної графіки

Тривимірна графіка це розділ комп'ютерної візуалізації, сукупність методів і інструментів (як програмних, так і апаратних), що мають забезпечувати створення об'ємних зображень.

Однією з головних причин актуальності 3D-графіки є її потреба у різних сферах. Наприклад, 3D-моделювання використовується в архітектурі та будівництві, де воно допомагає архітекторам та інженерам проектувати будівлі та споруди. У медицині 3D-графіка використовується для створення анатомічних моделей, що сприяє створенню медичного обладнання. У промисловості 3D-моделювання допомагає створювати прототипи виробів та створювати процеси виробництва. Об'ємна графіка знаходить своє застосування у багатьох галузях. Вона створює приголомшливі візуальні ефекти і дозволяє створювати альтернативну реальність, яка занурює глядачів та гравців у нові всесвіти. У сучасному світі важко уявити розвиток бізнесу, науки, мистецтва та розваг без використання технологій віртуальної реальності. За допомогою віртуальної інженерії та 3D креслень створюються складні системи та об'єкти, починаючи від простих предметів повсякденного використання, таких як столові прилади та закінчуючи масштабними промисловими об'єктами та транспортом. За допомогою сучасних технологій інженери можуть створювати тривимірні моделі та симуляції складних систем, використовуючи комп'ютерні програми та спеціальне обладнання. Наприклад, при проектуванні складних об'єктів, таких як заводи, інженери можуть створювати тривимірні моделі виробничих ліній, симулювати роботу механізмів та тестувати нові ідеї, перш ніж перейти до фізичної реалізації проекту.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Віртуальна інженерія також дозволяє спеціалістам проводити аналіз та оптимізацію системи на ранніх стадіях проектування, що дозволяє скоротити час та витрати на розробку та зменшити можливі помилки.

## **1.2 Засоби створення графічних елементів**

Абсолютно вся візуалізація так чи інакше проходить через комп'ютерні програми, починаючи від програм для зйомки фотографій або відео, закінчуючи спеціальним програмним забезпеченням для створення графіки.

### **1.2.1 Засоби створення 2D зображень**

Головні методи створення плоских графічних елементів - це векторна та растрова графіка. Основа векторної графіки складається з математичних примітивів, таких як точки, фігури та лінії, які розташовані у двовимірній осі координат  $X$ ,  $Y$ . Векторні зображення об'єктів можна створювати за допомогою відповідних інструментів у векторних редакторах. Цей вид графіки заснований на математичних розрахунках, які дозволяють створювати зображення за допомогою геометричних фігур, таких як лінії, криві та полігони. Векторна візуалізація дозволяє створювати зображення, які можуть бути масштабовані без втрати якості.

Деякі з головних областей застосування векторної 2D графіки включають:

- Графічний дизайн: векторна графіка широко використовується для створення логотипів, емблем, іконок, постерів, банерів та інших елементів графічного дизайну.
- Ілюстрація: векторна графіка дозволяє ілюстраторам створювати складні та деталізовані зображення, які можуть використовуватись у книгах, журналах, рекламних буклетах тощо.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

- Архітектура та дизайн інтер'єрів: векторна графіка використовується для створення планів приміщень, ескізів меблів та інших елементів дизайну інтер'єрів.
- Виробництво: векторна графіка використовується у виробничому процесі для створення дизайнів упаковки, міток та інших елементів продукції.
- Веб-дизайн: векторна графіка може бути використана для створення іконок, кнопок та інших елементів веб-дизайну.
- Комікси та мультиплікація: векторна графіка використовується для створення коміксів, анімаційних фільмів та телевізійних шоу.

Векторні зображення та проекти зберігаються у спеціальних файлах, таких як формати:

1. AI (Adobe Illustrator Artwork) – це формат, який використовується Adobe Illustrator. Він підтримує багатошаровість, прозорість та векторні об'єкти.
2. EPS (Encapsulated PostScript) – це формат, який використовується для обміну файлами між різними програмами, які підтримують векторну графіку. Він також підтримує прозорість та багатошаровість.
3. SVG (Scalable Vector Graphics) – це формат, який використовується для створення веб-графіки. Він підтримує інтерактивність, анімацію та векторні об'єкти.
4. PDF (Portable Document Format) – це формат, який може містити як векторні, так і растрові зображення. Він використовується для обміну документами та графікою між різними програмами та платформами.
5. CDR (CorelDRAW) – це формат, який використовується CorelDRAW. Він підтримує векторні об'єкти, багатошаровість та прозорість.
6. DXF (Drawing Exchange Format) – це формат, який використовується для обміну файлами між різними програмами CAD.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 13   |

7. WMF (*Windows Metafile*) – це формат, який використовується у Windows для зберігання векторних зображень.

Для створення векторної графіки сьогодні найчастіше використовуються такі інструменти як *Adobe Illustrator, Inkscape, CorelDraw, Sketch*:

*Adobe Illustrator* це один з найбільш популярних векторних редакторів, що широко використовуються як професіоналами так і новачками. Цей професійний інструмент часто використовується в дизайні та рекламі. Він пропонує широкий спектр інструментів для створення графіки, включаючи інструменти для малювання, редагування, корекції кольорів, трансформації та багато іншого. *Illustrator* також має інтеграцію з іншими програмами *Adobe Creative Suite*, такими як *Photoshop* та *InDesign*, що полегшує роботу в цілому. Доступний лише за передплатою *Adobe Creative Cloud*. Вартість передплати на одну програму починається від 20,99\$ на місяць для індивідуальних користувачів або від 33,99\$ на місяць для комерційних організацій.

*CorelDRAW* це ще один популярний векторний редактор, який часто використовується в дизайні та рекламі. *CorelDRAW* пропонує схожі функції та інструменти, як і *Illustrator*, але може мати деякі відмінності в інтерфейсі користувача та продуктивності. Він також має інтеграцію з іншими програмами *Corel*, такими як *Photo-Paint* та *Corel Capture*. Можна придбати постійну ліцензію на програму за 499\$ або вибрати щорічну передплату за 249\$ на рік.

*Inkscape* це повністю безкоштовний і відкритий (*open source*) векторний редактор, який доступний всім. Він має більш обмежений набір інструментів та функцій, ніж *Illustrator* та *CorelDRAW*, але все ще надає базові інструменти для створення векторної графіки. *Inkscape* чудово підходить для початківців художників та дизайнерів, доступний для завантаження на офіційному сайті.

*Sketch* це векторний редактор, який часто використовується у веб-дизайні та мобільній розробці. Він пропонує безліч інструментів і функцій для

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 14   |

створення інтерфейсів і макетів. Sketch також має функції для роботи з текстом та векторними зображеннями, що дозволяє дизайнерам створювати комплексні проекти. Доступний лише для macOS. Ціна складає 99\$ за одну ліцензію або 9\$ на місяць за передплату на Sketch Cloud, сервіс для спільної роботи над проектами.

Загалом вибір графічного редактора залежить від індивідуальних потреб та уподобань кожного дизайнера.

Другий основний метод створення графіки растровий. Растрова графіка – це формат зображення, створеного з використанням пікселів, які визначають колір та яскравість кожного окремого пікселя на екрані. Растрові зображення мають фіксований розмір і роздільну здатність, які визначаються кількістю пікселів по горизонталі та вертикалі (ширина та висота) зображення. Чим більша кількість пікселів, тим вища роздільна здатність і, отже, більш детальне зображення.

Основною перевагою растрової графіки є можливість створення дуже реалістичних зображень та фотографій із високим рівнем деталізації. Однак при збільшенні розміру растрового зображення його якість погіршується, оскільки збільшується розмір кожного пікселя, що призводить до розмиття зображення та втрати деталей.

Програми для роботи з растровою графікою, такі як *Adobe Photoshop*, *GIMP* та *Corel Painter*, дозволяють створювати та редагувати зображення за допомогою різних інструментів, таких як пензлі, олівці, штамп, фільтри та ефекти. Також, растрові зображення можуть бути збережені у різних форматах, таких як JPEG, PNG, BMP, GIF та інших.

Варто додати, що ці два кардинально різних види візуалізації можуть бути взаємопов'язані, оскільки векторне зображення можна перевести в растрове, і навпаки, растрове у векторне. Растризація та трасування - це два протилежні процеси, але суть у них одна - зміна типу графіки.

Растризація – це процес перетворення векторного зображення на растрове. Растрове зображення складається з пікселів, кожен із яких має

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 15   |

певний колір і є самостійною одиницею зображення. Растризація може бути корисною, коли векторне зображення необхідно використовувати в проектах, які потребують растрові зображення.

Трасування – це процес перетворення растрового зображення у векторне. Векторне зображення складається з точок та ліній, що описують форму зображення. Трасування може бути корисним, коли необхідно збільшити розмір зображення без втрати якості або перетворити растрове зображення у формат, який можна редагувати у векторному редакторі.

Існують різні окремі програми для растризації та трасування зображень. Як правило, більшість із вище перерахованих програм має свої власні вбудовані інструменти та налаштування для растризації та трасування, що дозволяють отримати оптимальний результат залежно від цілей проекту та вихідного зображення.

Найголовніший та фінальний етап створення будь-якого зображення це рендерінг вихідного матеріалу у кінці роботи над проектом. У роботі з двовимірною графікою рендерінг це процес виводу фінального зображення у потрібний формат файлу, його збереження та компонування.

### **1.2.2 Засоби створення 3D-композицій**

Історія розвитку 3D-індустрії розпочалася у 1960-х роках, коли з'явилася перша трьовимірна графіка у вигляді простих ліній та фігур на екранах комп'ютерів. У 1970-х роках комп'ютери стали потужнішими, і з'явилася можливість створювати складніші 3D-моделі та анімацію. У 1980-х роках було створено перші програми для створення 3D-графіки, такі як AutoCAD та 3D Studio Max. В наш час віртуальна графіка розвинулася до неймовірних масштабів та рівня технологій, що дозволяють буквально замінити реальний світ у віртуальному просторі.

Створення тривимірних моделей та зображення максимально схоже на створення двомірних векторних зображень. Основою 3D моделі є тривимірна сітка з вершин (точок), ребер та граней, які з'єднують ці вершини. Кожна

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

вершина має свої координати у тривимірному просторі X, Y та Z, які визначають її місцезнаходження. Ребра є лініями, які з'єднують вершини, а грані є плоскими поверхнями, які утворюються при з'єднанні ребер.

На даний момент можна виділити 3 основні способи створення об'ємної графіки:

1. Полігональне моделювання. Моделювання за допомогою полігональної сітки засноване на створенні тривимірних моделей шляхом об'єднання геометричних форм, таких як куби, сфери та конуси, у складні форми за допомогою полігонів. Ці полігони можуть бути текстуровані і освітлені, щоб створити реалістичні 3D-моделі.
2. Скульптинг. Моделювання за допомогою скульптурування використовує підхід, аналогічний до створення скульптури з глини або інших матеріалів. За допомогою спеціального програмного забезпечення дизайнери можуть детально опрацювати кожен елемент моделі, починаючи з грубої форми та поступово надаючи їй велику деталізацію.
3. Сканування об'єму об'єктів. Такий метод моделювання, як сканування поверхні, є одним із найпопулярніших способів створення тривимірних моделей з реальних об'єктів. Цей метод використовується для створення точної копії поверхні об'єкта у цифровому форматі.

Для створення 3D моделі в першу чергу необхідно визначити форму об'єкта та його розміри. Потім модель створюється шляхом з'єднання вершин ребрами та гранями. Це можна зробити вручну за допомогою спеціалізованих 3D редакторів або автоматично за допомогою сканування реальних об'єктів.

Існує безліч програм для створення 3D-моделей, композицій, ефектів та цілих анімацій, кожна з яких має свої особливості та застосування. Найбільш актуальними та розвиненими на програмами для тривимірної графіки вважаються:

*Autodesk 3ds Max* – це один з найбільш популярних та потужних

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 17   |

інструментів для 3D-моделювання та анімації. Він широко використовується в ігровій індустрії, кінематографі та архітектурному проектуванні. Вартість користування залежить від обраної версії програми. Для студентів існує безкоштовна версія, та комерційна, ціна якої від \$1,620 за рік. Також є можливість придбати ліцензію на безстроковий період за 3,495\$

*Maya* – це ще одна потужна програма для 3D-моделювання та анімації, створена компанією Autodesk. Вона використовується для створення візуальних ефектів у кіно та телебаченні, розробки ігор та архітектурного проектування. Ціноутворення аналогічне 3ds Max.

*Blender* – це безкоштовна та відкрита програма для 3D-моделювання та анімації, яка може бути використана для створення ігор, анімаційних фільмів, реклами та архітектурних проектів. Являється однією з найпопулярніших за рахунок відкритого коду та безкоштовності, і практично ніяк не поступаючись платним аналогам.

*Cinema 4D* – це програма для 3D-моделювання, анімації та візуалізації, яка широко використовується у виробництві телевізійних рекламних роликів, кінофільмів та ігор. Має кілька варіантів придбання, починаючи від \$995 за рік до \$3,695 за рік для повної версії.

*Unreal Engine 5* – один з найпопулярніших ігрових движків, який використовується для створення ігор та інтерактивних програм, але також може бути використаний для створення візуалізацій, архітектурних презентацій та інших інтерактивних проектів. Вартість Unreal Engine 5 безкоштовна для особистого використання.

*SketchUp* – це програма для 3D-моделювання, яка широко використовується в архітектурному проектуванні та дизайні інтер'єрів. Має безкоштовну та комерційну версію, яка коштує від \$299 за рік.

*ZBrush* – це програма для цифрової скульптури та текстурування, яка дозволяє художникам створювати високо деталізовані моделі для ігор, фільмів та анімації. Має версію для студентів, яка коштує \$179 за рік, та повну версію, яка коштує \$895.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

*Houdini* – це програма для 3D-моделювання, анімації та візуалізації, яка використовується в кіно та телебаченні для створення складних візуальних ефектів. Безкоштовна для некомерційного використання.

*SolidWorks* – це програма для 3D-моделювання, яка використовується в інженерному дизайні та виробництві для створення деталей та складальних одиниць. Є кілька версій, ціна починається від \$3,995 за рік.

Деякі з цих програм також пропонують безкоштовні пробні версії, які можна використовувати певний час.

Слід пам'ятати, що кожна з цих програм має своє призначення, переваги та недоліки, і вибір конкретної програми залежить від потреб та цілей користувача.

Основні формати файлів які використовуються для зберігання 3D-моделей:

1. STL (STereoLithography) – це формат, який використовується для передачі даних про тривимірні об'єкти на 3D-принтери. Він є найбільш поширеним форматом для швидкого прототипування та швидкого виробництва.
2. OBJ (Wavefront Object) – це формат, який використовується для обміну даними між різними програмами для моделювання 3D. Він може містити не тільки геометрію об'єкта, але й інформацію про текстури, нормалі та матеріали.
3. FBX (FilmBox) – це формат, який використовується для обміну даними між різними програмами для моделювання та анімації 3D. Він може містити геометрію об'єктів, інформацію про текстури, нормалі, матеріали, а також про ключові кадри та анімації.
4. Collada (COLLABorative Design Activity) – це формат, який використовується для обміну даними між різними програмами для моделювання та анімації 3D. Він може містити геометрію об'єктів,

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

інформацію про текстури, нормалі, матеріали, а також про ключові кадри та анімації.

5. 3DS (3D Studio) – це формат, який використовується для зберігання тривимірних моделей у програмі 3D Studio Max. Він може містити геометрію об'єктів, інформацію про текстури, нормалі та матеріали.
6. DXF (Drawing eXchange Format) – це формат, який використовується для передачі даних між програмами для створення 2D та 3D креслень та моделей. Він може містити геометрію об'єктів, інформацію про текстури та матеріали.

### 1.3 Засоби створення анімації

Найбільш трудомістким та видовищним напрямком у візуалізації є створення анімації. Анімація може бути різною, та її головний принцип, послідовність кадрів, залишається незмінним. Цей напрямок можна розділити на 2 основні категорії: традиційна та синтетична графіка. Однією з головних відмінностей традиційної графіки від синтетичної є спосіб її створення.

Традиційна анімація формується за допомогою реальних фотографій, відеоматеріалів або зовсім малюється "від руки" на папері. Її особливість у тому, що вона створюється вручну методом зміни статичних кадрів і часто подається в площині.

