

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Створення 3D-моделі аніме-персонажа "Атаназ" засобами Blender.

Виконала: студентка IV курсу, групи СН-42

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Мельничук О. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Шимчук Г. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г. В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2024

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» червня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Мельничук Олександрі Сергіївни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Створення 3D-моделі аніме-персонажа "Атаназ" засобами Blender.

Керівник роботи Шимчук Григорій Валерійович, старший викладач кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» квітня 2024 року № 4/7-470

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Літературні та інтернет джерела.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз інструментів для створення 3D-моделей та вибір середовища.

1.1 Огляд популярного ПЗ для 3D-моделювання. 1.1.1 Blender. 1.1.2 Autodesk Maya.

1.1.3 ZBrush. 1.2 Порівняння ПЗ для 3D-моделювання. 1.3 Вибір середовища для створення

моделі. 1.4 Висновок до першого розділу. 2. Проектування персонажа "Атаназ". 2.1 Вибір

стилю. 2.2 Розробка дизайну персонажа. 2.3 План створення 3D-моделі. 2.4 Висновок до

другого розділу. 3. Створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ». 3.1 Створення базової

моделі. 3.2 Накладання текстур. 3.3 Ригінг персонажа. 3.4 Висновок до третього розділу.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. 4.1 Психологічні чинники небезпеки.

4.2 Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.

4.3 Висновок до четвертого розділу. Висновки. Перелік джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Титульна сторінка. 2. Мета, об'єкт та предмет дослідження. 3. Актуальність обраної

теми. 4. Порівняння середовищ розробки 3D-моделей. 5. Створення базової моделі тіла.

6. Додавання одягу та аксесуарів. 7. Ретопологія. 8. UV-розгортка. 9. Малювання текстур.

10. Шейдинг. 11. Ригінг. 12. Висновки.



## АНОТАЦІЯ

Створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ» засобами Blender // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Мельничук Олександра Сергіївна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-42 // Тернопіль, 2024 // С. – 66, рис. – 26, табл. – 3, слайди – 12, додат. – 1, бібліогр. – 55.

**Ключові слова:** 3D-модель, аніме, Blender, ханьфу, UV-розгортка, текстури, шейдер, рендер.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню тривимірної моделі аніме-персонажа «Атаназ» з використанням Blender. В першому розділі кваліфікаційної роботи описано аналіз інструментів для створення 3D-моделей та вибір середовища. Висвітлено порівняльну таблицю обраних програм на основі розглянутої інформації, та окремо їх основних рендерів. Розглянуто інтерфейси, можливості, недоліки, переваги та особливості трьох найпопулярніших програм, які підходять для виконання поставленого завдання, а саме розробки персонажа аніме-стилю, серед яких Maya, ZBrush та Blender. Проаналізовано статистичні дані щодо популярності ПЗ для 3D-моделювання за останні роки.

В другому розділі кваліфікаційної роботи зроблене проектування персонажа. Досліджено сучасні 3D-моделі чоловіків аніме-стилю різних ігор від провідних компаній, обрано найкращий напрям та підхід. Розроблено дизайн персонажа, проаналізовано можливі варіанти одягу, знайдено референси. Сформовано поетапний план створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ» з урахуванням нюансів, рекомендаціями та попередженнями.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано поетапний процес створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ». В результаті розроблено кінцевий варіант моделі згідно концепту, з оптимізованою топологією, готовими текстурами, налаштованими шейдерами та удосконаленим ригінгом.

## ANNOTATION

Creation of a 3D Model of the Anime Character «Athanz» Using Blender // Qualification work of the educational level «Bachelor» // Melnychuk Oleksandra Serhiivna // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-42 // Ternopil, 2024 // P. – 66, fig. – 26, tabl. – 3, chair. – 0, annexes. – 1, references – 55.

**Keywords:** 3D model, anime, Blender, hanfu, UV-mapping, textures, shader, render.

The qualification work is dedicated to creating a three-dimensional model of the anime character «Atanz» using Blender. The first section of the thesis provides an analysis of tools for creating 3D models and the selection of an appropriate environment. It presents a comparative table of the chosen software based on the reviewed information and highlights their main render engines separately. The interfaces, capabilities, disadvantages, advantages, and features of the three most popular programs suitable for developing an anime-style character – Maya, ZBrush, and Blender – are examined. Statistical data on the popularity of 3D modeling software in recent years is also analyzed.

The second section of the thesis focuses on the design of the character. It examines contemporary 3D models of male anime-style characters from various leading game companies and selects the best direction and approach. The character design is developed, possible clothing options are analyzed, and references are found. A plan for creating the 3D model of the anime character «Atanz» is formulated too.

The third section of the thesis describes the step-by-step process of creating the 3D model of the anime character «Atanz». The result is a final version of the model according to the concept, with optimized topology, completed textures, configured shaders, and improved rigging.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

3D (three dimensional) – тривимірний простір.

UV-розгортання (UV Mapping) – це процес розгортання 3D-моделі на двовимірну площину для подальшого накладання текстур.

Аддон (Addon) – доповнення до основної програми.

Арт (Art) – цифровий малюнок.

Блокінг (Blocking) – це етап створення грубих форм і контурів моделі на початковій стадії моделювання.

Вертекс (Vertex) – це базовий елемент 3D-моделі, що являє собою точку в просторі з певними координатами.

ОС – операційна система.

Полігон (Polygon) – це багатокутник, що складається з вершин та ребер, використовується для створення поверхонь в 3D-моделях.

ПЗ – програмне забезпечення.

Ретопологія (Retopology) – це процес перетворення поверхні 3D-моделі для створення більш оптимальної та керованої топології.

Рігінг (Rigging) – це процес створення скелетної структури 3D-моделі для подальшої анімації.

Рендер (Render) – це процес генерації зображення або анімації з 3D-моделі за допомогою комп'ютерної програми.

Скінінг (Skinning) – це процес прив'язки 3D-моделі до скелету (рігінгу) для подальшої анімації.

Скульптинг (Sculpting) – це процес моделювання, що нагадує традиційне скульптування, де деталі додаються за допомогою цифрових інструментів.

Текстурування (Texturing) – це процес нанесення зображень або текстур на поверхню 3D-моделі для додання їй деталей та кольорів.

Шейдер (Shader) – це комп'ютерна програма, яка визначає, як поверхня 3D-моделі буде виглядати при рендерингу, включаючи світло, тіні, та інші ефекти.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП .....   | 3  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ<br>ТА ВИБІР СЕРЕДОВИЩА.....          | 10 |
| 1.1 Огляд популярного ПЗ для 3D-моделювання .....   | 10 |
| 1.1.1 Blender .....   | 11 |
| 1.1.2 Autodesk Maya .....   | 13 |
| 1.1.3 ZBrush.....   | 14 |
| 1.2 Порівняння ПЗ для 3D-моделювання.....   | 17 |
| 1.3 Вибір середовища для створення моделі.....  | 20 |
| 1.4 Висновок до першого розділу .....   | 22 |
| РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСОНАЖА «АТАНАЗ».....  | 23 |
| 2.1 Вибір стилю.....  | 23 |
| 2.2 Розробка дизайну персонажа .....  | 27 |
| 2.3 План створення 3D-моделі .....  | 31 |
| 2.4 Висновок до другого розділу .....   | 39 |
| РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ АНІМЕ-ПЕРСОНАЖА «АТАНАЗ» .                                    | 40 |
| 3.1 Створення базової моделі.....   | 40 |
| 3.2 Накладання текстур.....   | 48 |
| 3.3 Ригінг персонажа .....  | 50 |
| 3.4 Висновок до третього розділу .....  | 52 |
| РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ                                     | 53 |
| 4.1 Психологічні чинники небезпеки .....  | 53 |
| 4.2 Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення<br>продуктивності виробництва..... | 56 |
| 4.3 Висновок до четвертого розділу .....  | 58 |
| ВИСНОВКИ.....   | 10 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....  | 10 |
| ДОДАТКИ   |    |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Внаслідок розвитку технологій тривимірна графіка продовжує набирати популярність та стає все більш актуальною. Фахівці знаходять нові способи застосування 3D-моделей, від медицини та промисловості до архітектури та 3D-друку.

Очікується, що розмір ринку 3D у всіх регіонах зросте з 6,77 мільярда доларів США у 2024 році до 22,19 мільярда доларів США до 2032 року, при середньорічному темпі зростання 16%. Прогнозується, що такий прогрес буде досягнуто завдяки зростаючому використанню 3D-картографування та моделювання, які допомагають виявити проблеми в проектах перед будівництвом, тим самим заощаджуючи час та гроші. Ринок також буде стимулюватися зростаючим впровадженням цих технологій в країнах з економікою, що розвивається, і їх застосуванням в охороні здоров'я для кращого розуміння людського тіла. Програмне забезпечення для 3D-картографування та моделювання зазнало зростання інтересу споживачів під час пандемії COVID-19. Такі галузі, як електронна комерція, логістика, онлайн-освіта, доставка їжі, охорона здоров'я тощо, зазнали помітного зростання, оскільки вони використовували рішення для 3D-картографування та 3D-моделювання для покращення своїх програм, орієнтованих на клієнтів [1].

Сучасна індустрія розваг, включаючи відеоігри, анімаційні фільми, V-туберів та віртуальну реальність, активно використовує тривимірні моделі для створення візуально захопливих чи реалістичних персонажів. В останні роки значно зросла популярність аніме-культури, що зумовлює високий попит на 3D-моделі персонажів даного стилю, адже вони придатні не лише для відеоігор, а також використовуються для допомоги в анімації чи малюванні манги. В Китаї останні роки почали використовувати 3D-моделі для створення дунхуа – китайської анімації.

Аніме посідає 3-тє місце за популярністю піджанром у всьому світі після кримінальної драми та комедії, з часткою попиту 5,5%. У 2021 році аніме захопило значний сегмент світової аудиторії: 36%. Незмінну популярність аніме можна пояснити його різноманітним діапазоном жанрів, захоплюючою



розповіддю та візуально приголомшливою анімацією. Оскільки аніме продовжує залучати відданих і захоплених шанувальників у всьому світі, його вплив на популярну культуру та розваги залишатиметься значним у найближчі роки. Очікується, що до 2030 року ринок аніме зросте до 50,22 мільярда доларів США із середньорічним темпом зростання 8,51% [2].

У списку Global Unicorn, оприлюдненому науково-дослідницьким інститутом Хурун, детально описано найбагатші приватні компанії 2024 року. Рейтинг враховує лише ті, що засновані у 2000-х роках і не зареєстровані на публічній біржі. В ньому підприємство MiHoYo, яке спеціалізується виключно на іграх аніме-стилю (серед яких найпопулярнішими є Genshin Impact та Honkai: Star Rail), можна побачити на 12-му місці між Telegram (\$30 млрд) та Citadel Securities (\$22 млрд) вартістю \$23 млрд. За рік HoYoverse піднялися на 91 позицію, коли їх ринкова вартість становила \$7,2 млрд. Варто зауважити, що це перша в даному списку компанія індустрії геймінгу. Наступною є Niantic, яка посідає далеке 67 місце [3]. І навіть її найпопулярніша гра, Pokemon Go, має аніме стиль та використовує 3D-моделі в доповненій реальності.

Загалом увесь дохід ігр жанру гача, які в більшості використовують 3D-моделі аніме-стилю, за травень 2024 року становить \$642 млн. Серед них можна виділити Love and Deepspace, яка спеціалізується виключно на чоловічих 3D-моделях персонажів та займає 5-те місце на ринку гача-ігр з доходом \$30 млн. на місяць; а також Wuthering Waves, яка всього за тиждень після свого нещодавнього релізу заробила \$26.8 млн, а також посіла перше місце за кількістю завантажень у топ-чартах більш ніж у 100 регіонах [4].

Підсумовуючи все вищеописане, можна сказати, що створення тривимірної моделі аніме-персонажа є актуальним напрямком сучасних досліджень в галузі 3D-моделювання.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ». Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

– проаналізувати ПЗ для створення тривимірних моделей, ознайомитися з їх можливостями та функціоналом;

- дослідити особливості існуючих методів створення аніме-персонажів;
- розробити покрокову методологію створення 3D-моделі;
- створити 3D-модель аніме-персонажа «Атаназ»;
- оцінити можливості практичного використання одержаних результатів.

Об'єктом дослідження є процес створення 3D-моделі аніме-персонажа засобами Blender. Предметом дослідження є методи і техніки моделювання, скульптингу, текстурування, ригінгу та рендерингу 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ».

У ході дослідження використовувалися наступні методи: аналіз літературних джерел та існуючих методик, експериментальне моделювання, порівняння і аналіз результатів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Створена в ході виконання даної кваліфікаційної роботи 3D-модель може бути використана в різних галузях, зокрема в ігровій індустрії, анімації, віртуальній реальності, а також для значного спрощення процесу малювання даного персонажа. Розроблена методологія та досвід створення тривимірної моделі може стати основою для подальших досліджень та розробок у сфері 3D-моделювання.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ТА ВИБІР СЕРЕДОВИЩА**

Сучасне 3D-моделювання є важливою складовою різних галузей, таких як кіноіндустрія, мультиплікація, відеоігри, архітектура, віртуальна реальність, сфера V-туберів, коміксів, фігурок та багато інших. Завдяки швидкому розвитку технологій, кількість програмного забезпечення для 3D-моделювання постійно зростає, пропонуючи все більше можливостей для користувачів. Основними критеріями при виборі програмного забезпечення є функціональність, зручність користування, доступність, підтримка спільноти користувачів, а також вартість.

Нині існує декілька основних програм для 3D-моделювання, кожна з яких має свої унікальні можливості та особливості. Серед найпопулярніших можна виділити такі програми як Blender, Maya та ZBrush. Вони активно використовуються професіоналами в різних галузях і мають свої сильні сторони, які роблять їх відмінними інструментами для створення високоякісних 3D-моделей.

### **1.1 Огляд популярного ПЗ для 3D-моделювання**

Blender є одним з найпопулярніших інструментів для створення 3D-графіки завдяки своїй доступності (безкоштовний) та потужним можливостям. За даними Blender Foundation за 2022 рік, кількість завантажень Blender перевищує 17 мільйонів на рік та постійно зростає [5], що свідчить про його значну популярність серед користувачів. Blender використовується не лише незалежними художниками та студентами, але й професійними студіями та компаніями. Наприклад, такі відомі компанії як Ubisoft, Epic Games та Microsoft використовують Blender у своїх виробничих процесах [6]. Blender має широку аудиторію по всьому світу, особливо популярний в таких країнах, як Німеччина, США, Великобританія, Бразилія та Індія [7].

Maya є одним з найвідоміших та найпоширеніших програмних засобів для 3D-анімації та моделювання, особливо у професійних студіях. За даними Autodesk, кількість компаній Maya перевищує 4.7 тисячі по всьому світу [8]. Maya широко використовується у великих анімаційних та кінематографічних студіях, таких як Pixar [9], DreamWorks та Industrial Light & Magic [10]. Ці компанії використовують Maya для створення складних 3D-анімацій та спецефектів. Найбільший інтерес до Maya спостерігається в США, Індії, Канаді, Великобританії, Японії та Південній Кореї. [11].

ZBrush є провідним інструментом для цифрового скульптингу та детального моделювання. За даними Enlyft, кількість компаній ZBrush становить близько 6.8 тисяч [12]. ZBrush використовується професійними художниками та студіями для створення високодеталізованих моделей та скульптур. Він широко застосовується в індустрії відеоігор, анімації та кінематографії. Відомі компанії, такі як Blizzard Entertainment [13], Electronic Arts [14] та Weta Digital [15], використовують ZBrush у своїх виробничих процесах. ZBrush має широку аудиторію по всьому світу, особливо популярний у США, Канаді, Великобританії, Індії, Франції, Іспанії та Німеччині [16].

