

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет**  
**імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра інтелектуальних інформаційних систем**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем, докт.техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ Ю. П. Кондратенко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ПРОГРАМНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ РОБОТИ З  
ГРАФІКОЮ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ІГРОВОГО 3D-  
КОНТЕНТУ**

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

**122 – БКР – 402.21810319**

*Виконав студент 4-го курсу, групи 402*

\_\_\_\_\_ *Рева В.В.*

«20» червня 2023 р.

*Керівник: канд. фіз.-мат. наук, доцент*

\_\_\_\_\_ *Кулаковська І.В.*

«20» червня 2023 р.

**Миколаїв – 2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет ім. Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра інтелектуальних інформаційних систем**

Рівень вищої освіти **бакалавр**  
Спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**  
*(шифр і назва)*  
Галузь знань **12 «Інформаційні технології»**  
*(шифр і назва)*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем, докт.техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ Ю. П. Кондратенко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**на виконання кваліфікаційної роботи**

Видано студенту групи 402 факультету комп'ютерних наук Реві Владиславу Володимировичу.

1. Тема кваліфікаційної роботи «Програмний інструментарій для роботи з графікою при проектуванні ігрового 3D-контенту».

Керівник роботи Кулаковська Інесса Василівна, канд. фіз.-мат. наук, доцент.

Затв. наказом Ректора ЧНУ ім. Петра Могили від « 17 » 03 2023 р. № 59 \_

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи студентом « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вхідні (початкові) дані до роботи: формування 3D-моделі для ігрового застосунку на основі концепт артів.

Очікуваний результат: побудовані 3D моделі за допомогою програмного інструментарія.

4. Перелік питань, що підлягають розробці (зміст пояснювальної записки):

- аналіз актуальності 3D моделювання;
- опис 3D моделювання і область використання;
- перспективи розвитку 3D моделювання.

5. Перелік графічного матеріалу: презентація.

6. Завдання до спеціальної частини: «Розробка конкретних системних заходів щодо вдосконалення охорони праці фахівців у сфері ІТ-індустрії»

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
Спеціальна частина з охорони праці	<u>А. Л. Боженко</u>	

Керівник роботи Кулаковська Інесса Василівна  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийнято до виконання РеваВ.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дата видачі завдання «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**  
**виконання кваліфікаційної роботи**

**Тема:** Програмний інструментарій для роботи з графікою при проектуванні ігрового 3D-контенту

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Подання заяви на затвердження теми та керівників БКР	26.10.2022	30.10.2022	ВИК
2	Отримання завдання на виконання БКР	25.11.2022	25.11.2022	ВИК
3	Складання календарного плану роботи на весь період виконання БКР	04.12.2022	04.12.2022	ВИК
4	Отримання завдання на переддипломну практику	25.04.2023	25.04.2023	ВИК
5	Проходження переддипломної практики, збір та аналіз матеріалів до БКР	01.05.2023	14.05.2023	ВИК
6	Розробка звіту з переддипломної практики	15.05.2023	17.05.2023	ВИК
7	Скульптурування, ретопологія і розвертка 3D-моделей у ZBrush	17.05.2023	20.05.2023	ВИК
8	Матеріали і текстурування у Substance Painter	21.05.2023	22.05.2023	ВИК
9	Віртуальне шиття і сімуляція одягу у Marvelous Designer	22.05.2023	23.05.2023	ВИК
10	Скелет і анімування у Blender для експорту у ігровий простір	24.05.2023	28.05.2023	ВИК
11	Попередній захист БКР на засіданні комісії кафедри	29.05.2023	30.05.2023	ВИК
12	Доробка та остаточне оформлення БКР	02.06.2023	19.06.2023	ВИК
13	Подання БКР рецензенту	15.06.2023	17.06.2023	ВИК
14	Подання БКР, її електронної копії та інших документів (відгуку, рецензії) до захисту	19.06.2023	22.06.2023	ВИК
15	Захист БКР перед екзаменаційною комісією (ЕК)	26.06.2023	29.06.2023	

Розробив студент Рева Владислав Володимирович  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Кулаковська Інесса Василівна  
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

« 22 » \_\_\_\_\_ 07 \_\_\_\_\_ 2022\_ р.

## **АНОТАЦІЯ**

**бакалаврської кваліфікаційної роботи студента групи 402 ЧНУ ім. Петра**

**Могили**

**Реви Владислава Володимировича**

**Тема: «Програмний інструментарій для роботи з графікою при проектуванні ігрового 3D-контенту»**

Об'єкт роботи – побудова 3D моделі засобами програмного інструментарія для ігрового застосування.

Предмет роботи – програмний інструментарій для генерації 3D моделей

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є створення 3D моделей для комерційних цілей у різноманітних сферах життя людей.

Робота складається з фахового розділу і спеціальної частини з охорони праці.

Пояснювальна записка складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків.

У першому розділі представлений аналіз роботи програм комп'ютерної графіки, їх використання, переваги та огляд існуючих аналогів програм.

У другому розділі продемонстровано процес створення 3D моделей з використанням zbrush, blender, marvelous designer і substance painter. Опис їх значимості і ролі при створенні 3D моделі. Розглянуто інструментарій і вклад кожної з програм.

У третьому розділі продемонстрован результат роботи. Створені моделі анімовані і експортовані до UE5 для показу якості сітки моделей та впливу зовнішніх істочників.

Бакалаврська кваліфікаційна робота викладена на 94 сторінки вона містить 4 розділи, 47 ілюстрацій, 1 схема та 13 джерела у переліку посилань.

Ключові слова: відеогра, 3D моделювання, Zbrush, Blender, Marvelous Designer, Substance Painter, UE5.

## **ABSTRACT**

**for bachelor's qualification work of a student of 402 group at Petro Mohyla**

**Black Sea National University**

**Revy Vladyslav Volodymyrovych**

**Topic: "Software toolkit for working with graphics when designing 3D game content"**

The object of the work is the construction of a 3D model using software tools for a game application.

The subject of the work is programs for generating 3D models using software tools.

The purpose of the bachelor's qualification work is to create 3D models for commercial purposes. The work consists of a professional section and a special part on labor protection.

The explanatory note consists of an introduction, three sections, conclusions and applications.

The first section presents an analysis of computer graphics programs, their use, advantages, and an overview of existing program analogs.

The second section demonstrates the process of creating 3D models using zbrush, blender, marvelous designer and substance painter. Description of their importance and role in creating a 3D model. The toolkit and contribution of each of the programs has been expanded.

The third section shows the result of the work. Created models are animated and exported to UE5 to show the quality of the model mesh and the influence of external sources.

The bachelor's qualification work is presented on 94 pages, it contains 4 sections, 47 illustrations, 1 schemes and 13 sources in the reference list.

Keywords: video game, 3D modeling, Zbrush, Blender, Marvelous Designer, SubstancePainter, UE5.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ПРОБЛЕМИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ .....	11
1.1 3d моделювання через десятиліття .....	11
1.2 Процес 3D моделювання.....	14
1.3 Області використання 3D моделювання .....	15
1.4 Переваги 3D моделювання .....	17
Висновок до першого розділу .....	19
2. ПОЕТАПНИЙ ПРОЦЕС СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ.....	20
2.1 Zbrush .....	20
2.2 Створення ескізу .....	21
2.3 Скульптинг у Zbrush.....	27
2.4 Ретопологія.....	28
2.5 UVMap Zbrush.....	32
2.6 Substance Painter.....	34
2.7 Особливості використовувати Substance Painter .....	34
2.8 Інтерфейс і основні функції.....	35
2.9 Розширені функції та методи .....	36
2.10 Робота з Substance painter .....	38
2.11 Marvelous Designer.....	40
2.12 Avatar Marvelous Designer.....	41
2.13 Pattern Marvelous Designer .....	42
2.14 Текстуриг і принтіг у Marvelous Designer.....	44
2.15 Деталізація і сімуляція у Marvelous Designer .....	44
Висновок до другого розділу .....	46
3. BLENDER. ПЕРЕТВОРЕННЯ СТАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДО ДИНАМІЧНОЇ	47
3.1 Потужна сторона Blender.....	48
3.2 Blender Digital Sculpting .....	50
3.3 Blender Rendering .....	52
3.4 BlenderAnimation .....	53
3.5 Важливість ретопології.....	57

3.6 Morphing .....	59
3.7 Blender morphing facial animation .....	61
Висновок до третього розділу .....	63
4. ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ У КОМЕРЦІЙНИХ ЦІЛЯХ .....	64
4.1 Сфери комерції .....	64
4.2 Приклад комерції у UE5 .....	71
Висновок до четвертого розділу .....	75
ВИСНОВКИ .....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	77



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Mesh - структурна конструкція 3D-моделі, що складається з багатокутників.

Polygon(багатокутник) - геометричні основи або форми тривимірних моделей.

Vertices - кут, де стикаються ребра.

Edge loops - набір з'єднаних ребер по поверхні моделі.

Reference - малюнок або фотографія, які художник або дизайнер використовує, щоб точніше передати деталі, отримати додаткову інформацію, ідеї.

Blockout - побудова форми моделі з примітивних геометричних фігур.

Dynamesh Resolution - збільшення роздільної здатності геометрії моделі (збільшення кількості полігонів).

Retopology - процес зменшення високої роздільної здатності моделей.

UV-Map - UV-перетворення або розгортка у тривимірній графіці – це відповідність між координатами на поверхні тривимірного об'єкта та координатами на текстурі.

Texel density - Щільність текселів, або кількість пікселів на квадратний дюйм на карті текстури

Armature - кінематичні ланцюжки, які використовуються в комп'ютерній анімації для імітації рухів віртуальних персонажів людей або тварин.

Morph - перехід моделі між різними його формами.

Rendering - процес створення фотореалістичного 2D-зображення з 3D-моделей.

Retargeting - перенацілення скелетів, скелетних кісток і анімацій.

ІК - інструмент для анімації та керування рухом об'єктів через їх позицію, властивості обертання та взаємодію з навколишнім середовищем.

## ВСТУП

21 століття - це вік інтернету та веб-технологій. Особливо для творчих людей це істотна перевага. Нові технології надають більше свободи думки та розширюють рамки для людської творчості. Дизайнери, архітектори, інженери, художники – професіонали та аматори, незалежно від місця розташування, можуть втілити свої ідеї у віртуальне життя за допомогою комп'ютерної графіки. 3D-візуалізація та 3D-моделювання, створені за допомогою 3dsmax, Adobe Photoshop, Zbrush, Blender, Maya, AutoCAD тощо, були представлені в різних сферах нашого життя. Телевізійна реклама; Друковані ЗМІ; Сайти (газети, журнали, білборди); Кіноіндустрія складається з технологічних і комерційних установ, а саме промислових виробничих компаній, студій мультфільмів, кіностудій, дистриб'юторів, продюсерських компаній, акторських агентств, професійних асоціацій кіноіндустрії; Індустрія інтерактивних розваг та індустрія відеоігор; Економічний сектор, пов'язаний із розробкою, просуванням і продажем відеоігор у всьому світі; Веб-презентація, де ми використовуємо багато 3d моделей і зображень; Плани та графіки, коротка відеоанімація з простими 3d моделями, інфографіка, логотипи та макети; 3D-друк - форма адитивної технології виробництва, коли тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу; Доповнена реальність – компонент змішаної реальності, яка також включає «доповнену за допомогою комп'ютера» (коли реальні об'єкти інтегровані у віртуальне середовище); тощо.

## 1. АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ПРОБЛЕМИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

Більшість людей вважають 3D-моделювання плодом технологічного прогресу, який дає нам багато можливостей для кращого вираження ідей, оптимізації бізнесу та створення видатного мистецтва. Раніше ми могли уявити майбутній будинок або інтер'єр кімнати по малюнку або картині. Зараз, з появою тривимірного комп'ютерного моделювання, з'явилася можливість створювати тривимірне зображення проєктованого об'єкта.

### 1.1 3d моделювання через десятиліття

#### *1960-ті – Витоки*

Ми можемо простежити витоки 3D-моделювання до 1960-х років. Протягом цього часу 3D-моделювання було дуже обмеженою сферою, де лише професіонали в галузі інженерії та автоматизації мали доступ до програмного забезпечення, яке працювало з математичними моделями. 3D-моделювання мало багатообіцяючі ознаки, але обмежений доступ до систем моделювання та вартість обладнання тримали його поза увагою багатьох вчених і компаній. Крім того, моделювання було дуже складним і працювало лише з математичними моделями. Не ідеальний спосіб для художника залучитися.

Однак це змінилося завдяки американському інженеру Івану Сазерленду, який у своїй докторській дисертації на початку 1960-х років представив Sketchpad — один із перших графічних інтерфейсів користувача.

Нова революційна програма дозволила користувачам візуалізувати та контролювати функції програми. Він швидко став основою для розробки комп'ютерної графіки, операційних систем та їх інтерфейсів, а також інтерфейсів користувача програмного забезпечення.

Сазерленд розробив першу примітивну версію програми Sketchpad у 1961 році. Ця програма працювала на TX-2, програмованому комп'ютері в MIT. Після подальших експериментів Сазерленд опублікував свою докторську

дисертацію «Sketchpad: графічна комунікаційна система людини і машини» в 1963 році.

Після цього успіху Сазерленд разом зі своїм колегою Девідом Евансом відкрив перший в історії факультет комп'ютерних технологій в Університеті Юти. Вони найняли багатьох талановитих студентів, щоб допомогти їм у подальшій розробці програмного забезпечення. Одним із студентів був Едвін Кетмулл, засновник Pixar Animation Studios.

Зрештою, Evans & Sutherland, перша компанія з 3D-графіки, була заснована в 1968 році. Це проклало шлях до демократизації індустрії 3D-графіки, і кожен інтерфейс користувача, який ми бачимо сьогодні, походить від Sketchpad.

Sketchpad зробив великий внесок у розробку програмного забезпечення для обробки зображень, яке включає CAD і програми моделювання.

#### *1970-ті – Підйом*

Успіх Sketchpad дав поштовх іншим до роботи над комп'ютерною графікою. До 1970-х років було засновано багато нових компаній, які працювали над розробкою кращого програмного забезпечення для потреб користувачів. Було розроблено систему автоматизованого проектування та креслення ADAM (Automated Drafting and Machining). Це програмне забезпечення можна було використовувати в кількох системах одночасно, і це сприяло поширенню програмного забезпечення.

1970-ті також називають епохою візуалізації, і одним із найпотужніших зображень, що представляють цю епоху, є «Чайник із Юти», створений Мартіном Ньюеллом з Університету Юти.

#### *1980-ті – розповсюдження*

1980-ті роки були десятиліттям, коли 3D-моделювання стало одним з найбільш затребуваних програм. ІВМ випустила свій перший персональний комп'ютер у 1981 році, що призвело до широкого використання CAD на підприємствах, які працюють в аерокосмічній, автомобільній та інших галузях

машинобудування. Симбіотичні стосунки між компаніями-виробниками програмного забезпечення та їхніми користувачами допомогли створити ефективне програмне забезпечення, яке могло б виконувати потужні обчислення та швидко створювати моделі.

Програмне забезпечення UniSolids CAD від Unigraphics є одним із найперших програм твердотільного моделювання.

У 1983 році був запущений AutoCAD, революційне програмне забезпечення для двовимірних креслень, яке набагато випереджало своїх конкурентів і коштувало лише частку. За цей час IGES став програмно-нейтральним форматом файлу, який можна було спільно використовувати та використовувати на різних програмних платформах для легкої передачі даних для користувачів.

#### *1990-ті – модернізація*

Більшість того, що ми бачимо сьогодні щодо програмного забезпечення для 3D-моделювання, було розроблено в 1990-х роках. У цей період модернізації програмне забезпечення CAD було на піку свого розвитку, і більшість галузей зробили його стандартною практикою для проектування продуктів. Ціни також постійно падали, що дозволило компаніям, фрілансерам і навіть любителям отримати доступ до такого програмного забезпечення.

Крім того, стартапи почали досліджувати бізнес-моделі freemium, а програми безкоштовного програмного забезпечення, такі як Blender, отримали масове визнання. Таке програмне забезпечення популяризувало 3D-моделювання серед користувачів різного рівня. Тепер студентів навчали та сертифікували це популярне програмне забезпечення. Він став частиною навчальної програми університетського рівня, розширивши його охоплення та використання.

Наприкінці 1990-х років компанії-розробники програмного забезпечення також почали вивчати спеціалізовані програми для нової технології виробництва — 3D-друку. 3D-друк працював за іншим набором правил і

обмежень, тому програмне забезпечення потрібно було модифікувати, щоб отримати повний потенціал технології. Це призвело до появи нового програмного забезпечення, яке обслуговувало 3D-друк.

*Після 2000-х років*

З 2000 року програмне забезпечення для 3D-моделювання та програмне забезпечення CAD розвивалися лише на краще. Зараз доступно все більше і більше програмних програм, які задовольняють широкий спектр програм, користувачів і бюджетів

Сьогодні існує широкий вибір програмного забезпечення. З розвитком хмарного програмного забезпечення програмні додатки тепер переходять до хмарної системи, де кожен може отримати доступ до файлів і облікових записів з будь-якої точки світу та з будь-якої системи — ПК, ноутбука, настільного комп'ютера, планшета тощо. Ця тенденція встановлена продовжувати.

Існують також офіційні курси, доступні державними та приватними гравцями, щоб навчити всіх типів користувачів користуватися програмним забезпеченням.

## **1.2 Процес 3D моделювання**

Процес 3D-моделювання завжди відбувається в спеціальному програмному забезпеченні, наприклад Blender, Maya, 3Ds Max тощо. Використовуючи певну техніку моделювання, 3D-художник будує модель, застосовуючи цифрові інструменти та професійні навички.

Отже, це працює наступним чином. Спеціаліст маніпулює полігонами у віртуальному просторі, щоб сформувати сітку у формі необхідного об'єкта. Це схоже на тривимірний пазл, де з різних частин складається об'ємна модель. Ці рухи супроводжуються застосуванням математичних формул для досягнення природних і гармонійних пропорцій предмета.

Далі художник створює текстури з кількох шарів (maps) із певним кольором, деталями дизайну та нерівностями. Коли поверхня готова і виглядає

справжньою, настав час загорнути її в модель і зробити її ідеальною. Таким чином, залежно від ваших потреб, об'єкт набуває природного вигляду, щоб передати ідею.

### **1.3 Області використання 3D моделювання**

Від розваг до комерційних підприємств, багато галузей використовують цифрові технології для розробки та візуалізації своїх продуктів, послуг і складних проектів.

#### *В Ігровій індустрії*

3D-ігри не є чимось новим для більшості людей, оскільки існують тисячі таких продуктів у всьому світі. Але що такого особливого в 3D-моделюванні для відеоігор? Справа в тому, що 3D-моделювання для ігор — це не лише приголомшлива графіка. На відміну від 2D-спрайтів, 3D-персонажі мають реалістичний ендоскелет, завдяки чому всі рухи виглядають гармонійно. Крім того, активи, реквізит, транспортні засоби та їх тривимірне зображення оживляють ігрову історію, надаючи розширені можливості ігрового процесу.

#### *В інженерії*

Коли справа доходить до галузей, що вимагають точного представлення об'єкта або складних проектів, на допомогу приходить 3D-моделювання для машинобудування. Тому інженери рідше використовують креслені від руки ескізи, оскільки це вважається застарілим і трудомістким методом.

Сьогодні всі розрахунки та прототипи моделюються за допомогою професійного програмного забезпечення в об'ємних та 3D-видах. Наприклад, за допомогою 3D-моделювання для цивільного будівництва ви можете створити модель мосту за допомогою математичних формул і даних для розрахунків, щоб перевірити надійність проекту в цифровому форматі.