До синтетичної анімації відноситься створення графіки за допомогою комп'ютерних технологій, растрової та векторної візуалізації. Синтетична графіка створюється на комп'ютері за допомогою спеціальних програм для 3D-моделювання, редагування зображень та створення анімації, що дає можливість бути представленою в тривимірному вимірі. Ще одна відмінність полягає в тому, що синтетична графіка може бути створена з використанням математичних алгоритмів, які дозволяють створювати реалістичні зображення та анімацію. Також синтетична графіка може бути більш гнучкою у плані

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

редагування та зміни, оскільки всі елементи створюються у цифровому вигляді та можуть бути змінені без втрати якості.

На даний момент у комп'ютерній анімації існує безліч напрямків, серед яких можна виділити такі популярні види:

- мальована анімація (традиційна);
- 3D комп'ютерна анімація;
- стоп-моушн (зупинка кадрів).

Існують так звані "12 принципів анімації" вони є важливими поняттями для створення реалістичних і яскравих анімаційних рухів. Ці правила використовують всі: як професійні та масштабні студії, так і індивідуальні аніматори. Основні принципи анімації були розроблені та формалізовані командою аніматорів у студії Walt Disney Studios у 1930-х роках. Вони стали основою для розвитку та вдосконалення анімації як мистецтва та індустрії. Вони описують різні аспекти і техніки анімації, які допомагають створити переконливий рух і виразність персонажів:

1. Затримка (Anticipation): попереднє рухання в протилежний бік перед основним рухом, що допомагає передати вагу та імпульс об'єкта.
2. Перекладання ваги (Weight Shift): зміщення центру ваги об'єкта для передачі відчуття реального тіла з однієї ноги на іншу або з одного боку на інший.
3. Перевага (Overlap): незалежність частин тіла або об'єктів від основного руху, що додає реалістичності і плавності анімації.
4. Перебіг руху (Follow Through and Overlapping Action): продовження руху після того, як основний рух зупинився, що створює ефект "підкидання" або "перетинання" частин тіла.
5. Повторення (Arc): рух об'єкта вздовж вигнутої траєкторії, що надає природність та грацію руху.
6. Повільність входження та виходження (Slow in and Slow out): поступове збільшення і зменшення швидкості руху, що надає плавність і реалістичність.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 21   |

7. Підсилення (Exaggeration): систематичне підкреслення деяких аспектів анімації для надання емоційного ефекту та виразності.
8. Межі (Solid Drawing): вміння створювати реалістичні об'єми та форми, що дає глибину і об'ємність об'єктам в анімації.
9. Принцип вторинності (Secondary Action): додавання другорядних рухів, які доповнюють основний рух і додають більше інформації про персонажа або ситуацію.
10. Принцип ритму (Timing): контроль швидкості та тривалості руху для створення певного ритму і темпу анімації.
11. Принцип висловлюваності (Appeal): використання привабливих форм, кольорів та дизайну, що привертає увагу глядача та робить анімацію цікавою.
12. Принцип антиципації (Squash and Stretch): зміна форми або розтягування об'єкта під час руху, що надає відчуття живості та гнучкості.

## **1.4 Огляд аналогічних проектів в індустрії**

### **1.4.1 Анімації Disney**

Анімація Disney вважається невід'ємною складовою глобальної культури, відомою своїми надзвичайно яскравими персонажами та захоплюючими сюжетними лініями. Всесвітньо визнана компанія Disney завжди славилася своєю бездоганною якістю анімації та ретельною проробкою персонажів. Завдяки значним фінансовим ресурсам, вона має можливість створювати захоплюючі візуальні ефекти та деталізовані образи. Проте, високий рівень інвестицій також накладає величезні вимоги щодо якості та успішності проектів. Роботи Disney відіграють важливу роль у формуванні культурного ландшафту та надихає мільйони глядачів по всьому світу.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 22   |



Рис. 1.1 – Скріншот з мультфільму *Walt Disney Animation Studios «Raya and the Last Dragon»*

#### 1.4.2 Анімаційні проекти студій Pixar та DreamWorks

Студії Pixar та DreamWorks також відомі своїми видатними анімаційними проектами. Їхні фільми вирізняються унікальним стилем малювання та високою технічною якістю. Порівняно з іншими інді-проектами, вони мають більший бюджет і доступ до найсучасніших технологій.

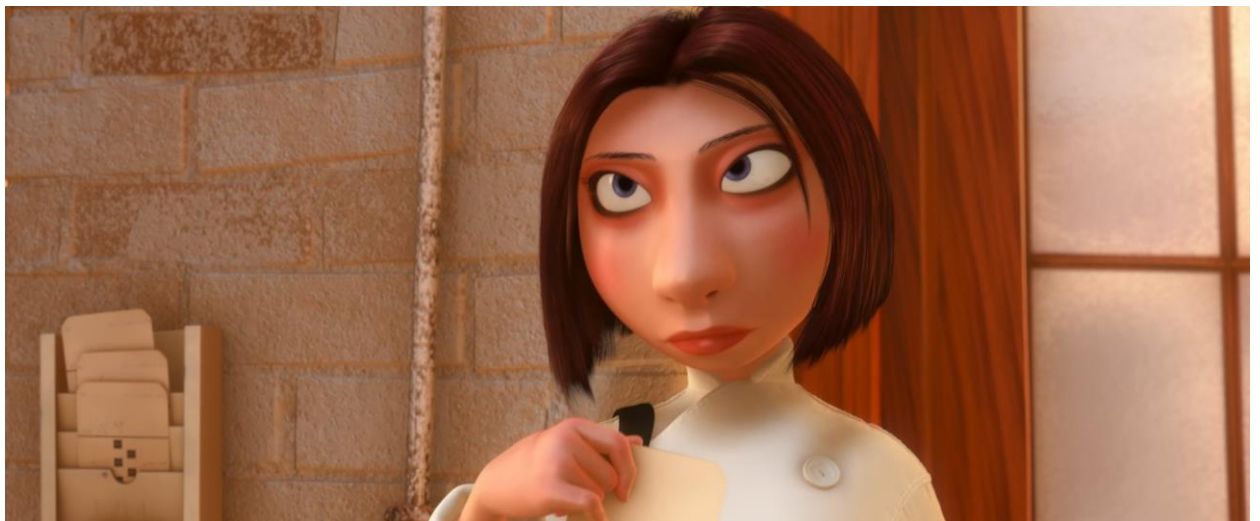


Рис. 1.2 скріншот з мультфільму *Pixar Animation Studios «Ratatouille»*

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 23   |

### 1.4.3 Інді-проекти анімації та віртуальна спільнота

Окрім великих студій, існує також активна спільнота інді-анімації, де творчі особистості з невеликими бюджетами створюють вражаючі проекти. Це відкриває безліч можливостей для експериментів і творчості, оскільки немає жорстких вимог до комерційного успіху. Один із прикладів популярної інді студії у просторах розробки ігор – австрійська Moon Studios.

*Moon Studios* – це незалежна студія розробки відеоігор з Австрії. Вони стали відомими завдяки своєму впливовому та успішному проекту, відомому як «*Ori and the Blind Forest*». Ця пригодницька гра – платформер може похвалитися унікальним дизайном, чудовою музикою та захопливим сюжетом. Головний персонаж гри має назву «Ori» та саме він став якорем успіху франшизи завдяки своєму казковому дизайну та якісному аудіо-візуальному супроводу.

Moon Studios була заснована групою талановитих розробників, які працюють разом, щоб створювати емоційно глибокі та незабутні ігрові враження. Вони активно використовують інноваційні технології та мистецькі підходи для створення неперевершеного ігрового процесу та візуальних ефектів.

Про їхній успіх свідчать незліченні нагороди та позитивні відгуки, отримані за гру «*Ori and the Blind Forest*». Moon Studios продовжує розвиватися і зараз працює над наступною частиною – «*Ori and the Will of the Wisps*». Ця гра також отримала визнання як від гравців, так і від критиків.

Moon Studios є яскравим прикладом успішної інді-команди, якій вдалося створити неперевершений ігровий досвід і завоювати величезну кількість прихильників серед любителів відеоігор.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 24   |



Рис. 1.3 – Скріншот з відеоігри Moon Studios – «Ori and the Will of the Wisps»

### 1.5 Формування основного завдання

Для досягнення визначеної цілі необхідно здійснити наступні кроки:

1. Дослідження технології Motion Capture: Ознайомлення з принципами роботи технології Motion Capture та технологічними аспектами захоплення рухів. Опис різних методів та інструментів, що використовуються у процесі створення анімації рухів тіла, дослідження Rokoко Мосар як основної технології для реалізації завдання.
2. Створення персонажа: Розробити концепцію та дизайн 3D-персонажа, який буде використовуватися в анімації. Огляд аспектів моделювання, текстурювання та риггінгу, необхідних для створення персонажа.
3. Захоплення рухів: Використовуючи Rokoко Мосар, провести сесії захоплення рухів для персонажа. Описати процес захоплення, включаючи підготовку актора, налаштування обладнання та запис рухів.
4. Анімація персонажа: З використанням записаних даних рухів створити анімацію для підготовленого до роботи персонажа за допомогою програмного середовища. Розглянути техніки та інструменти, доступні у Rokoко Мосар, для редагування та поліпшення анімації.
5. Візуалізація та презентація: Завершити процес створення анімованого персонажа, включаючи його візуалізацію та презентацію. Обґрунтувати різні способи візуалізації персонажа, а також можливості його використання в різних контекстах, таких як відеоігри, фільми чи реклама.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 25   |

6. Оцінка та порівняння: Провести оцінку та порівняльний аналіз результатів виконаної роботи. Порівняти якість та ефективність використання технології Rokoko Mocap з Motion Capture та з традиційними методами створення анімації персонажів. Розглянути переваги та обмеження даного підходу.
7. Висновки: Зробити висновки та сформулювати рекомендації для подальшого розвитку та застосування технології Motion Capture у створенні анімованих персонажів.

## 1.6 Обґрунтування робочого простору

Метою цього розділу є пояснення мого вибору Blender як основного робочого середовища, його переваги та недоліки, а також обґрунтування вибору основної технології для реалізації захоплення рухів тіла - Rokoko Studio.

### 1.6.1 Blender як основна програма для реалізації проекту.

При виборі основного робочого середовища для розробки анімованого персонажу було обрано Blender, на даний момент його актуальну версію - 3.5.1, з-за його численних переваг:

- Blender є безкоштовним та відкритим програмним продуктом, що забезпечує доступність для широкого кола користувачів.
- згідно з даними звіту видання, що спеціалізується на області комп'ютерної графіки, "CG Director 2022", Blender займає високі позиції у рейтингу найпопулярніших програм для 3D моделювання та анімації.
- програма Blender має процвітаючу та активну спільноту користувачів, що дає можливість швидко отримувати підтримку, поради та вирішувати будь-які технічні проблеми.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

– програма надає безліч потужних інструментів для моделювання, скульптингу, текстурування, анімації та рендерингу, забезпечуючи величезний простір для реалізації творчих концепцій.

Незважаючи на всі ці переваги, вивчення та освоєння всіх можливостей Blender можуть зайняти певний час та вимагати наполегливості. Порівняно з окремими комерційними програмами, Blender може мати обмежені функції для деяких спеціалізованих галузей.

### **1.6.2 Rokoko Studio як основна технологія для захоплення рухів тіла.**

Для реалізації захоплення рухів тіла було обране програмне забезпечення від датської компанії "Rokoko". На відміну від інших засобів, ця програма пропонує ряд переваг, які сприяють точній і реалістичній анімації:

Rokoko Studio використовує передові технології штучного інтелекту та комп'ютерного зору, що дозволяє автоматично розпізнавати та захоплювати рухи тіла без потреби в складних маркерах чи додатковому обладнанні.

Ця технологія дозволяє захоплювати рухи прямо з відеофайлу, що значно спрощує процес захоплення та забезпечує швидкий розвиток анімаційного процесу.

Rokoko Studio має інтуїтивний і легкий у використанні інтерфейс, що робить його доступним для початківців та досвідчених користувачів.

За даними звіту "CG Director 2022", Rokoko Studio вважається одним з лідерів у сфері технологій захоплення рухів тіла.

Використання Rokoko Studio також має свої обмеження. Для досягнення найкращих результатів потрібне правильне позиціонування камери та оптимальні умови освітлення. Для повноцінного використання Rokoko Studio потрібна підтримка комп'ютерної системи, що відповідає його вимогам.

Вибір Blender та Rokoko Studio для реалізації проекту надав мені широкий функціонал та необхідну доступність, що сприяє створенню

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

високоякісної та реалістичної анімації. Комбінація цих засобів дозволила ефективно працювати над проектом, забезпечуючи точність, швидкість та креативність у процесі створення анімованого персонажу.

### **Висновки першого розділу**

У першому розділі було проведено аналіз та дослідження, спрямовані на оцінку актуальності та важливості кожного етапу проектування. Під час аналізу були розглянуті різні засоби створення 2D-та 3D-зображень, а також принципи, що лежать в основі анімації. Окрім того, проведено огляд аналогічних робіт, що вже існують в індустрії анімаційного мистецтва, для отримання додаткових висновків та розуміння. На основі проведеного аналізу було сформульовано фактичне завдання роботи, яке визначає основні цілі та завдання, що мають бути досягнуті в процесі створення анімованого персонажа. Крім того, був обґрунтований вибір робочого простору, який найкращим чином відповідає вимогам проекту. У рамках розділу також були досліджені та описані актуальні способи моделювання тривимірних об'єктів. Це дозволило визначити найбільш ефективні та підходящі методи для втілення задуманого проекту. В цілому, перший розділ надав систематизовану інформацію про етапи проектування та встановив основні принципи, які будуть використовуватись для створення анімованого персонажа.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

## РОЗДІЛ 2

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТУ

#### 2.1 Формування технічного завдання до розробки анімованого персонажу

Цей огляд технічного завдання визначає основні кроки, виконані під час розробки анімованого персонажа.

- Аналіз вимог – Створити модель персонажа готову до роботи у різноманітних проектах.
- Визначення цілей – якісна та деталізована модель яка буде підходити до багатьох стилей візуалізації. Забезпечити проект якісною відео-демонстрацією яка повною мірою відобразить усі аспекти готової роботи.
- Цільова аудиторія проекту – діти, підлітки, молодь (вік 10-25 років) та старші гравці (вік 35+), зацікавлені в іграх, анімації та технологіях.
- Встановлення технічних параметрів – розмір файлу: для оптимального розміру було обрані значення: для файлу проекту *.blend* -до 500 мегабайт; для файлу відео-демонстрації – до 200 мегабайт.
- Роздільна здатність: достатньо висока, щоб забезпечити якісний вигляд персонажа – 2560x1440 пікселів. Орієнтована частота кадрів у демонстраційному відео: 30 *FPS (Frames Per Second)*
- Формат файлу: BLEND/FBX – ці формати є одними з найпоширенішими для анімацій та ригінгу. Вони сумісні з різними програмами та платформами для зручного використання та подальшої обробки. Ці параметри допоможуть забезпечити ефективну роботу демонстраційної версії та зручне використання персонажа в подальших процесах.

Виконавши аналіз ринку було прийнято рішення розробити 3D персонажа, анімованого за допомогою технології Motion Capture.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Проект спрямований на розробку анімованого стилізованого 3D-аватару, та для ефективного створення повноцінної «живої» істоти необхідно дотримуватися чіткого плану:

## 2.2 Розробка концепції

Розробка концепції персонажу допомагає забезпечити візуальну привабливість, виразність та відповідність персонажу цілям проекту. Вона є важливим кроком перед переходом до самого процесу створення анімації та додавання персонажу до сцен і історії. Навіть наймасштабніші проекти завжди починаються з ідеї та начерку в скетчбуці. Цей процес вимагає уваги до деталей та творчого підходу для створення персонажа, який буде відповідати потребам проекту.

Персонажі виступають сильним каталізатором будь-якої історії, поглиблюючи його суть та просуваючи її вперед. Вони стають втіленням світу, переплетеним з навколишнім середовищем, відображаючи як їхню взаємодію, так і їхнє сприйняття оточення.