Окрім вищезгаданих програм ринок 3D-моделювання займає багато інших, наприклад Altium Designer чи Marvelous Designer [17]. Проте вони зовсім не підходять для обраної галузі. Семмі Екран зовсім не розглядає іншого ПЗ для створення персонажа окрім Blender, Maya та ZBrush [18]. Отже, подальший вибір та огляд буде стосуватись лише цих трьох засобів.

### **1.1.1 Blender**

Blender – це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом, яке використовується для створення 3D-моделей, анімацій, текстур та рендерингу. Blender відзначається своєю універсальністю та потужністю, пропонуючи велику кількість інструментів для моделювання, скульптингу, UV-розгортки, ригінгу, анімації (шляхом створення арматури), рендерингу та постобробки.

З усіма етапами створення тривимірних моделей Blender показує себе дуже добре, проте не відмінно, і може поступатися конкурентам чи вузькоспеціалізованому ПЗ, особливо в текстуруванні, що можна назвати єдиним мінусом. Для цього відчувається нестача функціоналу, схожого до звичайних 2D редакторів для малювання по UV-розгортці, проте ситуацію можуть дещо виправити аддони, і навіть на моделі це робити досить зручно, однак бажано мати в наявності графічний планшет.

Якщо говорити про плюси, то однією з найважливіших переваг Blender є його безкоштовність та відкритий код, що робить його доступним для широкої аудиторії. Дві інші популярні програми платні. Проте, є можливість отримати безкоштовну пробну версію.

Blender має інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс, який дозволяє користувачам підлаштовувати його під свої потреби. Це включає можливість створення власних швидких клавіш та «обраних» функцій, забезпечуючи цим доступність навіть для новачків. На рисунку 1.1 показано інтерфейс Blender версії 4.1.1, що ілюструє його зручність та багатofункціональність.

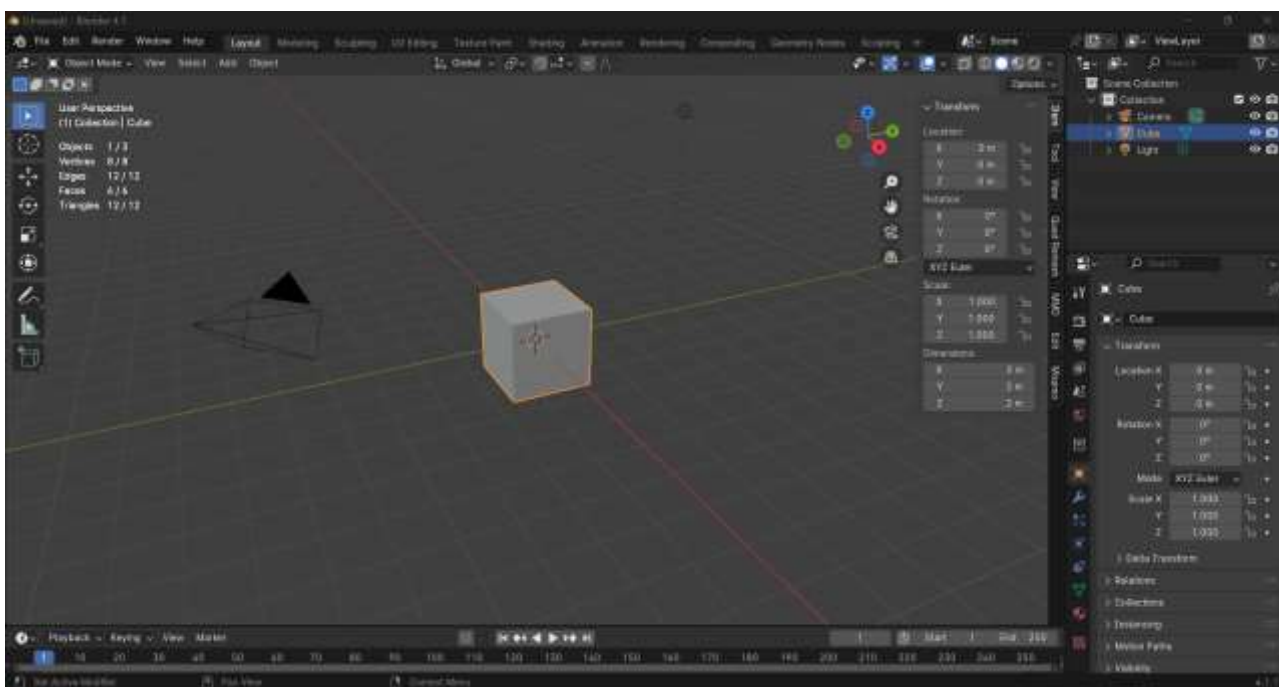


Рисунок 1.1 – Інтерфейс Blender

Свою неймовірну популярність він також здобув через універсальність, адже можна в одній програмі зробити абсолютно весь процес створення моделі. Значна кількість навчальних матеріалів, включаючи офіційні посібники, уроки на YouTube та активну спільноту користувачів, допомагають швидко освоїти програму.

Blender має вбудований рендер Cycles, який дозволяє створювати реалістичні зображення, а також підтримує Eevee, який дозволяє швидко отримувати результати під час роботи.

Окрім того завдяки ком'юніті Blender постійно оновлюється та доповнюється новими функціями і можливостями шляхом створення різноманітних аддонів, які значно спрощують роботу та яким часто важко знайти альтернативу. Також дане ПЗ підтримує велику кількість форматів файлів, що дозволяє легко імпортувати та експортувати проекти. Це робить його універсальним інструментом для різних етапів роботи.

### **1.1.2 Autodesk Maya**

Maya – це професійний інструмент для 3D-моделювання та анімації, розроблений компанією Autodesk. Часто використовується для професійної важкої 3D-графіки та активно використовується в 3D-індустрії. Завдяки різноманітному набору інструментів моделювання, анімації та рендерингу це програмне забезпечення забезпечує реалістичність і плавність.

Разом із візуальним програмуванням Vifrost, Maya є одним із найкращих варіантів програмного забезпечення для 3D-моделювання для готового моделювання волосся, частин тіла і тканини, що значно полегшує процес анімації. Крім цього, її універсальність вже є частиною пакету, як і в Blender.

Це програмне забезпечення дозволяє створювати великі та реалістичні 3D-світи, а також формувати 3D-об'єкти та сцени за допомогою інструментів моделювання. Незважаючи на те, що Maya дорога, вона чудово підходить для стандартних відео та анімаційних фільмів. А з огляду на широкий спектр функцій, може стати одним із найкращих варіантів для 3D-дизайну. Дане ПЗ

навіть використовувалося в моделюванні та рендерингу 3D VFX у великих голлівудських фільмах [19]. Maya пропонує кілька рендерних двигунів, включаючи Arnold, який є її основним рендером, а також підтримку сторонніх рендерів, таких як V-Ray та Redshift. Спробувати програму можна безкоштовно, але лише на місяць. На рисунку 1.2 можна побачити інтерфейс Maya з офіційної сторінки продукту, що демонструє його професійні можливості [20].



Рисунок 1.2 – Інтерфейс Maya

Окрім ціни, до мінусів даного ПЗ можна віднести те, що в міру своєї функціональній наповненості може виходити з ладу через велике робоче навантаження, а також має вищі системні вимоги до техніки. Відносно загального обсягу пам'яті ПК її вага не значна, проте в порівнянні з іншими двома програмами – в декілька разів більша.

### 1.1.3 ZBrush

ZBrush – це програма, яка спеціалізується на цифровій скульптурі та створенні високодеталізованих моделей. Вона дозволяє художникам створювати складні деталі та текстури, які важко досягти іншими методами

моделювання. ZBrush використовується в багатьох галузях, включаючи кіно, відеоігри та мистецтво, завдяки своїм унікальним можливостям для створення органічних форм і складних деталей. Програма підтримує високу роздільну здатність моделей і дозволяє працювати з мільйонами полігонів. ZBrush є популярним вибором серед художників, які бажають надрукувати на 3D-принтері іграшки та фігурки за допомогою інструментів, спеціально призначених для 3D-друку.

З однозначних плюсів, ZBrush – це найкраща програма для ліплення та 3D-моделювання для створення органічних форм, і з останніми оновленнями вона також добре працює з більш твердими об'єктами з твердою поверхнею.

Функціональність ZBrush не обмежується лише ліпленням та моделюванням, оскільки його також можна використовувати для створення текстур та UV-розгортки. Таким чином, для 3D-художників це означає, що реалістичні текстури і навіть тканини можуть бути відтворені, щоб додати більше гіперреалізму звичайним 3D-моделям і скульптурам.

Також програма має значну кількість як вбудованих пензлів, так і створених іншими користувачами, часто альтернативи яким немає, наприклад кісточка, яка малює одразу готове волосся для аніме-персонажа або регулює фізику одягу в тому ж стилі.

До мінусів ж можна віднести інтерфейс, він має доволі застарілий вигляд, та важкий в освоєнні, особливо для тих, хто ніколи не займався цифровим малюванням. Програма також потребує в значній мірі наявність графічного планшета. При цьому ціна хоч і не така висока як в попередньому ПЗ, але все ще не дешева. Найгірше те, що по суті програма не повноцінна, адже, на відміну від попередніх розглянутих варіантів, в ZBrush не зробиш ні анімації, ні хорошого рендеру, ні низькополігональної моделі так ж легко, як в конкурентів [21]. Дане ПЗ можна назвати вузькоспеціалізованим. Навіть на офіційному сайті при покупці ZBrush розробники пропонують придбати додаткові пакети для анімацій, рендеру, спеціалізовані розширені інструменти тощо. ZBrush має свій власний базовий рендер під назвою «ZBrush BPR», але зазвичай моделі, створені в ZBrush, експортуються в інші програми для



фінального рендерингу. Спробувати програму можна безкоштовно, але лише на 2 тижні.

Не зважаючи на всі мінуси, ZBrush встановив галузевий стандарт для цифрового скульптингу та малювання. Його функції дозволяють використовувати настроювані пензлі для моделювання, текстурювання та фарбування віртуальної глини в режимі реального часу, що забезпечує миттєвий якісний відгук від програми. Розробники даного ПЗ навіть отримали премію «Оскар» за технологію, яка забезпечує роботу ZBrush. На рисунку 1.3 показано інтерфейс ZBrush, взятий з офіційної сторінки, що ілюструє його спеціалізацію на цифровій скульптурі [22].

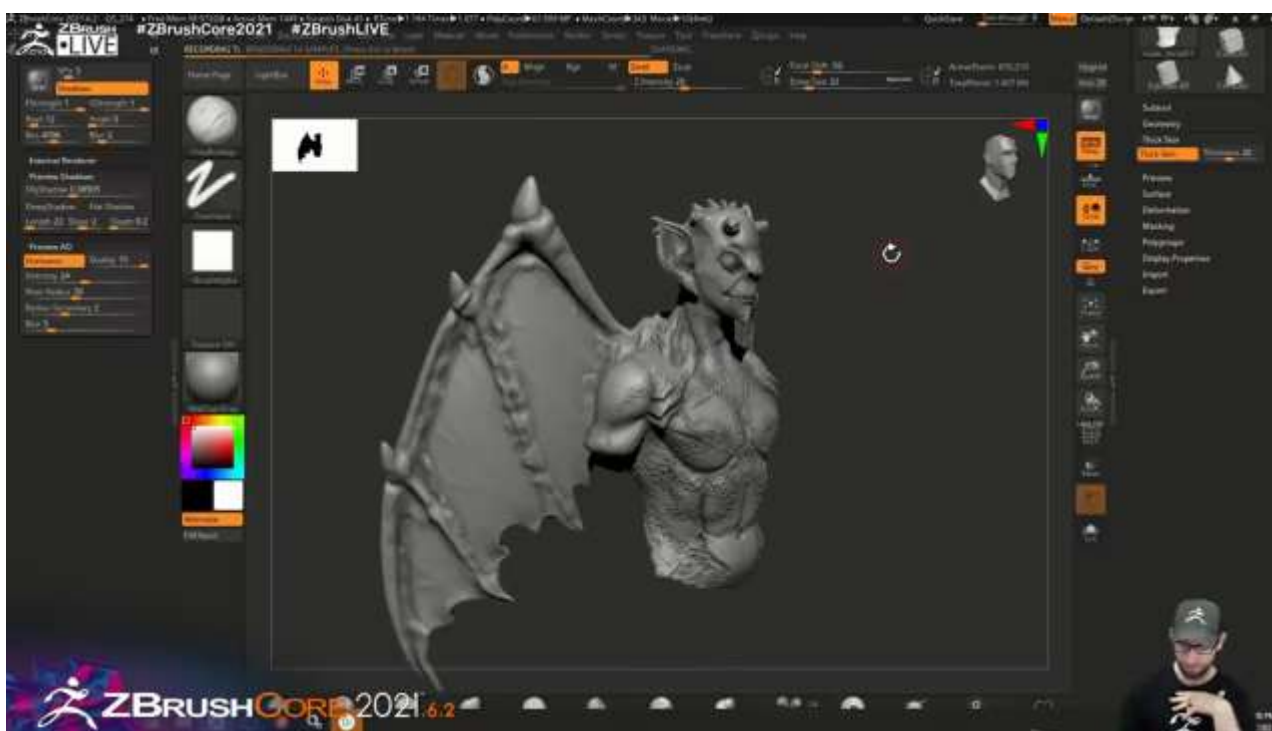


Рисунок 1.3 – Інтерфейс ZBrush

Кожна з розглянутих програм має свої унікальні можливості та переваги для тривимірного моделювання. У подальших параграфах буде детально розглянуто порівняння функціональних можливостей цих програм, обґрунтовано вибір Blender як основного середовища для створення 3D-моделі "Атаназ" та зроблено висновки.

## 1.2 Порівняння ПЗ для 3D-моделювання

У цьому підрозділі буде детально розглянуто такі програми як Blender, Maya та ZBrush; а також проведено об'єктивне порівняння їх за основними критеріями: інтерфейс та зручність користування, моделювання та скульптинг, UV-розгортання та текстурування, ригінг та анімація, рендеринг та постобробка.

Blender серед трьох є найзрозумілішим та найлегшим, відзначається своїм інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, який можна налаштувати під потреби користувача. Інтерфейс Blender включає численні панелі та вікна, що дозволяє легко організувати робочий процес, з можливістю їх приховати за потреби. Maya, навпаки, має складніший інтерфейс, що вимагає більше часу для освоєння, проте надає потужні інструменти для професійної роботи. ZBrush має унікальний інтерфейс в пору до свого новаторського підходу скульптинга, який спочатку може здатися складним, але є дуже ефективним та знайомим досвідченим цифровим художникам.

Blender пропонує широкий спектр інструментів для полігонального моделювання та скульптинга. Його можливості дозволяють створювати високодеталізовані моделі, що робить його універсальним інструментом для різних типів робіт, від мультиплікаційної та аніме стилістики до реалістичної. Maya є потужним інструментом для полігонального та NURBS-моделювання, надаючи розширені можливості для створення складних моделей. ZBrush відзначається своїми унікальними можливостями для цифрової скульптури, що дозволяє створювати надзвичайно детальні та реалістичні моделі, і в цьому жоден з конкурентів з ним не зрівняється. Дане ПЗ здатне працювати з моделями, що мають дуже високу роздільну здатність, більше за 40 мільйонів полігонів [23].

