

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-08

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КГ.08.12.000.ДП**

***КРАСНОВА
АРТУРА ДЕНИСОВИЧА***

**м. Одеса
2025 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-08

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Створення ігрового 3D персонажу у середовищі Blender

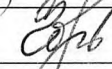
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 70 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 12 аркушах (слайдах)

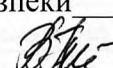
Дипломник  (Краснов А.Д.)

Керівник  (Бодюл О.С.)

Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист « 28 » сервія 2025 р. Протокол ЕК № 7

Оцінка ЕК 4 (добре) / 75%

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та III
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма ««Комп'ютерна графіка і web-дизайн»»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заст. дир. з НВР Беркань І.В.
“ 19 ” 05 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві освіти Краснову Артуру Денисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Створення ігрового 3D персонажу у середовищі Blender.

затверджена наказом по коледжу від “14” листопада 2024р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту 20.06.2024р.

3. Вихідні данні до проекту

1. Дослідити специфіку створення ігрових 3D-персонажів;

2. Застосувати технології Blender для 3D-моделювання;

3. Застосувати технології Blender для текстуровання та матеріалів;

4. Застосувати мову Python для програмування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Аналіз предметної області;

2. Технології та засоби проєктування;

3. Моделювання 3D-персонажу;

4. Економічний розрахунок;

5. Аспекти охорони праці та техніки безпеки.

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

Титул; Використані технології; Складові персонажу; Моделювання (блокінг); Моделювання

(скульптинг); Текстуриг; Мапа нормалей; Матеріали та шейдинг; Рігінг (кістки); Скриптинг;

Результат та рендеринг.

6. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|----------------------|----------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Основний розділ | Бодюл О.С. | | |
| Економічний розділ | Канський М.Ю. | | |
| Розділ охорони праці | Чорновол Н.І. | | |
| Нормоконтроль | Петрашова В.І. | | |
| Старший консультант | Кривченко Ю.В. | | |

7. Дата видачі завдання 12.05.2025

Керівник Бодюл О.С.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання Краснов А.Д.

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/р | Назва етапів дипломного проекту | Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи) | Відмітка про виконання |
|-------|---|---|------------------------|
| 1 | Формування вступу | 15.05.25 | виконано |
| 2 | Аналіз предметної області | 16.05.25 | виконано |
| 3 | Підбір технічної літератури | 19.05.25 | виконано |
| 4 | Вибір технологій та засобів проєктування | 21.05.25 | виконано |
| 5 | Блокінг 3D-моделі | 23.05.25 | виконано |
| 6 | Скульптинг 3D-моделі | 26.05.25 | виконано |
| 7 | Текстурування 3D-моделі | 28.05.25 | виконано |
| 8 | Матеріали 3D-моделі | 30.05.25 | виконано |
| 9 | Скриптинг 3D-моделі | 06.06.25 | виконано |
| 10 | Створення демонстраційних рендерів | 09.06.25 | виконано |
| 11 | Оформлення пояснювальної записки | 10.06.25 | виконано |
| 12 | Оформлення графічної (презентаційної) частини | 11.06.25 | виконано |
| 13 | Економічний розрахунок | 12.06.25 | виконано |
| 14 | Опис охорони праці та техніки безпеки | 13.06.25 | виконано |
| 15 | Аналіз результатів проєктування | 16.06.25 | виконано |

Дипломник

(підпис)

Керівник

(підпис)