Таким чином, ви отримуєте більш наочну візуалізацію проекту, можливість легкого редагування та зменшуєте витрати на різного роду ресурси.

### *В будівництві*

У будівельній індустрії фахівці використовують 3D-моделювання для тих же цілей, що і інженери — проектувати об'єкти та представляти їх більш наочно. Створення будівель і конструкцій як цифрових прототипів дозволяє архітекторам продумати кожен частину та сторону проекту та побачити результат ще до того, як він буде представлений в життя.

Подібно до намальованих від руки ескізів, модельєри роблять математичні розрахунки, щоб надати об'єкту відповідних пропорцій. Крім того, ви можете 3D-друкувати ці моделі для фізичного макета для презентації.

### *В нерухомості*

Може здатися, що галузь нерухомості тісно пов'язана з будівництвом. Тим не менш, 3D-моделювання в нерухомості представляє готові будівлі з їх внутрішніми сторонами. Наприклад, ви можете розробити 3D-дизайн інтер'єру, віртуальну екскурсію або 360-оглядове керівництво для змодельованої квартири, житлового комплексу чи готелю, щоб представити їх клієнтам у більш привабливий спосіб. Дивно, але ви також можете карбувати NFT своєї 3D-моделі власності та продавати її на ринку метавсесвіту.

### *В електронній комерції*

Інтернет-магазини виходять на новий рівень із розвитком цифрових технологій. Багато компаній електронної комерції скорочують використання простих фотографій, що представляють їхні продукти в Інтернеті. Натомість ви можете знайти інтерактивні 3D-моделі одягу та взуття AR для примірки вдома або конфігуратори автомобілів для інтерактивного дослідження. Ось як ви можете застосувати 3D-моделювання для більш привабливої презентації своїх продуктів і навіть послуг.

### *В корпоративному навчанні*

Через досвід пандемії багато компаній почали налагоджувати корпоративні процеси в дистанційному форматі, включаючи навчання. Крім того, великі підприємства з різних галузей практикують цифрове навчання



AR/VR протягом багатьох років через їхню економічну ефективність і розширені можливості. Таким чином, 3D-моделювання є невід'ємною частиною створення віртуальних навчальних середовищ, реквізиту та навіть цифрових інструкторів для кращого ефекту навчання.

### *В 3D друку*

Цілком зрозуміло, що 3D-друк був би неможливий без 3D-моделювання. 3D-друк дозволяє 3D-моделям стати фізичними об'єктами, які можна використовувати для чого завгодно. Це набагато більше, ніж просто мініатюрні фігурки та іграшки з домашніх принтерів; існує безліч корисних способів використання 3D-друку.

3D-друк часто використовується в охороні здоров'я, що змінює життя. Його використовували для виготовлення індивідуальних протезів та імплантатів, а також для створення анатомічно правильних моделей для планування хірургічного втручання.

### *В Анімаціях*

Коли у вас є 3D-модель, її можна повністю монтувати та анімувати, що дуже зручно для анімації. Аніматори використовують 3D-моделі для чіткого, плавного ефекту під час створення фільмів і телешоу. Протягом усього процесу 3D-моделювання використовується для створення декорацій, персонажів, реквізиту та багато іншого.

У більшості анімаційних фільмів використовується якесь програмне забезпечення для 3D-програмування. Однак можливість анімації не є винятковою для анімації. Це також стане в нагоді для спеціальних ефектів у фільмах, серед іншого.

## **1.4 Переваги 3D моделювання**

*Реалізм.* При моделюванні, скажімо, дерев'яного столу, 3D-художник створює кілька шарів (карт) природного кольору, відтінку, нерівностей та інших деталей. Комбінація цих карт представляє текстуру, схожу на реальну

деревину, тож можна уявити, яким є цей матеріал на дотик, навіть просто дивлячись на модель. Таким чином, такі 3D-моделі зазвичай справляють набагато краще враження, будь то ігровий персонаж або об'єкт для презентації.

*Точна візуалізація.* 3D моделювання забезпечує точну модель, максимально наближену до реальності. Окрім високореалістичних текстур, художники створюють 3D-моделі в автоматично розрахованих пропорціях відповідно до реальних об'єктів. У результаті кінцева модель набуває фотореалістичного вигляду, тому її важко відрізнити від реального об'єкта.

*Оптимізований процес проектування.* У 3D-моделюванні художники отримують більше можливостей для оптимізації продукту на будь-якому етапі 3D-розробки. На відміну від ретельної корекції 2D-малюнків, у 3D-моделі легко вносити практично будь-які зміни. Зрештою, цей момент часто стає вирішальним, коли справа доходить до випуску продукту, тому його просто не можна ігнорувати.

*Оптимізація використання матеріалів.* Коли моделювання використовується для створення прототипів і презентацій, воно може легко зменшити або навіть скасувати споживання фізичних матеріалів. Оскільки моделісти створюють 3D-об'єкти відповідно до їхніх параметрів реального світу, можна візуалізувати будь-що для свого проекту, вносити зміни та відтворювати їх у матеріальній формі. Таким чином економите гроші та час на попередню розробку проекту.

*Можливість 3D друку.* Моделі, розроблені за допомогою комп'ютерної графіки, можуть просто стати реальними, що відіграє важливу роль у масштабованості. Навіть якщо не використовувати 3D-друк у бізнесі, може знадобитися матеріалізувати ці моделі для комерційних або фізичних рівнів. Наприклад, як компанія, що займається розробкою ігор, можуть друкувати моделі ігрових персонажів і продавати їх своїм фанатам.

## **Висновок до першого розділу**

У даному розділі було проведено аналіз історії розвитку 3D моделювання. Був проаналізований вплив 3D моделювання, по мірі його розвитку, на різні сфери життя людей. Поставлена задача роботи реалізувати 3D моделі для подальшого комерційного використання. Висновком у важливості 3D моделювання вважається те, що сучасне 3D моделювання забезпечує такий рівень глибини дизайну, який неможливий для грубих ескізів або 2D-проектів, наприклад покращений контроль над деталями. Це дозволяє інженерам досліджувати фізичні аспекти конструкції, не підкоряючись фізичним обмеженням. Ретельні деталі полегшують передачу особливостей певного дизайну. Команди дизайнерів краще співпрацюють між собою. Вони можуть легко спілкуватися з іншими командами та зацікавленими сторонами. Перехід до розробки дизайну вимагає, щоб усі важливі елементи були присутні на схемі. 3D моделі дозволяють командам вводити більше деталей, таким чином залишати всі деталі на одній сторінці. Було поставлено питання оптимальності підходу до реалізації і формування 3D моделей. Підставою для цього питання є те, що одночасно виконувалась робота на декількох програмах, що затрачували більше часу і впливало на кінцевий результат.

## 2. ПОЕТАПНИЙ ПРОЦЕС СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ

### 2.1 Zbrush

ZBrush — найдосконаліша програма для 3D-скульптури. Що відрізняє його від інших 3D-інструментів, так це те, що ZBrush імітує традиційні техніки ліплення, які виконуються в цифровому вигляді на комп'ютері.

Ліплення в ZBrush схоже на роботу з цифровою глиняною кулькою, надаючи їй форму, ніби ви працюєте вручну.

Інструменти для ліплення від ZBrush надають широкий ступінь творчої свободи. Художники не тільки можуть створювати більш органічні та детальні моделі за допомогою ZBrush, вони часто можуть отримати готовий продукт набагато швидше, ніж за допомогою інших програм, таких як Maya або 3ds Max[2].

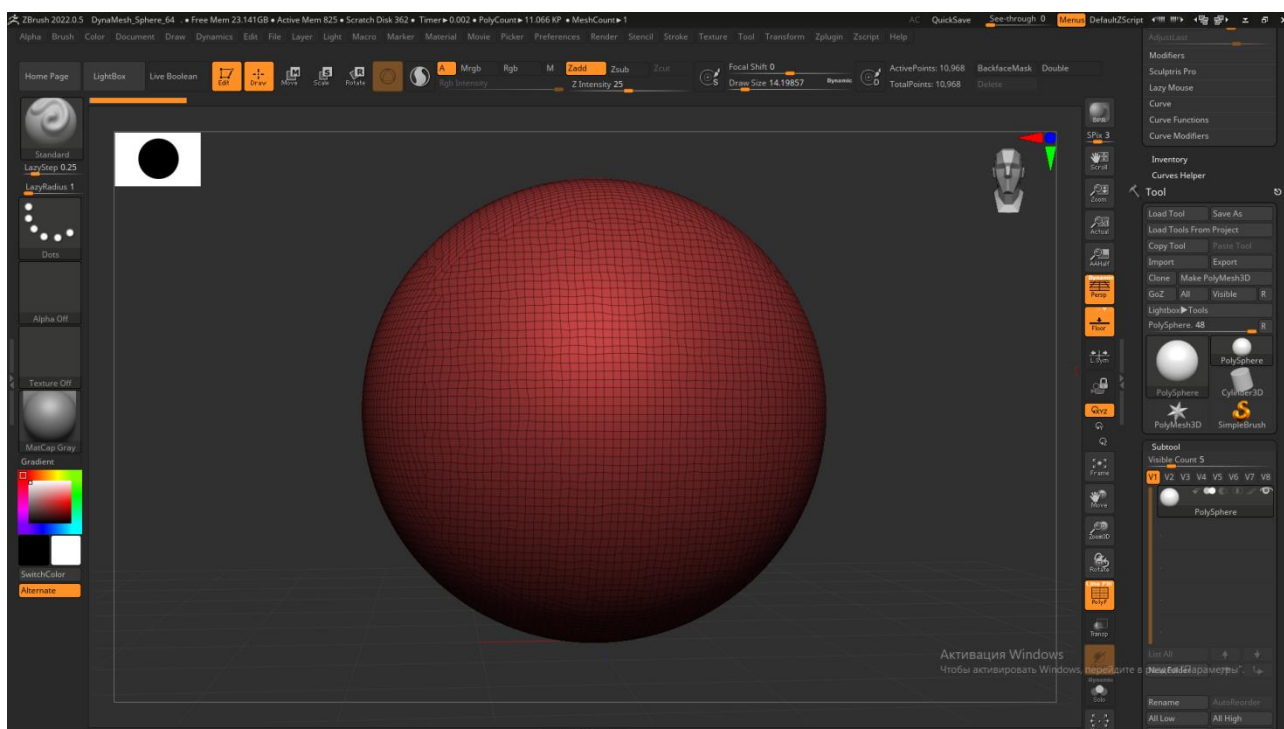


Рисунок 2.1 – Інтерфейс Zbrush

На сьогодні він визнаний найдосконалішим програмним забезпеченням для 3D-скульптури на ринку. Завдяки великому набору інструментів і широкому спектру програм легко зрозуміти, чому ZBrush став таким успішним.

## 2.2 Створення ескізу

Під час роботи з референсом(*ескіз, замальовка (п. персонажа, героя) – яка демонструє зовнішній вигляд, характер та інші особливості.*) персонажа, його можуть зобразити в досить драматичній позі, це чудово для фіксації рис персонажу, але через це можуть виникнути складнощі під час *blockout*'у.

Блокаут — один з найважливіших початкових етапів дизайну моделі, це процес, в якому використовуються примітивні геометричні форми (куб, сфера, циліндр, *plane* і т.д.) з метою відображення форми, розміру, пропорцій і т.д. моделі[9].

Ось кілька важливих речей, про які слід пам'ятати, створюючи *blockout*[17].

Під час роботи над блокаутом корисно розбити персонажа на:

- первинні форми (Голова, груди, стегна);
- вторинні форми (руки, ноги, прес);

Встановлюючи первинні форми, пропорції для моделі переносяться через весь процес створення персонажу:

- зберігати низьку роздільну здатність сітки. Таким чином легко пересувати та маніпулювати полігонами;
- звертатися до референсу. Завжди перевіряти референс (а також інші референси, які були підібрані), це особливо корисно, якщо застряг на першій стадії *blockout*;
- на стадії *blockout* завжди перевіряйте свою модель під кожним кутом.



Рисунок 2.2 – Blockout

Примітивні фігури з яких створюють базову форму персонажу розділені на subtools для більш зручного редагування моделі. Також примітивні фігури можуть бути об'єднанні в один subtool, але при цьому бути розділеними полігрупами.

SubTools створюють окремі фрагменти геометрії, а Polygroups створюють лише окремі області виділення.

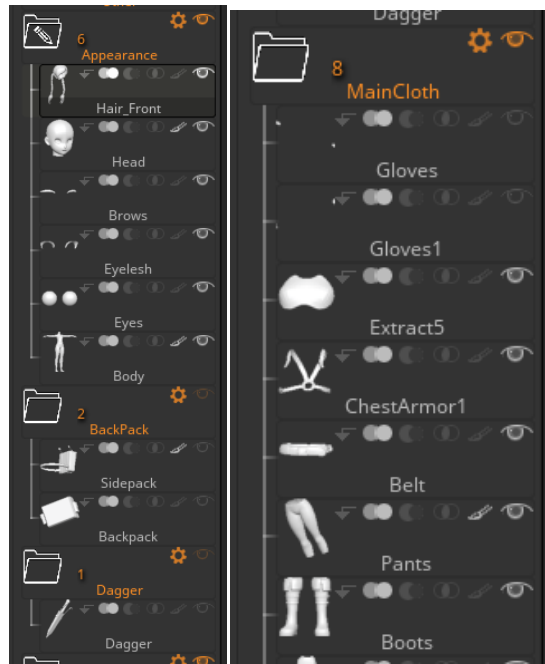


Рисунок 2.3 – Subtools

Полігрупи — це надзвичайно потужний спосіб роботи з сіткою. Різноманітні функції, такі як пензлі «Вставити сітку», використовують полігрупи[1].

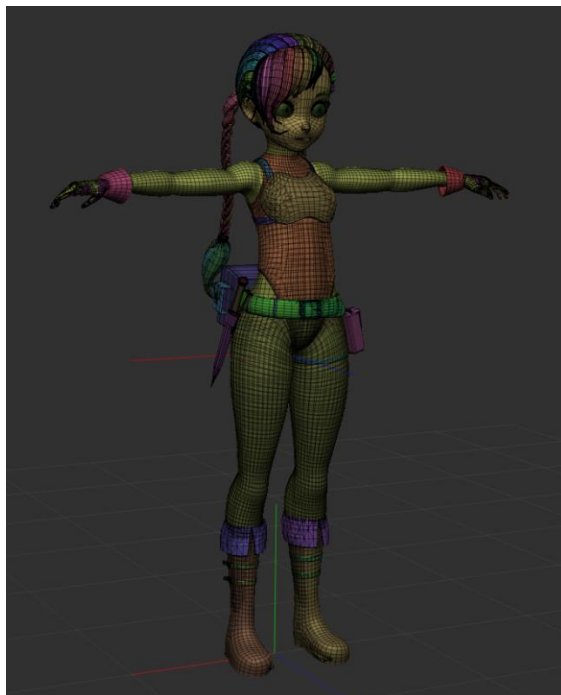


Рисунок 2.4 – Полігрупи

Крім Blockout, концепцію моделі створюють за допомогою ZSpheres — це вдосконалений інструмент ZBrush, який дозволяє швидко та легко «заскетчити» 3D-модель (зокрема органічну). Після того, як модель була сформована за допомогою ZSpheres, її можна «skinned» (з неї можна створити модель) для подальшого скульптурування. В інших 3D-програмах немає нічого схожого на Zspheres.



Рисунок 2.5 – Скетч з Zspheres

Ось кілька корисних прийомів щодо масштабування та переміщення:

- якщо змінювати розмір конектора, то всі елементи, що стоять нижче ієрархії, також будуть збільшуватися або зменшуватися;
- якщо в режимі SCALE натиснути на конектор, почати масштабувати і затиснути в процесі клавішу Alt, то можемо змінювати товщину наших кісточок;
- якщо затиснути Alt у режимі MOVE і рухати сфери або конектор, то всі елементи, що знаходяться нижче, будуть переміщатися;
- можна переміщати кілька сфер у режимі MOVE, використовуючи великий розмір пензля і захопивши потрібні об'єкти.

Тепер проводимо налаштування в Adaptive skin. Кнопка Preview перетворює нашу заготовку на майбутню геометрію. Якщо відключити Dynamesh, а потім перезапустити прев'ю, ми побачимо полігональну сітку.



Вона може виявитися специфічною з погляду топології. Щоб її підкоригувати, потрібно створити додаткові сфери, або поворушити вже існуючі.

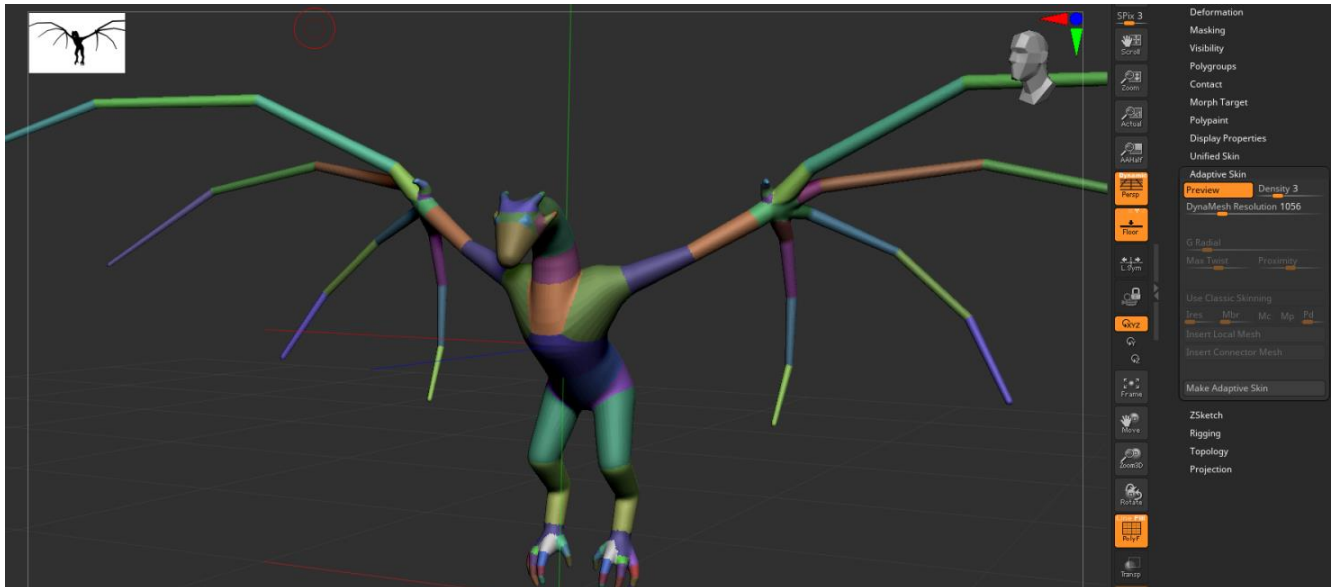


Рисунок 2.6 – Adaptive skin

Тут же є слайдери для налагодження відносин між сферами та конекторами. G Radial дозволяє змінювати деталізацію сітки. Max Twist та Proximity виправляють дефекти топології, наприклад, перекручування або перетин сфер.

Якщо хочемо відрегулювати щільність полігонів або рівень згладжування, крутимо повзунки Dynamesh Resolution та Density відповідно.

Залишилося натиснути кнопку Make adaptive skin та отримати новий тул, з яким можна працювати далі. Зрештою у нас з'явилася нова сцена. У ній буде геометрія з тим самим значенням Dynamesh, який ми поставили для ZSphere.