Blender містить достатньо інструментів для UV-розгортання та текстурування, що дозволяють створювати детальні текстури для моделей різних стилів. В останньому він дещо поступається конкурентам, оскільки незручно реалізовано текстурування на самій UV-розгортці; відчувається

нестача інструментів та функціоналу аналогічному ПЗ для малювання, але ситуацію можуть дещо виправити аддони. Maya пропонує потужні інструменти для UV-розгортання та текстурювання, що дозволяють створювати високоякісні текстури для складних моделей. ZBrush виділяється на фоні конкурентів, пропонуючи унікальні інструменти для створення текстур безпосередньо під час скульптингу, що дозволяє досягати високого рівня деталізації, загалом є найзручнішим та найпростішим серед існуючих. Через це він дуже популярний, наприклад, для створення аніме-фігурок.

Blender має всі необхідні інструменти для створення анімацій та ригінгу, має значну кількість різноманітних аддонів, що робить його потужним інструментом для створення анімаційних проектів.

Maya є провідним середовищем для анімації та ригінгу в індустрії кіно та відеоігор, пропонуючи найсучасніші інструменти для створення реалістичних анімацій.

ZBrush, хоча і не спеціалізується на анімації, може використовуватися для створення початкових форм і деталей моделей, які потім анімуються в інших програмах.

В таблиці 1.1 підсумовано все вищеописане та додатково наведено структуроване порівняння основних функціональних можливостей розглянутих програм за 5-тибальною шкалою, де:

- 5 балів показують значну перевагу над конкурентами.
- 4 бали демонструють незначну перевагу над конкурентами.
- 3 бали означають відсутність переваги.
- 2 бали вказують на ситуацію значно гіршу за конкурентів та золотий стандарт.
- 1 бал – передає повну відсутність реалізації певного функціоналу.

Також до критеріїв буде додано рендери, які використовує програмне забезпечення, ОС, які воно підтримує, максимальну кількість можливих полігонів для комфортної роботи, рівень підтримки спільноти, мінімальні системні вимоги та конкретну ціну (за місяць). Під конкурентами мається на увазі увесь ринок програм даної галузі.

Таблиця 1.1 – Порівняння функціональності ПЗ для 3D-моделювання

| <b>Критерій</b>     | <b>Blender</b>                                | <b>Maya</b>                  | <b>ZBrush</b>                       |
|---------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|
| Інтерфейс           | 5   | 2                            | 3                                   |
| Моделювання         | 4   | 4                            | 3                                   |
| Скульптинг          | 4   | 4                            | 5                                   |
| Текстурування       | 3   | 4                            | 5                                   |
| UV-розгортка        | 4   | 5                            | 4                                   |
| Анімація            | 4   | 5                            | 1                                   |
| Ригінг              | 4   | 5                            | 1                                   |
| Рендеринг           | 4   | 5                            | 2                                   |
| Сума                | 32  | 34                           | 24                                  |
| Полігони            | 6 млн.  | 2 млн.                       | 60 млн.                             |
| Підтримка спільноти | Величезна, різноманіття безкоштовних ресурсів | Достатня, професійні ресурси | Достатня, зосереджена на художниках |
| ОС                  | Windows, macOS, Linux                         | Windows, macOS, Linux        | Windows, macOS                      |
| Рендери             | Cycles, Eevee                                 | Arnold, V-Ray, Redshift      | BPR                                 |
| Напрявлення         | Універсальність                               | Професійність                | Скульптинг                          |
| Ціна                | Безкоштовний                                  | Від 235\$                    | Від 32.69€                          |

Через всі вищеописані особливості та нюанси неодноразово помічено, що частою є практика використовувати декілька середовищ для створення тривимірної моделі. Наприклад, зробити скульптинг голови в ZBrush, завершити моделювання тіла та зробити ретопологію в Blender, а потім продовжити текстурування в ZBrush, після чого повернутися в Blender для ригінга та анімації. Кожна з програм має свої унікальні особливості та переваги, вибір залежить від конкретних завдань та вимог проекту, а також бюджету.

Окремо також варто оглянути основні рендери, що надають дані програми. Всі вони мають тип алгоритму path tracer – це прогресивний режим

рендерингу з апаратним прискоренням, який пом'якшує недоліки об'єктів у реальному часі за допомогою фізично правильного та безкомпромісного глобального освітлення, відбиття та заломлення матеріалів тощо. Він використовує архітектуру трасування променів з мінімальними додатковими налаштуваннями або взагалі без них для отримання чистих фотореалістичних рендерів [24].

Порівняння Cycles, Arnold та BPR наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння головних рендерів обраних програм

| <b>Критерій</b>            | <b>Cycles</b> | <b>Arnold</b>    | <b>BPR</b> |
|----------------------------|---------------|------------------|------------|
| Якість зображення          | Висока        | Дуже висока      | Середня    |
| Швидкість                  | Низька        | Низька           | Висока     |
| Підтримка GPU              | Так           | Так              | Ні         |
| Багатопроцесорність        | Так           | Так              | Ні         |
| Реалістичність             | Висока        | Дуже висока      | Середня    |
| Система шейдерів           | Висока        | Дуже висока      | Середня    |
| Легкість                   | Середня       | Середня          | Висока     |
| Застосування               | Універсальний | Фільми, анімація | Скульптинг |
| Physically Based Rendering | Так           | Так              | Ні         |
| Розсіювання                | Так           | Так              | Ні         |
| HDRI                       | Так           | Так              | Ні         |

Отже, як можна помітити, найкращий рендер Arnold, проте різниця з безкоштовним Cycles зовсім того не варта. BPR найшвидший, проте дуже поступається якістю конкурентам.

### 1.3 Вибір середовища для створення моделі

Вибір програмного забезпечення для створення 3D-моделі персонажа "Атаназ" базується на кількох критеріях: ціна, функціональність, зручність

користування, доступність, підтримка спільноти та сумісність з іншими інструментами. Після ретельного аналізу різних програмних продуктів для 3D-моделювання, було обрано Blender як основне середовище розробки. Це рішення обґрунтоване рядом важливих переваг, які роблять Blender найкращим вибором для цього проекту.

По-перше, Blender є безкоштовним програмним забезпеченням з відкритим кодом. Це особливо важливо для студентів та незалежних розробників, які можуть не мати фінансових можливостей для придбання дорогого програмного забезпечення. Відсутність ліцензійних обмежень дозволяє використовувати Blender без будь-яких додаткових витрат, що є значною перевагою у порівнянні з комерційними програмами, такими як Maya або ZBrush.

По-друге, Blender пропонує надзвичайно широкий спектр інструментів та функцій для 3D-моделювання, скульптинга, ретопології, UV-розгортання, текстурювання, ригінгу, анімації та рендерингу. Отже, навіть якщо не всюди є перевага над конкурентами, головним плюсом даного ПЗ є те, що воно дозволяє створювати високоякісні моделі та анімації, не звертаючись до додаткових програм, тобто універсальність.

По-третє, інтерфейс Blender є інтуїтивно-зрозумілим та гнучким, що дозволяє користувачам налаштувати його під свої потреби. Незважаючи на те, що він може здатися складним для новачків, через високу популярність, існує багато навчальних ресурсів та уроків на відкритих ресурсах, які допомагають швидко освоїти програму. Велика та активна спільнота користувачів Blender постійно створює нові навчальні матеріали, додатки та ресурси, що робить процес навчання та роботи з програмою більш ефективним. Його популярність також можна би було віднести до плюсів, проте ситуація відрізняється в різних регіонах, на азіатському ринку він не такий популярний.

По-четверте, Blender включає вбудовані рендери Eevee та Cycles, які дозволяють спочатку в реальному часі відстежувати прогрес роботи у режимі рендерингу, не затрачаючи надто багато ресурсів системи; а потім створювати фотореалістичні зображення. Cycles є потужним рендером на основі фізичних

законів, що дозволяє досягати високої якості зображень. Eevee, в свою чергу, забезпечує швидкий рендеринг, що є корисним під час розробки та тестування моделей.

Нарешті, сумісність Blender з іншими програмами та форматами файлів дозволяє легко інтегрувати його в існуючі робочі процеси. Blender підтримує широкий спектр форматів файлів для імпорту та експорту, що дозволяє легко обмінюватися даними з іншими програмами для 3D-моделювання, текстуровання та рендерингу. Це забезпечує гнучкість та ефективність роботи з проектом.

#### **1.4 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи було проведено детальний аналіз основних найпопулярніших програм для 3D-моделювання, таких як Blender, Maya та ZBrush, зроблено їх порівняння та реалізовано підсумки у вигляді таблиці. Окрім того було обґрунтовано вибір Blender як ПЗ для створення 3D-моделі аніме персонажа «Атаназ».

Вибір Blender як основного програмного середовища для розробки базується на ряді ключових переваг, таких як безкоштовність, популярність, широка функціональність, гнучкий та інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс, потужні рендери та сумісність з іншими програмами. Ці фактори забезпечують високу ефективність та зручність роботи з програмою, дозволяючи створювати високоякісні 3D-моделі.

## РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСОНАЖА «АТАНАЗ»

### 2.1 Вибір стилю

Навіть конкретно в аніме існує багато різних напрямків та підстилів, тим більше коли мова йде про 3D моделювання. Тому спершу варто визначитися з приблизним фінальним виглядом результату. Робитися це буде шляхом аналізу моделей різних популярних ігор від провідних компаній на вже раніше згаданому ринку гача жанру, оскільки саме там часто найбільша кількість різноманітних персонажів.

Love and Deepspace дійсно виділяється серед інших своєю унікальністю. На рисунку 2.1 наведено приклад моделі з даної гри [25].



Рисунок 2.1 – Модель Рафаеля з Love and Deepspace

Як можна побачити, стиль дуже наближений до реалістичного. З плюсів такого підходу можна виділити полегшення етапу шейдингу, так як можна буде застосувати реалістичні шейдери. Окрім того можливе використання симуляції одягу для подальшого полегшення його анімації. Проте буде набагато важче



зробити саму модель, особливо волосся та лице, через велику деталізацію. Також така модель потребує більшої кількості полігонів.

Honkai: Star Rail навпаки, реалізований в більш класичному аніме-стилі. На рисунку 2.2 наведено приклад моделі з даної гри [26].



Рисунок 2.2 – Модель Авантюрина з Honkai: Star Rail

Модель значно простіша в порівнянні з попередньою, має меншу кількість полігонів, їй набагато легше зробити. Проте буде важко анімувати одяг, доведеться робити окремо скелет для усіх не прилягаючих до тіла деталей з подальшим розподілом ваги кожної кістки. Окрім того, доведеться підбирати спеціальний шейдер, щоб тіні падали на об'єкт в аніме-стилі, а також зробити характерний для жанру лайн навколо моделі.

У цих ж розробників є ще один проект, дуже схожий по стилю – Genshin Impact, який на разі є найпопулярнішим та одним із найприбутковіших в межах свого жанру. При всьому цьому, моделі як персонажів так і світу до смішного прості, в аніме стилі, з характерними дуже яскравими кольорами, як можна побачити на рисунку 2.3 [27].



Рисунок 2.3 – Модель Кавеха з Genshin Impact

В моделях даної гри дуже пухле лице та великі округлені очі, навіть якщо це дорослий чоловік. Також можна помітити, що на текстурах намальовані деякі базові тіні, наприклад на грудях, які не міняються незалежно від освітлення, що при деяких ракурсах може виглядати дивно, якщо придивитися. Проте саме через цю деталь моделі виглядають більш об'ємними. Також використовується дещо інший шейдер, який має складнішу логіку накладання світлотіні, порівняно з Honkai: Star Rail. Присутня рефлексія, декілька рівней тіней, вхідні та вихідні відтінки, що дуже гарно виглядає при взаємодії моделі персонажа з середовищем. В інших аспектах все аналогічно з Honkai: Star Rail.

Гра нового покоління – Wuthering Waves – є однією з найкращих з точки зору графіки на даний момент. Розробники майстерно поєднали аніме стилістику з більш реалістичними текстурами та світом, як можна побачити на рисунку 2.4 [28].



Рисунок 2.4 – Модель Цзіяна з Wuthering Waves

В цій грі моделі мають досить гострі риси обличчя, помітну реалістичну мускулатуру, детально пропрацьоване часто довге волосся та поєднують в собі малювання по текстурах разом з чудовим шейдером, який нічим не поступається Genshin Impact, та лайном.

Проте в самій грі неодноразово помічено значні проблеми з оптимізацією, однією з причин якої є більша кількість полігонів – така ціна наближення до реалістичності.

Більше того, часто одяг проходить через персонажа і навпаки, що свідчить про погану роботу з скелетом та вагою. Чим більша кількість деталей одягу, тим важче все це привести до ладу.

Отже, з розглянутих стилістик моделей, найбільш оптимальною є Genshin Impact, як золота середина між простотою та реалізмом без втрат оптимізації. Підсумовуючи: простіші форми, середня кількість полігонів, присутність лайну, спеціальний аніме шейдер в стилі Genshin Impact та одяг без реалістичних складок.

Проте в формі лиця буде надано перевагу стилістиці близькій до Honkai: Star Rail. Також будуть відсутні додаткові тіні на текстурах.

## 2.2 Розробка дизайну персонажа

Після вибору стилю варто вирішити як саме повинна виглядати модель. Персонаж задумувався в давньо-азіатському стилі, традиційному одязі, з довгим темним волоссям і бордовою пасмою, з використанням в основному чорних та червоних кольорів. Цю ідею потрібно розвинути та деталізувати.

Якщо говорити про загальну концепцію, то він повинен бути дуже високим, вище 195 сантиметрів, атлетичної статури, виглядати фізично приблизно на 25 років. Тип особистості INFJ, з характерним спокійним та вдумливим підходом до речей і емпатією.

Перш за все варто визначитися з одягом: використовувати традиційний одяг Кореї, Японії чи Китаю.

Ханбок — традиційний одяг корейського народу. Стародавній ханбок складався з дзьогорі (верх), баджі (штани), чима (спідниця) і по (пальто). Базова структура ханбока була розроблена для полегшення пересування і об'єднувала багато мотивів му-ізму. Протягом тисячоліть ханбок носила більшість людей чисто білого кольору без прикрас [29]. Вигляд одягу можна побачити на рисунку 2.5 [30].



Рисунок 2.5 – Приклад ханбоку

Традиційно він зав'язується одразу під грудьми, що з точки зору дизайну виглядає погано, оскільки спотворюється силует фігури. Окрім того загалом вигляд занадто простий та мішкуватий, тому цей варіант не буде застосовано до фінального дизайну персонажа «Атаназ».

Традиційний одяг в Японії – кімоно – нагадує собою Т-подібний халат. Його довжина може різнитися. Одяг закріплюється на тілі поясом обі, який розташований на талії. Замість європейських гудзиків використовують паски і мотузочки. Характерною рисою кімоно є рукави соде, які зазвичай набагато ширші за товщину руки. Вони мають мішкоподібну форму. Рукавний отвір завжди менший від висоти самого рукава.

Оскільки японське традиційне вбрання подібне до халату, у ньому немає відкритого коміра на зразок європейських костюмів. На відміну від традиційного європейського одягу, який підкреслює конструкцію тіла людини, кімоно виділяє лише плечі та перехват носія, приховуючи недоліки його фігури. Західний одяг акцентує на рельєфі, а японський — на рівномірності і площині. На відміну від жіночого, чоловіче кімоно виглядає простішим і стриманішим. Його основною відмінністю є будова рукава, який вужчий і менший за аналогічні у жіночому вбранні. [31].