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 7 |
| 1 Основний розділ..... | 8 |
| 1.1 Аналіз предметної області | 8 |
| 1.1.1 Проблематика та виклики | 8 |
| 1.1.2 Огляд існуючих аналогів..... | 9 |
| 1.1.3 Огляд обраних технології..... | 12 |
| 1.2 Проектування 3D-персонажу..... | 14 |
| 1.2.1 Деталі технічного завдання..... | 14 |
| 1.2.2 Проектування дизайну 3D-персонажу та властивостей Blender | 15 |
| 1.3 Моделювання 3D-персонажу..... | 18 |
| 1.2.1 Загальний блокінг та скульптинг | 18 |
| 1.2.2 Рігінг моделі..... | 21 |
| 1.2.3 Деталі моделювання – голова..... | 23 |
| 1.2.4 Деталі моделювання – тулуб..... | 25 |
| 1.2.5 Деталі моделювання – руки | 28 |
| 1.2.6 Деталі моделювання – ноги | 31 |
| 1.2.7 Деталі моделювання – обличчя | 33 |
| 1.2.8. Загальне створення текстур та матеріалів | 38 |
| 1.2.9. Текстури та матеріали шкіри обличчя | 39 |
| 1.2.10 Текстури та матеріали обладунків..... | 41 |
| 1.2.11 Текстури та матеріали шолома | 43 |
| 1.2.11 Загальне створення скриптів | 46 |
| 1.2.12 Скриптинг персонажу – презентація моделі | 47 |
| 2 Економічний розділ | 50 |
| 2.1 Резюме | 50 |
| 2.2 Визначення трудомісткості розробки ПЗ..... | 50 |
| 2.3 Розрахунок ціни програмного продукту | 53 |
| 3 Розділ охорони праці та техніки безпеки..... | 55 |
| 3.1 Основні положення..... | 55 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 000. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 5 |

| | |
|---|----|
| 3.2 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконанні основних видів робіт | 55 |
| 3.3 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища | 55 |
| 3.3.1 Вимоги до приміщення експлуатації ПК..... | 56 |
| 3.3.2 Вимоги до приміщення експлуатації ПК..... | 56 |
| 3.3.3 Виробниче освітлення | 57 |
| 3.3.4 Електробезпека | 57 |
| 3.3.5 Організація робочого місця з ПК | 58 |
| 3.4 Пожежна безпека | 59 |
| 3.5 Підведення підсумків | 59 |
| Висновки..... | 60 |
| Перелік використаних інформаційних джерел | 61 |
| Додаток А. Скрипт для прокрутки моделі з коментарями | 62 |
| Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації | 64 |

ВСТУП

Тема створення ігрових 3D-персонажів набуває все більшої значущості в індустрії комп'ютерних ігор, де якість моделювання безпосередньо впливає на рівень занурення користувача у віртуальний світ. З огляду на це, дослідження особливостей створення персонажів, які відповідають вимогам сучасних ігрових движків, є актуальним напрямком у сфері цифрового мистецтва та програмування [1].

Метою даного дипломного проєкту є розробка ігрового 3D-персонажу в середовищі Blender із застосуванням відповідних технологій моделювання, текстурювання та програмування для досягнення високої якості та функціональності кінцевого продукту.

Для реалізації поставленої мети передбачається виконання таких завдань: дослідити специфіку створення ігрових 3D-персонажів, опанувати та застосувати можливості Blender для 3D-моделювання, текстурювання та налаштування матеріалів, а також використати мову Python для програмування додаткової функціональності персонажу.

У процесі розробки планується використовувати методи цифрового моделювання, текстурювання, шейдингу, а також скриптингу у Blender, що дозволить інтегрувати художній та технічний підходи для створення комплексного образу.

Основними технологічними інструментами проєкту виступають Blender як універсальне середовище для 3D-моделювання і текстурювання, а також мова програмування Python, що забезпечує автоматизацію і розширення функціоналу.

Практичне значення розробки полягає у створенні якісного 3D-персонажу середньовічного воїна, який може бути використаний у комп'ютерних іграх, а також слугувати прикладом інтегрованого підходу до цифрового мистецтва та програмування у рамках ігрової індустрії.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 000. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз предметної області

1.1.1 Проблематика та виклики

Процес створення ігрового 3D-персонажу у середовищі Blender передбачає низку складних технічних, художніх та концептуальних завдань, що формують коло актуальних проблем і викликів у цій галузі. Незважаючи на широкий функціонал програмного забезпечення Blender, який дозволяє реалізовувати повний цикл розробки персонажа – від моделювання до фінального рендерингу, – практична реалізація такого проєкту супроводжується низкою труднощів, зумовлених як технічними обмеженнями інструментарію, так і потребою досягнення високого рівня художньої якості та оптимізації для ігрових рушіїв.