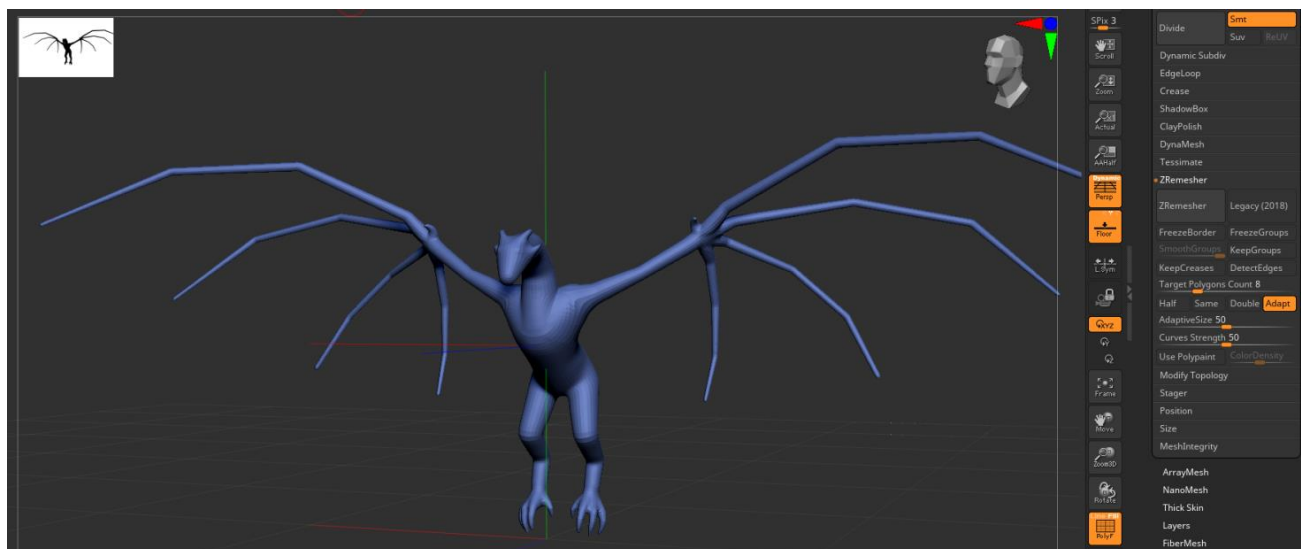


Рисунок 2.7 – Готова для скульптингу модель

За допомогою ZSphere ми підготували каркас, на основі якого можна ліпити персонажа. Важливо пам'ятати, що це лише заготівка, і не потрібно підходити до її створення надто скрупульозно. До того ж, сфери не можна масштабувати за однією з осей — вони масштабуються в усіх напрямках.

Примітка:

- adaptive skin — один із двох методів, за допомогою яких можна створювати оболонки моделей ZSphere. Він аналізує структуру моделі ZSphere, тобто як дочірні гілки формуються з батьківських гілок, і будує сітку (зазвичай низької роздільної здатності) на основі цього аналізу. З адаптивним оформленням кожна ZSphere (грубо кажучи) розглядається як куб або прямокутне тіло, кількість полігонів уздовж кожного краю куба визначається параметром Tool:Adaptive Skin:IRes. Адаптивне оформлення — це, ймовірно, найпоширеніший метод створення оболонки з ZSpheres, який дозволяє значно контролювати остаточну топологію, якщо ви витратите час на планування заздалегідь. У посібниках наведено гарні приклади використання адаптивного оформлення;

- unified skinning також можна використовувати для zspheres. Він створює сітку, просто об'єднуючи всі ZSpheres і покриваючи отриману поверхню сіткою (зазвичай високої роздільної здатності). Різні налаштування

контролюють, наскільки щільно сітка повторюватиме контури сфер, згладжування та остаточну щільність сітки. Уніфіковане оформлення спрощує створення моделей довільної структури, для яких не потрібен суворий контроль топології, або які слугуватимуть прототипом для пізніших моделей.

### 2.3 Скульптинг у Zbrush

У ZBrush є багато різних пензлів, якими можна ліпити. Кожен пензель має унікальну властивість. Крім того, пензлі в ZBrush можна змінювати за допомогою кількох важливих елементів керування, таких як Gravity, Wrap Mode або Density. Можно створити власні версії будь-якого пензля, налаштувавши параметри, зберігши пензель, щоб потім використовувати його[13].

Список базових пензлів, які регулярно використовують усі користувачі Zbrush:

1. Standard пензель. Оригінальний базовий пензель для скульптування ZBrush, і коли він використовується з його модифікаторами зі значеннями за замовчуванням, він зміщує назвні вершини, над якими він проходить, створюючи ефект додавання глини до скульптури.
2. Smooth пензель. Щітки Smooth згладжують деталі на поверхні до «середнього» рівня цієї поверхні.
3. Move пензель. Переміщає поверхність моделі на основі її орієнтації по глибині відносно камери
4. Inflat пензель. На відміну від стандартного пензля, який тягне або штовхає геометрію вздовж нормалі поверхні під центром пензля, Inflat розширює геометрію, штовхаючи вершини вздовж їхніх власних нормалей.
5. Flatten пензель. Дозволяє легко «втиснути» частини моделі в плоскі поверхні. Крім того, піднімає або опускає поверхню, вирівнюючи її.

6. Clay пензель. Ліпить поверхність за допомогою альф. Хоча інші щітки можна використовувати для цього, вони можуть мати побічні ефекти, які виникли в результаті їх «основного» призначення. Пензель для глини призначений спеціально для ліплення альфами і не викличе інших побічних ефектів.



Рисунок 2.8 – Набір Пензлів

## 2.4 Ретопологія

Ретопологія ZBrush або те, як ретопологізувати модель загалом, — це річ, яку мають опанувати всі 3D-скульптори чи 3D-моделювачі. Наявність моделі з високою деталізацією є лише частиною процесу, і щоб експортувати цю модель із ZBrush і перевести її в програму для анімації, знадобиться версія моделі з низькою кількістю полігонів[6].

Ця версія також повинна мати топологію, яка підходить для монтажу та деформується достатньо добре, щоб виконати необхідні дії. Навіть якщо створити статичні предмети, такі як каміння та дерева, знадобиться хороша

топология та точне ультрафіолетове відображення, щоб отримати хороші текстурні карти.

### *Методи ретопології ZBrush*

Зараз багато програм мають функції, які дозволяють створювати гарну базову топологию з сітки високої роздільної здатності.

### ZRemesher (автоматична ретопологія)

Найшвидший і найпростіший спосіб ретопологізації моделі — використання ZRemesher. Це так само просто, як сказати ZBrush, скільки полігонів ви хочете, і натиснути кнопку. Знайти його можна в Інструмент > Геометрія > ZRemesher. Введене число становить 1000 с, тому, якщо поставити п'ять, ви отримаєте приблизно 5000 полігонів. Це займе хвилину, щоб обчислити кількість полігонів, з яких ви починаєте. Результати часто чудові для моделей, яким не потрібні певні петлі по краях, як-от неживі об'єкти. Крайові петлі можуть бути не там, де вони вам потрібні, тому ми можемо вирішити це на наступному кроці[7].

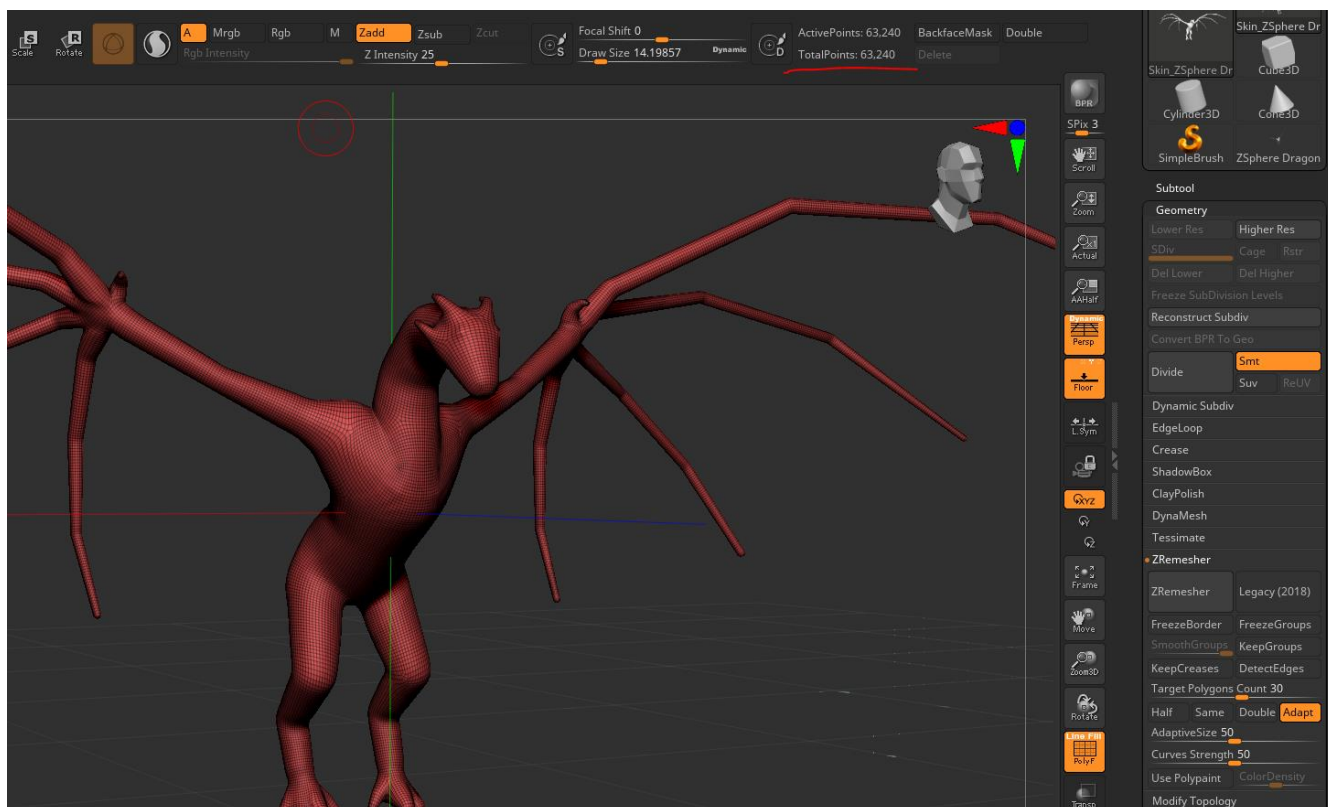


Рисунок 2.9 – До ретопології

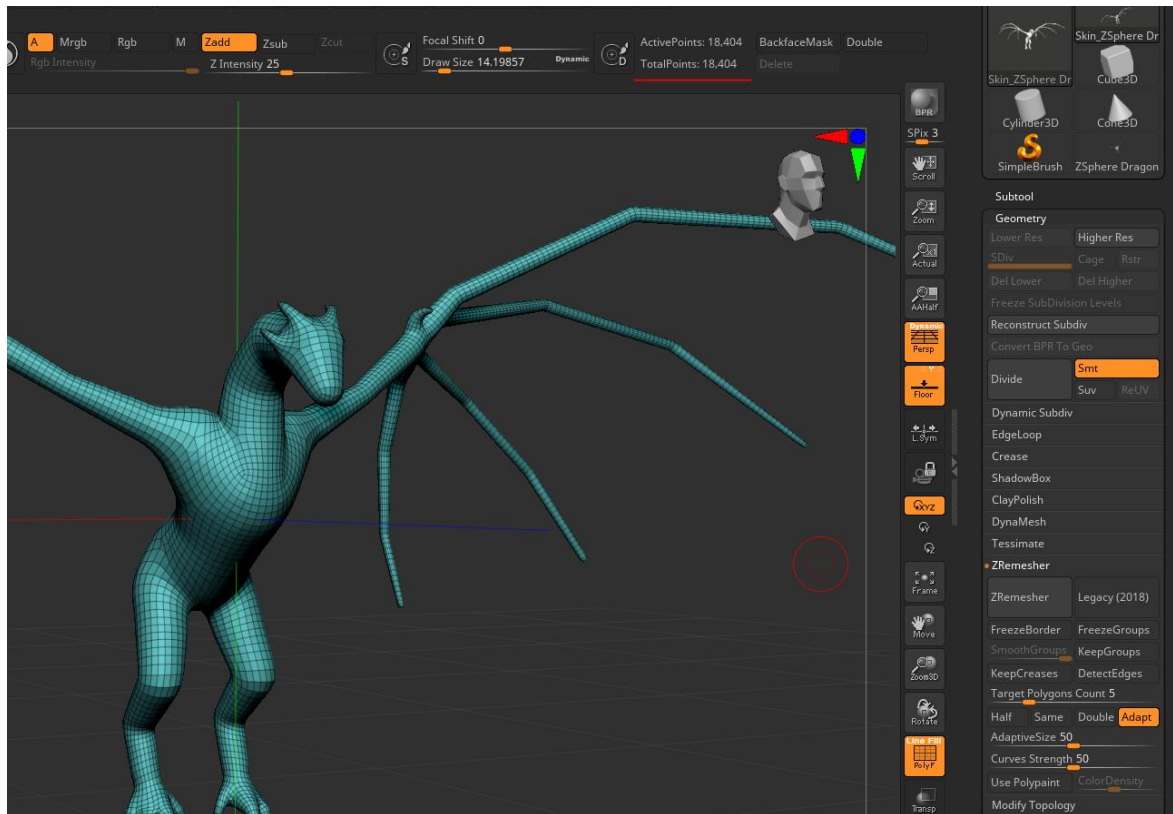


Рисунок 2.10 – Після ретопології

### ZRemesher guides

Щоб трохи більше контролювати краєві петлі, ви можете використовувати Zremesher guides, щоб вказати ZBrush, де розмістити певні петлі. Пензлем невеликого розміру намалуйте кільця навколо ділянок, де потрібні більш точні петлі. Зосередьтеся на таких областях, як очі, рот, вуха та будь-якому місці, де вам може знадобитися націлена петля. Після цього ви можете змінити налаштування на панелі ZRemesher, щоб покращити ситуацію. Адаптивні повзунки дають вам більше правильних полігонів. Повзунок Curve Strength робить ZBrush ближчим до ваших напрямних.

### Topology brush

Основна ідея полягає в тому, що тепер ви можете малювати лінії на сітці. Намалуйте чотири лінії, які перетинаються, і ZBrush надасть вам форму



багатокутника. Потім ви можете продовжувати малювати лінії, малюючи ті, які ви вже проклали, або продовжуючи від зелених точок, які зараз видно.

Продовжуйте малювати геометрію та за потреби створюйте нову низькополіграфічну сітку. Ви можете витягти геометрію в будь-який час, але якщо ви хочете мати лише одну товщину багатокутника (що важливо для ретопології), вам потрібно зберегти розмір малювання рівним 1. Якщо більше, ви отримаєте геометрію з поступово більш товстими стінками на основі розмір, який ви вводите.

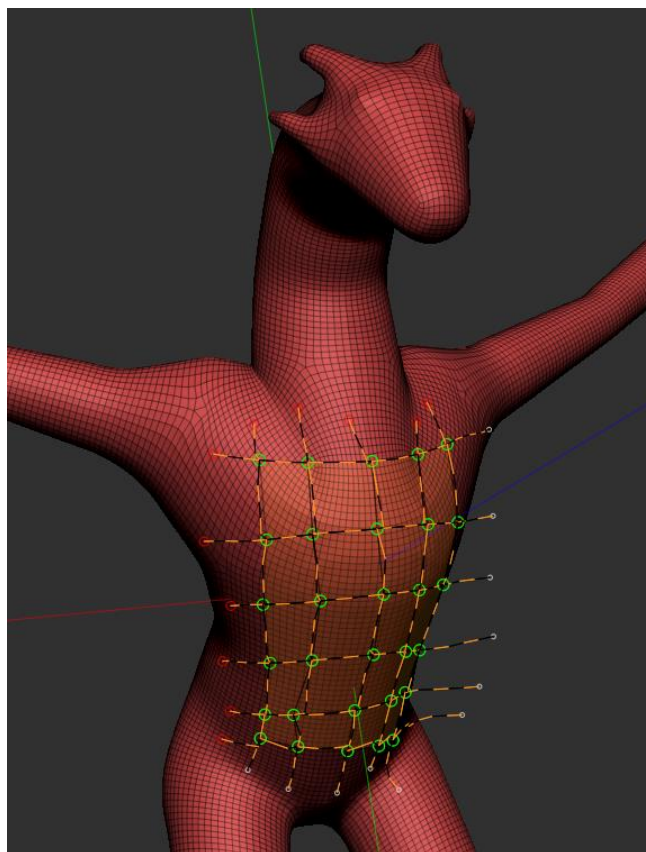


Рисунок 2.11 – Topology brush

### Zsphere

На відміну від Topology brush, інструмент ZSphere Topology використовує панель Adaptive Skin для завершення процесу. Коли вся ретопологія завершена, перейдіть до Інструмент> Адаптивна оболонка. Встановіть Density на 1 і DynaMesh Resolution на 0. Таким чином результуюча сітка буде точно такою, як

ви її намалювали, а не з високою роздільною здатністю. Коли ви натискаєте «Зробити адаптивну оболонку», нова топологія створюється як новий Ztool.



Рисунок 2.12 – Zsphere retopology

## 2.5 UvMap Zbrush

UV Mapping — це процес, за допомогою якого двовимірне зображення наноситься на тривимірний об'єкт. UV -координати повинні бути призначені моделі, перш ніж зображення може відобразитися правильно[19].

Подумайте про це як про очищення апельсина. Ви можете зрізати шкірку з апельсина і розкласти його рівно – це як ваше двовимірне зображення; і ви можете знову обернути шкірку навколо апельсина, і вона ідеально підійде – це як 2D-зображення, зіставлене з 3D-об'єктом. UV потрібні для того, щоб 3D-програма знала, яка частина зображення куди саме потрапила на 3D-об'єкті. Є багато способів очистити апельсин, і є багато способів призначити UV -координати.



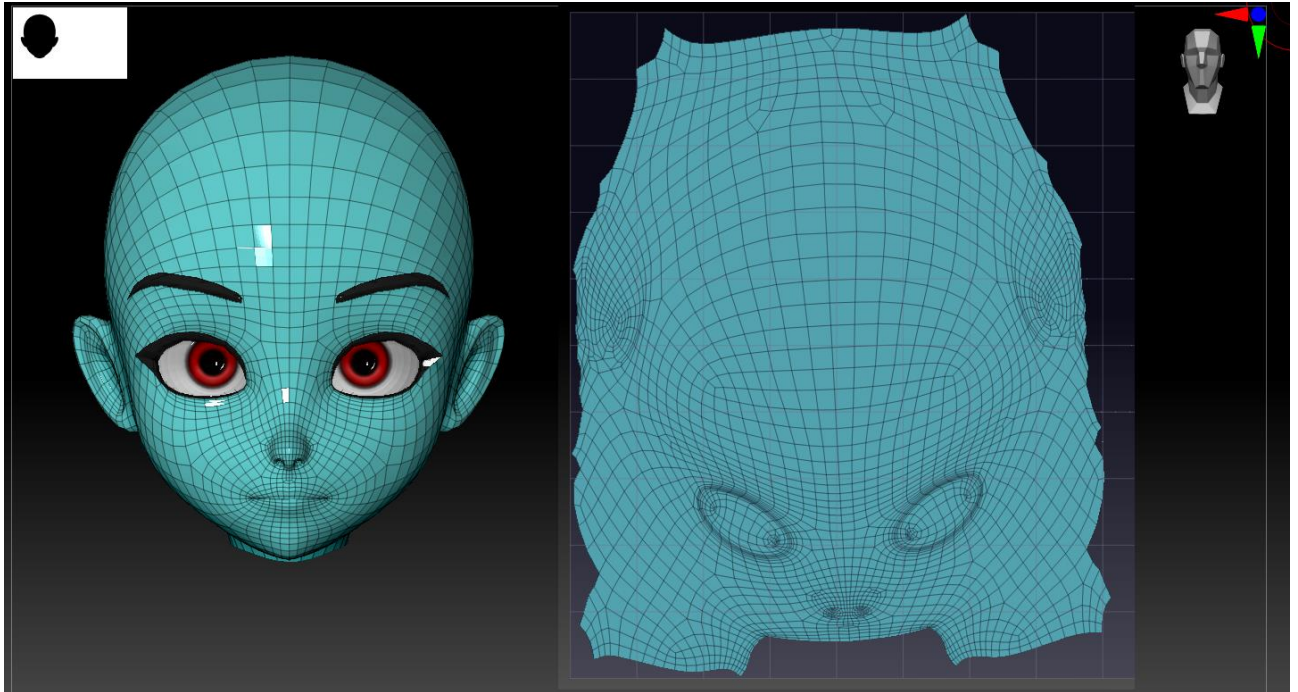


Рисунок – 2.13 Uv-Map

Щоб покращити розгортку, ми будемо використовувати Control Painting – подібний до Density, але призначений для захисту області або для притягнення швів. Фарбування великих площ дає кращі результати.