Повністю розкрити історію неможливо без вміло витканих персонажів, які визначають її характер і наповнюють її життєвою енергією. Враховуючи вихідні матеріали, такі як історія або сценарій, дизайнер персонажів формує їх образи з ретельним пошуком смислових виразних засобів.

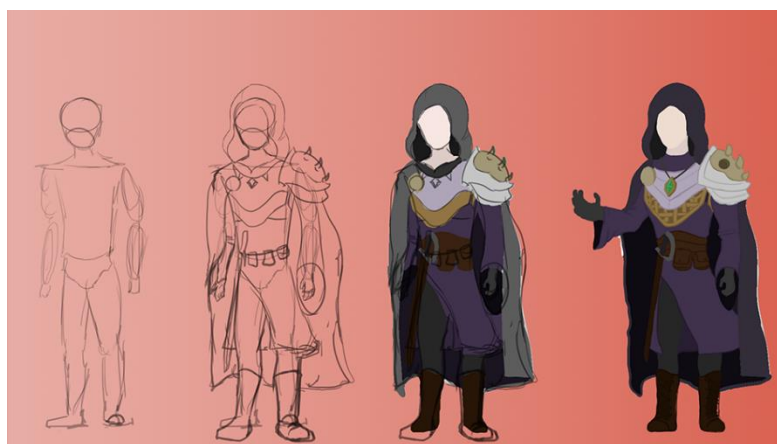


Рис. 2.1 – приклад процесу створення концепту персонажа

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 30   |

Існує багато різновидів програмного забезпечення, які можна використовувати для створення набросків і концептів персонажів. Серед них можна виділити такі програми, як Krita, Adobe Photoshop, PaintTool SAI і Procreate. Кожна з цих програм має свої особливості і функціонал, що дозволяють художникам ефективно та творчо працювати над створенням персонажів.

Використання цих програм може значно спростити і прискорити процес створення концепцій персонажів, дозволяючи художникам експериментувати з формами, кольорами і стилями, а також втілювати свої творчі задуми в життя з високою якістю та деталізацією.



Рис. 2.2 – Перелік програмного забезпечення для малювання концептів

### 2.3 Моделювання та текстурювання

Після того, як концепція персонажа розроблена, настає час приступити до створення 3D-моделі. Спеціалізоване програмне забезпечення, у даному випадку Blender, використовується для побудови моделі персонажа, надаючи їй форму, розміри та складності. Після того, як модель побудована, наступним кроком є її текстурювання, яке надає персонажу кольору, деталей текстури та правдоподібності.

Окрім *Blender*, існує ще декілька програм, які також використовуються для моделювання, скульптування та текстурювання моделей. Ось коротке порівняння кількох таких програм:

*ZBrush* - потужний інструмент для цифрового скульптування. Він пропонує широкий вибір інструментарію для деталізації моделей. ZBrush має

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 31   |

потужну систему текстуровання та можливості для імпорту/експорту моделей у різних форматах.

*Autodesk 3ds Max* - це інтегрована програма для моделювання, анімації та рендерингу. Вона має розширені можливості для створення складних 3D-моделей і поверхонь. 3ds Max також надає інструменти для текстуровання та створення матеріалів.

*Autodesk Maya* - популярна програма для 3D-моделювання та анімації. Вона має розширені інструменти для створення скелетної анімації, деформації та імітації руху. Maya також підтримує текстуровання та роботу з матеріалами.

*Substance Painter*: Substance Painter - це спеціалізована програма для текстуровання 3D-моделей. Вона пропонує широкий спектр інструментів для створення реалістичних текстур, включаючи пензлі, шари, матеріали та процедурні текстури.

*Mari 3D* - потужний інструмент для текстуровання високодеталізованих моделей. Він надає широкі можливості для малювання, накладання текстур і редагування матеріалів. Mari часто використовується у сфері візуальних ефектів та анімації.

Ці програми мають певну популярність серед професіоналів в індустрії 3D моделювання та текстуровання.

Порівняння характеристик вказаних вище програм описано у таблиці 2.1

| Програма                  | Blender     | 3ds Max     | Autodesk<br>Maya         | Mari 3D       |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------------|---------------|
| Вартість                  | Безкоштовно | Комерційний | Комерційний              | Комерційний   |
| Відкритий<br>вихідний код | Так         | Ні          | Ні                       | Ні            |
| Функціонал                | Широкий     | Широкий     | Моделювання,<br>Анімація | Текстуровання |

|                           |                       |          |                       |                       |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| Спільнота користувачів    | Велика                | Велика   | Велика                | Середня               |
| Навчальні матеріали       | Багато                | Середньо | Багато                | Середньо              |
| Підтримка форматів файлів | Велика кількість      | Широкий  | Широкий               | Широкий               |
| Переносність              | Windows, macOS, Linux | Windows  | Windows, macOS, Linux | Windows, macOS, Linux |

Продовження таблиці 2.1

В області комп'ютерної графіки і моделювання існують два основних напрямки: "hard surface" (жорсткі поверхні) і "органічний скульптинг" (моделювання органічних форм). Кожен з цих напрямків має свої особливості і використовується в різних контекстах:

### 2.3.1 Тверде моделювання (*Hard surface*)

"Тверде" моделювання спрямоване на створення геометрично точних форм з прямими і кутовими краями, які є характерними для предметів з твердими поверхнями. Цей підхід широко застосовується в галузях, де вимагається створення точних геометричних об'єктів.

Важливими особливостями "hard surface" моделювання є деталізація прямих і кутових країв, збереження точності форми та дотримання геометричних пропорцій. В результаті моделювання в цьому стилі можна створювати технічні деталі, механізми, архітектурні споруди, транспортні засоби, роботів та багато іншого.

Для досягнення високої якості "hard surface" моделей необхідно мати глибоке розуміння топології, принципів роботи з краями і ребрами, а також

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 33   |

володіти навичками управління петлями підсічок. Застосовуючи програмні засоби моделювання, такі як спеціалізовані 3D-редактори, художники та дизайнери можуть створювати складні геометричні об'єкти з високою деталізацією і точністю.

Взагалом, "hard surface" моделювання відіграє важливу роль у різних галузях, де потрібно створювати деталізовані тверді об'єкти з геометричною точністю, забезпечуючи реалістичний вигляд та функціональність моделей.

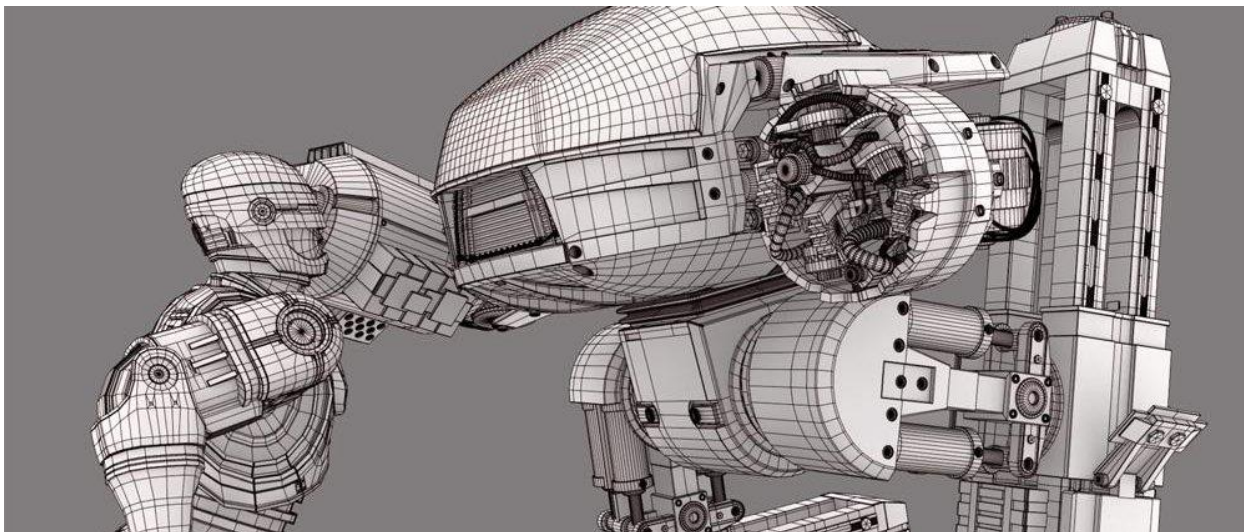


Рис. 2.3 – Приклад «hard surface» моделі

### 2.3.2 Органічне моделювання (*Organic sculpting*)

"Органічне" моделювання, відоме також як скульптинг, зосереджується на створенні органічних форм, які натуральним чином плавно переходять одна в одну. Цей напрямок моделювання використовується для створення персонажів, тварин, рослин, органічних об'єктів та інших м'яких або органічних структур.

Органічне моделювання дозволяє художникам створювати деталізовані і реалістичні моделі, які мають органічну природу. За допомогою інструментів скульптингу, художники можуть моделювати форми, додаючи деталі, текстури та рельєфи без необхідності працювати з твердими геометричними

об'єктами. Це надає більшу свободу і творчість при створенні органічних структур.

Особливості органічного моделювання включають можливість додавати деталі від дрібних рис до великих форм, створювати плавні переходи між різними частинами моделі і деталізувати м'які поверхні. Також важливою частиною органічного моделювання є вміння працювати з текстурами і матеріалами, щоб досягти реалістичного вигляду.

У порівнянні з "hard surface" моделюванням, органічне моделювання зазвичай має меншу точність форми і більшу варіативність. Воно дозволяє художникам виражати більше органічності, м'якості і натуральності в своїх моделях. Органічне моделювання часто використовується у областях, де потрібно створювати живі, органічні об'єкти.

Загалом, органічне моделювання дозволяє художникам створювати реалістичні, деталізовані та органічні моделі, забезпечуючи широкі можливості для виразності та творчості.

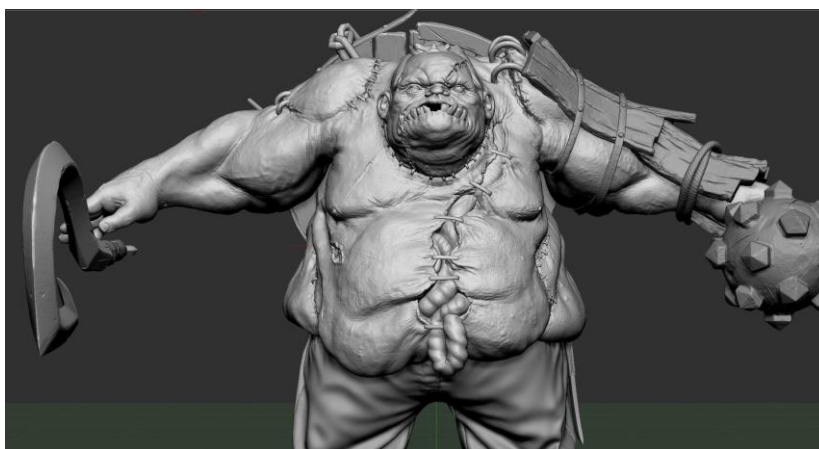


Рис. 2.4 – Приклад «органічної» моделі

## 2.4 Рігінг та контроль анімації

Після завершення моделювання та текстурування, наступним етапом у процесі створення анімації є «Rigging» (рігінг) та контроль анімації. Рігінг - це складний процес побудови скелетної структури або каркасу для моделі,

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 35   |

який дає змогу маніпулювати рухами та деформаціями об'єкта. Контроль анімації включає надання об'єктам реалістичних рухів, взаємодію між об'єктами та створення анімаційних сцен.

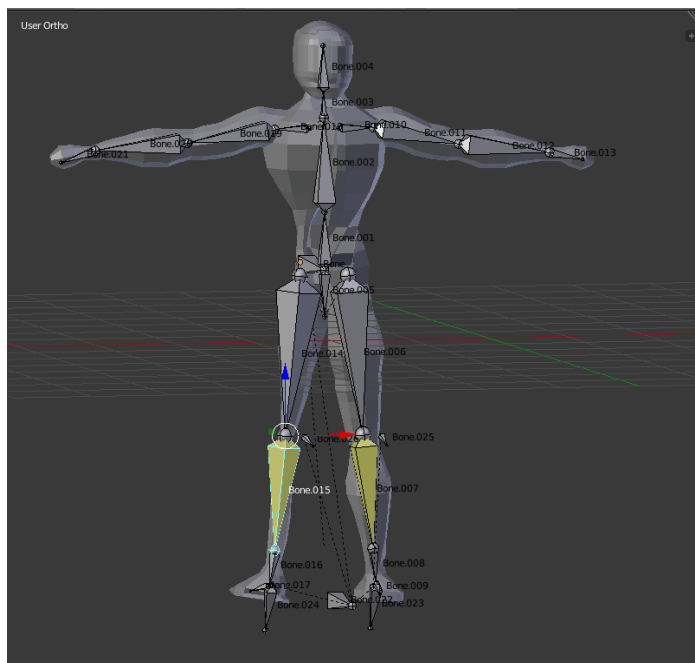


Рис. 2.5 – «Ріггінг» моделі людини

Для ріггінгу персонажа, одним із основних і популярних типів ріггінгу є Skeleton Rigging (ріггінг на основі скелету) або Joint-based Rigging (ріггінг на основі суглобів). Цей підхід використовує скелетну структуру, яка складається з кісток і суглобів, щоб створити рухому структуру для персонажа.

1. Ріггінг на основі скелету використовує систему ієрархічно з'єднаних кісток, які моделюють структуру кісткової системи персонажа. Кожна кістка представляє окрему частину тіла і має контрольні точки, які визначають його положення і орієнтацію. Цей тип ріггінгу дозволяє аніматору контролювати рух і деформацію персонажа, використовуючи керуючі об'єкти, пов'язані з кістками.

2. Ріггінг на основі суглобів також використовує систему суглобів і керуючих об'єктів для контролю руху персонажа. У цьому підході суглоби розміщуються у відповідних місцях тіла персонажа, і керуючі об'єкти використовуються для зміни положення і орієнтації суглобів.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 36   |

Терміни "*Joint Rigging*" і "*Skeleton Rigging*" іноді використовуються як синоніми, їх можна розглядати як два підходи до ригінгу персонажів засобами скелетної структури. Основні відмінності:

- Спосіб контролю: У ригінгу на основі суглобів (*Joint Rigging*) керування рухом персонажа здійснюється за допомогою керуючих об'єктів, які пов'язані з окремими суглобами. Кожний суглоб має свій контрольний об'єкт, який визначає його положення і орієнтацію. У ригінгу на основі скелету (*Skeleton Rigging*) рух персонажа контролюється через керуючі об'єкти, які пов'язані з кістками скелетної структури. Кожна кістка визначає певну частину тіла і має свій контрольний об'єкт.
- Гнучкість і деформація: Ригінг на основі скелету (*Skeleton Rigging*) надає більшу гнучкість і можливість деформації персонажа. Завдяки гнучким кісткам можна створювати реалістичні згини, розтягування та інші природні деформації. Ригінг на основі суглобів (*Joint Rigging*) менш гнучкий і зазвичай використовується для створення більш стилізованих або масштабних персонажів, де більш природні деформації можуть не бути необхідні.
- Складність і контроль: Ригінг на основі суглобів (*Joint Rigging*) є простішим і легше в освоєнні для новачків. Він пропонує просту інтерфейсну структуру з окремими суглобами, які можуть бути контрольовані окремо. Ригінг на основі скелету (*Skeleton Rigging*) може бути більш складним через використання ієрархічної структури кісток, що вимагає розуміння інверсної кінематики та більшої кількості контрольних об'єктів.

В кінцевому підсумку, ригінг на основі скелету і ригінг на основі суглобів мають схожі принципи і використовуються для керування рухом персонажів.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 37   |

## 2.5 Захоплення руху й ретаргетінг

Для досягнення високого ступеня реалістичності анімованих персонажів та об'єктів важливу роль відіграє завершальний етап - захоплення руху. Після завершення етапів моделювання, текстурування та ригінгу йде етап захоплення руху. Цей процес фіксує рухи людини або об'єкта з реальності на цифрову модель, що дозволяє створювати динамічну віртуальну анімацію з високою реалістичністю. Мистецтво точного захоплення руху вимагає спеціальних інструментів, таких як датчики руху, високоякісні камери та програмне забезпечення, необхідне для точного запису та аналізу даних.