Однією з ключових проблем є пошук балансу між деталізацією моделі та її продуктивністю в ігровому середовищі. Надмірна кількість полігонів, складна топологія або неефективна сітка можуть призвести до навантаження на ресурси ігрового рушія, що негативно впливає на швидкість гри, особливо у випадку великої кількості одночасно візуалізованих об'єктів. У той же час надмірне спрощення моделі знижує рівень реалістичності та естетичну привабливість персонажа. Таким чином, постає завдання ретельного топологічного планування та використання нормалей, текстур з високою роздільною здатністю, а також процедурної оптимізації.

Ще одним викликом є забезпечення сумісності створеного персонажа з ігровим рушієм, для якого він розробляється. Хоча Blender підтримує експорт у різноманітні формати (наприклад, FBX, OBJ, glTF), при передачі об'єктів у середовище рушія можуть виникати проблеми з трансформаціями, вагою скелетної анімації, прив'язкою матеріалів або коректним застосуванням текстур. Важливим також є дотримання уніфікованих стандартів масштабу, одиниць вимірювання та орієнтації координатної системи, що часто відрізняються між Blender і рушієм (наприклад, Unity або Unreal Engine).

Художній аспект створення 3D-персонажа також породжує низку труднощів,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

серед яких – збереження стилістичної узгодженості з візуальним концептом гри, анатомічна достовірність, емоційна виразність та чітка читаємість силуету. Ці характеристики є критичними для сприйняття персонажа користувачем і потребують високого рівня художньої компетентності, розуміння основ композиції, пропорцій, кольору та освітлення.

Окремим аспектом є питання ріггінгу та анімації. Створення кісткової системи, налаштування скінінгів, забезпечення плавного деформування сітки під час рухів персонажа є технічно складним процесом, який потребує досвіду і точності. Крім того, для інтеграції анімацій у гру важливо, щоб рухи були не лише технічно коректними, а й відповідали характеру персонажа, ігровій механіці та настрою сцени [1][2][3].

Варто також зазначити проблему обмежених навчальних матеріалів українською мовою, що ускладнює самостійне опанування інструментів Blender початківцями та потребує постійного звернення до англomовних джерел або зарубіжних відеоуроків. Це, в свою чергу, створює бар'єр доступності знань для широкого кола студентів та розробників.

Отже, процес створення ігрового 3D-персонажа у Blender – це багатогранне завдання, що потребує як глибокого технічного розуміння програмного забезпечення, так і розвинених художніх навичок. Сукупність технічних, естетичних та інтеграційних викликів формує актуальну проблематику, вирішення якої дозволяє створити конкурентоспроможний, якісний ігровий контент, придатний для практичного використання в сучасних відеоіграх.

1.1.2 Огляд існуючих аналогів

У контексті розробки ігрового 3D-персонажа у середовищі Blender доцільним є проведення порівняльного аналізу існуючих аналогів, що вже були реалізовані в межах комерційно успішних ігор. Зокрема, об'єктом дослідження обрано персонажів чоловічого роду в антуражі середньовіччя з таких відомих проектів, як Elden Ring, The Elder Scrolls V: Skyrim та Assassin's Creed. Ці ігри не лише демонструють високий рівень візуального виконання персонажів, а й формують сучасні тенденції у створенні фотореалістичних або стилізованих

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

моделей на основі історичних та художніх уявлень про середньовіччя.

У грі Elden Ring, розробленій компанією FromSoftware, персонажі відзначаються складною деталізацією одягу, броні та зброї, що поєднує елементи готики, дарк-фентезі та міфологічних мотивів. Візуальний стиль вирізняється контрастним освітленням, багатошаровими текстурами і відчуттям занепаду. Особливу увагу приділено силуету персонажа, який має чітко окреслені риси – масивна броня, довгі плащі, шоломи із візерунками та рельєфними поверхнями [3]. Цей підхід до моделювання вимагає складної роботи з високополігональною сіткою, нормаллями, картами металу та шерохватостей (рис 1.1).