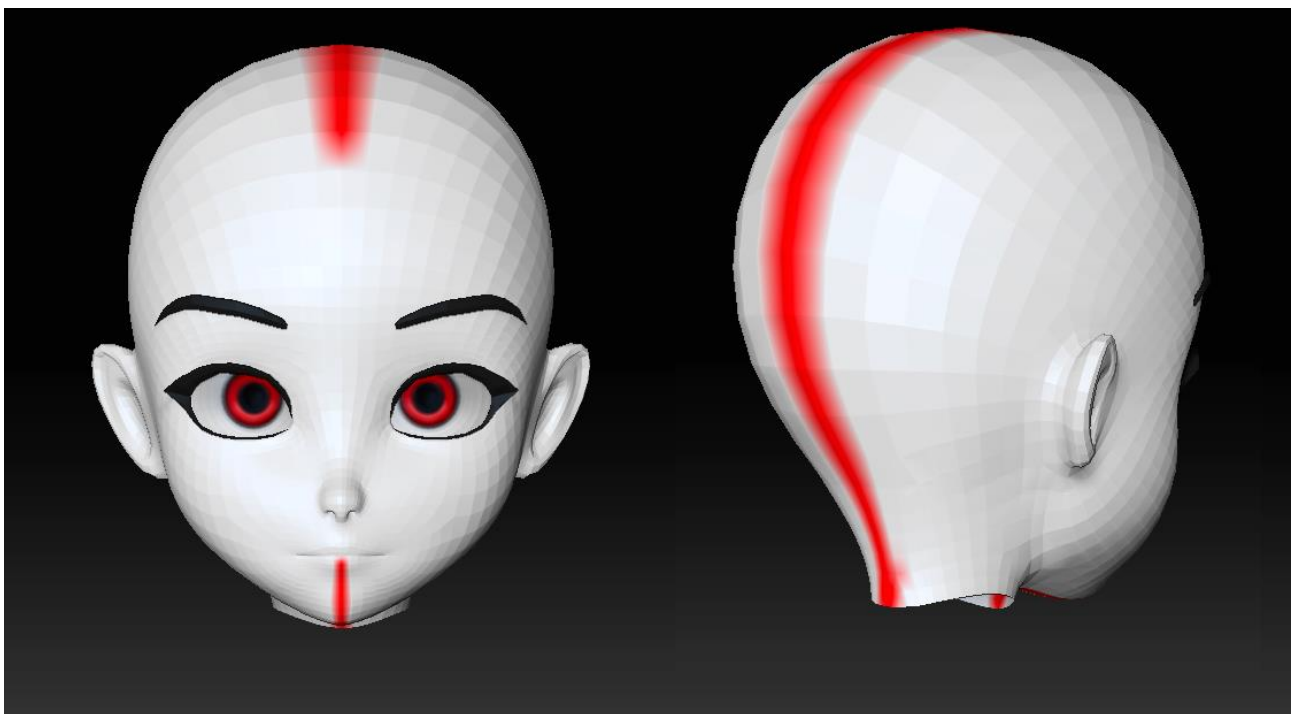


Рисунок 2.14 – Uv-Map Control Painting

## 2.6 Substance Painter

Substance Painter від Allegorithmic — неймовірно потужний інструмент для 3D-малювання. Його можна порівняти з 3D-версією Adobe Photoshop для цифрового малювання.

Основною метою Substance Painter є текстурування моделей. Удосконалені інструменти маскування та процедурного текстурування дозволяють створювати текстури, яких набагато важче отримати в суто двовимірних програмах, таких як Photoshop[4].

## 2.7 Особливості використовувати Substance Painter

До того, як я відкрив для себе Substance Painter, я працював над текстурами в поєднанні Photoshop і Zbrush, перемикаючись між ними.

Substance об'єднала цей робочий процес в єдину програму, яка значно підвищує швидкість роботи.

Він настільки потужний, що дозволяє швидко редагувати та створювати текстури для моделей, які працюватимуть на будь-якому механізмі, до якого їх імпортовано. Важливість цього для робочого процесу 3D-художника не можна недооцінювати.

Через це Substance Painter є частиною програмного забезпечення, яке широко використовується в ігровій індустрії.

Це включає такі компанії, як Capcom і Activision, а також цю програму, яка використовується в іграх високого профілю, як Uncharted 4 і Horizon Zero Dawn.

Програмне забезпечення дозволяє розробникам AAA швидко генерувати реалістичні текстури за менший проміжок часу, забезпечуючи швидший час виконання гри та вищу якість кінцевих сіток.

Його широке промислове використання також призвело до того, що Allegorithmic став настільки популярним, що його придбала компанія Adobe, яка продовжить розробку та маркетинг Substance Painter.

## 2.8 Інтерфейс і основні функції

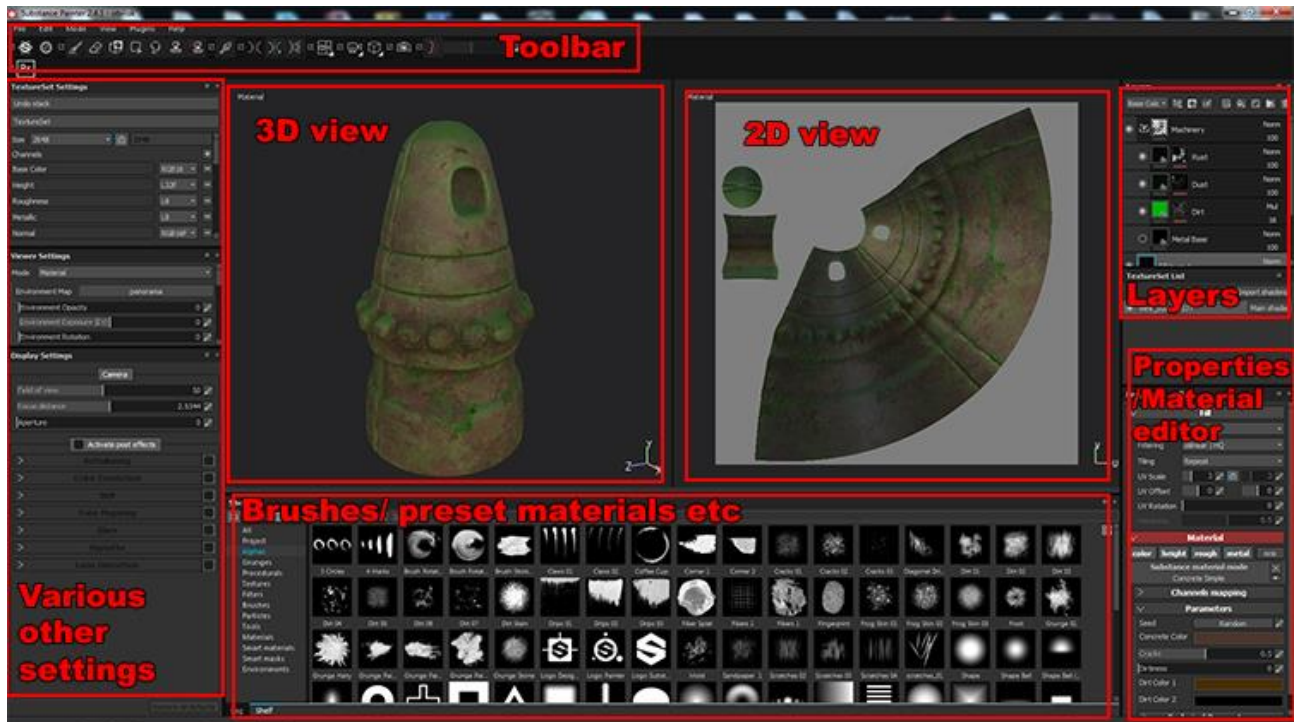


Рисунок 2.15 – Зображення інтерфейсу користувача Substance painter

На панелі інструментів нижче розташовані інструменти Substance, наприклад пензель для малювання, ластик для видалення помилок або зафарбовування непотрібних ділянок, а також великий набір інструментів для маскуванню.

Нижче цього ліворуч знаходяться різні інші налаштування.

Вони контролюють розмір текстури та дозволяють додавати додаткові базові карти, на яких ви можете малювати. Це також змінює параметри у засобі перегляду.

Можно точно налаштувати їх, щоб ближче відповідати кінцевій сцені, щоб не було спотворення кольору текстур через зміни освітлення чи інші фактори.

У нижній частині GUI знаходиться інструментарій.

Тут є великий вибір пензлів, alphas та інших карт, які можна використовувати для малювання чи маскуванню.

Існує також попередньо встановлений матеріал і текстури, які можна використовувати на своїх моделях і редагувати. Крім того, тут є ефекти частинок, які потім можна використовувати для створення ефектів у моделі.

У верхньому правому куті знаходиться панель шарів. Це має бути добре знайомим, якщо користуєтеся Photoshop, тому що вони багато в чому збігаються.

На цій панелі є розкритий список, який дозволяє вибрати окремі атрибути шару. У текстурах 3D PBR є кілька типів карт, таких як “height” та “normals”. Ця область інтерфейсу дозволяє малювати безпосередньо на окремих картах, що є дуже корисним інструментом.

Нижче розташована панель властивостей. Тут можна знайти більшість параметрів налаштування. Змінювати розмір пензля, кольори та роботу окремих частин текстури.

У центрі знаходиться 3D і 2D вікна. 2D-вікно показує текстуру моделі так, як вона виглядає на розгорнутій карті після її експорту. Тривимірне вікно показує, як модель виглядатиме після експорту.

## **2.9 Розширені функції та методи**

Однією з найкорисніших і найпотужніших функцій Substance Painter є інструменти для baking.

В іграх модель часто обмежені тим, наскільки висока полігональна модель, тому що якщо сцена стане занадто щільною, ви почнете втрачати продуктивність. Це особливо важливо для машин із низькими характеристиками[12].

Випікання дозволяє взяти базову сітку з низьким полі і зробити другу сітку з високим полі, використовуючи базову сітку як шаблон.

Отримавши всі потрібні деталі у високополігональній сітці, можна запекти її на низькополігональній сітці. Це означає, що Substance створить normal map.

Звичайні карти – це мапи фіолетового кольору, які зберігають дані про освітлення в яскравих кольорах.

Коли цю карту буде застосовано до низькополігональної сітки, механізм або рендерер зчитує карту нормалей, і це вплине на реакцію світла на модель. Це можна використовувати, щоб гострі краї виглядали гладкими або щоб додати дрібніші деталі, які вимагатимуть більшої кількості полігонів (гарний обхідний шлях).

Інструменти для випічки часто можна знайти в програмному забезпеченні 3D як стандарт (наприклад, у 3DS Max є такий). Але часто він набагато простіше, ніж той, що міститься в Substance.

Однією з найцікавіших функцій у Substance є та, про яку я згадував раніше: пензлі ефектів частинок.

Вони можуть бути використані для створення дощу, тріщин або витоків на ваших моделях. Це створює деякі гіперреалістичні гранж-ефекти, якщо все зроблено правильно. Випадковий характер цих процедурних ефектів у поєднанні з набором опцій означає, що ви ніколи не отримаєте той самий ефект двічі.

Треба бути обережним, коли граєтесь з цими параметрами. Надто висока швидкість появи випромінювачів частинок може спричинити проблеми навіть з високоякісними ПК, що призведе до деяких жахливих збоїв програмного забезпечення.

Нарешті, я хочу зупинитися на чудових інструментах маскуванню Substance Painter.

Маскування є дуже корисним у редагуванні та цифровому мистецтві, оскільки дозволяє захистити певні частини текстури від редагування. Це корисно для малювання візерунків на текстурі та для того, щоб переконатися, що він не виливається з того місця, де ви збираєтесь.

Substance Painter має кілька варіантів маскуванню. До них належать вибір окремих багатокутників, вибір ідентифікаторів матеріалів, які встановлюємо

під час моделювання, вибір за однорідними кольорами та стандартний метод малювання у власних масках.

Усі вони мають власне використання та дуже важливі для загального робочого процесу.

Існує ще багато чого, що можна розповісти про Substance, але я думаю, що це дає чіткий огляд.

## **2.10 Робота з Substance painter**

Перш ніж ви використовувати Substance Painter, спочатку знадобиться багатокутна модель, яка була належним чином розгорнута в UV. Цей 3D-ресурс буде імпортовано та використано як поверхню/об'єкт для малювання.

Типовий робочий процес для дизайну гри та анімації за допомогою цього інструменту виглядає приблизно так:

Низькополігональний об'єкт моделюється в Maya або Blender, а його UV-координати розгортаються.

Модель уточнюється в спеціальній програмі для ліплення, наприклад ZBrush або Mudbox, або за допомогою функції ліплення Blender. Після створення високодеталізованої високополігональної моделі генеруються різні карти нерівностей/нормал/переміщень.

Різні карти рельєфу/нормалії/переміщення застосовуються до низькополігональної моделі та експортуються в Substance Painter для малювання текстури.

Після застосування текстури до моделі вона екпортується назад у програмне забезпечення для 3D-моделювання для ригінгу та створення ключових кадрів.

Короткий приклад роботи Substance Painter.

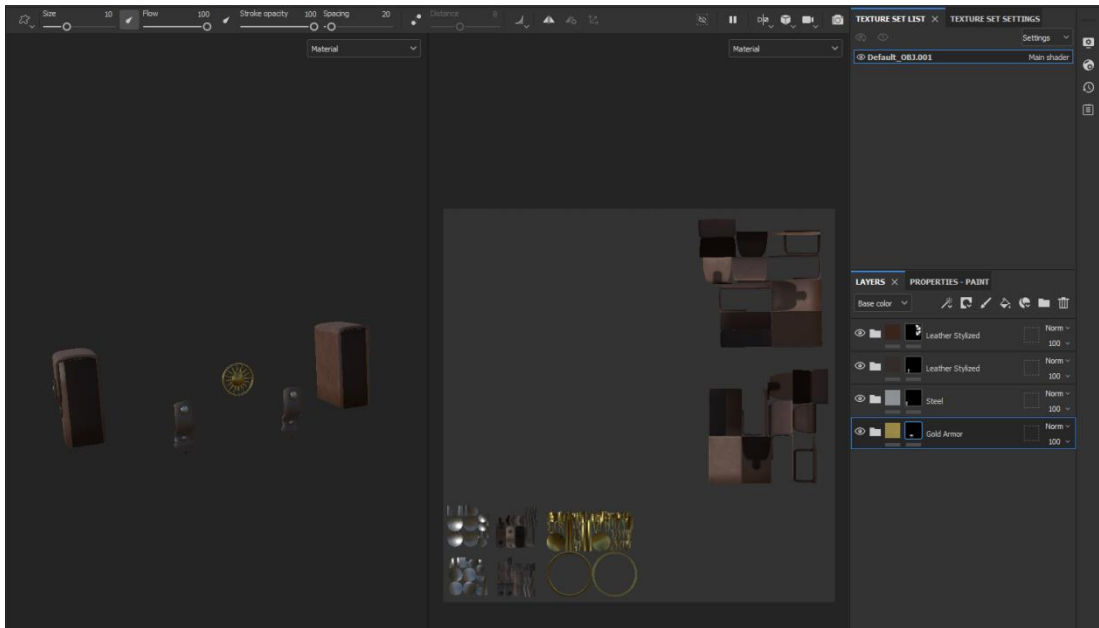


Рисунок 2.16 – Substance Painter 1

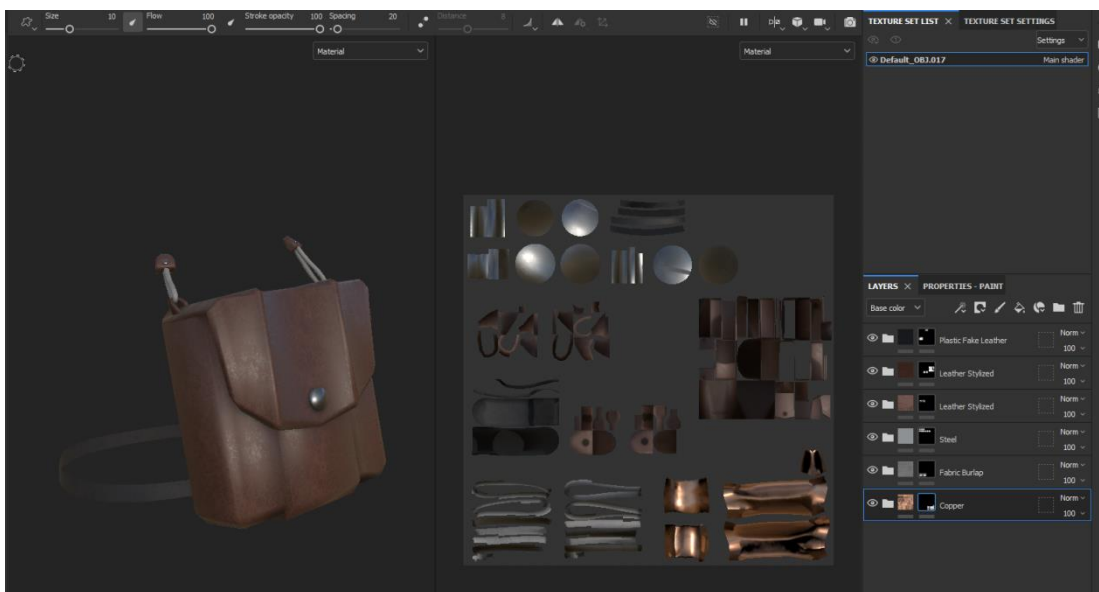


Рисунок 2.17 – Substance Painter 2

Будучи спеціальною програмою забезпеченням для малювання текстур, Substance Painter має великий перелік функцій, призначених для максимально ефективного процесу текстурювання, зокрема:

- інтеграція програмного забезпечення в реальному часі з ігровими движками Unreal Engine 4 і Unity;

- вікно перегляду в режимі реального часу PBR (фізичне відтворення) із трасуванням променів. Це означає, що ваша модель візуалізується з реальними значеннями освітлення, забезпечуючи максимально реалістичні текстури;
- широкий вибір типів файлів імпорту та експорту для інтеграції з Maya, 3DS Max, Blender, Houdini та Cinema4D.
- смарт матеріали, які динамічно адаптуються, додаючи випадкового зношення до текстури;
- доступ до Substance Share, великої цифрової бібліотеки плагінів, розумних матеріалів, шейдерів, фільтрів і пензлів;
- експорт 8K, найвища роздільна здатність, яка наразі стандартно використовується;
- створення ефекту частинок для додавання динамічного вивітрювання матеріалам і текстурам;
- швидкий імпорт матеріалів, створених у Substance Designer.