Вигляд одягу можна побачити на рисунку 2.6 [32].



Рисунок 2.6 – Приклад кімоно

Кімоно все ще виглядає доволі просто, але завдяки поясу на талії силует виглядає привабливіше. Також часто кімоно носять з накидкою поверх, що може урівноважити складність дизайну, а на виході отримується проста низькополігональна модель, що є плюсом.

Ханьфу — традиційні стилі одягу, які носили китайці хань з 2-го тисячоліття до нашої ери. Традиційно ханьфу складається з халата паофу або піджака ру, який носять як верхній одяг, зі спідницею цюн, яку зазвичай носять як нижній одяг. Ханьфу вплинуло на традиційний одяг багатьох сусідніх культур, включаючи корейський ханбок, японське кімоно та рюкюське рюсоу [33]. Вигляд одягу можна побачити на рисунку 2.7 [34].



Рисунок 2.7 – Приклад ханьфу

Ханьфу – ідеальне поєднання простоти та стилю. Форми залишаються простими, проте затягнутий на талії пояс разом з юбкою та довгими рукавами формують чудовий силует. Окрім того, традиційно тканина часто прикрашена різноманітними драконами, квітами, чаплями, вогнем чи узорами, що дуже

вигідно буде виглядати після текстурвання на 3D-моделі. Саме поєднання чорного та червоного також є дуже поширеним для китайського традиційного одягу. Враховуючи все це, було обрано одягти персонажа в ханьфу.

Після цього варто доповнити сам костюм аксесуарами, а також визначитися з конкретним видом ханьфу. Для цього було переглянуто багато референсів на Pinterest — платформі для візуального пошуку ідей, які надихають: рецептів, прикладів дизайну оселі або особистого стилю тощо [35].

Референс – це малюнок або фотографія, які художник або дизайнер вивчає перед роботою, щоб точніше передати деталі, отримати додаткову інформацію, ідеї [36].

Частина процесу пошуку зображень показано на рисунку 2.8 [37].

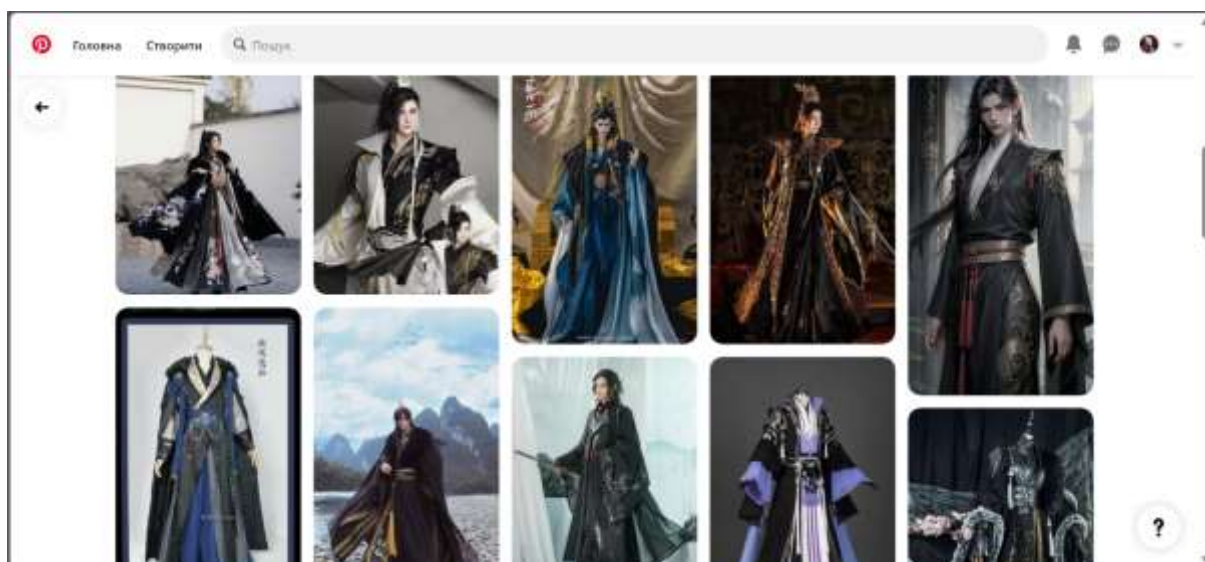


Рисунок 2.8 – Пошук референсів

В результаті було визначено, що персонаж буде носити на голу ногу пару дерев'яних сандалів з високою платформою, схожих на гета; плісировану спідницю під низом, а зверху саме ханьфу з довгими рукавами та розрізаним на п'ять частин низом. Також комір буде асиметричний, з гострою геометрією коло шії, створюючи силует додаткового шару одягу.

Було помічено, що в основному частина волосся персонажів такого дизайну зібрана в хвіст та прикрашена китайською декоративною шпилькою. Вирішено зробити так само. Ще з аксесуарів буде зроблено на правому вусі

круглу срібну сережку з звисаючим червоним каменем в формі конуса. Очі персонажа згідно задумки повинна закривати чорна пов'язка.

Усі аксесуари повинні бути срібними. Окрім того на ханьфу буде багато червонуватих узорів в формі вогню, зокрема на нижній частині та трішки на комірці, а на рукавах поєднано разом з силуетом китайського дракона. В центрі пов'язки можна розташувати невеликий символ вогню.

Окрім червоних та чорних кольорів допустимо використання відтінків сірого, адже завдяки сріблу це буде дивитися гармонічно. На такому фоні червоний буде виглядати дуже насичено та яскраво. Також можливо додати на сам одяг тонкі сріблясті полоски. Рекомендується використання градієнтів для того, щоб придати різнобарв'я та цікавості текстурам, але важливо з цим не перестаратись.

Такий варіант дизайну буде перегукуватись і з кольоровою гамою персонажа, і з китайською стилістикою, а виглядати при цьому досить ефектно і не важко робитися.

Спершу були ідеї використовувати замість вогню та драконів гілки з цвітом сакури, але застосування японських елементів в дизайні китайського одягу не було доречним. До того ж, вогонь робиться набагато простіше за гілки дерева, оскільки допускається векторний стиль зображення і виглядає чудово, в той час як в аналогічному стилі цвіт дивиться надто бідно, а малювати в більш реалістичному чи «чорнильному» не дозволяє неповноцінний інструментарій Blender для текстурування.

### **2.3 План створення 3D-моделі**

Коли в голові образ персонажа готовий, можна подумати про те, як його реалізувати. Створення 3D-моделі – це складний і багатоступеневий процес, що включає в себе кілька етапів, кожен з яких має свої особливості і вимоги.

Спочатку йде моделювання. На цьому етапі створюється базова геометрія моделі, яка включає в себе основні форми і структури персонажа. Головне – максимально спростити геометрію тіла людини з дотриманням елементарних



пропорцій, аж до банальних прямокутників, навіть якщо буде виглядати смішно. Головне на цьому етапі – зловити базову форму об’єкта, в даному випадку тіла. Цей процес називається блокінгом, тобто створення тіла з блоків.

В основному усі пропорції можна визначити за допомогою голови, чим користуються як 2D так і 3D художники. Під час роботи можна буде просто копіювати блок голови і на його основі робити всі інші за допомогою інструментів моделювання Blender. Референс, який буде використовуватися в роботі для створення блокінгу можна побачити на рисунку 2.9 [38].

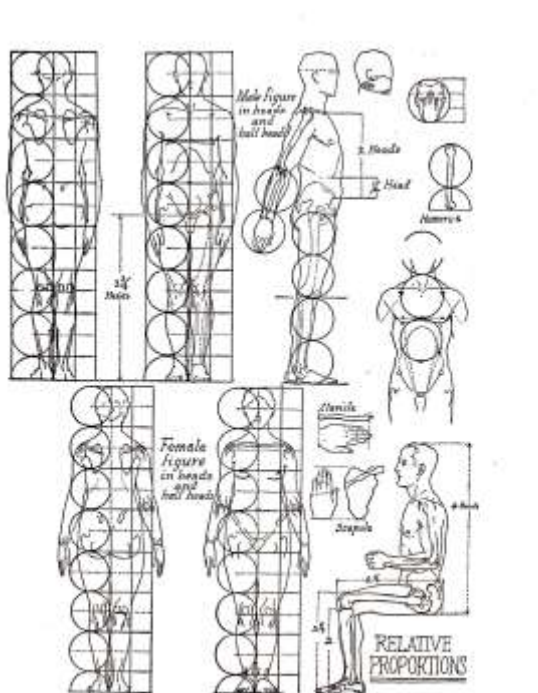


Рисунок 2.9 – Пропорції людини

Наступний етап називається скульптинг – це процес додавання дрібних деталей до моделі за допомогою спеціальних інструментів, що імітують роботу зі справжньою глиною, згладжування раніше створених прямокутників, або навпаки, нарощування маси в потрібних місцях. Це дозволяє створити гладку поверхню моделі, що надає їй реалістичного вигляду. Часто різниця між першим та другим етапом може бути настільки велика, що модель зовсім не впізнати. Це через те, що значно збільшується кількість полігонів і, як наслідок, сама форма після скульптингу.

Загалом можна би було детальніше зробити цей етап, додавши рельєф м'язів, але, враховуючи вбрання персонажа, в цьому немає сенсу. По суті, на фінальному кроці буде видалятися все, крім голови, кінця рук та ніг, оскільки все інше закриє одяг. Тому скульптинг може бути базовим та плоским.

Варто також врахувати, що через те, що персонаж носить пов'язку, немає сенсу робити очі. Проте, оскільки пов'язка тонка, обов'язково зробити брови. Також не буде зайвим зробити базову заготовку під очі у разі вирішення зміни концепції персонажа під час роботи.

Далі йде ретопологія. Тобто оптимізація геометрії моделі для подальшого анімування та текстурювання. Це включає в себе створення нової сітки полігонів, яка є більш ефективною і зручною для роботи. Після скульптингу необхідно зменшити їх кількість до оптимальної. Окрім того, ретопологія повинна підкреслити форму тіла.

Особливо відповідально потрібно робити зони згинів, так як погана ретопологія в цих місцях може зробити неможливою коректну анімацію персонажа. Також, враховуючи використанні специфічного шейдера аніме стилю, без коректної ретоплогії будуть дуже криві тіні.

Приклади ретопології тіла можна побачити на рисунку 2.10 [39].

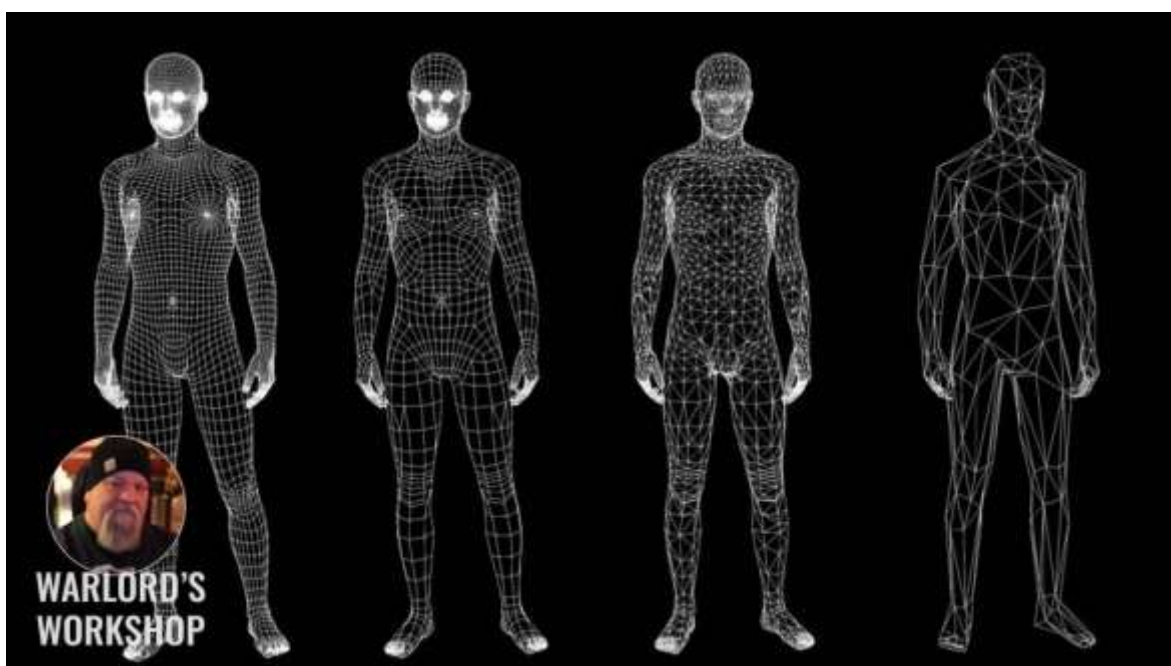


Рисунок 2.10 – Ретопологія тіла

Як можна помітити, є різні варіанти з'єднання вертексів, але одне незмінно – в місцях згинів та складок потрібно робити більше полігонів, щоб правильно описати геометрію складних місць, таких як пальці рук чи ніг.

Навіть якщо більшу частину тіла потім буде видалено, варто зробити хорошу топологію та торсі та руках, оскільки з цих частин буде робитися одяг.

Саме тому, маючи готове тіло персонажа, можна почати його одягати. Робиться це від нижнього шару до верхнього. Тому найпершою потрібно зробити спідницю. Далі саме ханьфу, рукава, а потім більший та тонший пояси. Завершити образ персонажа створенням сандалей, сережки, пов'язки та шпильки – через різні зони черга тут неважлива.

Найважчий етап це створення волосся. Оскільки, згідно концепції персонажа, воно повинне бути дуже довгим, густим та хвилястим, зробити це буде важко, але можливо. Головне, що в результаті буде ефектно.

Як і описувалось раніше, сама зачіска повинна виглядати як окремий подовгуватий чубчик; забрана в хвіст, до шпильки, верхня половина волосся; та розпущена нижня частина. Окрім того, не варто забувати про наявність червоного пасма волосся трішки лівіше від центру голови. Для краси, краще розділити її на три, одну з яких пустити до хвоста, а інші дві, коротші, опустити по обидві сторони лица.

Для усіх нових об'єктів дизайну персонажа також потрібно зробити ретопологію. По суті, лише тут закінчиться третій етап, на якому саму модель можна назвати готовою.

Після цього можна буде додати лайн на усі об'єкти персонажа і відредагувати оптимальну товщину для кожного. Особливо потрібен лайн на волосся, аби можна було не робити для нього окремих текстур, та лице, інакше при ракурсах в  $\frac{3}{4}$  персонаж буде виглядати дивно, через особливості аніме-стилю.

Вже на цьому етапі варто додати декілька джерел світла, як мінімум позаду та спереду, щоб можна було комфортно проводити подальшу роботу.

Також далі потрібно зробити шейдинг, що визначає, як поверхня об'єкта реагує на світло. Це процес накладення матеріалів і налаштування їхніх властивостей для досягнення певного візуального ефекту.

Після вибору основних кольорів, додаються шейдери – це програми, які визначають, як матеріал буде взаємодіяти зі світлом. Вони можуть бути простими, як Phong Shader, що використовується для базового відбивання світла, або складними, як Physically Based Rendering (PBR), що імітують фізичні властивості матеріалів.

В даному випадку буде використовуватися шейдер Genshin Impact. В ньому потрібно буде налаштувати усі параметри кольорів, тіні, рефлексії та металу, поки не буде задовільного результату. Обов'язково робити в режимі рендеру та з освітленням.

Далі потрібно зробити UV-розгортку – це процес розгортки 3D-моделі на 2D-площину для подальшого накладення текстур, що дозволяє створити координатну сітку, на якій можна точно розташувати текстури і матеріали.