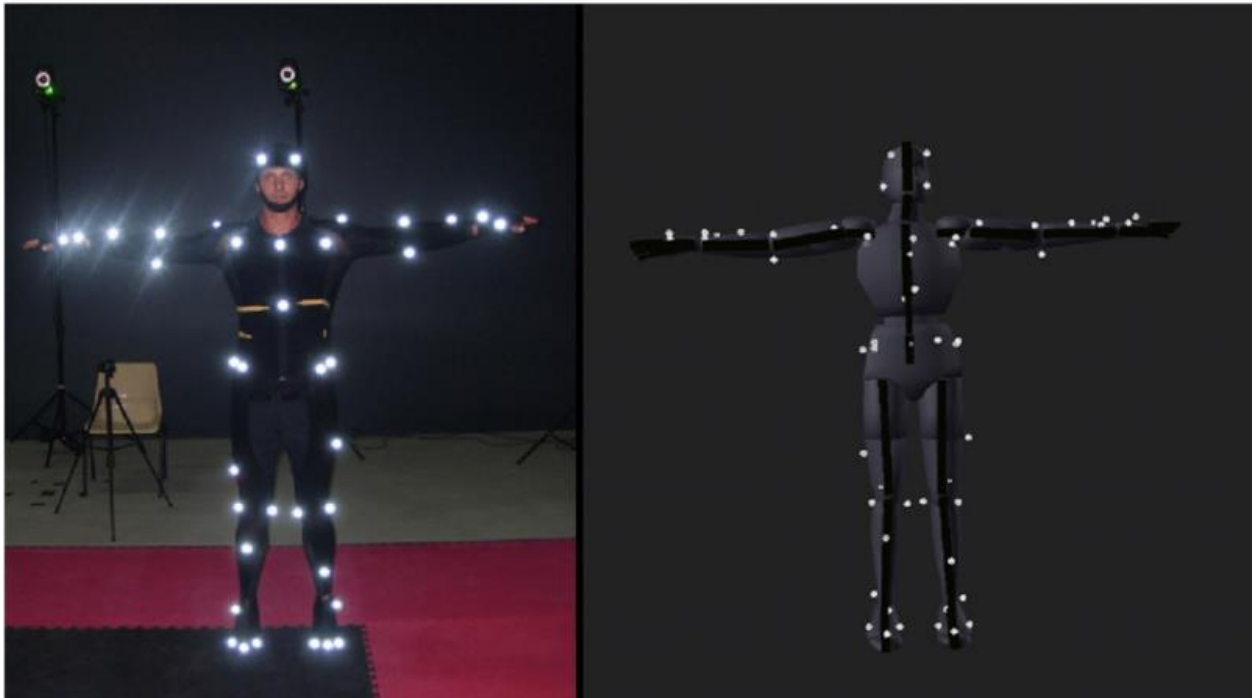


Рис. 2.6 – процес захоплення рухів технологією Motion Capture

У цьому процесі поєднуються три життєво важливі елементи - точність дій при керуванні рухами акторів/об'єктів, що знімаються; командна співпраця при роботі зі складним обладнанням та причеплива увага при управлінні великими обсягами сенсорної інформації. Кваліфікована команда, що складається з технічних експертів та аніматорів, допомагає забезпечити першокласне захоплення рухів та їх швидку інтеграцію в цифрову модель.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Створення високореалістичної анімованої моделі включає в себе багато етапів, таких як ретельна увага до деталей на етапі моделювання в поєднанні з передовими технологіями, такими як текстурування та ригінг. Спеціалізоване програмне забезпечення також дозволяє аніматорам захоплювати природні рухи, які потім можна застосувати в сценах для створення по-справжньому реалістичного вигляду, що безперешкодно взаємодіє з навколишнім середовищем.

Після захоплення руху (*Motion Capture*) і отримання даних про рух живої людини або об'єкта, часто виникає потреба в ретаргетингу (*Retargeting*). Ретаргетинг - це процес перенесення захопленого руху з однієї моделі на іншу. Переніс інформації рухів починається після того, як рух людини або об'єкта в реальному часі було зафіксовано за допомогою технології *Motion capture*.

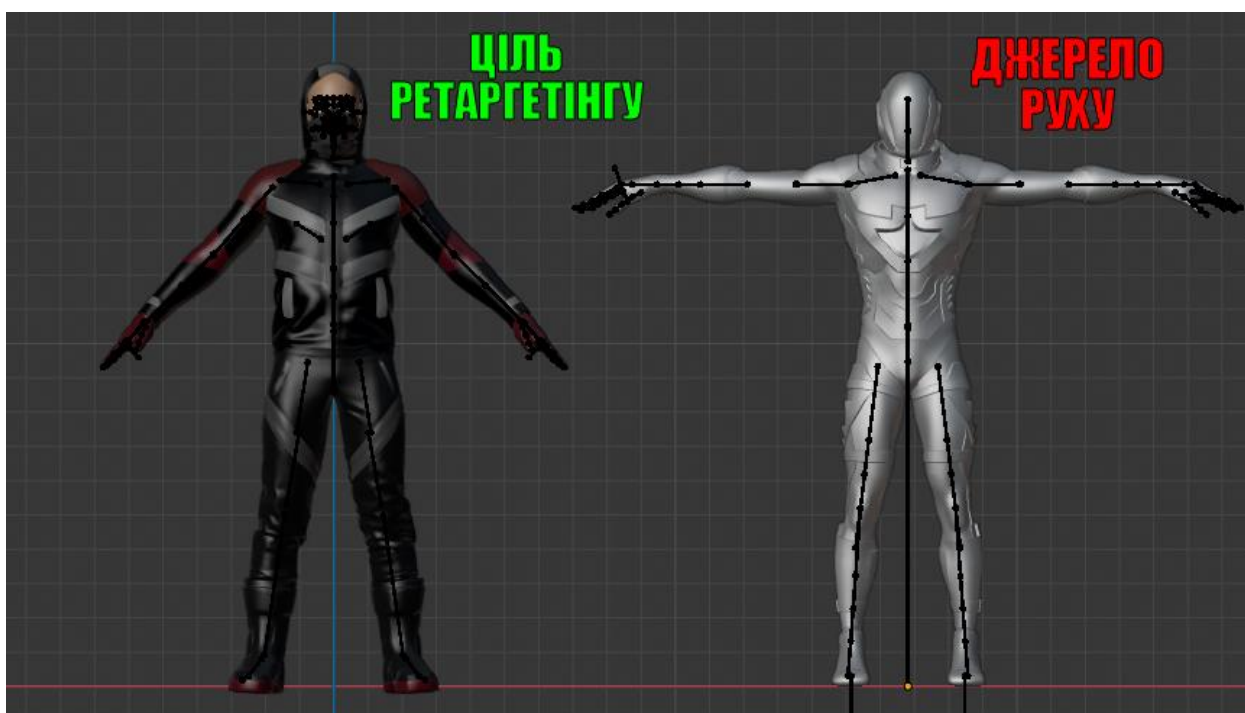


Рис. 2.7 – процес переносу руху скелету (*Retargeting*)

Протягом цього процесу дані про рух, отримані з одного джерела, модифікуються, а потім передаються до іншої кінцевої моделі. Це дає змогу створювати точно підібрану анімацію руху, налаштовану відповідно до конкретних критеріїв моделі. Під час цього процесу можуть застосовуватися

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 39   |

різні методи, такі як ручна адаптація ключових кадрів, використання спеціалізованих алгоритмів або інтерполяція даних. Збереження природного руху залишається невід'ємною частиною при адаптації його до нової моделі шляхом дотримання його анатомії та пропорцій. Важливість ретаргетингу неможливо переоцінити для досягнення реалістичної анімації персонажів та об'єктів після захоплення руху. За допомогою цього процесу захоплені реалістичні рухи переносяться на потрібну модель, що призводить до реалістичних жестів і рухів віртуальних об'єктів. Зрештою, цей крок значно підвищує загальну правдоподібність віртуальних об'єктів у віртуальному середовищі.

В данному проекті для сканування й реалізації руху моделі була обрана технологія *Rokoko Studio*. Ця технологія дозволяє зібрати дані про рухи з відео та перенести їх на готовий скелет, готовий для анімації. *Rokoko Studio* використовує штучний інтелект для точного та швидкого сканування рухів, що забезпечує високу якість анімації.

Особливість *Rokoko Studio* полягає в тому, що вона є безкоштовною для користування. Це робить її привабливим вибором для професіоналів та початківців, які шукають доступні та потужні інструменти для створення анімації.



Рис. 2.8 – Процес захоплення руху у ПЗ «Rokoko Studio»

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 40   |

*Rokoko Studio* використовує систему камер для точного захоплення руху. Це забезпечує зручний робочий процес та високу точність збору даних. Технологія ретаргетингу дозволяє переносити ці дані на різні скелетні моделі, що дозволяє створювати реалістичну анімацію різних персонажів.

У данному проекті *Rokoko Studio* був обраний як основний інструмент для обробки руху, оскільки вона поєднує в собі якість, швидкість та доступність. Використання штучного інтелекту в *Rokoko Studio* дозволяє точно сканувати рухи та створювати анімацію швидко і ефективно.

## 2.6 Пайплайн проекту

Був створений пайплайн (*Pipeline*) процесу анімації. Він визначає послідовність дій та організований підхід до роботи, спрямований на досягнення мети проекту. Схема розрахована на ефективне керування процесом розробки, дотримання термінів виконання завдань та забезпечення високої якості результату. Кожен етап роботи, включаючи концепцію, дизайн, моделювання, текстурінг, шейдинг, анімацію та інші, відповідно заплановані та послідовно виконуються. Така систематична організація допомагає зберігати структуру у проекті.

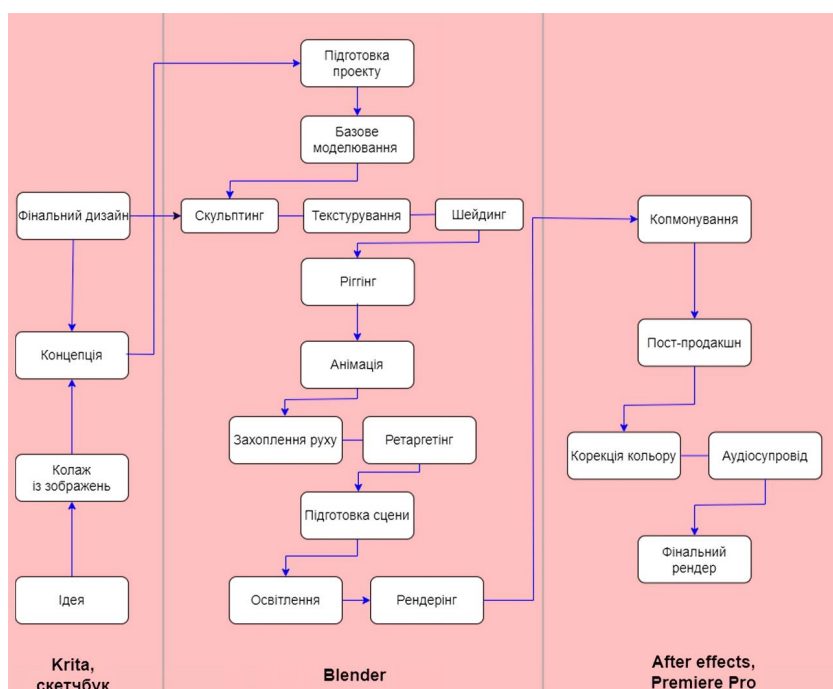


Рис 2.9 – Пайплайн проекту

## Висновки другого розділу

У даному розділі було сформовано технічне завдання, задані вимоги до проекту та визначені його основні цілі та параметри. Також був проведений аналіз усіх етапів розробки стилізованого трьовимірного персонажу, анімованого за допомогою сучасних технологій захоплення рухів. У якості основної технології для захоплення рухів та реалізації реалістичних анімацій було обрано програмне забезпечення від Rokoko Studio що дасть змогу безкоштовно й якісно реалізувати етап сканування рухів тіла для трьовимірної моделі персонажу.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 42   |

## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ АНІМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХУ

#### 3.1 Обґрунтування вибору технічних засобів

Прогрес не стоїть на місці, і 3D графіка розвивається щодня завдяки новим технологіям. Основна тенденція прагне до повної автоматизації рутинних процесів, щоб спростити кожен етап розробки і дозволити більше уваги приділити творчості та створенню унікальних і новаторських ідей у будь-яких проектах. У цьому розділі буде описано процес створення анімованої моделі в 3D-просторі, починаючи зі скетчів концепції персонажа в програмному забезпеченні Krita і закінчуючи рендерінгом сцени в безкоштовному 3D-пакеті Blender.

Для початку розробки зовнішнього вигляду персонажа було обрано програму Krita. Це програмне забезпечення надає безкоштовний доступ до всіх необхідних функцій, що дозволяє зосередитися на створенні концептуальних зображень персонажа. Крім того, Krita має оптимізований інтерфейс для роботи з графічним планшетом, що робить його ідеальним вибором для створення деталізованих малюнків із високою точністю.

Наступним етапом було перенесення концептуальних зображень персонажа до 3D-простору. Для цього використовувався безкоштовний 3D-пакет Blender. Blender є одним з найпопулярніших програмних рішень у сфері 3D-моделювання та анімації. Він має потужні інструменти для створення та редагування 3D-моделей, а також оптимізований інтерфейс, що сприяє продуктивній роботі з графічними інструментами. Blender також підтримує використання графічного планшета, що забезпечує зручність та точність при моделюванні персонажа.

Обрання Krita і Blender як основних інструментів для розробки анімованої моделі було обґрунтовано їхньою безкоштовністю, доступністю

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

необхідних функцій і оптимізацією для роботи з графічними інструментами. Вони є одними з найпопулярніших програмних рішень у своїй галузі, здатними задовольнити потреби розробників і аніматорів у створенні високоякісних моделей і анімаційних сцен.

### 3.2 Розробка концепції та дизайну персонажа

У данному розділі розглянуто процес створення концепції та дизайну персонажа з використанням програмного забезпечення Krita. Концепція персонажа є важливим етапом перед переходом до 3D-моделювання, оскільки вона визначає зовнішній вигляд, особливості та характер персонажа.

Для створення концепції персонажа були використані "референси". Референси в проектуванні - це зображення або зразок, який служить джерелом інформації або натхнення для створення малюнка. У данному випадку референси використовувалися для створення переднього та бокового виду персонажа, щоб мати точний шаблон для подальшого моделювання в *Blender*.

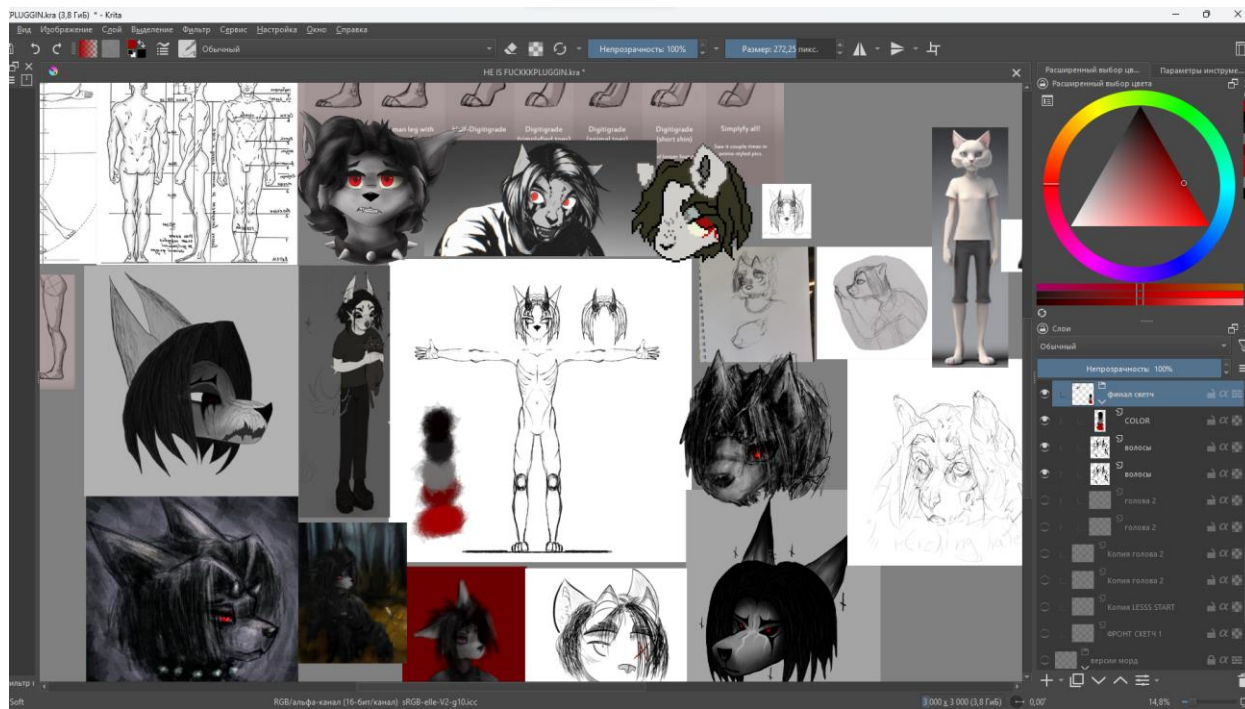


Рис. 3.1 – Процес створення робочих референсів для моделювання

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

Крім того, при створенні концепції персонажа враховувалися особливості проекту і вимоги до персонажа. Дизайн персонажа мав виражати його характер, стиль і внутрішню сутність. Використовуючи малюнки в Krita як основу, було розроблено унікальний зовнішній вигляд персонажа, враховуючи його рухомість та анімаційні можливості.