## 2.11 Marvelous Designer

Marvelous Designer — це програма для моделювання тканини, яка використовується для створення динамічного 3D-одягу для ігор, фільмів, 3D-мистецтва та 3D-анімації. Marvelous Designer є світовим лідером у сфері цифрових графічних рішень, спрямованих на спрощення робочих процесів для створення реалістичного тривимірного одягу. Він став галузевим стандартом для створення 3D-активів віртуального одягу для ігор, віртуальних ефектів, дизайну та архітектури[3].

У реальному світі викрійки одягу використовують швачки для створення одягу. Вони малюють викрійки, креслять викрійки, кроють тканину одягу за викрійками, а потім зшивають викрійки. Кожен предмет одягу виготовляється за викрійками одягу. Щоб створити 3D-одяг у Marvelous Designer, потрібно також створити цифрові шаблони одягу.



### Переваг програми:

- можливість редагувати аватари персонажів для того, щоб максимально точно змоделювати одяг;
- велика кількість вбудованих шаблонів виробів;
- відмінна фізика тканини, що робить кінечний вид виробу дуже реалістичним;
- можливість моделювати поведінку тканини у русі (наприклад, при потоці повітря);
- функція запису анімації одягу при русі;
- можливість працювати не лише з одягом, а й з меблями та інтер'єрним текстилем;
- простий та зрозумілий інтерфейс, доступний для освоєння навіть новачками;
- сумісність із багатьма форматами файлів з інших 3D-програм (FBX, OBJ, Maya Cache, LHO та ін.);
- при грамотному використанні інструмент дозволить розробити максимально реалістичну модель костюма, яка буде ефектно виглядати і на великих планах у кіно чи грі, і на рекламному банері.

### 2.12 Avatar Marvelous Designer

Аватар Marvelous Designer — це манекен, для якого створюватиметься одяг. Але в даному випадку йдеться не тільки про модель тіла людини - це ПЗ застосовується в різних сферах, тому як манекени можуть виступати тварини, предмети меблів, техніка і т.д. У програму можна завантажити 3D-фігуру персонажа, яку ви створили в іншій програмі, наприклад, Maya. Але можна працювати і зі стандартними аватарами, залишивши їх без змін або змінивши розміри, форму, параметри фігури[18].

Як для професіоналів, так і для початківців «Marvelous Designer» здасться простим та зручним у використанні. Перед початком роботи необхідно

вивантажити аватар із бібліотеки у робочу сцену. Для імпорту можна використовувати опції Opencollada чи Geometry Cache Format. В одному з вікон з'явиться тривимірний манекен, в іншому – його силует для подальшого редагування 2D-моделей одягу (створення, зшивання, зміни розмірів). У третьому вікні можна знайти перелік тканин, які задіяні у проекті, застібок (пряжок, гудзиків тощо), а також параметрів сцени. Меню з тканинами дозволяє задавати відтінки, щільність та ступінь еластичності тканини, змінюючи її фізику.

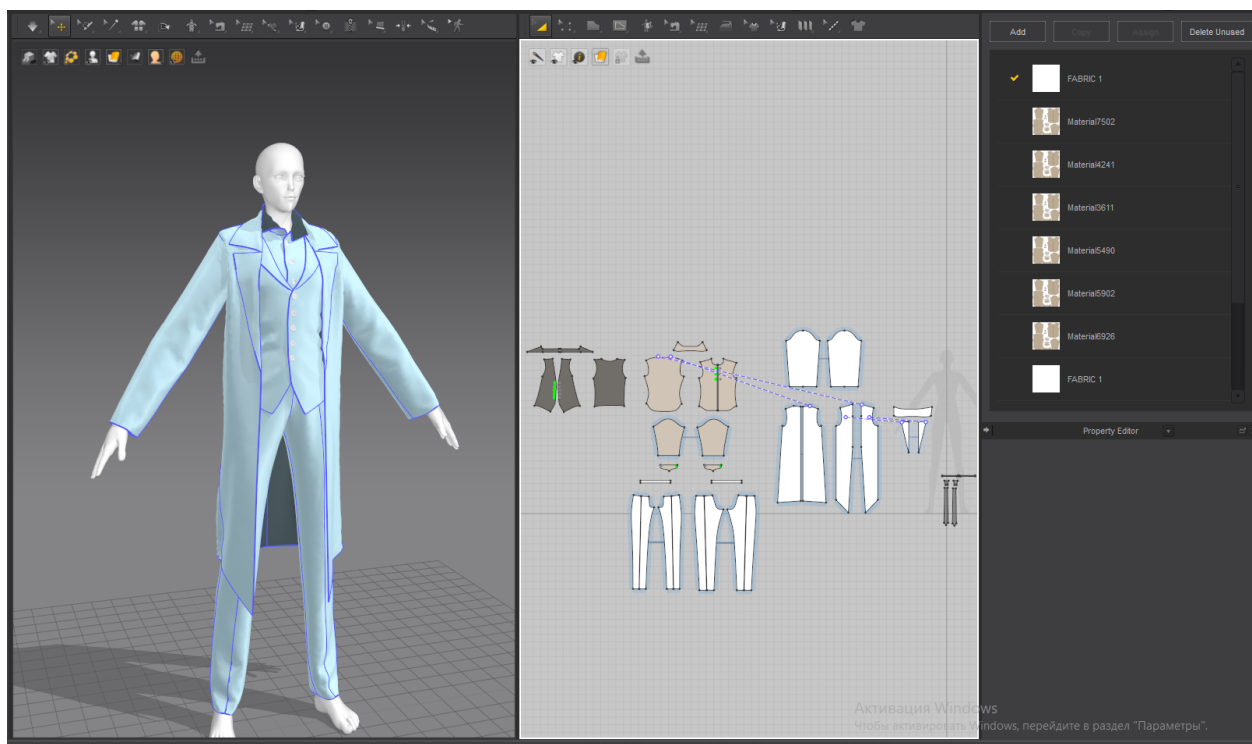


Рисунок 2.18 – Демонстрація Можливостей Marvelous Designer

### 2.13 Pattern Marvelous Designer

Pattern — шаблон деталі одягу, яким згодом викроюється і зшивається повноцінний виріб. Marvelous Designer одяг створюється за шаблонами патернів, які можна імпортувати вже з усіма потрібними розмірами (наприклад з AutoCAD) або створити вручну[11].

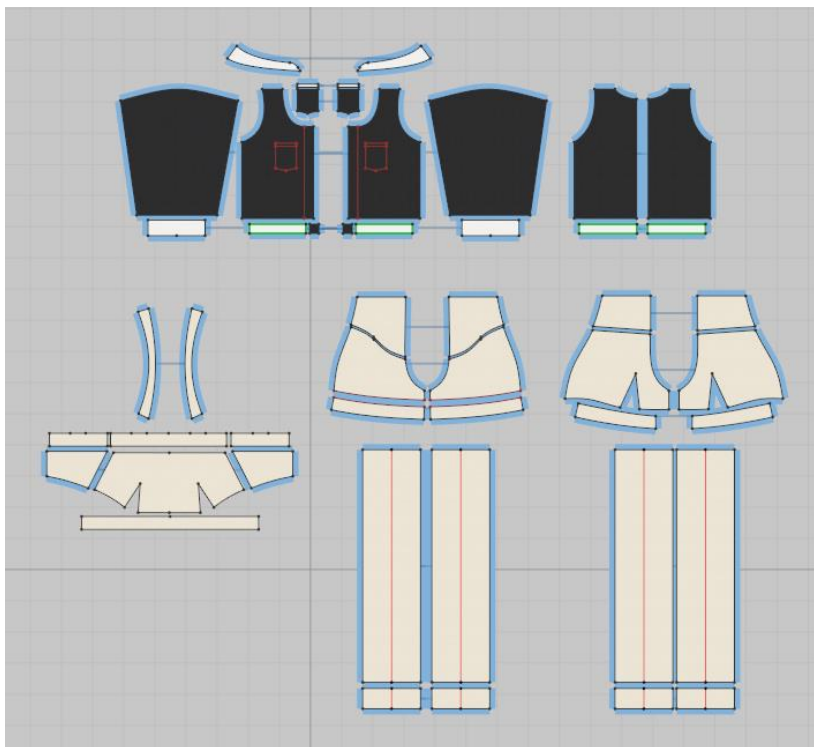


Рисунок 2.19 – Marvelous Designer Patterns

Другий спосіб швидше та простіше для тих, хто не працює з креслярськими програмами. Спочатку потрібно знайти зображення патернів потрібного предмета одягу (наприклад, куртки). Це можна зробити як просто в пошуковій системі, так і в профільних журналах з шиття і в'язання (наприклад Burda). Потім потрібно додати картинку з патерном у Marvelous Designer і за контурами всіх елементів патерна створити полігон - геометричну фігуру, що повторює форму патерна. Щоб патерн не залишився порожнім, потрібно створити для нього нову тканину за допомогою кнопки Add у вікні Fabric. Готову тканину слід перетягнути на раніше створений полігон і підігнати за розміром, використовуючи функцію Edit Texture (2D).

Створити нові патерни можна за допомогою інструменту Polygon - для цього необхідно обвести деталі з контуру з шаблону. Щоб патерни максимально відповідали формі манекена, можна додати вигини функцією Edit Curvature та точки інструментом Add Point. Зазначимо, що на відміну від популярних редакторів на кшталт 3ds Max, у «Marvelous Designer» для

створення ефекту об'єму або звуження в одязі використовуються не вершини, а розрізи, які в кравців називають виточками.

## 2.14 Текстуриг і принтіг у Marvelous Designer



Рисунок 2.20 – Орнамент, виконаний у ZBrush, нанесений на сконструйований у Marvelous Designer жилет

Текстури та принти можна імпортувати в Marvelous Designer зі сторонніх джерел. Дане ПЗ призначене для роботи саме з патернами, і у власних бібліотеках у нього не представлено базових фактур та принтів.

Для створення реалістичної тривимірної фактури шкіри або металу з тисненим орнаментом можна використовувати Zbrush. Це дозволить прискорити та значно спростити процес роботи.

Щоб імпортувати дані з інших програм, слід конвертувати їх у формати OBJ, FBX, Alembic, Maya Cache, PC2, LXC або MDD.

## 2.15 Деталізація і симуляція у Marvelous Designer

### *Робота з деталями*

Щоб одяг, створений у «Marvelous», виглядав максимально реалістично, програма передбачає можливість додавання дрібних елементів оздоблення:

гудзиків, блискавок, швів. Всім деталям можна задати певну вагу, і тоді вони відтягуватимуть тканину вниз.

Команда «Симуляція» одягає готовий костюм на манекен, щоб оцінити результат проведеної роботи. Спроектований виріб стає як би живим: набуває віртуальної маси, лягає по всіх вигинах тіла або предмета. В активному режимі можна не тільки оглянути одяг з усіх боків, а й «обсмикнути» його лівою затиснутою кнопкою миші, щоб річ виглядала на персонажі краще.

Симуляція дозволяє перевірити коректність лекал: чи правильно була розкрита тканина, чи немає зайвих заломів та надлишків матеріалу. Функція є актуальною для конструкторів одягу, які використовують Marvelous Designer для розробки викрійок реальних речей. Їм не потрібно витрачати час та кошти на пошиття макета – всі недоліки можна побачити на віртуальній моделі. Крім того, симуляція допомагає зрозуміти, як виглядатиме річ при зміні пози моделі: коли вона стоїть, йде, присідає і т.д. Ще одна важлива функція програми - можливість записати відеоролик з рухом одягу на персонажі, наприклад, при впливі вітру, тобто створити анімацію.

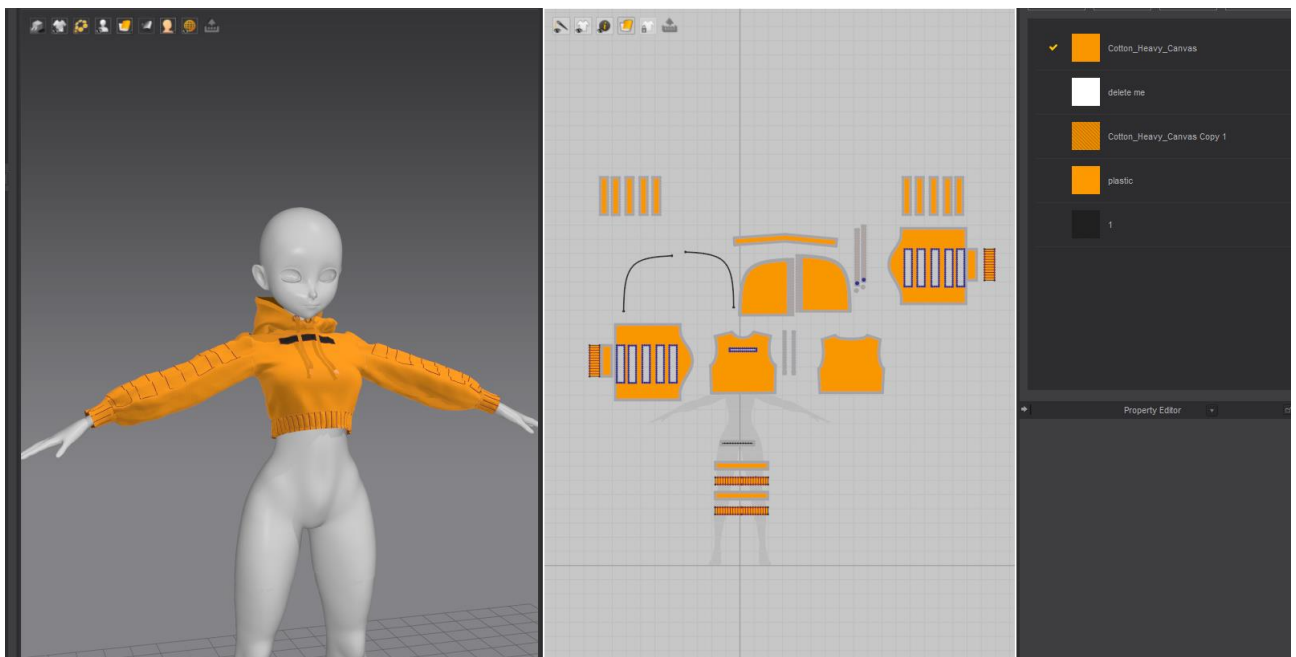


Рисунок 2.21 – Демонстрація #2 Можливостей Marvelous Designer

## **Висновок до другого розділу**

У даному розділі описан по етапний план створення 3D моделі. Кожний етап роботи виконувався, по можливості, окремо використовую спеціально відведені для цього програмні застосунки.

У першому етапі з використанням ZBrush створювався blockout, з подальшою деталізацією моделі до моменту, коли вона відповідала референсу. По закінченню була ретопологована і розвернута (UV-Map).

У другому етапі був представлений Substance Painter, його роль була у створенні шарів (карт) природного кольору, відтінків, нерівностей та інших деталей. Комбінація цих карт представляє текстуру, яка може бути деталізована до такого стану, що текстуровану модель не відлічити від реальної. Вона передає уявлення, який цей матеріал на дотик, просто дивлячись на модель. Таким чином, такі 3D-моделі зазвичай справляють набагато краще враження, будь то ігровий персонаж або об'єкт для презентації.

Marvelous Designer використовувався у третьому етапі його роль була створення динамічної 3D-тканини. Він надає можливість симуляції поведінки тканини, дозволяючи створювати реалістичний дизайн одягу з розгортками, швами та іншими деталями.

По закінченню роботи маємо повністю готову статичну 3D модель.

### 3. BLENDER. ПЕРЕТВОРЕННЯ СТАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДО ДИНАМІЧНОЇ

Blender має широкий набір інструментів, що робить його придатним майже для будь-якого виду виробництва медіа. Професіонали, любителі та студії по всьому світу використовують його для створення анімації, ігрових ресурсів, анімаційної графіки, телешоу, концептуального мистецтва, розкадрування, рекламних роликів і художніх фільмів[5].

Blender — це повністю інтегрований пакет для створення 3D-контенту, який пропонує широкий спектр основних інструментів, включаючи моделювання, рендеринг, анімацію та монтаж, редагування відео, VFX, композицію, текстурювання та багато типів симуляції.

Він кросплатформний із графічним інтерфейсом OpenGL, який є єдиним для всіх основних платформ (і налаштовується за допомогою сценаріїв Python).

Він має високоякісну 3D-архітектуру, що забезпечує швидкий і ефективний робочий процес створення.

Має активну підтримку спільноти.

Функцій у Blender забагато, щоб їх всі перелічити. Якщо не вистачає якоїсь функції, швидше за все, існує доповнення, яке пропонує її. Більшість додатків безкоштовні, хоча деякі платні.

Нижче я наведу короткий та узагальнений опис його функціоналу.

#### *Meshes*

Можно працювати з сіткою моделі, починаючи з базової форми. Це означає, що ви працюєте безпосередньо з вершинами (точками, що визначають форму), ребрами або гранями сітки. Ви можете вибрати тип виділення, який бажаєте використовувати, а потім додавати, видавлювати, масштабувати, переміщувати та видаляти їх за бажанням.

#### Beziers & NURBS Curves (2D)

Beziers & NURBS Curves використовують контрольні точки, щоб призначити вагу та напрямок початковій і кінцевій точкам сегмента кривої, які

можна об'єднати разом, щоб утворити складну форму. Потім це можна перетворити на сітку, щоб додати об'єм, або експортувати у SVG для лазерного різання чи введення з ЧПК, подібно до файлу DXF[14].

### Beziers & NURBS Surfaces (3D)

Тривимірні поверхні працюють так само, як двовимірні криві, використовуючи контрольні точки, початкову та кінцеву точки для визначення математично гладких поверхонь у заданих межах. Потім ви можете перетворити їх на сітку або експортувати безпосередньо в STL. Потім файли STL можна імпортувати безпосередньо в машину для нарізки 3D-принтера для друку або інструмент САМ для обробки з ЧПК.

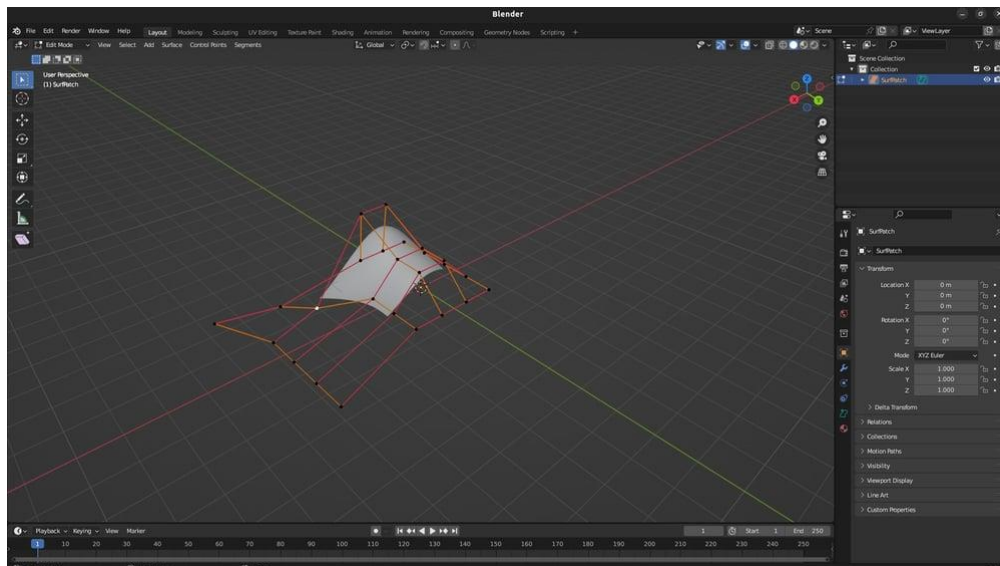


Рисунок 3.1 – Beziers & NURBS Surfaces

## 3.1 Потужна сторона Blender

Потужність і універсальність Blender можна пояснити двома основними факторами: його природою з відкритим кодом і великою бібліотекою плагінів, створених користувачами[15].