Її обов'язково зробити на пов'язку, лице, абсолютно усе ханьфу, від рукавів до поясу, та платформу сандалей, оскільки там повинні бути текстури вогню та дракона, червоні та срібні полоски, градієнти тощо.

На тих об'єктах, де нічого не повинно бути, та де нормально виглядає і стандартний матеріал, можна розгортки не робити. Проте, шкіру все ж таки краще розгорнути, оскільки матеріали роблять її надто блискучою, або надто глиняною, до того ж це необхідно аби уникнути різкого переходу від лица до тіла.

Волосся в даному випадку можна не розвертати, оскільки блиск і тінь на стандартних матеріалах, завдяки особливостям техніки моделювання, виглядають навіть краще, чим якби були вручну намальовані, як в Genshin Impact. До того ж так не буде протиріч між статичними і динамічними тінями.

Все ж таки було прийнято рішення уникати малювання статичних тіней на текстурах. Це було би допустимо хіба що у випадку розробки моделі для V-тубера, або для голих частин тіла, які багаті рельєфом, який не здатні

підкреслити шейдери. Так як тут персонаж дуже закритий, немає потреби в статичних тінях.

Оскільки об'єктів для розгортки не дуже багато, можна буде все помістити на одну карту. При розстановці швів головне не робити їх надто багато, аби потім не було кривих текстур в цих місцях. Краще робити шви там, де майже не видно. Також варто враховувати зручність для подальшого текстурування.

Наочну демонстрацію суті UV-розгортання показано на рисунку 2.11 [40].

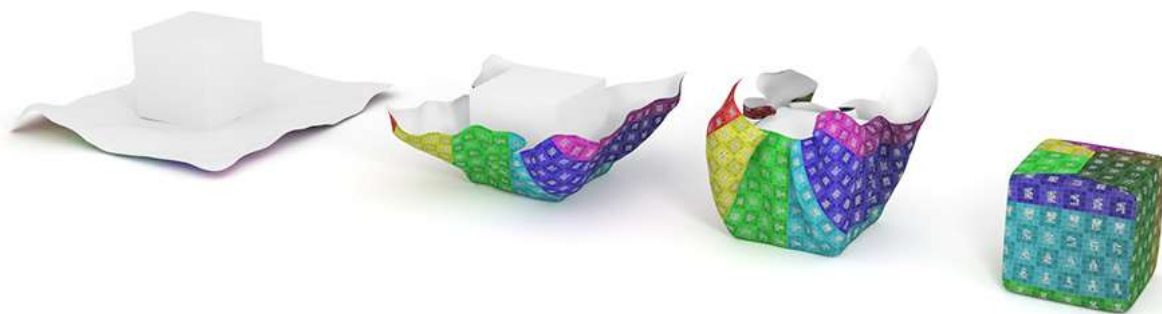


Рисунок 2.11 – UV-розгортання

Наступним етапом є текстурування – це процес накладення текстур на модель для додання їй кольору, матеріалу та інших поверхневих властивостей. Це може включати в себе малювання текстур вручну або використання готових матеріалів.

Для даного персонажа потрібно буде намалювати в акуратному векторному стилі вогонь на нижній юбці ханьфу так, щоб на кожному розрізі було продовження попереднього.

Також вогонь повинен бути на комірці, поясі, пов'язці та рукавах, причому на останніх потрібно додати червоний силует дракона. В ході текстурування намагатися використовувати градієнти, але не надто багато. Також потрібно тримати баланс кольорової гами, розбавляючи чорний і червоний сірим.

Важливо є те, що дійсно чорний колір використовувати не можна, оскільки тоді не буде видно лайну. На ділі «чорний» повинен бути просто темним-темним відтінком сірого, з червоним або синім відтінком.

Також роздільна здатність текстур повинна бути 2048×2048.

Ще один важкий етап називається ригінг – це процес створення скелета для моделі, що дозволяє анімувати її, що включає в себе створення кісток і суглобів, які можуть бути пов'язані з сіткою моделі для забезпечення реалістичного руху. Насправді, навіть якщо анімація не потрібна, його потрібно робити, інакше персонаж так і залишиться стояти в тій позі, в якій його зробили, без можливості поставити його красиво.

Необхідно буде окрім стандартного скелету для тіла, до якого можна прив'язати більшість одягу, зробити окремий скелет для тих частин, які далеко від тіла, і з'єднати з основним.

Тобто для кожного розрізу спідниці ханьфу, рукавів, сережки та можливо деяких пасм волосся. Після створення скелету, тобто ригу, він прив'язується до моделі, що називається скінінг. Можна приєднати як пусті групи, або автоматично.

Хоч в Blender і є чудова можливість застосувати автоматичну вагу, для деяких об'єктів це не спрацює коректно, і доведеться малювати вагомості вручну.

Weight Paint у Blender – це режим, який дозволяє визначати вплив кісток на вершини сітки у 3D моделі.

Це використовується для ригінгу, де можна «розфарбувати» сітку різними кольорами, що позначають силу впливу кістки на ту частину моделі. Червоний колір зазвичай означає повний вплив, а синій - відсутність впливу.

Використання симуляції одягу могло б значно полегшити цей процес, проте, нажаль, вона не підходить для аніме-стилю.

Демонстрацію описаного процесу показано на рисунку 2.12 [41].

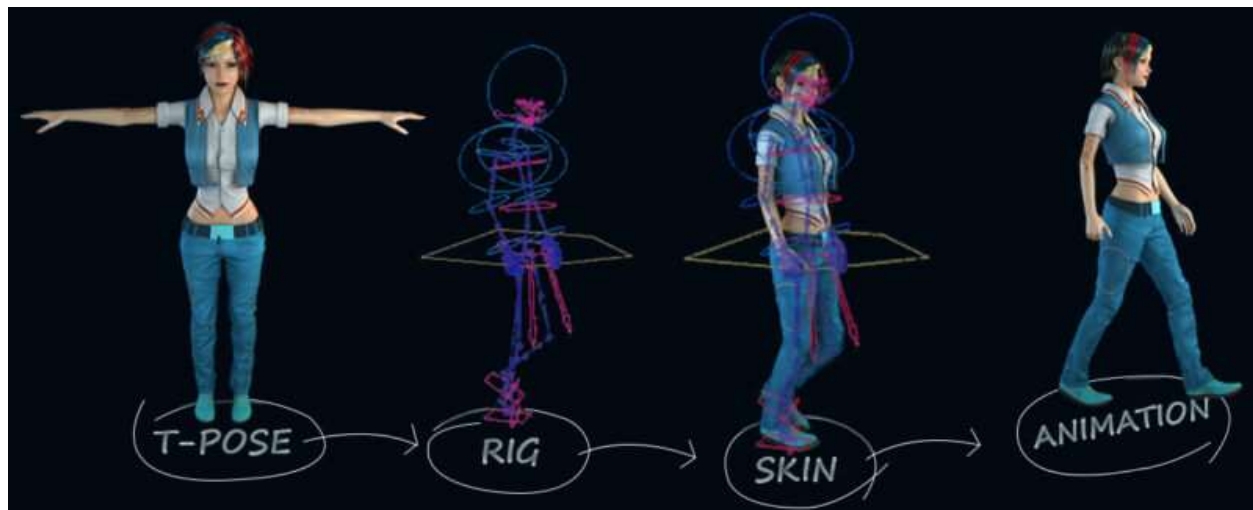


Рисунок 2.12 – Ригінг

Після цього персонаж дійсно готовий. Можна поставити його в позу чи анімувати, щоб приступити до фінального етапу – рендерингу. Рендеринг – це процес візуалізації 3D-моделі, який включає в себе обчислення освітлення, тіней та інших візуальних ефектів для створення фінального зображення.

Як вже раніше було описано, в Blender для цього використовуються рендери Cycles та Eevee. Перший надто реалістичний для аніме-стилю, тому буде використовуватись другий.

Щодо пози, то вона повинна підходити спокійно-хитрому характеру персонажа, не бути динамічною і енергійною.

Окрім того, варто також враховувати, що малюнок рукавів не буде добре видно, якщо опустити чи сильно зігнути руки; також тоді тканина сховає лінію талії; силует вже буде не таким ефектним.

Тому найоптимальнішим варіантом для демонстрації дизайну буде дещо змінити T-позу. Зробити її вільнішою, змістити центр ваги вбік, щоб персонаж опирався на одну рівну ногу, а іншу вільно виставив трішки вперед і вбік. Руки розвернути долонями догори, трішки зігнути пальці та локті, опустивши вниз.

Постобробка – необов'язковий завершаючий етап, на якому відбувається редагування та корекція отриманого зображення шляхом налаштування кольорів, контрасту, додавання ефектів та інших корекції для покращення фінального вигляду картинки.

Можливе додавання червоних ефектів магії коло рук персонажа.

Якщо говорити про сцену, то в ній потреби немає. Можна використати просто однотонну панель позаду або накласти на сферу текстуру піро фону з меню персонажа в Genshin Impact і помістити в неї модель.

## **2.4 Висновок до другого розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи було здійснене проектування персонажа «Атаназ», а саме:

- визначено стиль та логіку, згідно яких буде здійснюватися подальше проектування, шляхом аналізу новіших 3D-моделей чоловіків з різних ігор провідних компаній на ринку аніме ігор, в результаті обрано за головний орієнтир Genshin Impact;

- опрацьовано варіанти різноманітних азіатських традиційних костюмів та з них обрано одяг, аксесуари, кольорову гаму та загальний дизайн персонажа;

- знайдено та обрано референси для подальшої роботи як з одягом так і з базовою моделлю тіла;

- сплановано увесь процес створення персонажа з зазначенням нюансів, ідей та рекомендацій.

В результаті все сплановано, образ персонажа стабілізувався, можна приступати до практичної частини роботи.



## РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ АНІМЕ-ПЕРСОНАЖА «АТАНАЗ»

### 3.1 Створення базової моделі

Згідно раніше розробленому плану, потрібно почати з блокінгу. Цей етап також називають драфтом, блокаутом чи бейзмешом, але суть одна – створення пропорціонального силуету моделі за допомогою базових фігур.

Для зручності було створено тонку планку довжиною в 196 сантиметрів, яка визначає ріст персонажа, та поділено її на 8 рівних частин, які дорівнюватимуть довжині голови. Так легше орієнтуватися в пропорціях тіла.

Знання анатомії хоча б базове на даному етапі обов'язкове, інакше, в результаті, чим пізніше помітити недолік, тим більше чого доведеться переробляти.

Після цього за допомогою модифікації сфер та прямокутників було змодельовано базову форму тіла. Для прискорення роботи використовувався модифікатор «Mirror». Він призначений для створення дзеркального відображення об'єкта вздовж вказаної осі (в даному випадку осі X), та дозволяє працювати лише над однією половиною моделі, поки інша половина автоматично створюється як дзеркальне відображення.

Результат блокінгу можна побачити на рисунку 3.1.

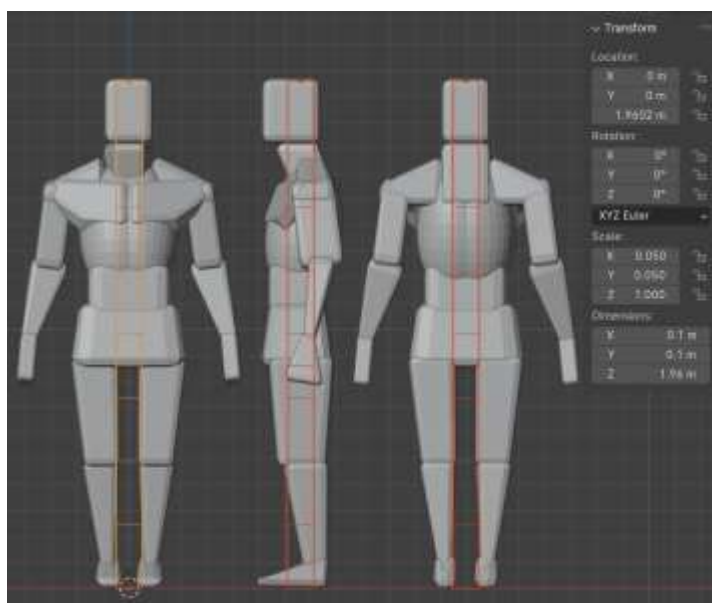


Рисунок 3.1 – Результат блокінгу

Далі потрібно зробити скульптинг, в результаті якого блокова модель стане повноцінним на вигляд тілом. Загалом даний процес дуже нагадує ліпку с глини чи пластиліну.

Оскільки більша частина моделі потім буде видалена, немає сенсу робити скульптинг тіла дуже деталізованим, тим більше враховуючи аніме-стиль. Достатньо буде заокруглити форми в режимі скульптування за допомогою таких інструментів:

- Smooth, згладжує та вирівнює поверхню, незамінна та найчастіше використовується під час роботи кисточка;
- Grab, тягне, дозволяючи швидко та легко змінювати форми об'єкта, може як заокруглити, так і зробити вм'ятини, або просто витягнути частину, наприклад, для носа чи губ;
- Draw, «малює», зменшуючи чи збільшуючи шари в певній ділянці, дозволяючи створити як об'єм (наприклад, на колінах чи ліктях) так і складки (пахви, ягодиці) чи впадинки (ключиці, груди);
- Crease, такий ж самий, як попередній, просто більш гострий, для детальнішої роботи (наприклад, з очима та пальцями);
- Clay Strips, також схожий на попередні дві кисточки, просто створює більш гладкий ефект, так як імітує ефект накладання смуг глини;
- Mask, дозволяє ізолювати обрані ділянки, щоб випадково не деформувати непотрібне;
- Slide Relax, згладжує сітку або направляє її в сторону для підкреслення геометрії (наприклад до складки).

На даному етапі також для полегшення роботи використовувалась симетрія по осі X. Окрім того, було вирішено все ж таки про всяк випадок зробити хоч мінімальний натяк на очі персонажа, оскільки згідно задумки вони в нього присутні, хоч і закриті тканиною.

Результат скульптингу наведено на рисунку 3.2.