Отримані концепт-малюнки були використані як основа для подальшого моделювання персонажа в Blender. Завдяки точним референсам з переднього та бокового виду, було можливо створити 3D-модель персонажа, відповідну задуманому дизайну. Це спрощувало процес моделювання, оскільки референси давали чітку основу для створення каркасу персонажа.

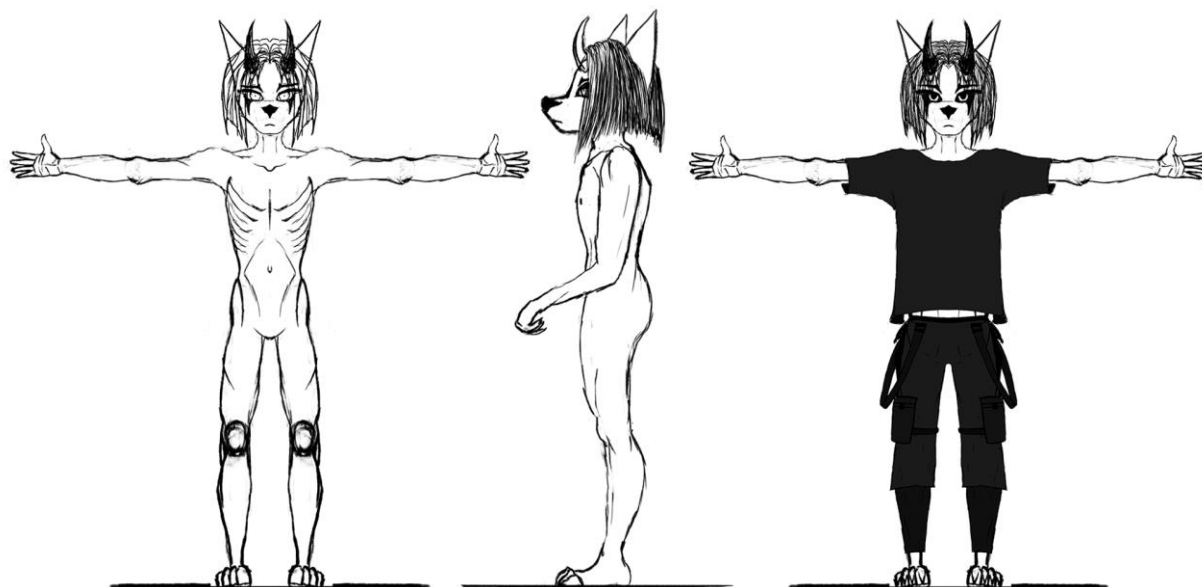


Рис 3.2 – Готові концепти персонажу

Таким чином, використання Krita для створення концепції персонажа з референсами дало змогу точно передати задуманий зовнішній вигляд персонажа і забезпечило ефективний перехід до наступного етапу - моделювання в Blender.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 45   |

### 3.3 Моделювання та скульптинг персонажу

У даному етапі розглядається процес моделювання та скульптування персонажа з використанням готових референсів. Початковою стадією була підготовка до роботи та налаштування робочого простору. При створенні нового проекту у сцені *Blender* присутні такі об'єкти як стандартний куб (у центрі трьохвимірному простору), налаштована камера та примітивне джерело світла.

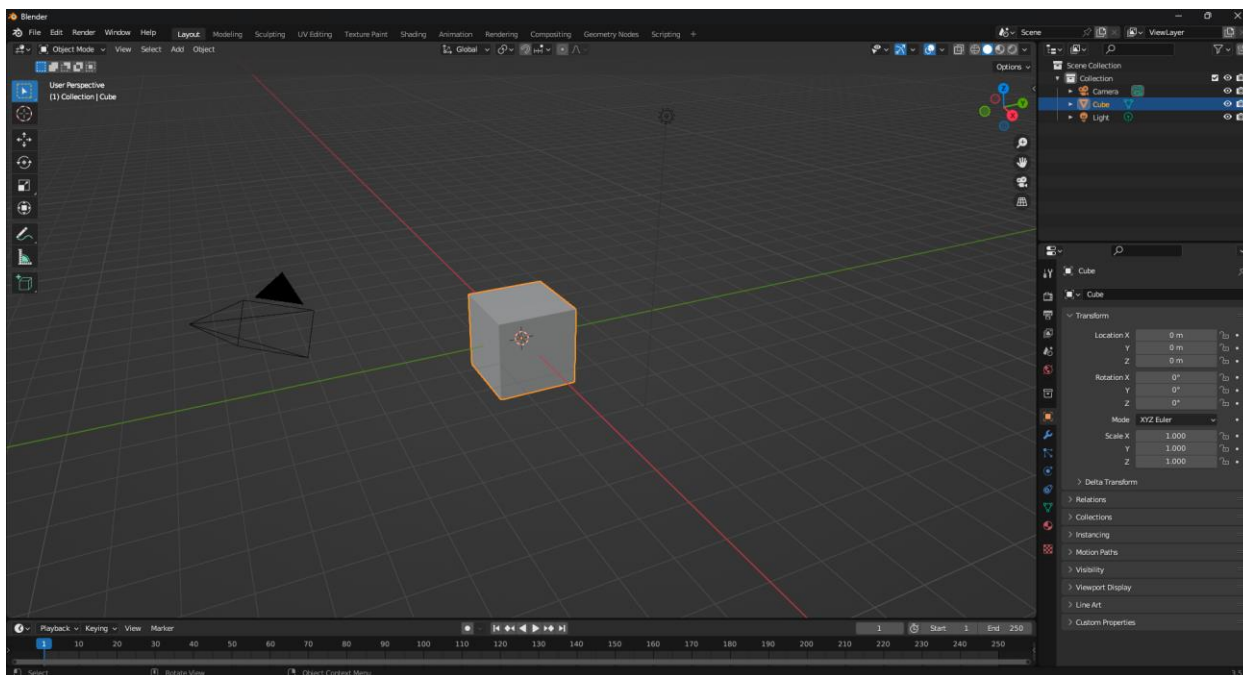


Рис. 3.3 – Вигляд "пустого" проекту в *Blender*

На початку роботи було виконано видалення зайвих об'єктів і розташування зображень персонажа відповідно до потрібних осей. На етапі моделювання це необхідно для того щоб притримуватися до деталей концепту. Фронтальний референс був розташований перпендикулярно до осі X, а бічний референс – перпендикулярно до осі Y.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 46   |

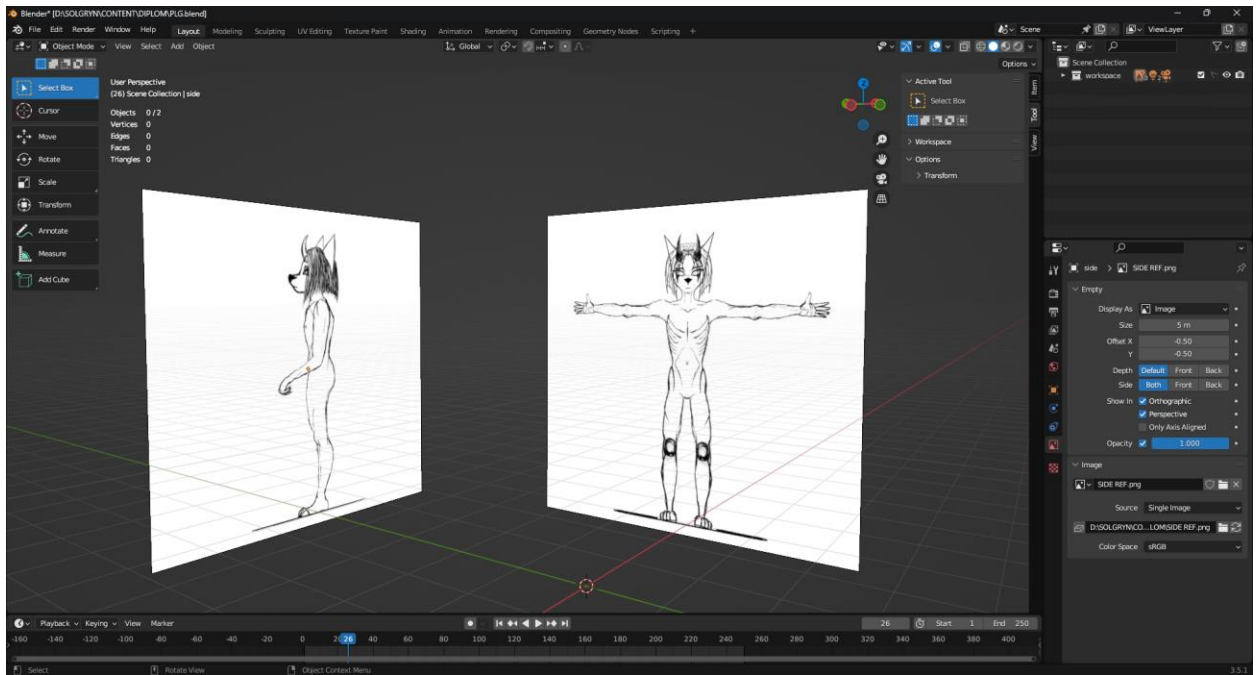


Рис. 3.4 – Вигляд проекту після підготовки до роботи

Після налаштування робочого простору розпочалося моделювання персонажа, починаючи з нижньої частини тіла. Основний метод моделювання, використаний на цьому етапі, був метод *Extrude*, який дозволяє створювати нові полігони шляхом витягування точок з наявних. Для цього я створив примітивний сплайн (*Spline*) у формі кола, який використовувався для початкового витягування та формування основної структури тіла персонажа. Сплайн є геометричною фігурою, що складається зі з'єднаних точок, які можуть бути змінені та перетворені. Базовий сплайн у формі круга був використаний як початкова точка для моделювання тіла персонажа. За допомогою інструментів Blender, я змінював форму сплайна, витягуючи його та додаючи нові точки. Це дозволило створити початковий об'єм тіла персонажа та забезпечити правильні пропорції, зберігаючи при цьому точність референсу.

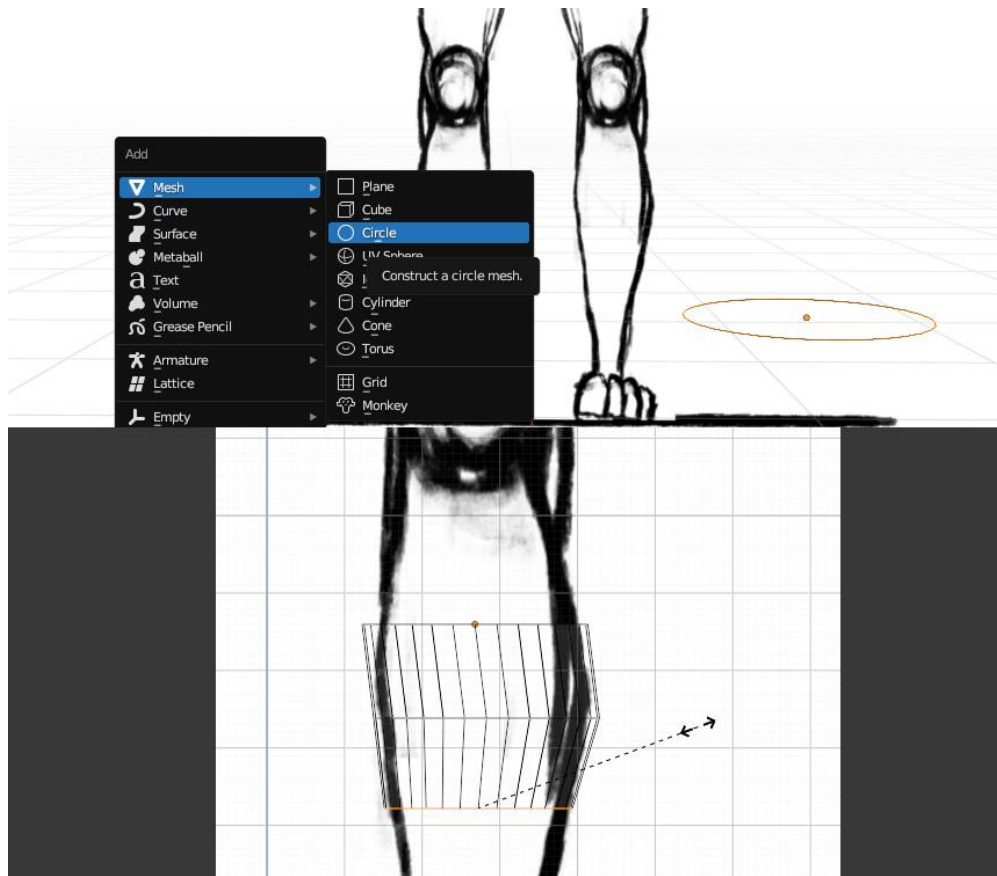


Рис 3.5 – Створення базової форми методом *Extrude*

Процес моделювання починався з опрацювання основних форм тіла, забезпечуючи правильні пропорції та об'єм. Потім додавалися інші анатомічні деталі, такі як руки, ноги, пальці, використовуючи метод *Extrude* для створення нових полігонів і формування бажаної структури персонажа.