Природа відкритого вихідного коду:



- blender є програмним забезпеченням з відкритим кодом, що означає, що його вихідний код є у вільному доступі. Ця відкритість заохочує співпрацю, інновації та постійне вдосконалення глобальної спільноти розробників, митців та ентузіастів;

- відкритий вихідний код дозволяє користувачам налаштовувати та розширювати функціональні можливості Blender відповідно до своїх потреб. Розробники можуть змінювати вихідний код, додавати нові функції та виправляти помилки, забезпечуючи швидкий і динамічний процес розробки;

- природа Blender з відкритим кодом також сприяє прозорості, підзвітності та участі спільноти. Користувачі можуть брати активну участь в обговореннях, повідомляти про проблеми та робити внесок у розробку програмного забезпечення, що робить його інструментом, керованим спільнотою.

Плагіни, створені користувачами:

- blender має величезну бібліотеку плагінів, створених користувачами, також відомих як додатки, які значно розширюють його можливості та адаптивність. Ці плагіни створені користувачами та розробниками Blender, які використовують API Python Blender для розширення його функціональності;

- наявність плагінів задовольняє різні спеціалізовані потреби та робочі процеси, надаючи користувачам доступ до широкого спектру інструментів, ефектів, параметрів імпорту/експорту та вдосконалень робочого процесу;

- користувачі можуть знайти плагіни для таких завдань, як візуалізація архітектури, анімація персонажів, симуляція фізики, візуалізація, компонування та багато іншого. Ці плагіни часто розробляються та вільно поширюються в спільноті Blender, збагачуючи загальний досвід Blender;

- система плагінів також дозволяє користувачам створювати власні інструменти та робочі процеси, надаючи їм можливість адаптувати Blender до своїх конкретних проектів або виробничих конвеєрів.

Поєднуючи свою природу з відкритим вихідним кодом і велику бібліотеку плагінів, створених користувачами, Blender стає потужним і адаптованим інструментом для 3D-моделювання, анімації, візуальних ефектів тощо. Це дозволяє користувачам використовувати колективний творчий потенціал і досвід спільноти Blender, постійно розширюючи можливості та розсуваючи межі того, чого можна досягти за допомогою програмного забезпечення.

### **3.2 Blender Digital Sculpting**

Цю функцію можна використовувати як у режимі additive так і у subtractive (тобто обозначена область поверхні моделі може бути піднята або спущена). Режим ліплення включає спеціальну робочу область із багатьма різними типами пензлів, і ця робоча область ліплення може мати інший макет вікна перегляду, ніж основна робоча область. Скульптинг у блендері це аналог Zbrush, але його якість, функціонал, те як пензлі редактують поверхню сітки дуже далекі від Zbrush[16].

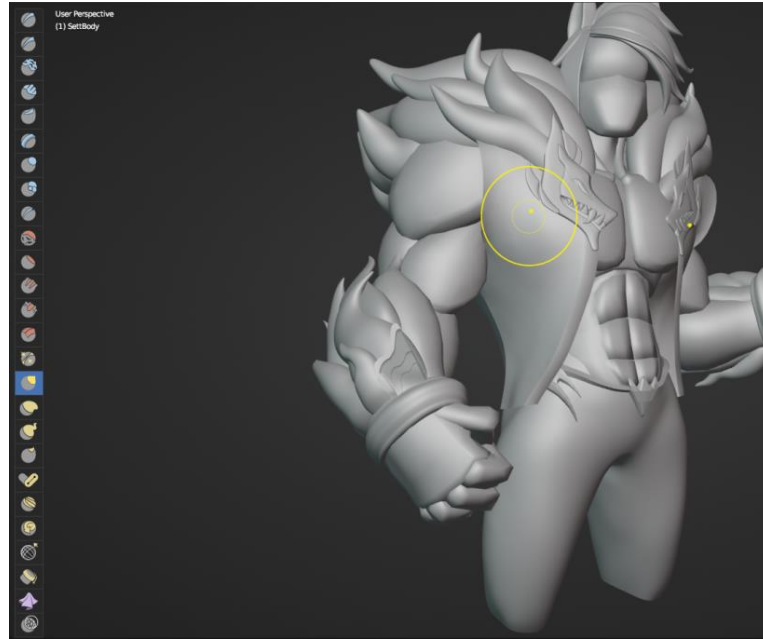


Рисунок 3.2 – Blender Sculpting

### Boolean Operations

Логічні операції в основному використовуються для з'єднання, відрізання або вибору частин різних 3D-форм, що перекриваються. Як правило, ці операції виконуються на складних тривимірних формах, і вони найкраще працюють на багатоманітних сітках, але їх також можна виконувати на Beziers and NURBS curves and surfaces.

Наприклад, якщо ви хочете створити ніж, ви можете змоделювати ручку та лезо окремо, а потім з'єднати їх за допомогою логічної операції Union. Або, якщо ви хочете просто зробити оболочку ножа, ви можете змоделювати лезо, зовнішню сторону оболочку, а потім використати операцію «Boolean», щоб видалити форму леза з внутрішньої сторони оболочку.

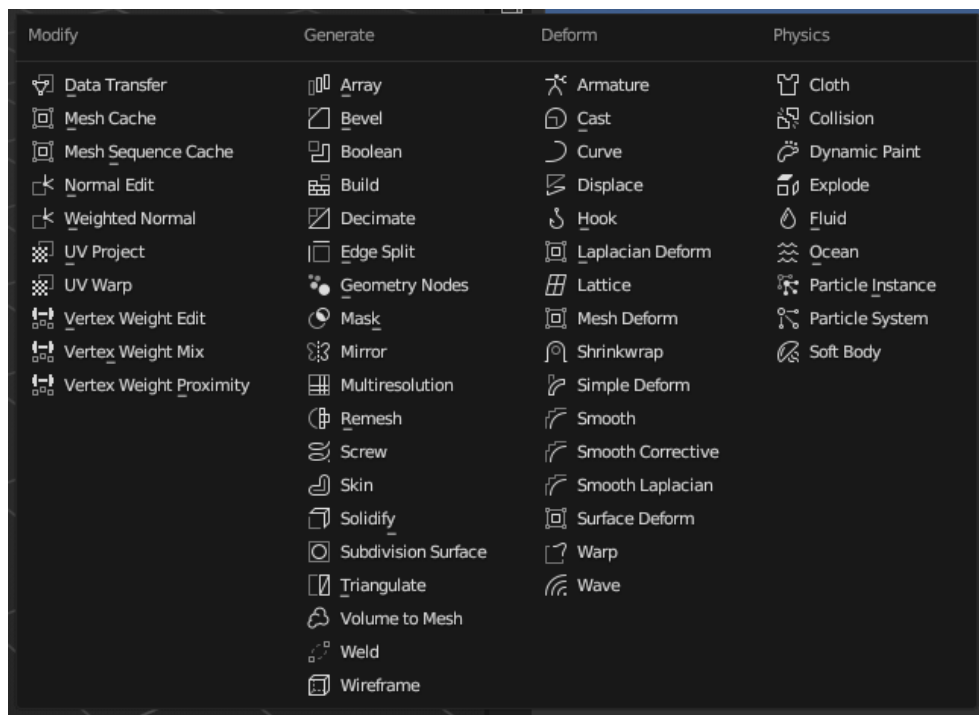


Рисунок 3.3 – List of Boolean Operations

### 3.3 Blender Rendering

Як згадувалося раніше, Blender часто використовується для комп'ютерно створених зображень (CGI). Це означає, що Blender може приймати тривимірну форму, деякі визначення матеріалів (кольори, відбивна здатність, прозорість тощо) і деякі параметри камери, щоб перетворити дизайн у вікні перегляду на реалістичне зображення[8].

Є способи поекспериментувати з освітленням або різними методами візуалізації, щоб створити зображення, схожі на мультфільми, і неймовірно фотореалістичні результати. Як правило, відтворене зображення потребує більше часу для відтворення, ніж те, що ви бачите у вікні перегляду, оскільки Blender використовує багато обчислень для їх створення. Можна вибрати різні параметри роздільної здатності та формат файлу вихідного зображення залежно від цільового використання.

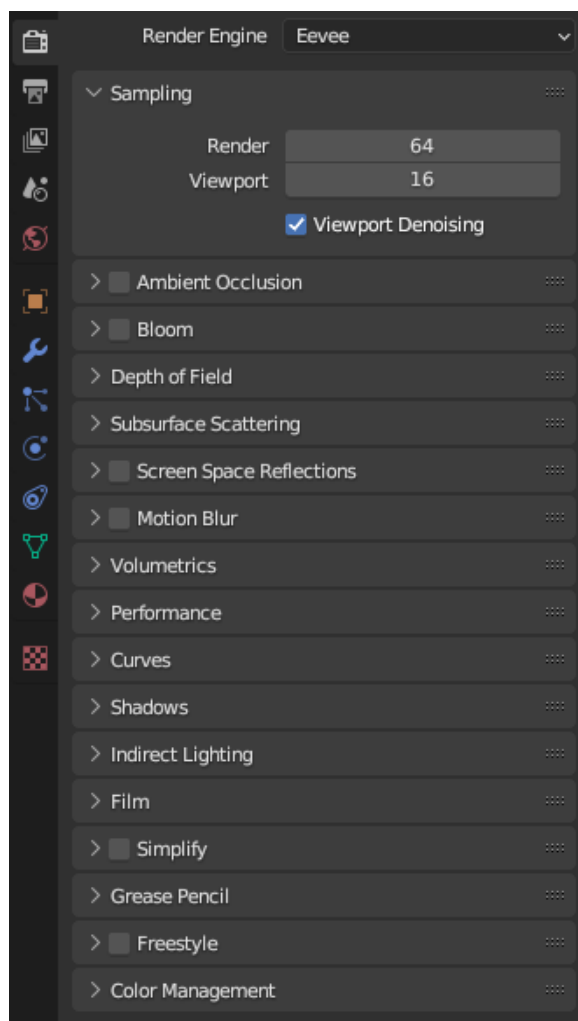


Рисунок 3.4 – Render Properties

### 3.4 BlenderAnimation

Blender також використовується для анімації, анімувати об'єкти відносно один одного та включати спеціальні ефекти, як рух волосся, рідини чи диму. Або навіть можна піти далі й створити те, що називається *rigging*, на моделі та анімувати елементи, як ляльку. Елементи установки змінять спосіб відображення вашої сітки.

Типовий приклад — анімація персонажа. Якщо ви хочете зробити модель людини, яка йде, вам слід створити просту структуру кістки, яка імітує людське тіло.



Рисунок 3.5 – simple char armature

Для анімування створюється armature для статичної моделі в Blender.

Armature в Blender можна вважати подібною до побудови справжнього скелета, і, як і справжній скелет, armature може складатися з багатьох кісток. Ці кістки можна переміщати, і все, до чого вони прикріплені або з чим вони пов'язані, рухатиметься та деформуватиметься подібним чином.

«Armature» — це тип об'єкта, який використовується для такелажу. Rig — це елементи керування та мотузки, які рухають маріонетку (ляльку). Об'єкт арматури запозичив багато ідей у реальних скелетів.



Рисунок 3.6 – detailed char armature

Розмальовування ваги: після прив'язки сітки до арматури налаштування впливу кожної кістки на сітку за допомогою малювання ваги. У режимі «Малювання ваги» вибирається кістка на панелі «Armature». Використовуючи інструменти пензля, налаштується значення ваг, контролюючи, наскільки кожна кістка впливає на різні частини сітки.

У режимі позингу перевіряється weight paint, щоб побачити, як кістки деформують сітку. Переконавшись, що установка переміщує сітку, як потрібно провояться подальші необхідні налаштування для досягнення бажаної деформації та функціональності.

Weight paint — це техніка, яка використовується в 3D-комп'ютерній графіці для призначення різних рівнів впливу або «ваги» певним ділянкам сітки, пов'язуючи їх із певними кістками в арматурі. Іншими словами, малювання ваги визначає, наскільки кожна кістка впливає на різні частини 3D-моделі під час анімації.

Коли сітка прикріплена до арматури, кістки контролюють рух і деформацію моделі. Малювання ваги дозволяє вказати ступінь впливу кожної кістки на певну вершину або групу вершин у сітці. Ці значення ваги коливаються від 0 до 1, де 0 означає відсутність впливу, а 1 означає повний вплив.

Процес фарбування ваги включає в себе:

1. Вибір сітки, яка кріпиться до арматури.
2. Перехід у режим Weight Paint у Blender.
3. Вибір кістки з арматури для розпису її тягарців.
4. Використання інструментів пензля для застосування значень ваги до вершин.

- Більше значення ваги означає, що кістка сильніше впливає на вершини, спричиняючи більшу деформацію.

- Менше значення ваги означає менший вплив, що призводить до мінімальної деформації.

- Фарбування різних значень ваги дозволяє досягти плавних переходів і точно контролювати деформації.

Розмальовуючи вагу 3D-моделі, ви визначаєте, як кістки впливають на її вершини, забезпечуючи реалістичні та точні рухи під час анімації. Це важливий крок у процесі монтажу, який дозволяє художникам створювати реалістичні анімації персонажів або складні деформації у своїх 3D-проектах.



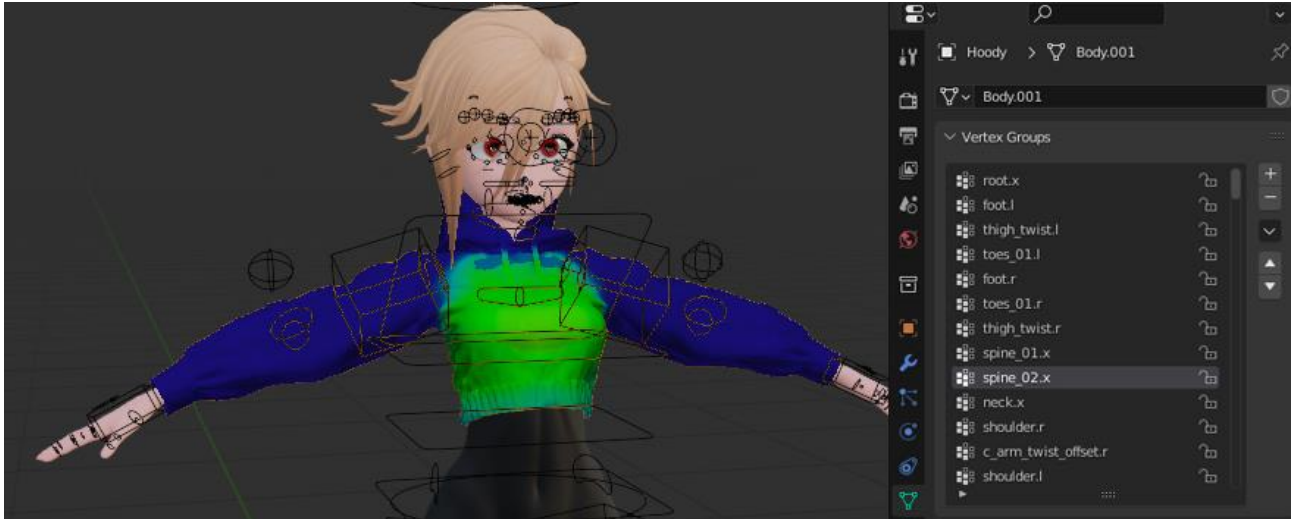


Рисунок 3.7 – Weight paint

### 3.5 Важливість ретопології

Ретопологія — це важливий процес у 3D-моделюванні, який передбачає створення нової сітки з оптимізованою топологією над наявною 3D-моделлю.

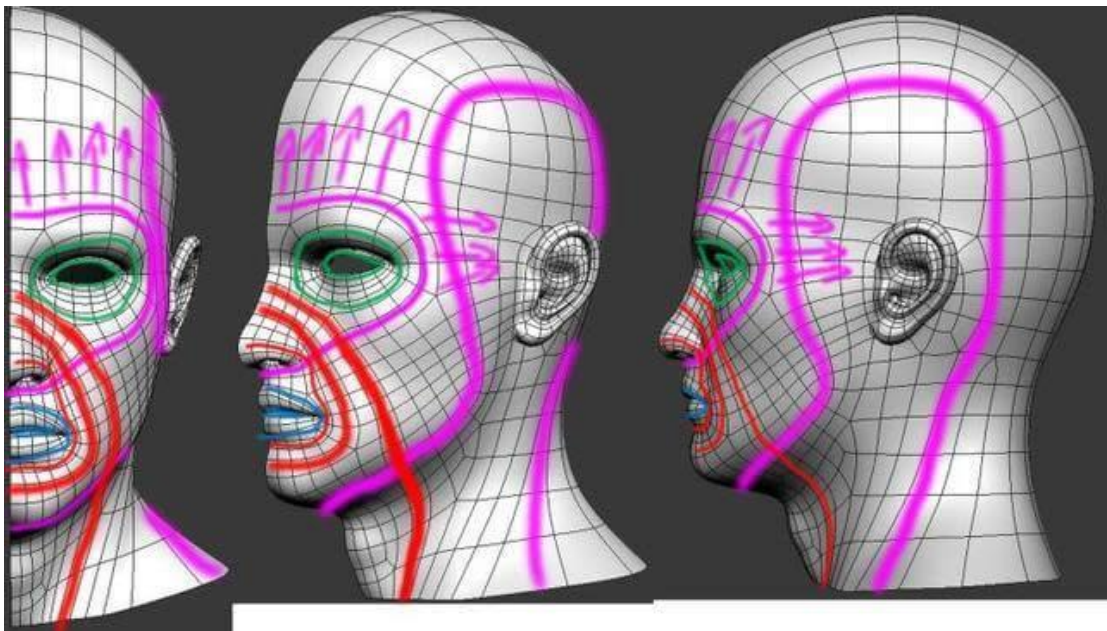


Рисунок 3.8 – retopology anatomy

Це важливо з кількох причин:

1. *Покращена сітчаста топологія:* вихідні 3D-моделі можуть мати неправильну або безладну топологію через такі фактори, як скульптування або сканування з високою роздільною здатністю.

Ретопологія дозволяє створити чисту та ефективну сітчасту структуру з рівномірно розподіленими полігонами. Ця оптимізована топологія забезпечує кращу деформацію під час анімації, гладкіший вигляд поверхні та ефективнішу візуалізацію.

2. *Анімація та монтаж*: добре побудована топологія є важливою для правильної деформації під час анімації персонажа. Ретопологізуючи модель, ви можете створити оптимізований потік країв, який повторює природні контури об'єкта чи персонажа. Це забезпечує кращу артикуляцію та реалістичні рухи під час монтажу та анімації моделі.

3. *Оптимізація продуктивності*: ретопологія допомагає зменшити загальну кількість полігонів моделі, зберігаючи її візуальну якість. Створюючи сітку з ефективною топологією, ви можете оптимізувати модель для додатків у реальному часі, таких як відеоігри чи інтерактивний досвід. Ця оптимізація покращує продуктивність за рахунок скорочення часу візуалізації та мінімізації обчислювальних вимог.