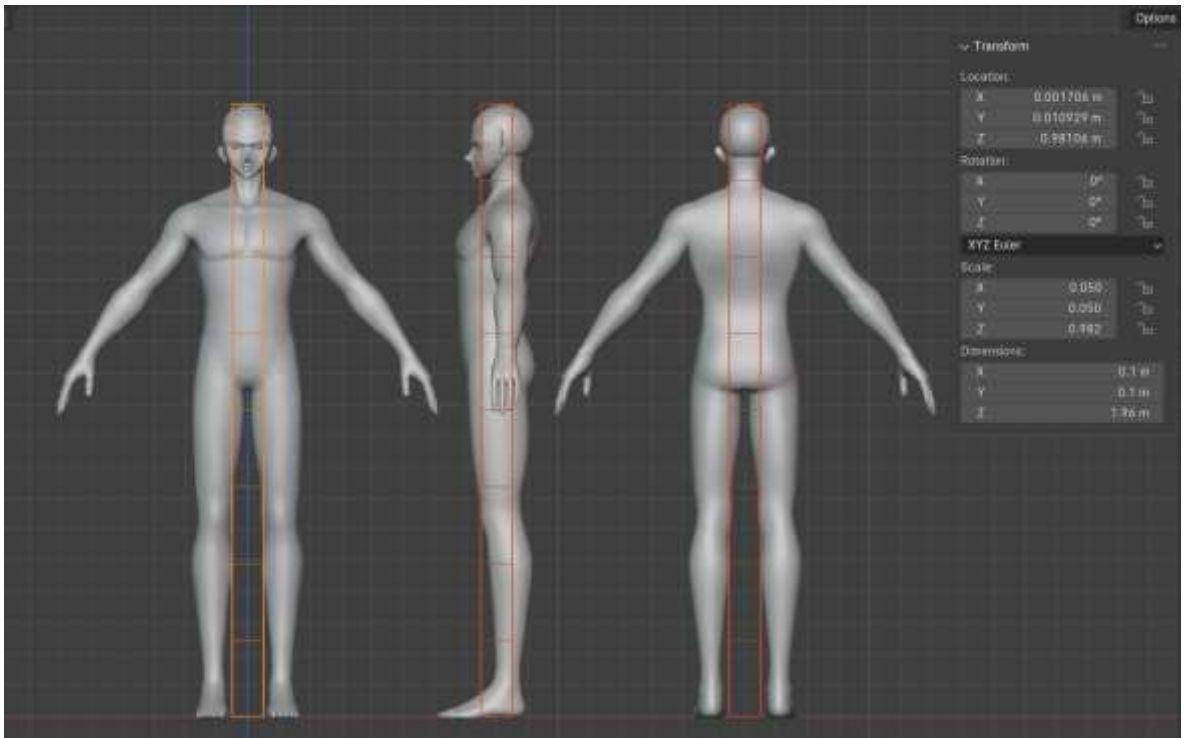


Рисунок 3.2 – Результат скульптингу

Тепер можна видалити планку, вона більше не потрібна, так як тіло з дотриманням усіх пропорцій сформоване. Залишилось зробити йому ретопологію, аби знизити кількість полігонів з 600 тисяч до оптимального значення (приблизно в районі 10 тисяч).

На даному етапі варто підкреслити форми об'єкта, шляхом слідування його округлій чи не дуже геометрії; збільшуючи кількість полігонів в «екстремальних» місцях (наприклад, пальці та лице). Дуже важливо зберегти анатомічні деталі без деформації, втрати форми та об'єму. Зовнішній вигляд самої моделі не повинен сильно змінитися, а ось кількість полігонів повинна зменшитись в десятки разів.

Чим правильніша буде топологія, тим менше в майбутньому буде проблем, як з шейдером, так і з ригінгом. А правильною вона вважається якщо з одного вертекса виходить не більше п'яти ліній квадратів, а краще лише чотирьох. Варто зауважити, що потім в будь-якому випадку потрібно зробити триангуляцію, в результаті чого з одного вертекса буде виходити вже 8 ліній, 4 з яких будуть гранями новоутворених трикутників.

Триангуляція використовується для перетворення всіх полігональних граней моделі на трикутники. Трикутники є найпростішою формою для побудови 3D поверхонь і є універсальним форматом для рендерингу та сумісності з ігровими двигунами. Це також допомагає уникнути проблем з деформацією під час анімації.

Робиться триангуляція в Blender вручну або за допомогою застосування спеціального модифікатора Triangulate. Після цього етапу ретопологію тіла персонажа можна вважати зробленою. В результаті кількість полігонів вдалося зменшити до 10 576 полігонів без втрати чи деформації форми.

Результат наведено на рисунку 3.3.

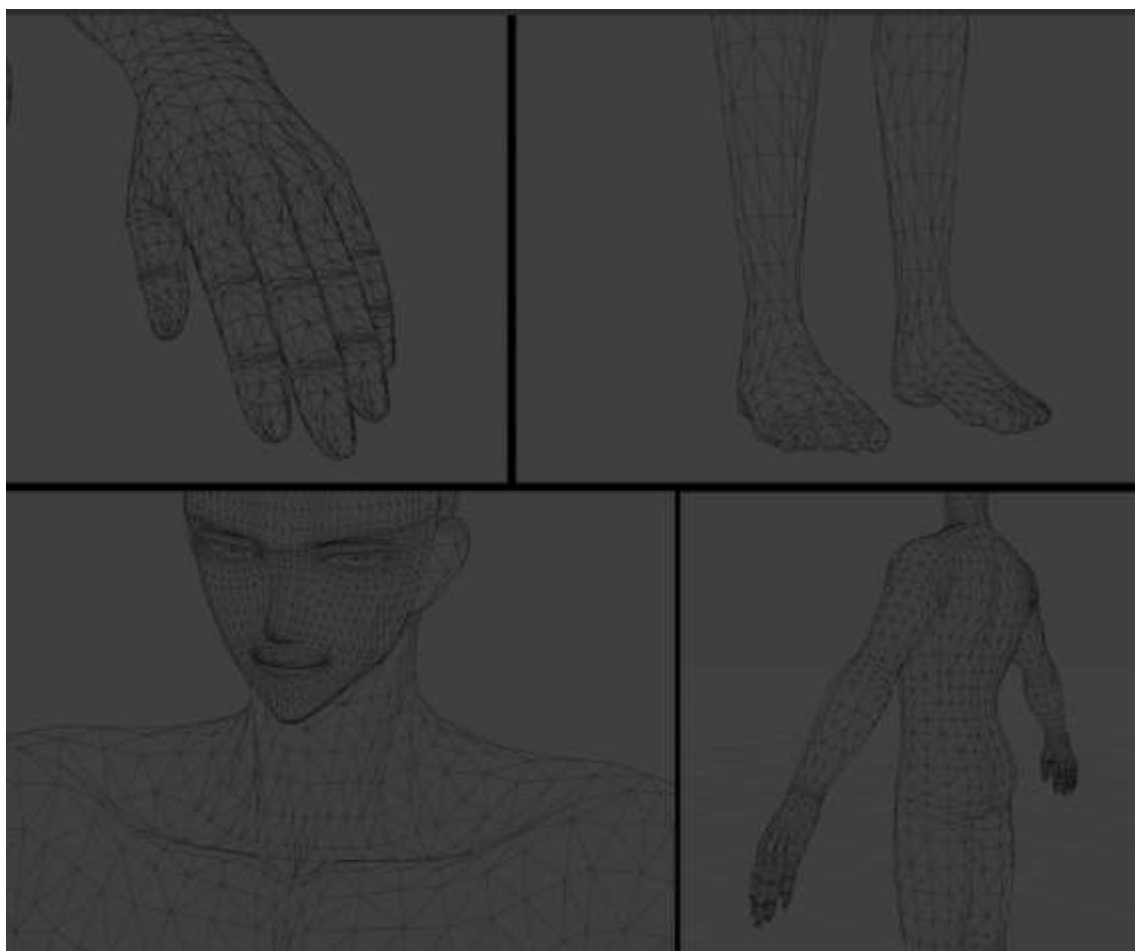


Рисунок 3.3 – Результат ретопології

Хоч тіло персонажа і готове, все ще необхідно зробити йому одяг та волосся. Згідно раніше розробленого плану, спершу варто зробити плісировану спідницю.

Для цього було створено коло, поділено його на достатньо велику кількість секцій для імітації складок, виділено вертекси через один та трішки зменшено їх всередину, а також повернуто проти часової стрілки. Після видовження такої заготовки було отримано готовий потрібний елемент одягу. Залишилося лише підігнати його по фігурі персонажа. Результат можна побачити на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Створення нижньої спідниці

До цієї спідниці тепер варто додати нижню частину ханьфу. Її можна розділити з верхньою, оскільки в будь-якому випадку між ними буде широкий пояс. Форму було дещо видозмінено та порізано для більш ефектного силуету, порівняно з традиційним варіантом дизайну. Моделювання починалося з планки, надаючи їй шляхом модифікацій потрібної форми.

Продовженням процесу моделювання ханьфу було створення рукавів, оскільки це одна з найважливіх та найвідповідальніших частин образу персонажа такого стилю, особливо враховуючи плани на текстури в даній зоні. Моделювання рукавів починалося з кубів, та, аналогічно з попереднім об'єктом, в режимі редагування досягалося потрібної форми. Було вирішено зробити їх широкими, довгими та об'ємними, не з'єднуючи нижню частину, як

зазвичай роблять в японських кімоно. Проте, внутрішню частину варто заокруглити, зменшити та напрямити до пахв.

В процесі роботи виявилось, що в А-позі моделювати такий довгий елемент незручно і майже нереально, дуже важко було вирівняти геометрію. Тому довелося змінити позу персонажа на Т-позу. Звісно, без ригінгу це зробити не так просто. Потрібний результат було досягнуто шляхом використання інструментів Mask та Pose в режимі скульптингу. Так вдалося змінити кут та сильніше підняти руки, проте довелося в зоні пахв зробити повторний скульптинг з згладжуванням та переробляти топологію. В кінці кінців моделювання рукавів вдалося доробити.

Тоді можна приступити до створення торсової частини ханьфу. Для цього достатньо було спершу просто відділити потрібну частину полігонів від тіла та трішки збільшити, після чого застосувати модифікатор Solidify. Він використовується для надання товщини об'єктам.

Потім, аби зробити комір, було додано нову планку та модифіковано її форму до тих пір, поки вона не стала схожа на потрібну асиметричну форму, застосовано аналогічний модифікатор.

Найважчим було зшити торсову частину з рукавами. Довелося робити це вручну шляхом роботи з полігонами, а потім підправляти складки та переходи в режимі скульптингу.

Нарешті, завершенням моделювання ханьфу стало створення поясу. Він складається з двох частин, ширшої та тоншої. Для цього було просто відділено необхідну частину полігонів від торсової частини ханьфу, збільшено та застосовано Solidify. Аналогічно для меншого поясу, лише відділення від ширшого.

Для спрощення роботи усі симетричні об'єкти (рукава, торсова частина ханьфу, обидва пояси) моделювалися з застосуванням модифікатора Mirror. Тобто усе, крім коміра.

Після цього моделювання ханьфу було завершено. Результат можна побачити на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Створення ханьфу

Чим більше робиться об'єктів, тим важче стає розрізнити їх візуально в сірій гамі. Тому на цьому етапі було вирішено призначити усім вже існуючим об'єктам базові матеріали з бажаним кольором, щоб легше сприймати модель, а також додати світло. Подальша робота в основному проводилася в третьому режимі відображення – «Material Preview». Цей режим показує кольори матеріалів, але не реагує на освітлення.

Окрім того, було вирішено скоріше додати лайн до всіх майбутніх та вже існуючих об'єктів. Загалом є всього сім способів зробити лайн в Blender. Найлегший та найпопулярніший, який і буде використовуватися – це додати до об'єкта Solidify разом з Emission. Товщина модифікатора буде визначати товщину лайну, а колір шейдера, відповідно, колір лайну. Для всього, крім шкіри, буде застосовано чорний лайн, а для неї – темно-коричневий.

Лайн дуже важливий для аніме стилістики елемент, і чим швидше можна буде бачити більш наблизений до фінального результат, тим краще.

Після створення одягу та лайну з матеріалами потрібно змоделювати аксесуари та взуття. Серезжку зробити досить просто – додати коло, конус та сферу, відредагувати форми і готово. Шпилька робилася схожим чином, але з циліндра, який в даному випадку слугує замість резинки; трьох панелей, одна з яких довша, друга коротша та вигнута, а третя слугує лише підставкою.

Пов'язка на очі також створювалась з панелі та з використанням модифікатору Mirror, достатньо тонка, щоб було видно брови, продовжуючись лише до вух, щоб не плутатись в майбутньому волоссі.

Взуття зробити складніше. Сама підошва була легко екструдована з підігнутого під потрібну форму кола. А ось ремінці, через їх особливість форми, потрібно було робити через прив'язану геометрію до приплюсненого еліпса, в результаті чого важко було керувати лінією та повертати її, щоб зберігалась реалістичність та полігони не проходили один через одного. Потрібно було створити доволі багато точок та кожну налаштувати окремо під форму стопи.

Останній етап моделювання один з найважчих – створення волосся. Хоча на словах все просто: аналогічною технікою, як у ремінців, було створено декілька пасм волосся цікавих гострих форм та сформовано у зачіску згідно з референсом (див. рис. 3.5). Кількість пасм варто намагатися максимально знизити, щоб і полігонів було менше, і аніме стиль не втратився.

Результат всіх описаних вище етапів демонструє рисунок 3.6.



Рисунок 3.6 – Створення волосся і деталей з матеріалами та лайном



Тепер, маючи вже всі об'єкти змодельованими, видаляються ті частини, яких ніколи не буде видно, наприклад торс, після чого потрібно знову зробити ретопологію, оскільки полігони одного лише волосся перевищують 800 тисяч.

Результат можна побачити на рисунку 3.7.

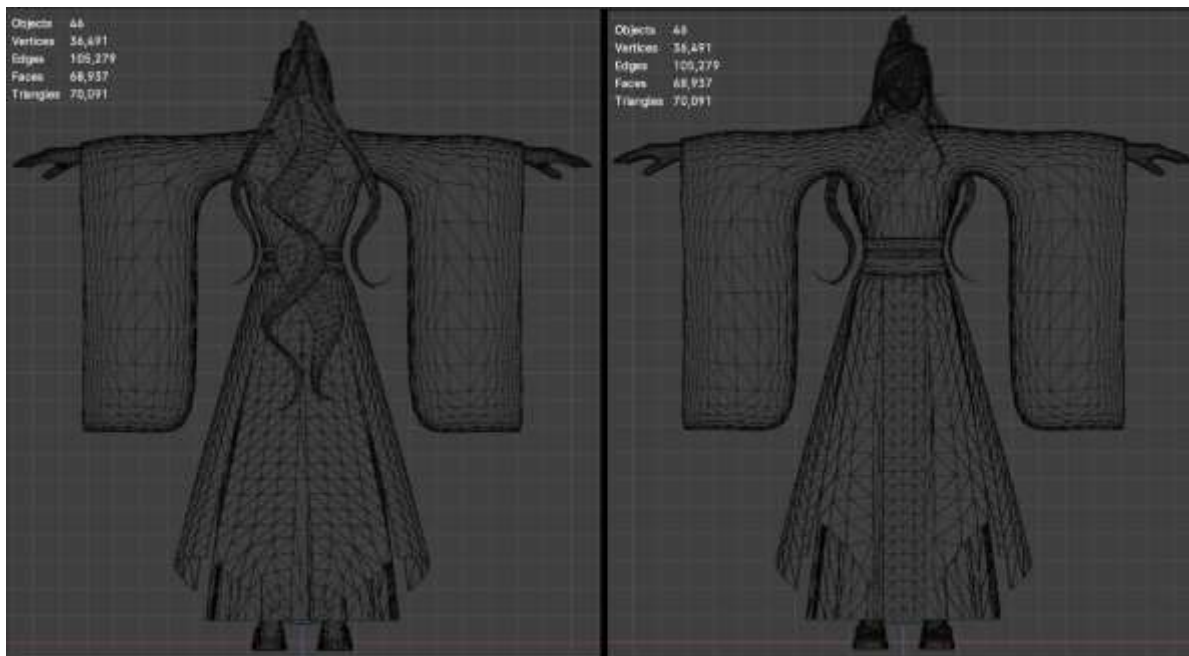


Рисунок 3.7 – Результат кінцевої ретопології

Як видно, кількість полігонів вдалося знизити до 68 тисячі. Враховуючи, наскільки нетипово довге, складне та густе волосся у персонажа, це дуже хороший результат.

Після виконання всього вищеописаного можна сказати, що базова модель персонажа створена. Проте вона все ще «сира», без текстур. Далі потрібно буде персонажа розмалювати.

### 3.2 Накладання текстур

Перш ніж малювати текстури, потрібно розгорнути 3D-модель на 2D-площину (карту), що вказує на відповідність між полігонами та їхнім розташуванням на текстурі. Для цього робляться шви в найменш помітних місцях. Дякуючи тому, що симетрія все ще застосована, можна робити це тільки на одній стороні.