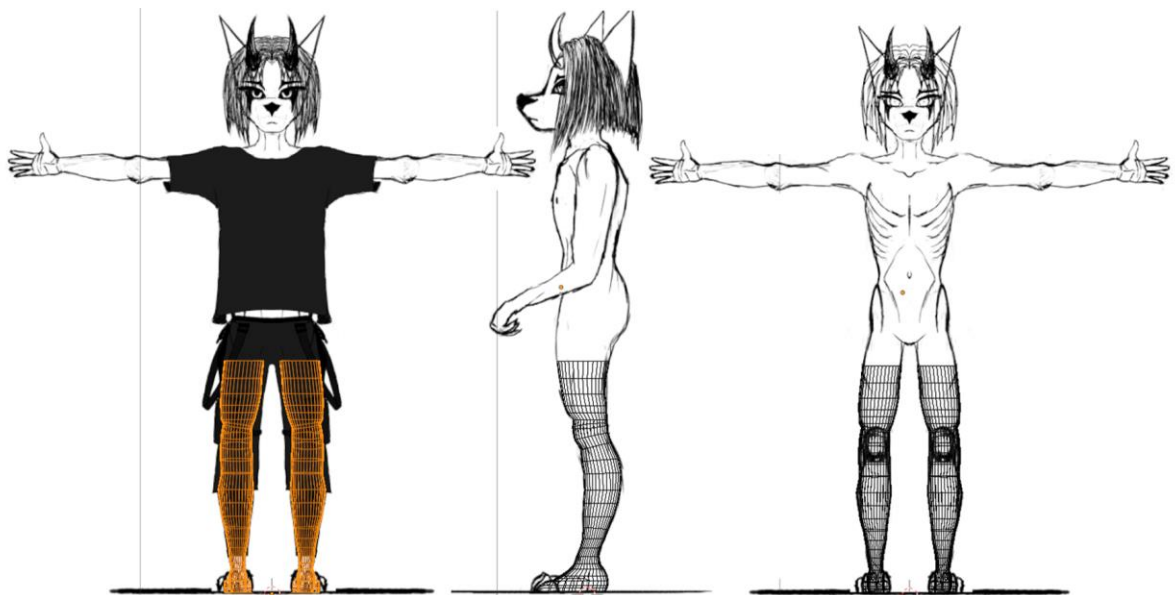


Рис 3.6 – Надання форми персонажу

Для створення голови персонажа використовувався підхід, що базується на використанні UV сфери та інструменту скульптингу "Grab" в програмі Blender:

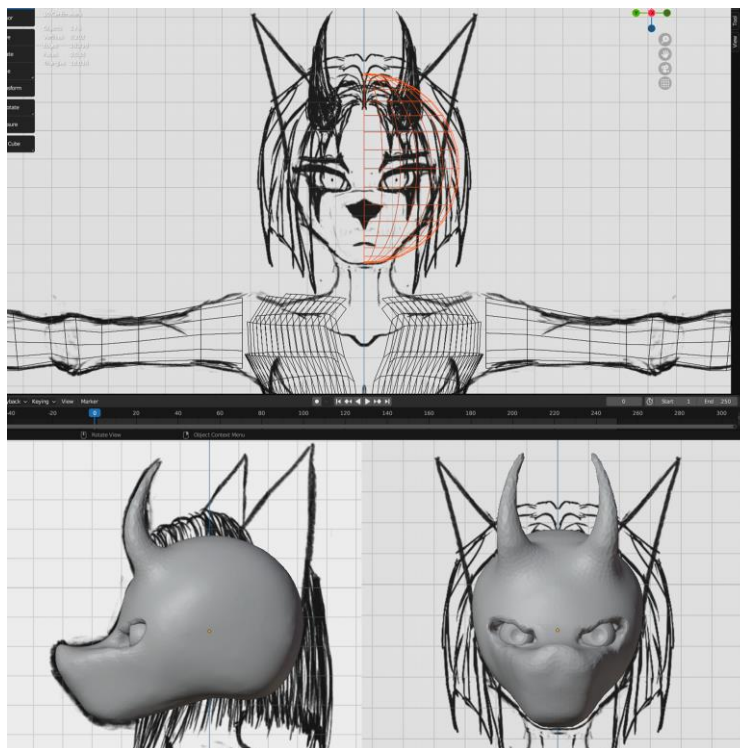


Рис 3.7 – Процес моделювання та скульптингу голови

Початково була створена UV сфера, яка є геометричною формою, наближеною до форми голови. Ця сфера була використана як основа для подальшої роботи з формою голови персонажа. За допомогою інструменту скульптингу "Grab" я можу змінювати форму сфери, "тягнути" і перетворюючи її, щоб відповідати концепту персонажа. Цей інструмент дозволяє мені взаємодіяти з поверхнею сфери та переміщати її точки, надаючи голові більш правильну та реалістичну форму. Це дозволило вирівняти контури голови, відтворити різноманітні деталі та забезпечити відповідність між концептом та моделлю голови персонажа.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 49   |

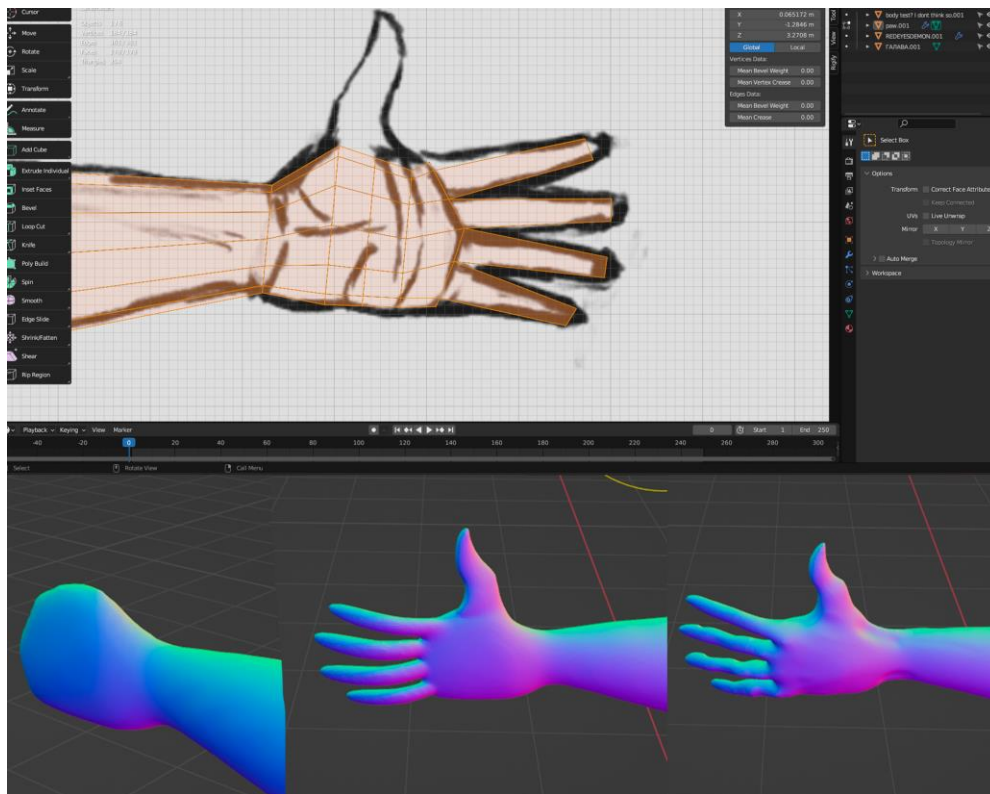


Рис. 3.8 – Моделювання й деталізація рук

У процесі скульптингу я використовував різноманітні інструменти, такі як Draw, Draw sharp, Snake hook та Smooth brush, щоб надати більш точні деталі, такі як пальці та загальну анатомію. Пензель Draw дозволяв створювати основні форми та контури, тоді як Draw sharp додавав ребра та гострі краї для більш визначеної естетики. Пензель snake hook використовувався для моделювання пальців, надаючи їм природну форму та згини. Smooth brush використовувався для згладжування поверхні та створення плавних переходів між різними частинами моделі. Завдяки цим інструментам я зміг досягти більш деталізованої та реалістичної анатомії у моєму проєкті.

Наступним етапом було компонування усіх частин тіла персонажу у єдину сітку (*Mesh*) для подальшого надання деталей.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 50   |

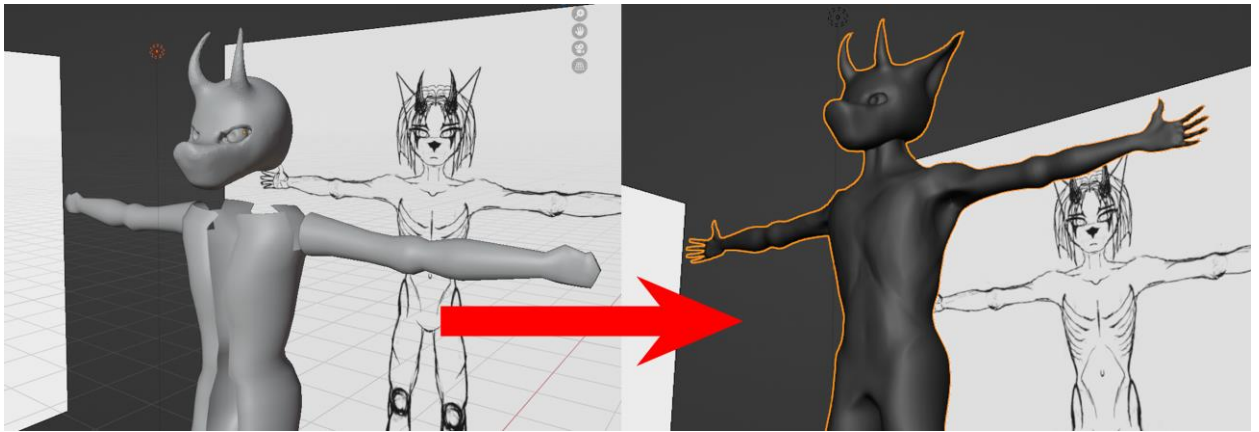


Рис 3.9 – З'єднання усіх частин тіла в єдину сітку

Після завершення процесу скульптингу, я отримав готову модель персонажа і перейшов до наступного етапу - ригінгу. Для цього я використав аддон (офіційна модифікація у *Blender*) *Rigify*, який надає якісний рівень автоматизації. Ригінг моделі складався з двох простих кроків.

Першим кроком було створення "скелета" або арматури для тіла персонажа. Цей процес полягав у розміщенні кісток у відповідних місцях моделі, щоб вони відображали структуру скелета людини. Аддон *Rigify* надавав мені готовий набір кісток, які я міг легко розмістити та налаштувати за допомогою інтерфейсу.

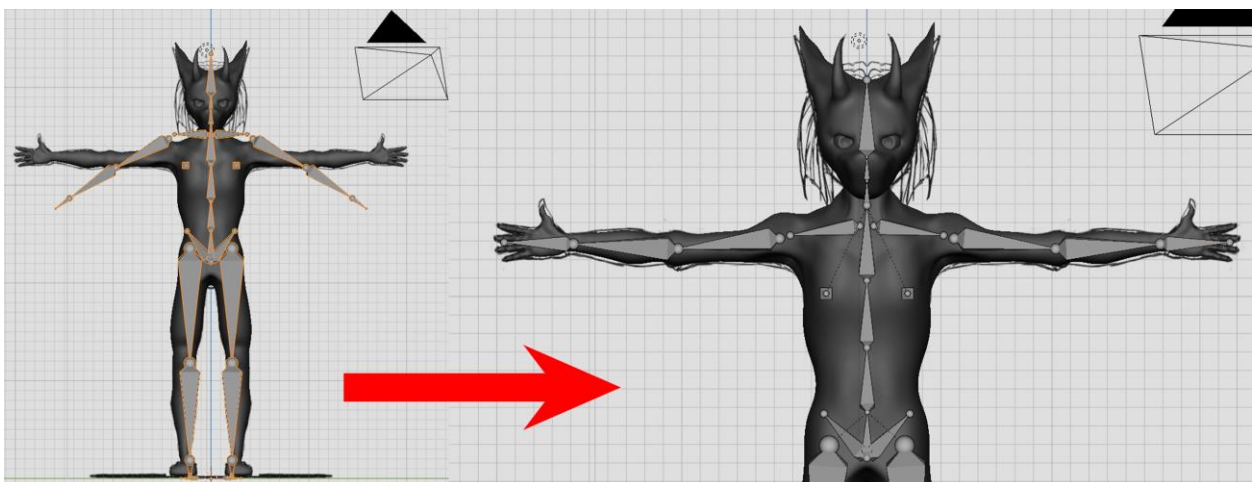


Рис. 3.10 – Процес з'єднання "скелету" тіла з моделлю персонажа

Другим кроком було закріплення арматури за самою моделлю персонажа. Це означало прив'язку кісток до відповідних частин моделі, таких як голова, руки, ноги тощо. Я забезпечив правильне закріплення кісток, щоб вони контролювали рухи та анімацію моделі згідно з потребами.

Використання аддона *Rigify* значно спростило процес ригінгу та забезпечило швидке та ефективне створення контролів для мого персонажа. Завдяки його функціоналу та автоматизованим можливостям я міг швидко створити риг, що відповідає анатомії персонажа.

Результатом цього етапу роботи став готовий риг персонажа, який дозволяє контролювати рухи та анімацію. «*Rigify*» надавав мені гнучкість та зручність у взаємодії з моделлю, дозволяючи швидко налаштовувати та коригувати анімаційні контролі (параметри руху частин тіла).

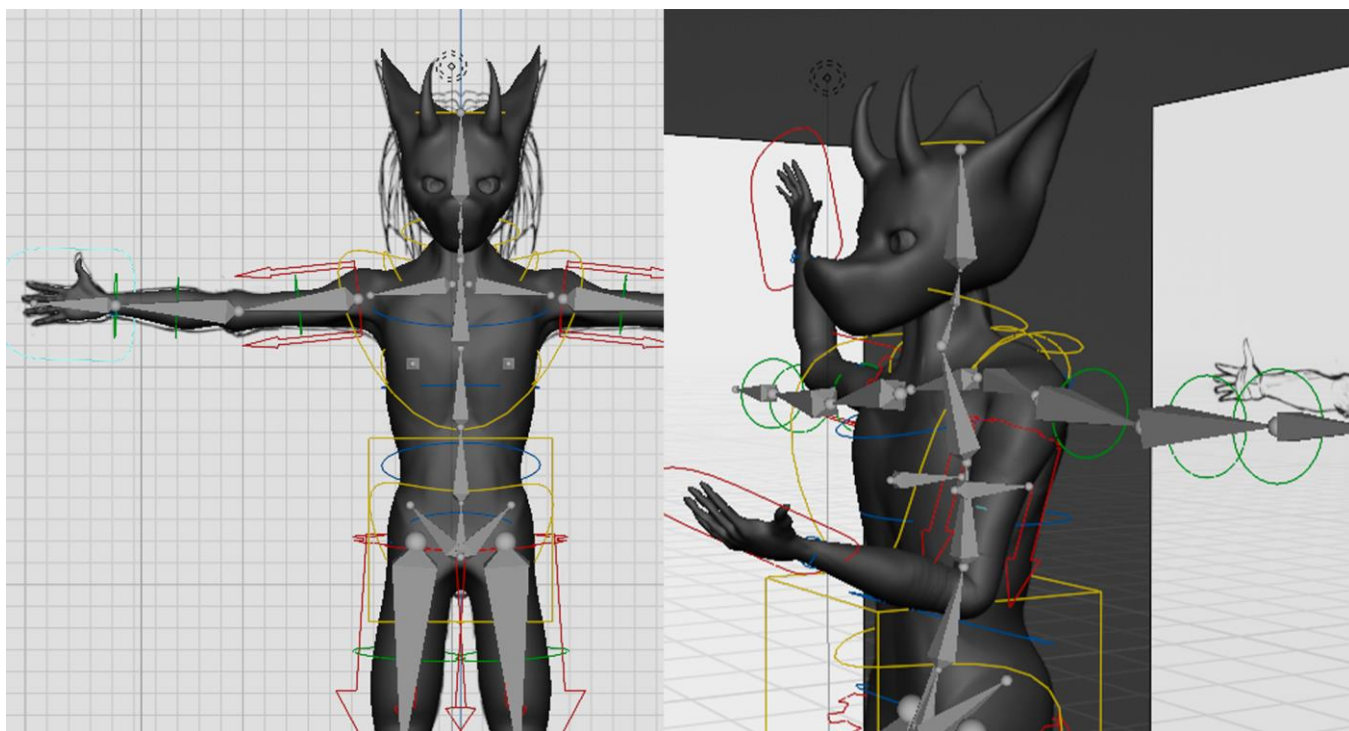


Рис 3.11 – Створення ригу за допомогою «*Rigify*»

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 52   |

### 3.4 Анімація та ретаргетинг

Завершення ригінгу відкривало широкі можливості для подальшої роботи з персонажем. Це дозволило перейти до останнього фінального етапу – захопленню рухів та ретаргетингу анімації на модель персонажу.