4. *UV-розгортання та відображення текстур*: ретопологізовані моделі часто забезпечують кращі УФ-макети для текстуровання. Оптимізована топологія дозволяє точніше та ефективніше розгортати УФ, що спрощує процес нанесення текстур і матеріалів на модель. Це забезпечує мінімальне спотворення текстури та полегшує малювання або проектування текстури.

5. *Співпраця та ефективність робочого процесу*: чиста та добре організована топологія спрощує співпрацю між художниками, які працюють над одним проектом. Інші члени команди легше розуміють і змінюють ретопологізовані моделі, підвищуючи загальну ефективність робочого процесу та сприяючи плавнішому виробничому процесу.

Таким чином, ретопологія є важливою для оптимізації 3D-моделей шляхом створення нової сітки з покращеною топологією. Це покращує

анімаційні можливості моделі, продуктивність, ультрафіолетове розгортання та співпрацю, що зрештою призводить до кращої якості зображення та ефективніших робочих процесів.

### 3.6 Morphing

У контексті 3D-моделювання та анімації морфінг відноситься до техніки, яка використовується для плавного переходу між різними формами або виглядом 3D-моделі. Він передбачає змішування або інтерполяцію вершин або точок однієї моделі з іншою моделлю для створення плавної трансформації.

Морфінг забезпечує плавний перехід між двома або більше різними формами або станами моделі з часом. Його зазвичай використовують для створення плавної та природно виглядаючої анімації, як-от зміна форми персонажів, поступова зміна виразу обличчя або перетворення різних об'єктів.

Процес морфінгу зазвичай включає такі кроки:

1. *Визначення ключових форми*: створення двох або більше ключових форм або станів моделі. Ці фігури представляють різні форми, між якими потрібно переходити. Це можуть бути різні пози, вирази обличчя або абсолютно різні предмети.

2. *Встановлення відповідності*: визначення відповідності між вершинами ключових форм. Це передбачає визначення того, які вершини однієї фігури відповідають вершинам іншої форми. Ця відповідність є важливою для плавного змішування форм.

3. *Обчислення проміжних форм*: використовуючи техніку інтерполяції, обчислити положення вершин для проміжних фігур між ключовими фігурами. Це робиться шляхом змішування позицій відповідних вершин на основі заданого параметра або шкали часу.

4. *Створення проміжних кадрів*: на основі обчислених проміжних форм створить серію проміжних кадрів, які представляють поступовий перехід від

однієї ключової форми до іншої. Кількість кадрів і швидкість переходу можна регулювати для досягнення бажаного ефекту.

5. *Анімація та рендеринг*: використовуючи згенеровані кадри для анімації моделі та рендерингу послідовності морфінгу. Це може передбачати застосування додаткових ефектів, текстур або матеріалів для покращення візуальної якості морфінг-анімації.

Морфінг можна реалізувати за допомогою різних методів, таких як лінійна інтерполяція (LERP), інтерполяція форми (SHAPE) або змішані форми (також відомі як ключі форми). Кожна техніка пропонує різні рівні контролю та художні можливості для досягнення плавних і реалістичних ефектів морфінгу.

Загалом морфінг — це потужна техніка в 3D-моделюванні та анімації, яка забезпечує плавні переходи між різними формами або виглядом моделі, додаючи візуального інтересу та динамічних трансформацій до анімованих послідовностей.

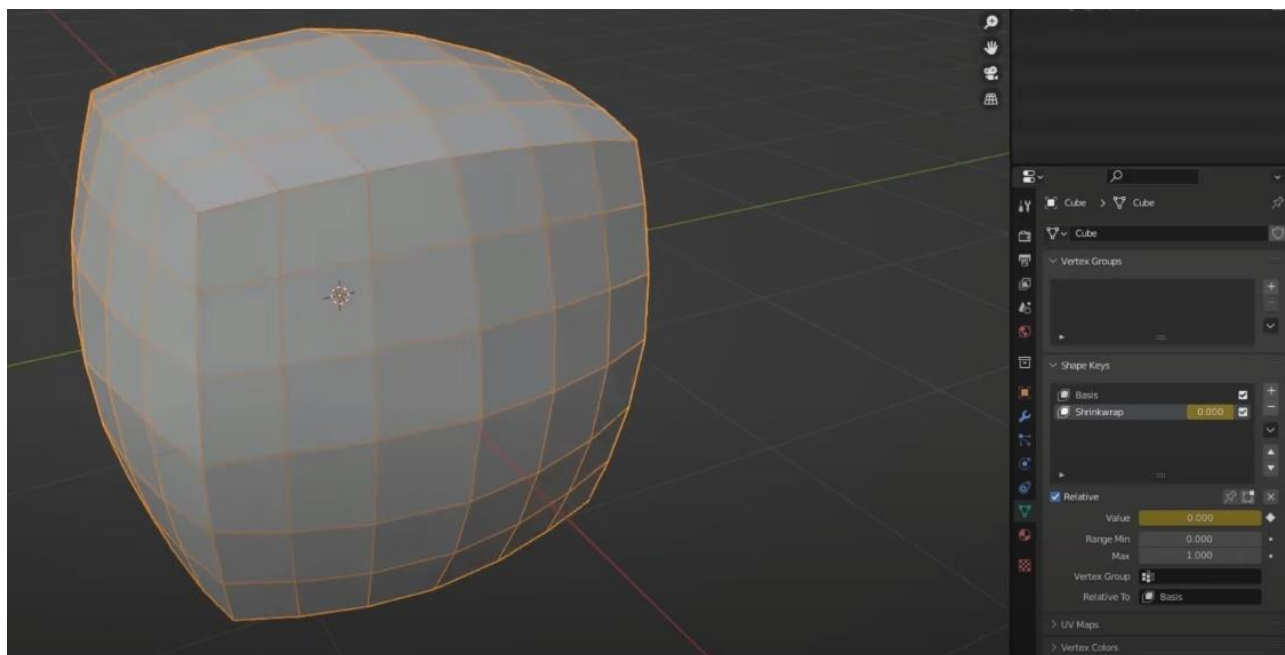


Рисунок 3.9 – простий morphing

### 3.7 Blender morphing facial animation

Морфінг, також відомий як анімація ключа форми, — це неймовірна техніка в Blender, яка дозволяє створювати реалістичні анімації обличчя. Він включає в себе маніпулювання сіткою шляхом інтерполяції між різними положеннями вершин, що дає змогу досягти широкого діапазону виразів обличчя[20].

По-перше, потрібно почати з базової моделі персонажа. Ця модель повинна мати чисту топологію та бути готовою до анімації. Корисно мати нейтральний вираз як відправну точку для виразу обличчя.

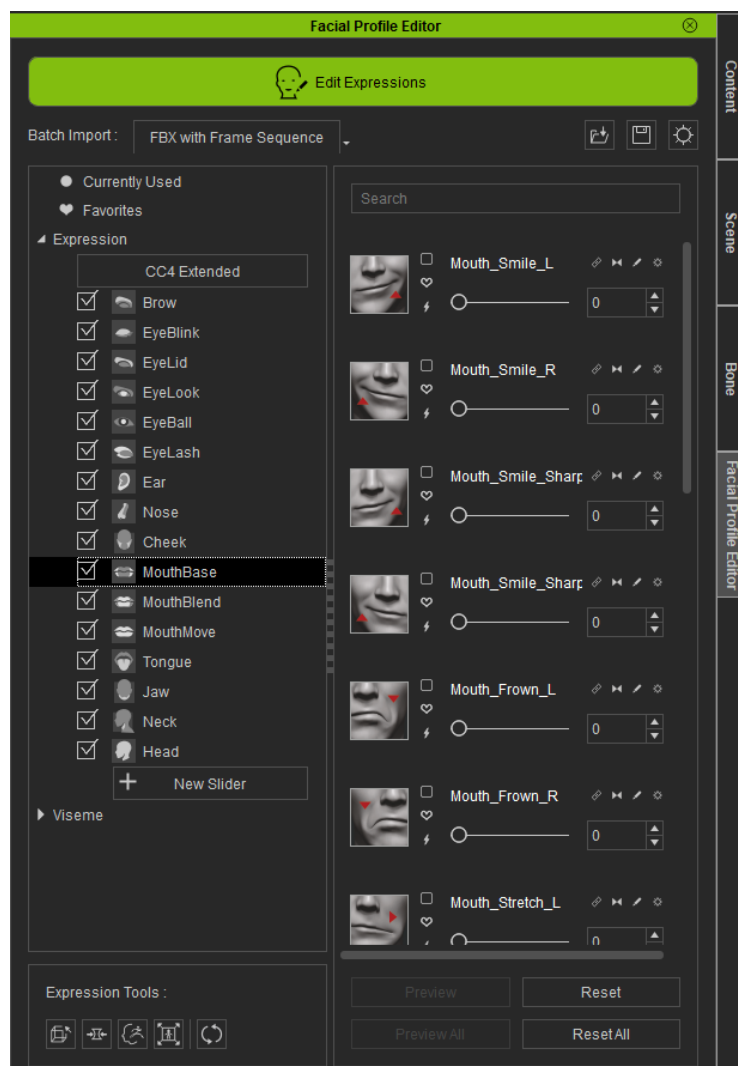


Рисунок 3.10 – Встановлення простих key frame'ов для комбінації у вирази обличчя

Далі на вкладці «Дані об'єкта» панелі «Властивості» Blender у розділі «Ключі форми» можна почати створювати ключі форми. За замовчуванням він матиме ключ форми під назвою «Basis», який представляє вихідну сітку.

Щоб виліпити ключі форми, треба вибрати ключ основної форми і у режимі редагування можна починати маніпулювати вершинами, щоб сформувати обличчя персонажа для певного виразу. Наприклад, можна перемістити вершини, щоб створити посмішку або підняти брови. Щоб забезпечити точність, краще зосередитись на одному ключі форми за раз.

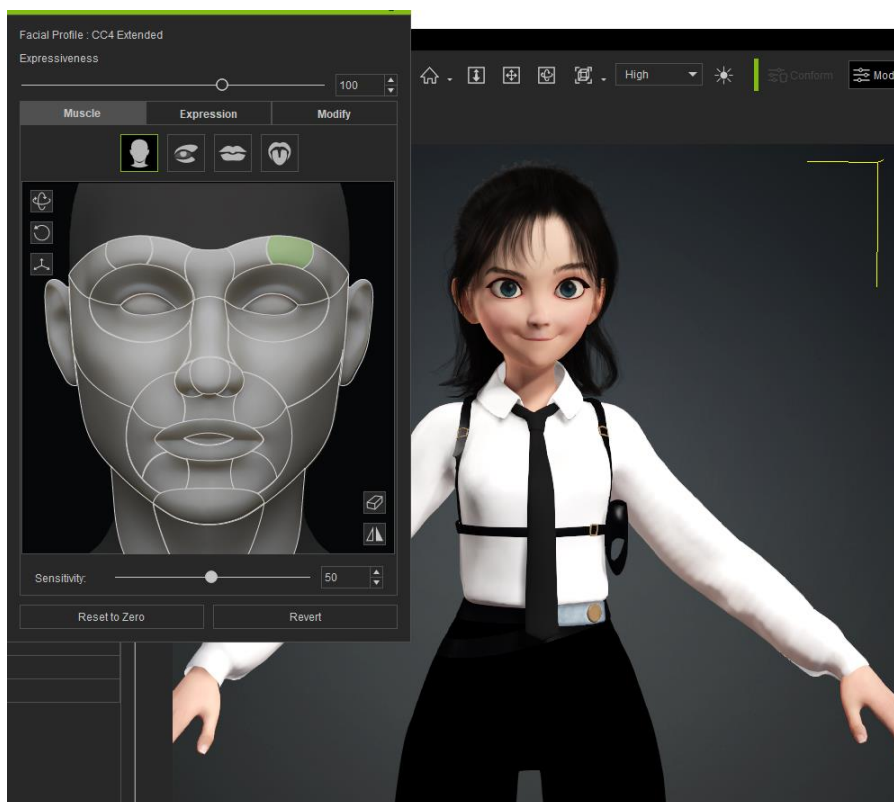


Рисунок 3.11 – Маніпуляція key frame'мами

У режиму об'єктів налаштовується значення кожного ключа форми на панелі «Ключі фігури». Значення 0 означає базову форму, тоді як 1 означає повністю деформовану форму. Використовуючи повзунок «Значення» для змішування між основною та деформованою фігурами. Крім того, можна змінювати значення ключа фігури з часом, щоб створити анімовані вирази.

Створивши ключі форми, можна анімувати вираз обличчя. У робочому середовищі «Анімація» встановлюється ключові кадри для ключових значень форми в різних точках на часовій шкалі. Наприклад, можна встановити ключовий кадр зі значенням 0 для нейтрального виразу в кадрі 1, а потім встановити ключовий кадр зі значенням 1 для посмішки в кадрі 10.

Для подальшого уточнення кривих анімації можна скористатися редактором графіків. Цей потужний інструмент дозволяє регулювати час і інтерполяцію ключових значень форми, забезпечуючи більш плавні переходи та більше контролю над анімацією обличчя.

Blender пропонує додаткові передові методи, як-от драйвери, драйвери ключів форми та ключі коригування форми, які можна досліджувати, щоб додати більшої складності та реалістичності анімації обличчя.

### **Висновок до третього розділу**

Складання і рендеринг у Blender: Після завершення моделювання, текстурування і створення одягу, було імпортовано всі елементи у Blender для складання сцени та рендерингу. У Blender'і налаштувалось освітлення, камера, матеріали, анімації та інші аспекти сцени. За допомогою вбудованого рендерера та зовнішніх двигунів рендерингу, таких як Cycles або Eevee, було створено високоякісні зображення і анімації моделі.



## 4. ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ У КОМЕРЦІЙНИХ ЦІЛЯХ

### 4.1 Сфери комерції

Комерційна діяльність із використанням 3D-моделей відкриває численні можливості в різних галузях промисловості. Ось кілька можливих комерційних видів діяльності з 3D-моделями разом із прикладами:

#### 1. Візуалізація товару:

Створення високодеталізованих 3D-моделей для каталогів продуктів і платформ електронної комерції, що дозволяє клієнтам переглядати віртуальні продукти та взаємодіяти з ними перед покупкою. Наприклад, інтернет-магазин меблів може демонструвати 3D-моделі своїх меблів, що дозволяє клієнтам обертати, масштабувати та досліджувати предмети в деталях.



Рисунок 4.1 – реклама продукції

#### 2. Архітектурна візуалізація:

Розробка реалістичних 3D-моделей і зображень архітектурних проектів для допомоги у візуалізації та презентації будівельних проектів. Архітектори та



забудовники можуть демонструвати клієнтам свої проекти за допомогою захоплюючої 3D-візуалізації, яка імітує освітлення, матеріали та ландшафт.



Рисунок 4.2 – проектування квартири

### 3. Віртуальна реальність (VR) і доповнена реальність (AR):

Створення інтерактивних 3D моделей для додатків VR і AR. Наприклад, компанія, що займається віртуальними турами, може розробити захоплюючі 3D-моделі пам'яток, що дозволяє користувачам віртуально досліджувати відомі місця. Подібним чином додатки AR можуть накладати 3D-моделі на реальний світ, покращуючи досвід, наприклад розміщення меблів або примірку віртуального одягу.



Рисунок 4.3 - VR



Рисунок 4.4 - AR

#### 4. Медико-біологічна візуалізація:

Створення 3D-моделей для допомоги в медичній освіті, дослідженнях і плануванні хірургічних операцій. Медичні працівники можуть використовувати точні 3D-моделі анатомічних структур, органів і захворювань, щоб покращити розуміння, симулювати процедури та навчати пацієнтів.

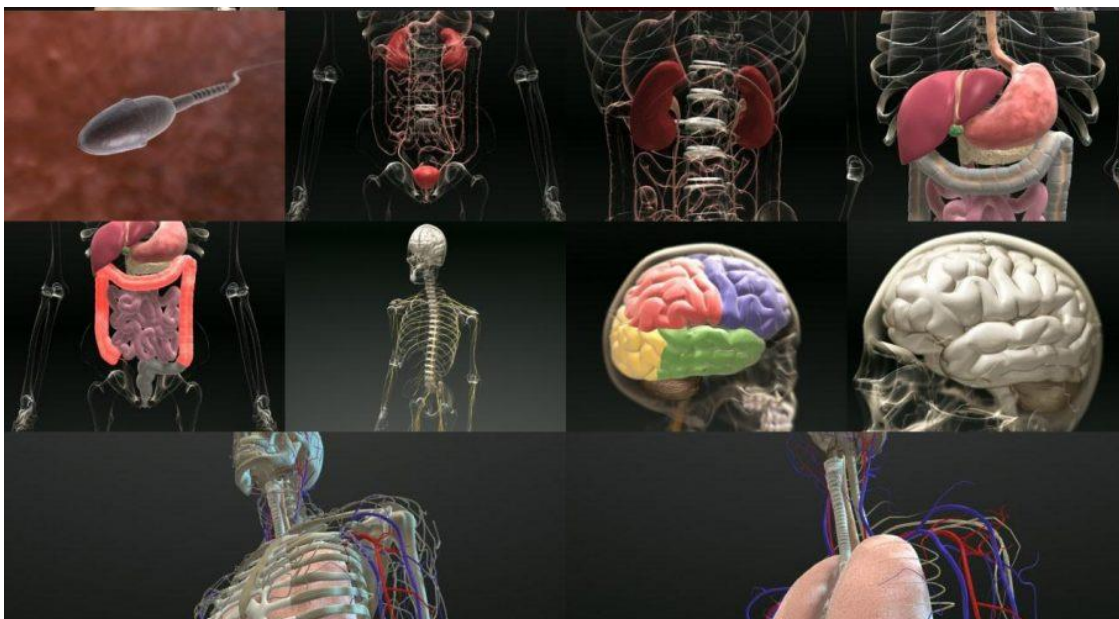


Рисунок 4.5 – візуалізація анатомії людини

## 5. Ігри та розваги:

Розробка та створення 3D-моделей для відеоігор, включаючи персонажів, середовища, об'єкти та транспортні засоби. Ці моделі оживляють віртуальні світи та сприяють захоплюючому ігровому процесу.

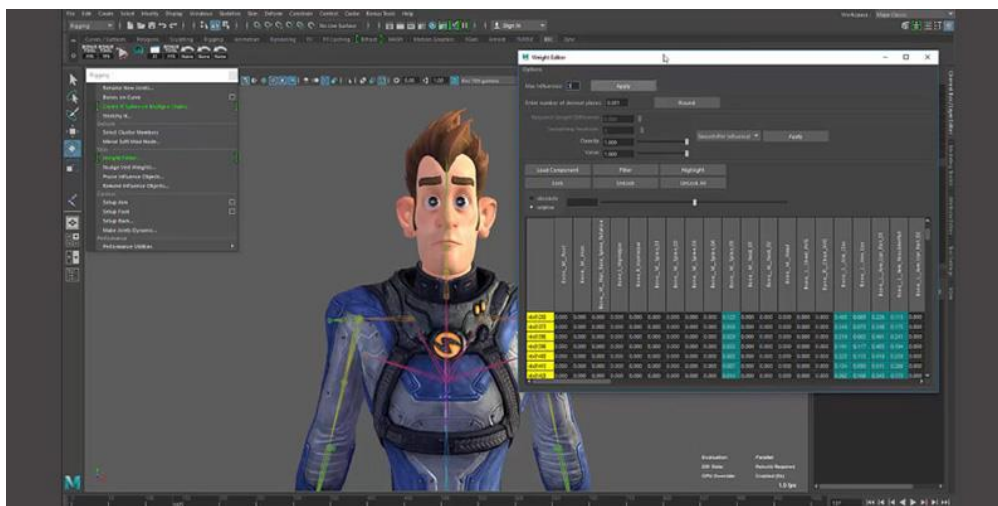


Рисунок 4.6 – створення ігор

## 6. Кіно та анімація:

Розробка 3D моделей для використання в анімаційних фільмах, візуальних ефектах і CGI. Ці моделі можуть представляти персонажів, істот,



реквізит і середовище, дозволяючи режисерам втілювати свої бачення на екрані.