Blender автоматично розгорне модель по заданим швам та розставить сітку по робочому простору. Після створення карти з потрібним розширенням, краще самостійно розставити все так, щоб було все зрозуміло, нічого не накладалося одне на одне, та було зручніше малювати. В результаті було отримано UV-розгортку, яку можна побачити на рисунку 3.8.

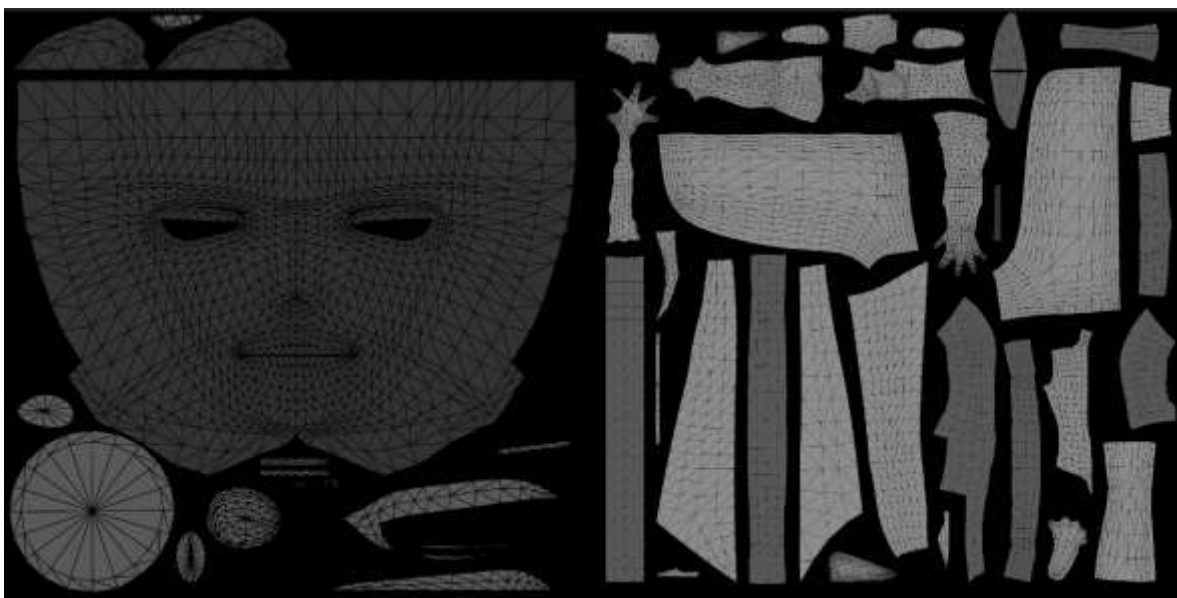


Рисунок 3.8 – UV-розгортка персонажа

По ній і будуть малюватися текстури. Під час цього процесу було застосовано гібридний підхід з малюванням як на карті так і на моделі, різними інструментами, орієнтуючись на референси та результати проектування, поки не було отримано задовільний результат.

Варто звертати увагу на те, щоб в місцях швів мінімізувати їх видимість і різноманітні розходження текстур. Через це було дещо змінено задуманий рисунок на другій частині рукавів.

Було промальовано брови, вуха, де все-таки було використано статичні тіні; про всяк випадок вії та очі, вогники на нижній спідниці ханьфу, в центрі пов'язки, на комірі та рукавах разом з драконом; срібні та червоні полоски.

Загалом вийшло дуже ефектно та контрастно. Поєднання кольорів гарно підібране та підходить персонажу.

Для того, щоб бачити, як текстури будуть виглядати на фінальному рендері, варто одразу підключити обраний шейдер та перейти в режим

рендерингу Eevee, де вже налаштовувати всі його змінні. Є окремі шейдери для волосся, металу та шкіри, які в поєднанні з текстурами дуже сильно змінюють вигляд персонажа порівняно з його сивою моделлю.

Результат текстурування та накладання різних шейдерів показано на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Модель з текстурами та шейдерами

По суті, на цьому етапі можна вважати модель закінченою. Проте, в такому вигляді її ніяк не застосуєш практично, можна хіба що продати. Але хотілося би, щоб цю модель можна було використовувати в ролі універсального референса для артів з цим персонажем. Тому варто зробити хоча б базовий ригінг створеної 3D-моделі.

### 3.3 Ригінг персонажа

Blender надає безкоштовний аддон, який значно спрощує процес ригінгу. Як і будь-який інший об'єкт, додається арматура людини, після чого отриманий скелет розставляється пропорціонально для моделі. Найважче зробити пальці рук, вони повинні бути не лише розставлені по контурам, але й сам кут нахилу не повинен перекручуватись. На такі частини, як рукава, які надто сильно відділяються від тіла, варто зробити додаткові кістки. Оскільки є вірогідність,

що спідниця і волосся зможуть нормально прив'язатися і без додаткового скелету, спочатку скінінг буде зроблено до скелету, показаному на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Додавання арматури

Тепер за допомогою даного скелета згенеровано риг, який після декількох тестів все ж таки погано показував себе з спідницею, тому довелося робити додаткові кістки для неї, точніше окремо для кожної розрізаної частини. Удосконалений риг можна побачити на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Удосконалений риг

На цьому етапі створення персонажа дійсно можна вважати завершеним, створена не лише модель, а й додано можливість позиціонування.

Кінцевий рендер моделі наведено в додатку А.

### **3.4 Висновок до третього розділу**

В третьому розділі кваліфікаційної роботи було створено 3D-модель аніме-персонажа «Атаназ» згідно з раніше розробленим планом, ідеями та вимогами.

Було описано та продемонстровано поетапний процес роботи над моделлю, що включає в себе блокінг, скульптинг, ретопологію, шейдинг, UV-розвертання та текстуровання.

Окрім того, також було зроблено ригінг моделі, щоб розширити варіанти її практичного застосування.

В результаті виконання завдання створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ» було значно поглиблено знання в сфері 3D-моделювання та набуто цінного досвіду.

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Психологічні чинники небезпеки

Згідно з аксіомою про потенційну небезпеку, будь-яка діяльність людини характеризується певною імовірністю прояви небезпеки, тобто абсолютної безпеки не існує. В процесі життєдіяльності людину постійно супроводжують ті чи інші небезпеки. Тому вивчення їх особливостей, умов прояву, наслідки впливу – одне з основних завдань безпеки життєдіяльності (БЖД) [42].

Небезпека – джерело чи ситуація, що потенційно може призвести до травмування, погіршення здоров'я чи смерті людини, завдати шкоду майну, довкіллю, чи їх комбінація (згідно з ДСТУ 2293:2014) [43].

Всі чинники небезпеки поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [44].

Психофізіологічні чинники небезпеки (або чинники трудового процесу) визначаються видом виконуваних робіт; тяжкістю праці; нервовими навантаженнями, що виникають під час роботи [45].

Аналіз статистичних даних та висновки експертів у галузі безпеки життєдіяльності дають можливість стверджувати, що від 60 до 90% травм у побуті та на виробництві відбувається з вини потерпілих. Основні причини цього такі: низький рівень професійної підготовки з питань безпеки, недостатнє виховання, слабка установка людини на дотримання вимог безпеки, допуск до небезпечних робіт осіб з підвищеним ризиком травматизму, перебування людей у стані втоми чи інших психічних станах, які знижують безпеку діяльності.

Виділяють комплекс чинників, що збільшують індивідуальну схильність людини до небезпеки. Це особливості темпераменту, функціональні зміни в організмі, дефекти органів відчуття, незадоволення даним видом діяльності.

Несприятливий характер діяльності (значні фізичні та розумові зусилля, незручна робоча поза, високий темп праці, нервово-емоційні перевантаження, перенапруга слухових та зорових аналізаторів, несумісність робочого місця, засобів праці, антропометричних даних людини та ін.) призводять до

підвищеної фізичної та нервової втоми, яка послаблює психіку, знижує швидкість та точність орієнтації, притупляє пильність та увагу, порушує сприйняття того, що коїться. Це також спричинює травматизм. Психологи виділяють спеціальний розділ, психологію безпеки, в якому розглядають психічні властивості та різноманітні форми психічних станів, що спостерігаються у процесі трудової діяльності. Психічні процеси становлять основу психічної діяльності. Без них неможливе формування знань та надбання життєвого досвіду. Розрізняють пізнавальні, емоційні та вольові психічні процеси.

Психічні властивості — це стійкі особливості особи: інтелектуальні, емоційні, вольові, трудові та ін. Психічні стани зумовлюють особливості психічної діяльності у конкретний період часу та можуть позитивно чи негативно впливати на всі психічні процеси.

На думку багатьох психологів, ефективність діяльності (працездатність) людини залежить від рівня психічного напруження. Підвищення його рівня істотно збільшує ефективність праці. Але існує критична межа активації, після якої результати праці знижуються аж до повної втрати працездатності. Існують два типи позамежевого психологічного напруження — гальмівний та збудливий.

Гальмівний тип характеризується скутістю та сповільненістю рухів. Людина не здатна з колишньою спритністю виконувати професійні дії. Знижується швидкість реакцій, сповільнюється процес мислення, погіршується згадування, розпорошується увага та виникають інші негативні прояви, не властиві даній людині у спокійному стані.

Збудливий тип проявляє себе гіперактивністю, багатомовністю, тремтінням рук та голосу. Люди здійснюють численні, не продиктовані конкретною потребою, дії. Вони перевіряють стан приладів, крутять регулятори, поправляють одяг, розтирають руки. У них з'являється дратівливість, запальність, невласлива їм різкість, грубість, уразливість.

Поза межеві форми психічного напруження часто лежать в основі помилкових дій та неправильної поведінки у складній ситуації, що може спричинити травматизм та аварії.

Серед особливих психічних станів, які мають істотне значення для безпеки життєдіяльності, психологи виділяють пароксизмальні розлади свідомості, психогенні зміни настрою та афектні стани, пов'язані з вживанням психічно активних засобів.

Пароксизмальні стани – група розладів, яка характеризується короткочасною (від кількох секунд до хвилин) втратою свідомості. Такі стани характерні для деяких органічних захворювань головного мозку, епілепсії. Цим людям протипоказана робота на висоті, водіями автотранспорту та інша робота із підвищеною небезпекою.

Психогенні зміни настрою та афектні стани виникають під впливом психічних дій внаслідок конфліктних ситуацій, після загибелі близьких та в інших випадках. При цьому з'являються байдужість, млявість, загальна скутість, загальмованість, сповільнення темпу мислення. Погіршення настрою супроводжується погіршенням самоконтролю, що може стати причиною травматизму та збільшує ризик виникнення небезпечних ситуацій.

Афектні стани можуть виникнути внаслідок виробничих невдач, під впливом образи. У стані афекту у людини розвивається емоційне звуження обсягу свідомості. Можуть спостерігатися різкі рухи, агресивні та руйнівні дії. Особи, схильні до афектних станів, належать до категорії з підвищеним ризиком травматизму та не повинні призначатися на посади з високою відповідальністю.

Використання психічно активних засобів, включаючи алкоголь, збільшує ризик травматизму та знижує рівень безпеки діяльності. За різними даними, автомобільний травматизм у 40-60% випадків пов'язаний з вживанням алкоголю. Встановлено, що 64% смертельних випадків на виробництві викликано вживанням алкоголю та помилковими діями загиблих.

Алкоголізм супроводжується різним ступенем деградації особи, люди втрачають властиву їм точність та охайність у роботі. Вони дедалі частіше



допускають помилки та стають нездатними для вирішення складних проблем, до швидкої та правильної орієнтації у нестандартних ситуаціях [46].

Отже, є багато психологічних чинників небезпеки, які можуть в значній мірі вплинути на людину та призвести до травматичних результатів.

## **4.2 Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва**

Проблема інтер'єрів – одна із основних в технічній естетиці, так як від правильного прибирання й оформлення внутрішніх приміщень залежить, наскільки плідною буде праця людей.

Важливе значення в технічній естетиці має колір, що використовується, як чинник, який формує ставлення до праці. Колір має велике значення в житті людини. Він впливає на зір, настрій, самопочуття.

Тому при використанні кольорів у виробництві необхідно спиратися на досягнення науки й мистецтва, уникати шаблону, враховувати конкретні умови, характер і місце знаходження виробничого приміщення. Лише при раціональному пофарбуванні виробничого приміщення й устаткування «кольоровий клімат» сприяє створення здорових і безпечних умов праці та росту її продуктивності.

За психофізіологічною дією на людину кольори підрозділяють на теплі (червоні, червоно-жовтогарячі, жовто-зелені) та холодні (зелені, сині, синьо-зелені, блакитні, фіолетові) [47].

Теплі кольори викликають психологічне відчуття тепла, стимулюють діяльність нервової системи, зосередження уваги та короткотривале підвищення продуктивності праці. Холодні кольори викликають психологічне відчуття холоду, заспокоюють, полегшують напруження очей, сприяють зосередженню уваги.

Вибір колірної оформлення виробничих приміщень залежить від багатьох факторів — м'язових і нервових навантажень, температурного режиму, розмірів та орієнтації приміщення, монотонності роботи.

Так, на роботах, які вимагають великих фізичних і нервових навантажень, а також у цехах з високою темпе-ратурою повітря доцільно використовувати світлі тони голубого, зеленого та інших спокійних холодних кольорів невеликої насиченості.

Якщо робота вимагає лише періодичних значних розумових і фізичних навантажень, то вона легше виконується у приміщеннях, пофарбованих у теплі кольори, які підвищують активність організму.

Виконання монотонних робіт більш ефективно, якщо приміщення пофарбувати у яскраві кольори, які привертають увагу працівників і розширюють поле коркової активності. Порівняння впливу різних кольорів на організм людини наведено в таблиці 4.1 [48].

Таблиця 4.1 – Вплив кольору на організм людини [48]

| <b>Колір</b> | <b>Артеріальний тиск</b> | <b>Час реакції</b>     | <b>Емоційний стан</b> | <b>Працездатність</b>             |
|--------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Червоний     | Підвищується             | Зменшується            | Збуджує, стимулює     | Підвищується, а потім зменшується |
| Оранжевий    | Мало підвищується        | Трохи зменшується      | Збуджує, бадьорить    | Так само, але менш виражено       |
| Жовтий       | Не змінюється            | Не змінюється          | Урівноважує           | Суттєво не змінюється             |
| Зелений      | Не змінюється            | Не змінюється          | Урівноважує           | Трохи підвищується                |
| Блакитний    | Дещо знижується          | Суттєво не змінюється  | Заспокоює             | Трохи підвищується                |
| Синій        | Знижується               | Трохи сповільнюється   | Заспокоює             | Підвищується на 3—9 %             |
| Фіолетовий   | Знижується               | Виразно сповільнюється | Пригнічує             | Стабільно знижується              |

Окрім самого дизайну приміщення для роботи, також часто використовуються різноманітні знаки для кращої організації, адже кольори передбачають інтуїтивне розуміння посилу певної інформації, особливо у випадку надзвичайних ситуацій.

Мета кольорів та знаків безпеки полягає в тому, щоб швидко привернути увагу людини до об'єктів і ситуацій, що стосуються безпеки і здоров'я, і надати їй швидке розуміння спеціального повідомлення [49].

Таким чином можна позначати, наприклад, місцезнаходження вогнегасника, шлях виходу з приміщення, заборону куріння, попередити про мокру підлогу або нагадати одягнути засоби захисту органів слуху чи зору.