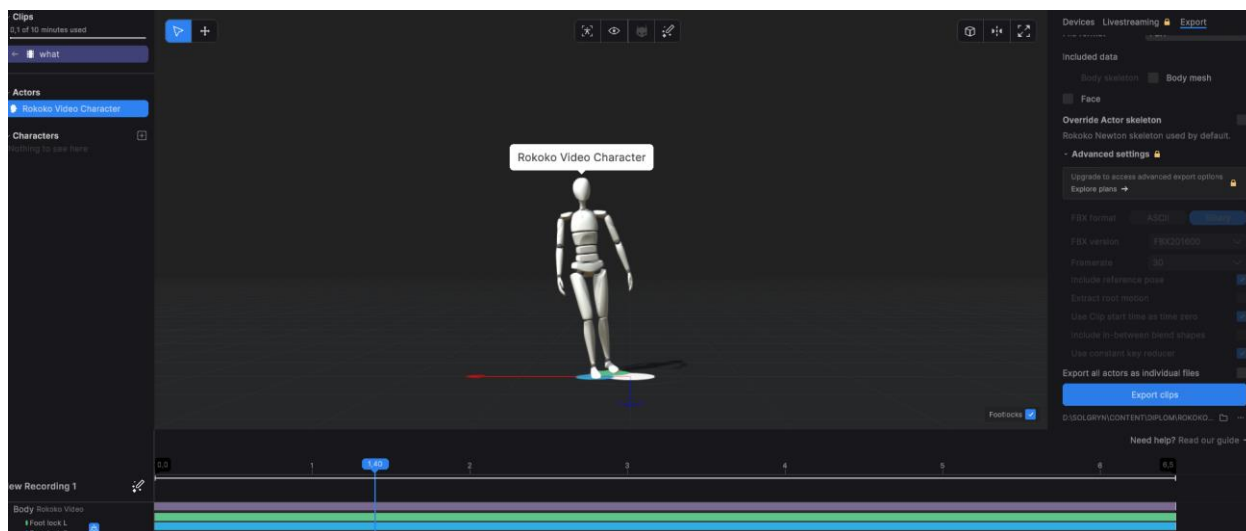


Рис 3.12 – Обробка рухів тіла за допомогою Rokoko Studio

Спочатку було записано відео для захоплення руху в Rokoko Studio. У процесі ретаргетингу і створення анімації з використанням відео в Rokoko Studio я переніс рухи з відео на модель тимчасового свого аватара. Потім, за допомогою плагіна від Rokoko, переніс анімацію у форматі FBX на скелет моєї моделі персонажа.

Для цього я імпортував файл FBX, що містить анімацію у Blender. У Blender я виконав ретаргетинг анімації, застосувавши її до скелета моделі. Важливим кроком було правильне зіставлення "кісток" двох скелетів і застосування трансформації на "кореневому" скелеті для забезпечення правильного положення анімації на моделі персонажа.

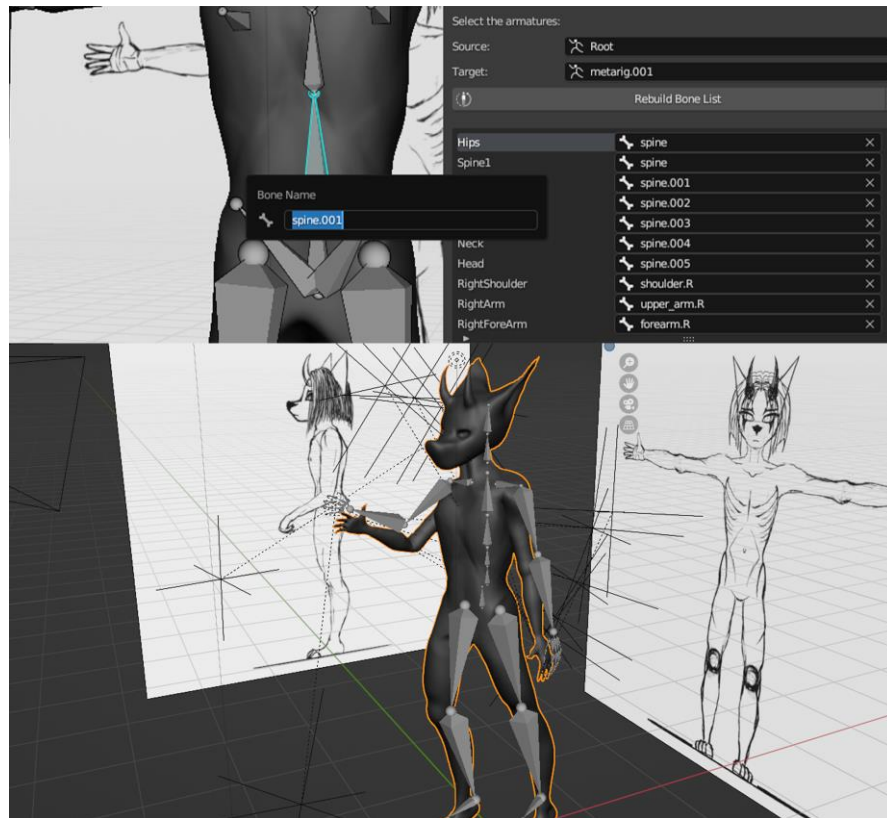


Рис 3.13 – Процес ретаргетингу

Після успішного ретаргетингу анімації я отримав анімовану модель персонажа з рухами, що збігаються із записаним відео. Таким чином, цей проєкт було завершено, була створена анімація, яку можна використовувати для подальших цілей, таких як інтеграція в інші проєкти або демонстрація готового персонажа з іншими анімаціями та візуальним наповненням.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 54   |

## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

### 4.1 Основні завдання організаційно-економічного та маркетингового обґрунтування проекту

Ідея для проекту створення 3D персонажа та анімації з використанням технології Motion Capture полягає у створенні та оптимізації процесу, який дозволить розробникам створювати реалістичних персонажів та анімовані сцени шляхом захоплення рухів живих акторів за допомогою спеціального обладнання.

Основний алгоритм роботи з такою технологією включає наступні етапи:

**Підготовка обладнання:** Забезпечення встановлення і налаштування системи Motion Capture, яка складається з камер, сенсорів або інших пристроїв, здатних реєструвати рухи акторів. Також, необхідно підготувати акторів, які будуть брати участь у захопленні рухів.

**Захоплення рухів:** Актори виконують рухи або сцени перед камерами або за допомогою спеціальних сенсорів на своєму тілі. Інформація про рухи записується та передається до комп'ютера для подальшої обробки.

**Обробка даних:** Записані дані про рухи піддаються обробці, включаючи калібрування, фільтрацію та аналіз. Можуть застосовуватися різні алгоритми для поліпшення точності і якості захоплення рухів.

**Створення скелета:** За допомогою оброблених даних про рухи створюється скелет 3D персонажа. Скелет визначає структуру та рухові можливості персонажа, що дозволяє накладати рухи актора на модель персонажа.

**Анімація персонажа:** За допомогою скелета та оброблених даних рухів створюється анімація персонажа. Рухи актора передаються на модель персонажа, що дозволяє створювати реалістичну анімацію.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Оцінка техніко-економічної доцільності проекту включає в себе декілька аспектів. Потрібно визначити потенційних клієнтів та споживачів послуг зі створення 3D персонажів та анімації, оцінити ринковий потенціал проекту і вибрати стратегію виходу на ринок. Також, необхідно розрахувати вартість проекту та оцінити його ефективність.

Організаційно-економічне обґрунтування проекту включає розробку організаційної структури проекту, планування витрат і прибутків, оцінку ефективності використання ресурсів та розрахунків фінансових показників. Для успішного розвитку проекту також потрібно провести дослідження ринку, визначити конкурентне середовище, формулювати маркетингову стратегію та планування маркетингових дій.

Фінансові витрати на проект створення 3D персонажа та анімації з використанням технології Motion Capture можуть включати наступні напрямки:

Придбання обладнання та програмного забезпечення для захоплення рухів та обробки даних.

Навчання та підготовка персоналу для роботи з технологією Motion Capture.

Реклама та маркетингові заходи для просування послуг створення 3D персонажів та анімації.

Фінансування досліджень та розробок для впровадження нових технологій та покращення якості послуг.

Оплата витрат на електроенергію, Інтернет-підключення та інші операційні витрати, пов'язані з експлуатацією системи створення 3D персонажів та анімації.

Ці витрати повинні бути обґрунтовані на етапі планування проекту шляхом проведення аналізу ринку та розрахунків. Важливо оцінити прибутковість проекту шляхом аналізу очікуваних доходів та витрат.

Відповідно до проведеного аналізу та обґрунтування, проект створення 3D персонажа та анімації з використанням технології Motion Capture може

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 56   |

мати значний потенціал на ринку медіаконтенту. Ефективне використання ресурсів, дослідження ринкових умов та розрахунок фінансових показників допоможуть забезпечити успіх проекту і максимальну прибутковість.

Даний проект можна класифікувати відповідно до наступних критеріїв:

За класом: проект відноситься до інді-проектів, оскільки його розробка виконується дуже обмеженою кількістю фахівців, і його обсяг відносно невеликий.

За типом: проект має організаційно-технічну природу, оскільки він характеризується показниками продуктивності та якості продукту.

За видом: проект є комбінованим, оскільки включає в себе як інноваційні, так і інші елементи.

За тривалістю: проект є короткостроковим, оскільки його реалізація передбачена протягом відносно невеликого періоду.

За складністю: проект має помірний рівень виконання.

За рівнем: проект може відноситися від локального до міжнародного рівня, в залежності від певних факторів.

## 4.2 Обґрунтування ефективності проекту

В контексті відкритої ринкової економіки все більше уваги приділяється оцінці ефективності науково-технічних розробок. Це стимулює розширення переліку основних аспектів оцінки досліджень та розвитку, включаючи такі як:

- [Маркетинговий ефект]: Дипломна робота на тему створення 3D персонажів та анімації з використанням технології Motion Capture може сприяти покращенню моїх можливостей просування на ринку праці. Роботодавці оцінять мої додаткові знання та навички, які стануть цінними для компаній, що працюють у сфері 3D-моделювання та анімації.
- [Соціальний ефект]: Розробка 3D персонажів та анімації з використанням Motion Capture може покращити якість

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 57   |

візуального контенту в різних сферах, включаючи кіно, рекламу та відеоігри. Це сприятиме підвищенню зацікавленості та залученню аудиторії. У рамках проекту передбачено співпрацю з командою професіоналів, які забезпечать створення реалістичних та ефектних персонажів.

- [Екологічний ефект]: Застосування спеціально навчених нейронних мереж та програм для трекінгу рухів тіла може значно знизити потребу у виготовленні спеціальних трекінгових костюмів та пристроїв. Це сприятиме зменшенню кількості відходів та негативного впливу на довкілля. Крім того, ефективніша передача даних такою системою дозволить знизити енергоспоживання та викиди парникових газів.
- [Технічний ефект]: Розробка 3D персонажів та анімації з використанням Motion Capture є справжнім технологічним викликом, що сприяє розвитку нових методик та поліпшенню існуючих підходів. Це відкриває перспективи для створення більш деталізованих та реалістичних візуальних ефектів. Крім того, можливість передачі даних на новому рівні має потенціал для розробки нових додатків та покращення існуючих рішень.

Отже, мій проект щодо створення 3D персонажу та анімації з використанням Motion Capture має великий потенціал у різних аспектах, що охоплюють галузь медіа контенту та ринок цифрової візуалізації. Його результати можуть мати практичне значення та сприяти покращенню візуального контенту та розвитку технологій.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника  $O_{НТЕ}$ , який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня,

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 58   |

значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ}, \quad (1)$$

де  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{НТЕ}$  – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  визначають на основі шкали експертних оцінок.

Таблиця 4.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

| № | Групи показників                     | Характеристика показників  | Інтервал рейтингового числа | Коефіцієнт значущості показників |
|---|--------------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | Анімаційні рухи                      | Реалізація й точність анімаційних рухів                              | 1-10                        | 0,2                              |
| 2 | Моделювання 3D-персонажа             | Якість моделювання 3D-персонажа й його адаптація до різних сценаріїв | 1-10                        | 0,2                              |
| 3 | Реалізація технології Motion Capture | Використання технології Motion Capture та точність захоплення рухів  | 1-10                        | 0,35                             |
| 4 | Загальна оцінка проекту              | Інноваційність проекту   | 1-10                        | 0,15                             |

**Примітка:** предметом оцінки і порівняння є об'єкт та його аналог(и), що аналізуються за допомогою однакових показників. У співставленому форматі наводяться відхилення в значеннях кожного з цих показників для кожного порівнюваного варіанту, при чому об'єкт та його аналог(и) повинні бути ідентичними.

### 4.3 Оцінка науково-технічного рівня розробки

Визначають  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розроблюють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по Таблиці 1.

До числа специфічних показників відносять:

- для нової техніки: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці нового матеріалу, додаткові витрати на екологічну компенсацію;
- для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  у Таблиці 2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 4.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

| ПОКАЗНИКИ                    | Варіанти технології |                         |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                              | розробленої         | співвідносної (аналога) |
| Рівень новізни               | Високий             | Середній                |
| Якість продукції             | Висока              | Середня                 |
| Споживання на 1 т продукції  |                     |                         |
| – тепла, Гкал                | 4Гкал               | 3Гкал                   |
| – електроенергії, кВт·годину | 1Квт                | 0,4Квт                  |

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 60   |

|   |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|
| – води, м <sup>3</sup>                          | 2м <sup>3</sup> | 4м <sup>3</sup> |
| Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну | 50              | 70              |

Продовження таблиці 4.2

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (2)$$

де  $i = 1 \div 4$ ,

$B_i$  – бали (рейтингове число),

$K$  – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (Таблиця 4.3).

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

Таблиця 4.3

| №           | Групи показників                     | Рейтинг експертів |   |   | Середня за експертними оцінками | НТЕ               |
|-------------|--------------------------------------|-------------------|---|---|---------------------------------|-------------------|
|             |                                      | 1                 | 2 | 3 |                                 |                   |
| 1           | Анімаційні рухи                      | 8                 | 7 | 7 | 7,25                            | 1,45 (7,25 x 0,2) |
| 2           | Моделювання 3D-персонажа             | 6                 | 6 | 6 | 6                               | 1,2 (6 x 0,2)     |
| 3           | Реалізація технології Motion Capture | 9                 | 7 | 8 | 8                               | 2,8 (8 x 0,35)    |
| 4           | Загальна оцінка проекту              | 8                 | 7 | 7 | 7,25                            | 1,1 (7,25 x 0,15) |
| В С Ь О Г О |                                      |                   |   |   |                                 | 6,55              |

$$НТЕ = 7,25 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,35 + 7,25 \cdot 0,15 = 1,45 + 1,2 + 2,8 + 1,1 = 6,5$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 61   |

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ( $10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,15$ ).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ( $K_{НТЕ}$ ):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \% \quad (3)$$

На основі даних таблиці 4.3, можна дійти до висновку, що  $K_{НТЕ}$  відповідає 65 %, тобто:

$$\frac{6,5}{10} \times 100 = 65$$

В тому випадку, коли значення  $K_{НТЕ}$  перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

#### 4.4 Розрахунок економічної ефективності проекту

Розрахунок економічної ефективності проекту - це процес визначення потенційного доходу та витрат проекту, а також оцінювання того, наскільки доцільно вкладати гроші у реалізацію проекту.

Для розрахунку економічної ефективності проекту необхідно визначити наступні показники:

- 1) Вартість проекту: це загальна вартість всіх витрат, пов'язаних з реалізацією проекту, включаючи затрати на розробку, впровадження та експлуатацію.
- 2) Прибуток від проекту: це дохід, отриманий від реалізації продукту або послуги, яку реалізовує проект.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

3) Термін окупності: це період, за який витрати на реалізацію проекту повернуться від прибутку.

4) Рентабельність інвестицій (PI): це відношення чистого дисконтованого доходу до вартості інвестицій.

Припустимо, що витрати на проект складають 110000 грн, а очікуваний прибуток становить 170000 грн. Тоді ціна проекту буде розрахована за формулою:

$$\text{Ціна} = \text{Витрати} + \text{Прибуток (30\%-300\%)}$$

Проведемо розрахунок:

$$\text{Ціна} = 110\,000 \text{ грн} + 170\,000 \text{ грн} * 30\% = 161\,000 \text{ грн}$$

Рентабельність проекту можна розрахувати за формулою:

$$R = \text{Прибуток} / \text{Витрати} * 100\%$$

Підставляю свої значення:

$$R = 170\,000 / 161\,000 * 100\%$$

Рентабельність проекту дорівнює  $R = 105\%$

Період окупності проекту можна розрахувати за формулою:

$$T = \frac{1}{R} \times 100$$

Підставляю свої значення:

$$T = \frac{1}{105\%} \times 100$$

Час, за який проект окупиться дорівнює  $T = 0,9$  року або 11 місяці.