Рисунок 4.7 – створення фільмів і анімацій

## 7. Промислове та машинобудування:

Проектування та прототипування 3D-моделей для промислового та механічного застосування. Інженери можуть створювати точні представлення машин, обладнання та механічних компонентів, полегшуючи розробку продукту, тестування та виробничі процеси.

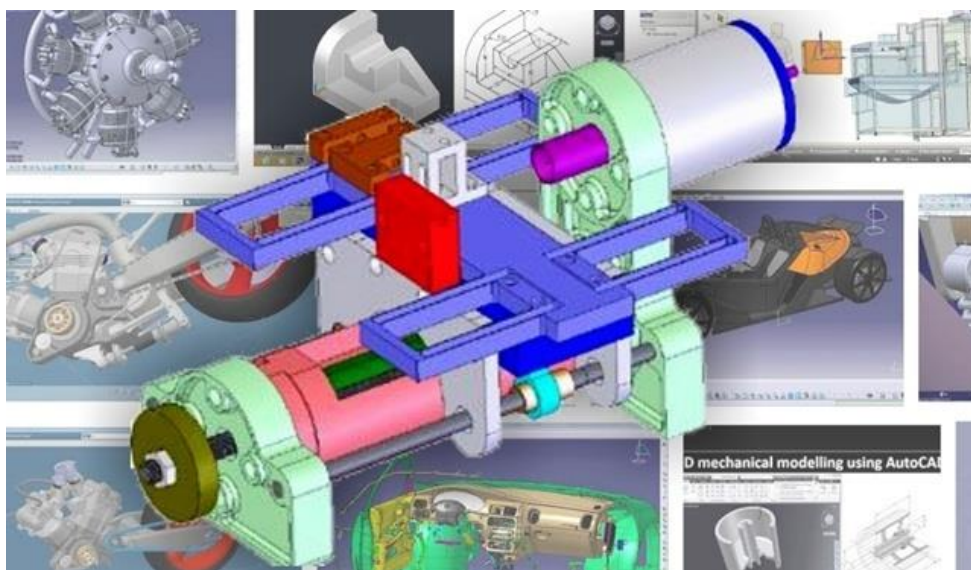


Рисунок 4.8 – проектування у машинобудуванні

## 8. 3D-друк і швидке прототипування:

Створення 3D-моделей для друку для виробництва та прототипування. Архітектори, дизайнери продуктів та інженери можуть створювати детальні 3D-моделі, які можна безпосередньо трансформувати у фізичні об'єкти за допомогою технологій 3D-друку.



Рисунок 4.9 – принтинг частини персонажу



Рисунок 4.10 – принтинг деталей

### 9. Віртуальне моделювання та навчання:

Створення 3D моделей і середовищ для віртуальних симуляцій і навчальних програм. Такі галузі, як авіація, військова промисловість і охорона здоров'я, використовують 3D-моделі для моделювання сценаріїв, навчання персоналу та підвищення безпеки та ефективності.



Рисунок 4.11 – лекція анатомії людини

### 10. Збереження культурної спадщини:

Реконструкція та збереження історичних артефактів, археологічних пам'яток та культурної спадщини шляхом створення 3D моделей. Музеї та заклади культури можуть використовувати ці моделі для цифрового архівування та демонстрації культурних артефактів і місць.



Рисунок 4.12 – збереження історичних артефактів

## 4.2 Приклад комерції у UE5

Для демонстрації комерційного використання 3D моделей я вибрав сферу ігор та движок Unreal Engine[21].

Таблиця 1.1 – Вибір ігрового движку для розробки ігри

Unity	Unreal Engine
Мобільні програми	
Unity було створено з урахуванням мобільних додатків, тому розробка для цих пристроїв дуже оптимізована як для 2D, так і для 3D. Більшість оптимізацій призначені для невеликих і незалежних ігор з обмеженими вимогами до обробки.	Використання потужних графічних можливостей Unreal Engine є надмірним для більшості мобільних додатків, але оптимізація UE для додатків з високим процесором робить його більш придатним для AAA проєктівта, які орієнтовані на пристрої високого класу.
Імерсивні проєкти	



### Продовження таблиці 1.1

<p>Імерсивні програми на основі технології VR/MR/XR підтримуються в обох движках, але варіант Unity ідеально підходить для створення прототипів і експериментів із функціями. Те саме стосується розробки метавсесвіту Unity.</p>	<p>Це найкращий вибір для імерсивні програми, розроблених із високим рівнем деталізації. Завдяки системі Blueprints він також пропонує нижчий поріг знань кодування для використання.</p>
<p>Графіка</p>	
<p>Це програмне забезпечення надає кілька вражаючих графічних функцій із самого початку (наприклад, глобальне освітлення та фізичне відображення), але досягнення кращих візуальних зображень часто передбачає багато роботи/редагування.</p>	<p>На додаток до вражаючих графічних функцій за замовчуванням, наданих аналогом, ресурси Unreal Engine часто виглядають відшліфованими прямо з коробки завдяки широкому діапазону попередніх налаштувань.</p>
<p>Спільнота</p>	
<p>Магазин ресурсів на веб-сайті компанії є величезним і переповнений 3D-ресурсами, з деякими меншими, але помітними колекціями 2D-ресурсів, шаблонів і VFX. На веб-сайті платформи багато навчальних матеріалів.</p>	<p>Незважаючи на те, що ринок активів Unreal Engine менший, він також пропонує пристойну різноманітність, здебільшого зосереджену на елементах гри. Розробники підтримуються незліченними посібниками та форумами.</p>
<p>Вартість</p>	



### Продовження таблиці 1.1

<p>Найпростіший план (персональний) є безкоштовним для використання, але більш широкі та орієнтовані на бізнес плани коштують 399 доларів США на рік за обліковий запис або більше.</p>	<p>Unreal Engine безкоштовний для використання, але включає систему роялті, яка починає працювати, щойно додаток монетизується, приносячи компанії (Epic Games) 5% прибутку.</p>
---	--

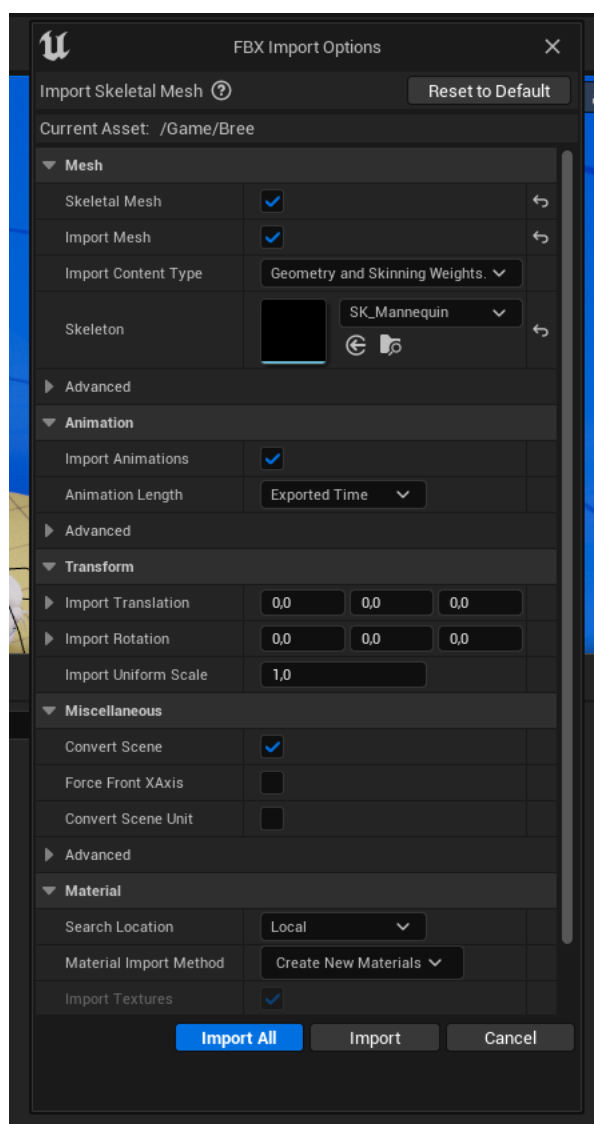


Рисунок 4.13 – імпортування 3D моделі

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем  
 Програмний інструментарій для роботи з графікою при проектуванні ігрового 3D-контенту

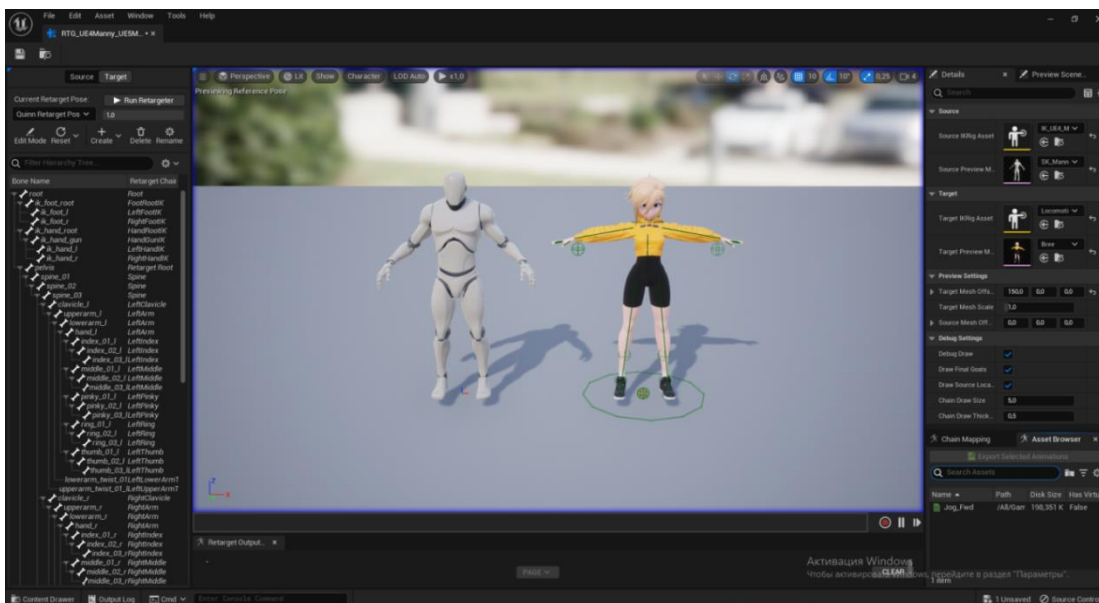


Рисунок 4.14 – ретаргентинг скелету

За пару хвилин модель повністю готова для користування з усіма анімаціями та системою ІК[22].

На тестовому рівні побудован паркुर забіг з таймером, ціль якого добіжати до фінішу (див. Рисунок 4.14 та Рисунок 4.15). Персонаж здатний ходити, бігати, пригати, перелазити та залазити на перешкоди, бігати по стінам, балансувати і проходити у вузьких проторах.

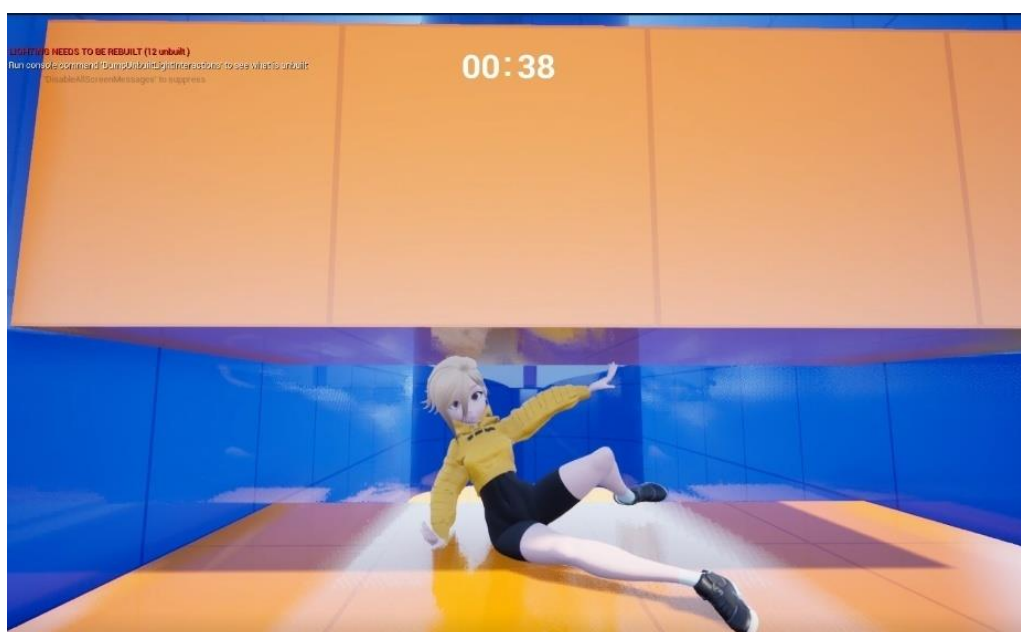


Рисунок 4.15 – результат роботи

## **Висновок до четвертого розділу**

Підсумовуючи, 3D-моделювання стало важливим інструментом, який має велике значення майже в усіх сферах життя. Його різноманітні застосування та внески зробили революцію в багатьох галузях промисловості та змінили спосіб нашої взаємодії зі світом. Широке впровадження та інтеграція 3D-моделювання призвели до кількох ключових причин, чому воно вважається вирішальним у сучасному суспільстві.

Таким чином, значення 3D-моделювання охоплює багато галузей і сфер, починаючи від проектування та проектування до розваг, охорони здоров'я, виробництва, освіти та збереження культури. Його здатність візуалізувати складні ідеї, оптимізувати процеси та підвищити креативність робить його незамінним інструментом у нашому все більш цифровому та взаємопов'язаному світі.

## ВИСНОВКИ

У ході дослідження теоретичної часті бакалаврської кваліфікаційної роботи було розглянуто важливість і роль 3D моделювання, яка відіграє значну роль у різних галузях промисловості. Дозволяє художникам, дизайнерам та інженерам створювати віртуальні представлення об'єктів, персонажів та середовища.

У практичній частині був розглянутий процес створення 3D-моделі за допомогою ZBrush, Substance Painter, Marvelous Designer і Blender. Процес створення 3D-моделі в ZBrush передбачає імпорт або створення базової сітки, ліплення та вдосконалення форми за допомогою різних пензлів і технік, а також застосування матеріалів і текстур для покращення її зовнішнього вигляду. З іншого боку, Substance Painter зосереджується на текстуруванні та малюванні, дозволяючи художникам імпортувати 3D-модель і застосовувати реалістичні матеріали та текстури безпосередньо на її поверхню. Marvelous Designer спеціалізується на створенні реалістичного одягу шляхом імітації поведінки тканини та драпірування одягу на віртуальних моделях. Нарешті, Blender пропонує повний набір інструментів для всього процесу 3D-моделювання, включаючи створення основних форм, скульптуру, розгортання УФ-променів, текстурування та рендеринг. Ці програмні інструменти разом дозволяють художникам, дизайнерам та інженерам втілювати свої ідеї в життя у формі детальних і візуально привабливих 3D-моделей. Завдяки своїм унікальним функціям і робочим процесам ZBrush, Substance Painter, Marvelous Designer і Blender зробили революцію у світі 3D-моделювання, надаючи універсальні та ефективні рішення для різних галузей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zbrush lessons  
URL:<https://pixologic.com/zclassroom/viewall>(дата звернення: 01.05.2023).
2. Zbrush documentation  
URL:<http://docs.pixologic.com/>(дата звернення: 01.05.2023).
3. Marvelous Designer documentation  
[URL:https://support.marvelousdesigner.com/hc/en-us/categories/360002390871-Manual](https://support.marvelousdesigner.com/hc/en-us/categories/360002390871-Manual)(дата звернення: 02.05.2023).
4. Substance painter documentation  
URL:<https://substance3d.adobe.com/documentation/spdoc/substance-3d-painter-20316164.html>(дата звернення: 03.05.2023).
5. Blender documentation  
URL: <https://www.blender.org/features/>(дата звернення: 05.05.2023).
6. Zbrush retopology  
URL:<https://www.creativebloq.com/how-to/3-essential-zbrush-retopology-techniques>(дата звернення: 01.05.2023).
7. Zbrush retopology  
URL: <https://www.educba.com/zbrush-retopology/>(дата звернення: 02.05.2023).
8. Blender Rendering  
URL:[https://www.youtube.com/watch?v=\\_WRUW\\_fs1g8&ab\\_channel=BlenderGuru](https://www.youtube.com/watch?v=_WRUW_fs1g8&ab_channel=BlenderGuru)(дата звернення: 05.05.2023).
9. Zbrush Sculpting Guides  
URL: <https://www.youtube.com/@DannyMac3d>(дата звернення: 02.05.2023).
10. Zbrush Hair Topology Brush  
URL: <https://rodesqa.artstation.com/projects/6a6DeO>(дата звернення: 03.05.2023).
11. Marvelous Designer 60 seconds tutorial  
URL: <https://www.youtube.com/@Pixelfondue>(дата звернення: 06.05.2023).
12. Substance painter Tutorial  
URL: [https://www.youtube.com/watch?v=s2MOx1Iteik&ab\\_channel=JLMussi](https://www.youtube.com/watch?v=s2MOx1Iteik&ab_channel=JLMussi)  
(дата звернення: 06.05.2023).
13. Hannah Kang Stylized Characters 3D

- URL: <https://www.vfx.cgmasteracademy.com/courses/109-stylized-characters-in-3d>  
(дата звернення: 07.05.2023).
14. William V. Digital Modeling. 2012. 311-334 с. (дата звернення: 09.05.2023).
  15. Yasser S., Jaiprakash P. Practical Autodesk AutoCAD 2021 and AutoCAD LT 2021: A no-nonsense, beginner's guide to drafting and 3D modeling with Autodesk AutoCAD Illustrated Edition. 2020. 519с. (дата звернення: 10.05.2023).
  16. Ben S. Blender Master Class: A Hands-On Guide to Modeling, Sculpting, Materials, and Rendering 1st Edition. 2013. 94-109с. (дата звернення: 13.05.2023).
  17. Chris L., 3dtotal Publishing (Editor). Anatomy for 3D Artists: The Essential Guide for CG Professionals Paperback. 2015. 127-156с. (дата звернення: 15.05.2023).
  18. Lori G. Understanding Marvelous Designer: A Guide for CG Artists Paperback. 2016. 201-231с. (дата звернення: 16.05.2023).
  19. Masato O. Works ZBrush + Sculpt technique & Collection of works Art Book JPN. 2018. 67-74с. (дата звернення: 19.05.2023).
  20. Richard Y. Light for Visual Artists Second Edition: Understanding and Using Light in Art & Design Paperback. 2019. 141-179с. (дата звернення: 20.05.2023).
  21. Stephen S. U. Unreal Engine C++ the Ultimate Developer's Handbook: Learn C++ and Unreal Engine by Creating a Complete Action Game. 2020. 227-302с. (дата звернення: 22.05.2023).
  22. Marcos R., Brenden S. Blueprints Visual Scripting for Unreal Engine 5: Unleash the true power of Blueprints to create impressive games and applications in UE5, 3rd Edition 3rd ed. Edition. 2022. 448-516с. (дата звернення: 24.05.2023).