Отже, використання кольорів може в значній мірі вплинути на працівників, причому як позитивно, так і негативно. Тому необхідно з особливою увагою підходити до питання вибору кольорів знаків та приміщення, аби досягти покращення умов праці та продуктивності виробництва.

### **4.3 Висновок до четвертого розділу**

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано психологічні чинники небезпеки та вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.

Виявлено, наскільки важливими є підтримка психологічного благополуччя людини заради безпеки її життєдіяльності та уважний підбір кольорової гами робочого середовища для покращення продуктивності роботи.

Ці два питання пов'язані між собою, так як підбір кольорів на робочому місці персоналу напряду впливає на його емоційний стан, адже може як заспокоювати чи підбадьорювати, так і пригнічувати, що, звичайно, впливає на умови праці, і, як наслідок, на продуктивність. Чим більша група людей задіяна у виконанні певної роботи, тим відчутніший буде вплив описаних вище факторів на фінальні результати виробництва.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» було створено 3D-модель персонажа аніме-стилю «Атаназ» за допомогою інструментів безкоштовного програмного забезпечення Blender.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- Подано статистичні дані щодо популярності ПЗ для 3D-моделювання за останні роки.

- Розглянуто інтерфейси, можливості, недоліки, переваги та особливості трьох найпопулярніших програм, які підходять для виконання поставленого завдання, а саме розробки персонажа аніме-стилю, серед яких Maya, ZBrush та Blender.

- Висвітлено порівняльну таблицю обраних програм на основі розглянутої інформації, та окремо їх основних рендерів.

- Проаналізовано отримані результати і визначено найкраще середовище розробки 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ», Blender, та обґрунтовано цей вибір.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Досліджено сучасні 3D-моделі чоловіків аніме-стилю різних ігор від провідних компаній, обрано найкращий напрям та підхід.

- Розроблено дизайн персонажа, проаналізовано можливі варіанти одягу, знайдено референси.

- Сформовано поетапний план створення 3D-моделі аніме-персонажа «Атаназ» з урахуванням нюансів, рекомендаціями та попередженнями.

- Запропоновано можливі пози для рендеру та ідеї для постобробки.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Змодельовано базову 3D-модель персонажа.

- Розроблено кінцевий варіант моделі з готовими текстурами та налаштованими шейдерами.

- Спроектовано арматуру на персонажа з використанням аддона від Blender.

– Протестовано створений риг та удосконалено його, виправлено недоліки.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» розглянуто психологічні чинники небезпеки і вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.

Висвітлено зв'язок між цими питаннями та можливі наслідки для підприємства у разі дотримання чи нехтування рекомендаціями щодо забезпечення комфортних умов праці робітникам шляхом врахування кольорової гами робочого місця та звернення уваги на психологічний стан працівників.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. 3D Mapping and Modeling Market. Fortune Business Insights. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/3d-mapping-and-modeling-market-106003> (дата звернення: 19.06.2024).
2. Anime Statistics, Information, Data & Fun Facts. Poggers. URL: <https://poggers.com/blogs/data/anime-statistics-information-data-fun-facts> (дата звернення: 19.06.2024).
3. Unicorn Index. Hurun. URL: <https://www.hurun.net/en-US/Rank/HsRankDetails?pagetype=unicorn> (дата звернення: 19.06.2024).
4. Revenue. Gacha Revenue. URL: <https://www.gacharevenue.com/revenue> (дата звернення: 19.06.2024).
5. Blender Foundation Annual Report 2022. Blender Foundation. URL: <https://download.blender.org/foundation/Blender-Foundation-Annual-Report-2022-v2.pdf> (дата звернення: 19.06.2024).
6. Ubisoft Joins Blender Development Fund. Blender. URL: <https://www.blender.org/press/ubisoft-joins-blender-development-fund/> (дата звернення: 19.06.2024).
7. Blender by the Numbers 2020. Blender. URL: <https://www.blender.org/news/blender-by-the-numbers-2020/> (дата звернення: 19.06.2024).
8. Autodesk Maya. Enlyft. URL: <https://enlyft.com/tech/products/autodesk-maya> (дата звернення: 19.06.2024).
9. The Magic of Pixar and Maya. Design Engine. URL: <https://design-engine.com/the-magic-of-pixar-and-maya/> (дата звернення: 19.06.2024).
10. RenderMan for Maya 24.0. Pixar. URL: <https://rmanwiki.pixar.com/display/RFM24/RenderMan+for+Maya+24.0> (дата звернення: 19.06.2024).
11. Autodesk Maya Market Share. 6sense. URL: <https://6sense.com/tech/graphic-design-software/autodesk-maya-market-share> (дата звернення: 19.06.2024).

12. ZBrush. Enlyft. URL: <https://enlyft.com/tech/products/zbrush> (дата звернення: 19.06.2024).

13. Official ZBrush Summit 2016 Presentation: Blizzard Entertainment. Pixologic. URL: <https://pixologic.com/zbrushlive/official-zbrush-summit-2016-presentation-blizzard-entertainment/> (дата звернення: 19.06.2024).

14. ZBrush. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ZBrush> (дата звернення: 19.06.2024).

15. Interview Archive: Weta. Pixologic. URL: <https://pixologic.com/interview/archive/weta/> (дата звернення: 19.06.2024).

16. ZBrush Market Share. 6sense. URL: <https://6sense.com/tech/digital-drawing-and-painting/zbrush-market-share#free-plan-signup> (дата звернення: 19.06.2024).

17. 3D Modeling. 6sense. URL: <https://6sense.com/tech/3d-modeling> (дата звернення: 19.06.2024).

18. Best 3D Character Creator Software. 3D Sourced. URL: <https://www.3dsourced.com/3d-software/best-3d-character-creator-software/> (дата звернення: 19.06.2024).

19. Best 3D Modeling Software. Just Creative. URL: <https://justcreative.com/best-3d-modeling-software/> (дата звернення: 19.06.2024).

20. Autodesk Maya Overview. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 19.06.2024).

21. Best 3D Modeling Software. PopSci. URL: <https://www.popsci.com/gear/best-3d-modeling-software/> (дата звернення: 19.06.2024).

22. ZBrush. Maxon. URL: <https://www.maxon.net/en/zbrush> (дата звернення: 19.06.2024).

23. ZBrush. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ZBrush> (дата звернення: 19.06.2024).

24. Path Tracer. Unreal Engine. URL: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/RenderingAndGraphics/RayTracing/PathTracer/> (дата звернення: 19.06.2024).

25. Home. Love and Deep Space. URL: <https://loveanddeepspace.infoldgames.com/en-EN/home> (дата звернення: 19.06.2024).

26. Honkai: Star Rail. HoYoverse. URL: <https://hsr.hoyoverse.com/en-us/> (дата звернення: 19.06.2024).

27. Genshin Impact. HoYoverse. URL: <https://genshin.hoyoverse.com/en/> (дата звернення: 19.06.2024).

28. Wuthering Waves. Kuro Games. URL: <https://wutheringwaves.kurogames.com/en/#video> (дата звернення: 19.06.2024).

29. Hanbok. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hanbok> (дата звернення: 19.06.2024).

30. Chinese and Korean doro. Telegra.ph. URL: <https://telegra.ph/Chinese-and-Korean-doro%E9%81%93%E8%A2%8D-12-05> (дата звернення: 19.06.2024).

31. Кімоно. Wikipedia. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%96%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE> (дата звернення: 19.06.2024).

32. Kimono for Men. KimuraKami. URL: <https://kimurakami.com/blogs/japan-blog/kimono-for-men> (дата звернення: 19.06.2024).

33. Hanfu. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hanfu> (дата звернення: 19.06.2024).

34. Chinese Hanfu Male Ancient Martial Arts Swordsman Warrior Cosplay Robe. Wholesale Dance Dress. URL: <https://www.wholesaledancedress.com/chinese-hanfu-male-ancient-martial-arts-swordsman-warrior-cosplay-robe-men-chinese-traditional-folk-costumes-anime-drama-performance-photos-shooting-prince-gown-630473245223> (дата звернення: 19.06.2024).

35. All About Pinterest. Pinterest. URL: <https://help.pinterest.com/uk/guide/all-about-pinterest> (дата звернення: 19.06.2024).

36. Референс (значення). Wikipedia. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0>



%B5%D0%BD%D1%81\_(%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) (дата звернення: 19.06.2024).

37. Human Body Proportions. Pinterest. URL: <https://www.pinterest.com/pin/2744449765100720/> (дата звернення: 19.06.2024).

38. Basic Proportions of the Human Body. Pastel Anne. URL: <https://pastelanne.wordpress.com/2015/04/18/basic-proportions-of-the-human-body/> (дата звернення: 19.06.2024).

39. What is Good Topology? Reallusion Magazine. URL: <https://magazine.reallusion.com/2024/02/21/what-is-good-topology/> (дата звернення: 19.06.2024).

40. UV Mapping Tutorial in Blender 2.79. Chocofur. URL: <https://learn.chocofur.com/uv-mapping-tutorial-in-blender-2-79> (дата звернення: 19.06.2024).

41. What is 3D Rigging? Dreamfarm Studios. URL: <https://dreamfarmstudios.com/blog/what-is-3d-rigging/> (дата звернення: 19.06.2024).

42. Безпека життєдіяльності. Вінницький національний технічний університет. URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk\\_bezpeka\\_zhittyedyalnosti/12.htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/berezyuk_bezpeka_zhittyedyalnosti/12.htm) (дата звернення: 19.06.2024).

43. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2015-05-01]. – Харків: Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, 2014. – 13 с.

44. Безпека життєдіяльності. Studfile. URL: <https://studfile.net/preview/5282833/page:3/> (дата звернення: 19.06.2024).

45. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / Т. Є. Стиценко та ін. Харків: Національний університет радіоелектроніки, 2018. – 198 с.

46. Безпека життєдіяльності. Subjectum. URL: <https://subjectum.eu/safety/bezpeka/30.html> (дата звернення: 19.06.2024).

47. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко та ін. Харків: Державний університет харчування та торгівлі, 2017. – 341 с.

48. Основи безпеки життєдіяльності. Studfile. URL: <https://studfile.net/preview/9768898/page:6/> (дата звернення: 19.06.2024).

49. ДСТУ ISO 3864-1:2005. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення (ISO 3864-1:2002, IDT) – Київ, Держспоживстандарт України, 2006. – 23 с.

50. V. Kozlovskiy, Y. Balanyuk, H. Martyniuk, O. Nazarevych, L. Scherbak and G. Shymchuk, «Information Technology for Estimating City Gas Consumption During the Year,» 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur-Sultan, Kazakhstan, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIST54437.2022.9945786.

51. Approach to gas consumption process forecasting on the basis of a mathematical model in the form of a random cyclic process / Serhii Lupenko, Iaroslav Lytvynenko, Oleg Nazarevych, Grigorii Shymchuk, Volodymyr Hotovych // ICAAEIT 2021, 15-17 December 2021. – Tern. : TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk“» LLC, 2021. – P. 213–219. – (Mathematical modeling in power engineering and information technologies).

52. Lytvynenko, S. Lupenko, O. Nazarevych, G. Shymchuk and V. Hotovych, «Mathematical model of gas consumption process in the form of cyclic random process,» 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), LVIV, Ukraine, 2021, pp. 232-235, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648621.

53. Additive mathematical model of gas consumption process / Iaroslav Lytvynenko, Serhii Lupenko, Oleh Nazarevych, Hryhorii Shymchuk, Volodymyr Hotovych // Scientific Journal of TNTU. – Tern. : TNTU, 2021. – Vol 104. – No 4. – P. 87–97.

54. O. Nazarevych, Y. Leshchyshyn, S. Lupenko, V. Hotovych, G. Shymchuk and N. Shabliy, «Method of Gas Consumption Change-point Detection Based on Seasonally Multicomponent Model,» 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 2020, pp. 152-155, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208924.

55. Y. Leshchyshyn, L. Scherbak, O. Nazarevych, V. Gotovych, P. Tymkiv and G. Shymchuk, «Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point,» 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana, Ukraine, 2019, pp. 110-113, doi: 10.1109/MEMSTECH.2019.8817379.

# ДОДАТКИ

Кінцевий рендер моделі персонажа «Атаназ»



Рисунок А.1 – Рендер персонажа «Атаназ» спереду

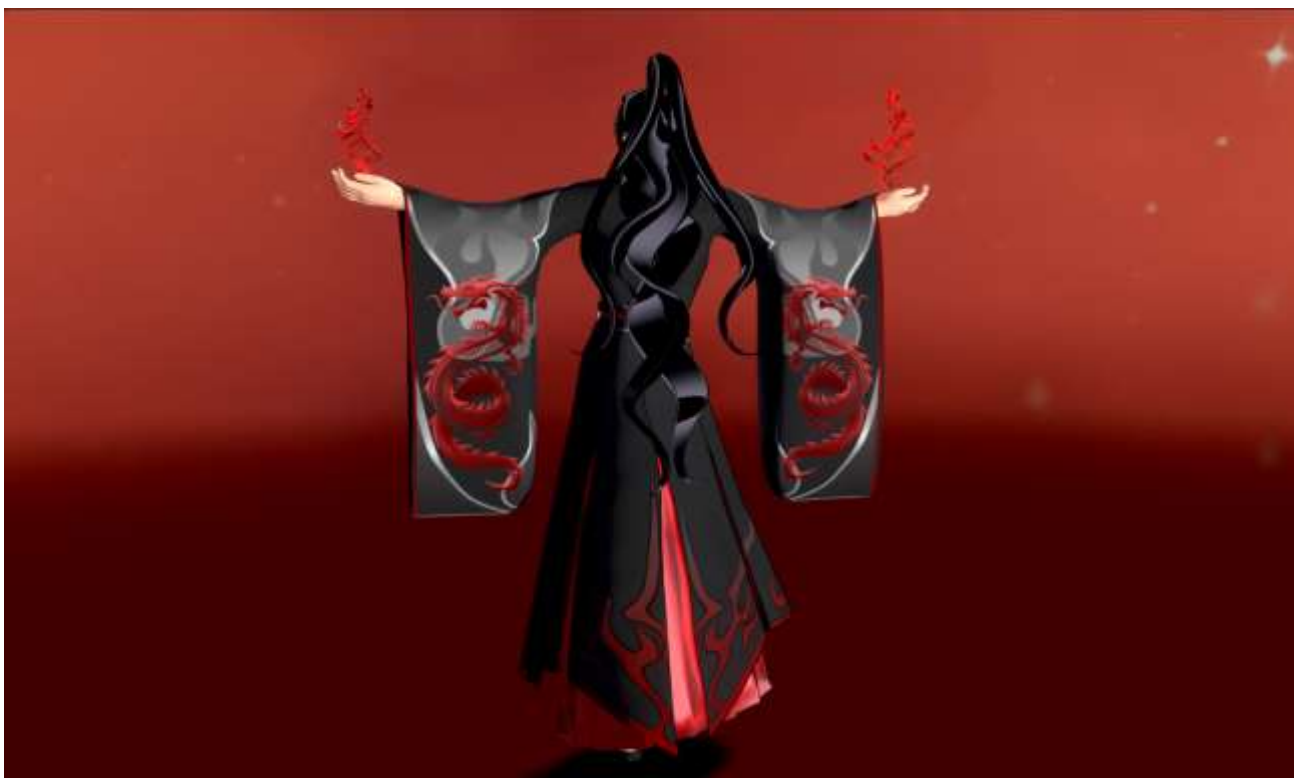


Рисунок А.2 – Рендер персонажа «Атаназ» ззаду