Отже, проект візуалізації з витратами 110000 грн та очікуваним прибутком 170000 грн при реалізації за ціною 161 000 грн матиме рентабельність 105% і буде окупатися за 11 місяців.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 63   |

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Загальні умови безпеки праці з комп'ютерною технікою

Умови праці користувачів ПК мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.1998 № 7 (далі — ДСанПіН 3.3.2.007-98), та Правил № 65.

Сьогодні ж у більшості приміщень встановлено нові сучасні комп'ютери з рідкокристалічними моніторами, для яких не прописано гігієнічні вимоги у ДСанПіН 3.3.2.007-98. Водночас вимоги ДСанПіН 3.3.2.007-98 до виробничих приміщень, параметрів виробничого середовища приміщень, організації і обладнання робочих місць, режимів праці та відпочинку є актуальними під час робіт з будь-якими комп'ютерами та моніторами.

Відповідно до пунктів 4.1, 4.2 Правил № 65 ПК під час експлуатації мають відповідати вимогам стандартів, вказаних Правил і пройти державну санітарно-епідеміологічну експертизу згідно з Порядком проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи, затвердженим наказом МОЗ України від 09.10.2000 № 247 (у редакції наказу МОЗ України від 14.03.2006 № 120).

ПК закордонного виробництва мають відповідати вимогам національних стандартів держав-виробників і мати відповідну позначку на корпусі, у паспорті або в іншій експлуатаційній документації.

Зазначені вище нормативні документи – обов'язкові для виконання Вони визначають критерії безпечного використання комп'ютерної техніки та призначені для запобігання несприятливої дії на користувача шкідливих факторів, що супроводжують роботу з візуальними дисплейними терміналами.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Керуючись зазначеними вище нормативними документами можна дійти висновку, що для забезпечення комфортної роботи розробника необхідно звернути увагу на такі основні вимоги:

- стан виробничих приміщень;
- характеристики та стан техніки (ПК, монітори, принтери, наявність заземлення тощо);
- організація робочого місця;
- дотримання режимів праці та відпочинку;
- моніторинг стану здоров'я розробника (стан органів зору, показники захворювань з тимчасовою втратою працездатності, ін.);
- профілактичні заходи.

## **5.2 Врахування факторів, що впливають на працю**

Завдяки постійній автоматизації та оптимізації виробничих процесів у сучасних навчальних закладах, використання комп'ютерної техніки стало невід'ємною частиною навчального процесу. Українське законодавство чітко регулює норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки та охорону праці під час роботи з комп'ютером.

Під час роботи з комп'ютером розробник стикається з різноманітними факторами виробничого середовища та трудового процесу, які впливають на його організм. Наприклад, у робочій зоні програмістів може присутній озон, який виділяється внаслідок інтенсивного використання копіювальної техніки. Вміст озону зазвичай не перевищує допустиму норму.

Додатково, хімічні речовини, які використовуються при ремонті та оздобленні приміщень, можуть бути джерелом хімічних факторів у повітрі робочої зони. Наприклад, полімерні матеріали, такі як підлогові покриття чи матеріали для оздоблення стін, можуть виділяти формальдегід. Рівень формальдегіду у повітрі робочої зони може досягати 0,5 допустимої норми.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 65   |

Забезпечення безпеки під час роботи з комп'ютером та урахування цих хімічних факторів є важливими аспектами для збереження здоров'я розробників та запобігання професійним захворюванням.

### **5.2.1 Шум.**

Нормативним значенням еквівалентного рівня звуку є 50 дБ.

Шум погіршує умови праці здійснюючи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах і т. д. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втома у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово – психічним напруженням, погіршується мовна комутація. Все це знижує працездатність людини і його продуктивність, якість і безпеку праці.

### **5.2.2 Неіонізуюче випромінювання.**

При роботі з комп'ютером зазвичай виникає питання щодо шкідливого впливу електромагнітних полів. Однак, це стосується переважно моніторів з електронно-променевою трубкою, які вже мало використовуються. Сучасні комп'ютери зазвичай оснащені рідкокристалічними моніторами, що практично усуває вплив електромагнітного поля. Проте, електростатичне поле все ще присутнє на поверхні монітора та клавіатури.

Нормативне значення напруженості електростатичного поля становить 150 В/см. Зазвичай, напруженість електростатичного поля на поверхні монітора та клавіатури не перевищує цього нормативного значення.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Рівень напруженості електростатичного поля може залежати від вологості повітря та регулярності прибирання робочого місця (видалення пилу).

Забезпечення безпеки від електростатичного поля, також як і від інших факторів, є важливим аспектом при роботі з комп'ютером.

### **5.2.3 Мікроклімат у приміщенні.**

У теплий період року важливо забезпечити температуру повітря в межах 22-25 °С, швидкість руху повітря до 0,1 м/с та відносну вологість повітря на рівні 40-60%. В холодний період року, температура може коливатися від 21 до 24 °С, швидкість руху повітря залишається до 0,1 м/с, а вологість повітря також повинна бути у межах 40-60%.

У робочій зоні розробників, які працюють у приміщеннях з централізованими системами повітряозабезпечення, влітку та взимку можуть бути відмінні значення відносної вологості повітря на рівні 20-40%, а також знижена або підвищена швидкість руху повітря в робочій зоні.

Температура повітря, яка підвищується через постійне нагрівання компонентів ПК та знижена вологість, часто перевищує нормативні значення протягом року. Температура та вологість повітря мають вплив на загальне самопочуття, стан слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів та шкіри користувачів ПК. Низька вологість сприяє затримці пилу в повітрі приміщення.

Однією з характеристик повітря в робочій зоні розробників є вміст позитивних та негативних іонів. У приміщеннях з розвинутою системою вентиляції та кондиціонерами можуть виникати порушення норм аероіонного складу повітря, з недостатньою кількістю корисних негативно заряджених аероіонів і зайвою концентрацією шкідливих позитивних аероіонів. Тому важливо забезпечувати приплив свіжого повітря до робочого місця.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 67   |

Рекомендується регулярно вологе прибирання приміщення не менше одного разу на день. Також слід протирати поверхні столу серветкою з антистатиком, оскільки позитивні іони мають здатність притягати пил.

У сучасних спорудах з центральною вентиляцією та обмеженими можливостями провітрювання приміщень забезпечення відповідної аероіонізації може бути проблематичним.

Варто зазначити, що серед програмістів спостерігається підвищений рівень захворюваності, що призводить до тимчасової втрати працездатності, особливо ураження органів дихання (45-60%). За медичними даними, серед користувачів ПК поширені захворювання органів ЛОР (до 25%), зокрема хронічні катаральні фарингіти (15,7%) та алергічні риніти (1,3%), що перевищують середні показники по Україні (0,28%).

#### **5.2.4 Робоча поза.**

Для забезпечення комфортної робочої позиції та запобігання негативному впливу на хребтово-м'язову систему необхідно правильно організувати робоче місце. Стіл повинен бути просторим із спеціальною підставкою для ніг, а робочий стілець має мати регульовану висоту, нахил сидіння та спинки.

Під час тривалої роботи за комп'ютером людина сидить у незручному положенні протягом кількох годин. Це може призводити не лише до загальної втоми, але й сприяти розвитку остеохондрозу різних ділянок хребта, зокрема шийного, грудного та попереково-крижового відділів.

Неправильне положення рук під час друкування на клавіатурі може призвести до хронічних захворювань кисті. Тому важливо розташовувати клавіатуру на відстані 10-15 см від краю столу.

Щоб робота за комп'ютером не шкодила здоров'ю, необхідно постійно слідкувати за своєю поставою. Правильна постава розслабляє м'язи і дозволяє працювати тривалий час, зменшуючи втому.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 68   |

### 5.2.5 Напруженість праці.

Очі є основними постраждалими при роботі з комп'ютером, оскільки напруженість роботи пов'язана зі здовженою тривалістю зосередження уваги, яка може становити більше 75% часу.

При роботі за комп'ютером важливо враховувати такі фактори, як відстань до екрана, шрифт, розмір тексту на моніторі, наявність мерехтіння, яскравість екрана, освітлення робочого місця та необхідність перерв у роботі. Ігнорування цих простих на перший погляд аспектів може значно погіршити зір та сприяти розвитку очних захворювань.

### 5.2.6 Вимоги до організації робочого місця

1. при розміщенні декількох робочих місць в одному приміщенні мінімальна площа для одного робочого місця складає 6 м<sup>2</sup>;
2. екран монітора має бути розміщений на оптимальній відстані від очей розробника (60–70 см), але не ближче 50 см;
3. екран має бути розташований для забезпечення комфортного зорового спостереження у вертикальній площині під кутом + 30° до нормальної лінії погляду розробника;
4. під час роботи необхідно робити перерви для розвантаження очей.

### 5.2.7 Режим праці та відпочинку:

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватися правильного режиму праці та відпочинку, щоб уникнути негативних наслідків для здоров'я. Недотримання цього може призводити до незадоволеності роботою, головного болю, роздратування, порушень сну, втоми та болю в очах, спині, шиї та руках у програміста. З метою збереження здоров'я розробника, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності, рекомендується встановлювати регулярні перерви для відпочинку. Наприклад, програмісту

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 69   |

слід робити перерви тривалістю 15 хвилин кожну годину роботи за комп'ютером.

### 5.2.8 Електробезпека

Для забезпечення безпеки під час роботи за комп'ютером важливо враховувати наступні аспекти електробезпеки:

- Заземлені конструкції, що перебувають у приміщенні (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі з заземленим екраном тощо), повинні бути належним чином захищені від випадкового дотику шляхом використання діелектричних щитків або сіток.

- Комп'ютер, його периферійні пристрої та обслуговуюче устаткування, а також електропроводи та кабелі, повинні відповідати вимогам електробезпеки щодо класу зони захисту, захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

- Лінія живлення комп'ютера, його периферійних пристроїв та обслуговуючого устаткування повинна бути окремою трьохпровідною мережею, де фазовий, нульовий робочий та нульовий захисний провідники правильно прокладені. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприймачів, а використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника не допускається.

- Штепсельні з'єднання та електророзетки повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника, а їх конструкція повинна передбачати правильну послідовність приєднання провідників. Роз'єднання повинно відбуватися у зворотному порядку. Також необхідно унеможливити з'єднання фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

- Захисне заземлення є важливим елементом електробезпеки і передбачає електричне з'єднання неструмоведучих металевих частин землі або її еквіваленту. Визначення кількості електродів заземлення, заземлюючих

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

провідників, їх розмірів та схем розміщення в ґрунті повинно відповідати вимогам, щоб опір заземлюючого пристрою та напруга дотику не перевищували допустимих значень при замиканні фази на заземлені частини електроустановок.

Врахування цих основних принципів електробезпеки забезпечить безпечне використання комп'ютера та зменшить ризик потенційних небезпек.

### **Висновок:**

Під час роботи з комп'ютером, дотримання принципів електробезпеки є однією з найважливіших аспектів. Належне розташування та захист електричних проводів, використання правильних заземлення та контроль над електричними з'єднаннями допомагають запобігти потенційно небезпечним ситуаціям. Дотримання правил електробезпеки забезпечує безпечну роботу за комп'ютером, знижує ризик виникнення електричних уражень та допомагає зберегти здоров'я та благополуччя користувача.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 71   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі було створено тривимірну анімацію персонажа в середовищі Blender з використанням технології Motion Capture. Отримані результати демонструють можливості цього візуального продукту, які можуть бути впроваджені в інші проекти, включаючи ігри.

Дана робота показує, як ефективно застосування різноманітних технологій і програмних засобів допомагає в досягненні якісних результатів в тривимірній анімації та візуалізації.

У процесі роботи було виконано такі етапи:

- Дослідження і вивчення сучасних методів і технологій 3D-моделювання, ріггінгу та анімації.
- Створення базової моделі персонажа з використанням скульптингу та моделювання.
- Анімація персонажа з використанням різних контролерів і ключових кадрів для створення живих і реалістичних рухів.
- Дослідження та застосування трекінгу та ретаргетінгу рухів за допомогою системи Roko для більш точної та реалістичної анімації.

Подальший розвиток продукту може охоплювати такі перспективи, як ретаргетинг моделі з метою оптимізації, розширення бібліотеки анімацій, інтеграція з іншими програмами і проектами, дослідження нових технологій і трендів в індустрії візуалізації.

З економічного погляду, дана розробка виявляється актуальною на ринку, оскільки її впровадження є економічно вигідним рішенням.

У розділі, присвяченому охороні праці, даної дипломної роботи були встановлені стандарти для організації робочого місця користувача.

Притримання норм безпеки та рекомендацій щодо робочих умов є необхідною умовою для забезпечення ефективності роботи та збереження здоров'я.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 72   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр» денної і заочної форм навчання. Укладачі Басюркіна Н.Й., Свистун Т.В. Одеса: ОНТУ, 2022 р. 18 с.
2. Луна, Френк Д. Основи програмування 3D-ігор з використанням *DirectX 11*. - Натік: *Mercury Learning and Information*, 2012. - 400 с.
3. Хесс, Роланд. Основи роботи з *Blender*: Навчальний посібник з оволодіння *Blender 2.8*. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2019. - 320 с.
4. Мулен, Тоні. Володар *Blender*: Повне оволодіння програмою. - Індіанаполіс: *Sybex*, 2011. - 480 с.
5. Вільяр, Олівер. Створення персонажів в *Blender*: Моделювання та анімація. - Сан-Франциско: *Peachpit Press*, 2011. - 240 с.
6. Сомма, Віккі. Друк 3D-моделей в *Blender* на прикладах. - Бірмінгем: *Packt Publishing*, 2013. - 200 с.
7. Сігал, Стів. Довідник аніматора. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2015. - 320 с.
8. Робертс, Стів. Основи анімації персонажів: Розвиток навичок для анімації персонажів у 2D та 3D. - Оксфорд: *Focal Press*, 2011. - 240 с.
9. Хесс, Роланд. Анімація в *Blender*: Створення короткометражних анімаційних фільмів від початку до кінця. - Амстердам: *Focal Press*, 2014. - 400 с.
10. Мараффі, Кріс. Створення персонажів в *Maya*: Моделювання та анімація. - Індіанаполіс: *Sybex*, 2008. - 400 с.
11. Грассетті, Рафаель. Скульптура персонажів в *ZBrush*. Том 1. - Лос-Анджелес: *3DTotal Publishing*, 2018. - 256 с.
12. Паламар, Тодд. Навчання *Autodesk Maya 2019*: Посібник з моделювання та анімації. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2018. - 416 с.
13. Паламар, Тодд. Володіння *Autodesk Maya 2018*. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2017. - 624 с.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 73   |

14. Келлер, Ерік. Знайомство з *ZBrush*. - Берклі: *Sybex*, 2012. - 368 с.
15. Зероуні, Крейг. *Houdini* на пальцях: Поради та техніки для продвинутих користувачів. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2019. - 352 с.
16. Магі, Роберт. *Houdini 18.5: Основи*. - Сан-Франциско: *Side Effects Software*, 2020. - 480 с.
17. Пауерс, Енн. Проектний довідник художника з *Cinema 4D*. - Берклі: *Peachpit Press*, 2017. - 352 с.
18. Тіку, Шам, проф. *Cinema 4D R21* в деталях: Посібник з моделювання, текстурування, освітлення, рендерингу та анімації. - Лондон: *CADCIM Technologies*, 2020. - 752 с.
19. Тіку, Шам, проф. *3ds Max 2022: Всебічний посібник*. - Лондон: *CADCIM Technologies*, 2021. - 1064 с.
20. О'Хейлі, Тіна. Ріггінг анімації в *Maya*: Концепції. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2013. - 400 с.
21. Брукер, Даррен. Основи освітлення в комп'ютерній графіці з використанням *3ds Max*. - Оксфорд: *Focal Press*, 2009. - 256 с.
22. Даніель, Тодд. Техніки текстурування з використанням *3ds Max 2017: Найкращий посібник для початківців*. - Берклі: *Packt Publishing*, 2016. - 394 с.
23. Паламар, Тодд. Володіння *Autodesk Maya 2022: Повний посібник з 3D-анімації та моделювання*. - Берлінгтон: *Focal Press*, 2021. - 736 с.
24. Спенсер, Скотт. Створення персонажів у *ZBrush*: Продвинуте цифрове скульптування. - Берклі: *Sybex*, 2013. - 368 с.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.КІ.1.440-03.3.3 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 74   |