Рисунок 1.1 Модель персонажу з Elden Ring

Натомість у грі Skyrim, створеній Bethesda Game Studios, персонажі мають більш стриманий, утилітарний вигляд, однак зберігають історичну автентичність. Акцент зроблено на функціональності броні та спорядження, що відповідає скандинавським і кельтським мотивам. Стиль текстуровання більш нейтральний, освітлення природніше, а моделі не перевантажені деталями [4]. Проте саме така стилістика забезпечує широку варіативність у кастомізації персонажів і добре підходить для інтеграції з відкритим світом гри (рис 1.2). Це дозволяє гравцям легше сприймати персонажів у різних ігрових ситуаціях та підкреслює реалістичність ігрового світу. Водночас, збереження історичних мотивів у дизайні

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

додає глибини та атмосферності всьому ігровому процесу.



Рисунок 1.2 Модель персонажу з Skyrim

Серія Assassin's Creed, зокрема її частини, які охоплюють середньовічний період (наприклад, Assassin's Creed Unity або Assassin's Creed Valhalla), пропонує приклад стилізованого, однак історично натхненного дизайну. Особливість цих персонажів полягає у поєднанні автентичних елементів костюмів (вишиті тканини, декоративні пояси, плащі) із підкресленою акробатичністю фігур. Це передбачає ретельну роботу з анатомією, розподілом ваги, симетрією та динамікою руху [5]. У контексті Blender це вимагає уваги до рігінгу, шейп-ключів і системи скінінгу, яка дозволяє реалістично деформувати сітку під час анімації (рис 1.3). Застосування таких технік забезпечує плавні та природні переходи між різними позами персонажа, що є особливо важливим для ігрових моделей. Крім того, детальна проробка текстур і матеріалів сприяє більш глибокому зануренню користувача у ігровий світ, підкреслюючи історичний контекст образу. Використання аддонів у Blender, таких як Rigify та Pose Library, значно спрощує процес створення анімованих поз і зменшує час на рігінг. Важливо також враховувати баланс між деталізацією моделі та продуктивністю гри, тому оптимізація сітки і текстур є невід'ємною частиною робочого процесу.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

Таким чином, комплексний підхід до моделювання, текстурювання і анімації дозволяє досягти високої якості ігрового 3D-персонажу.



Рисунок 1.3 Модель персонажу з Assassin's Creed

Отже, зазначені приклади демонструють широкий спектр підходів до створення середньовічних чоловічих персонажів у відеоіграх – від гіперреалізму і темного фентезі до історично обґрунтованого або стилізованого дизайну. Вивчення цих аналогів дозволяє сформулювати ключові вимоги до власної моделі: наявність автентичного костюма, деталізованої броні, а також технічна підготовка до анімації й інтеграції в ігровий процес. Середовище Blender, завдяки своїм інструментам скульптингу, текстурювання, ригінгу та шейдингу, забезпечує повний цикл створення персонажа, що може відповідати як візуальним, так і технічним стандартам сучасних ігрових індустрій.

1.1.3 Огляд обраних технологій

У процесі створення ігрового 3D-персонажу важливу роль відіграє вибір відповідних інструментів та технологій, які забезпечують ефективність розробки, гнучкість моделювання та можливість подальшої інтеграції у середовище гри. У даному дипломному проєкті було обрано дві ключові технології: середовище

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

тривимірному моделювання Blender та мову програмування Python, які в сукупності надають широкі можливості для створення, автоматизації та оптимізації процесів 3D-моделювання.

Blender є потужною кросплатформною системою з відкритим кодом, призначеною для створення 3D-графіки, анімації, візуальних ефектів та ігрових ресурсів. Завдяки наявності широкого інструментарію, Blender дозволяє здійснювати повний цикл розробки персонажа – від первинного створення базової сітки до остаточного ригінгу, анімації та текстурювання. Особливу увагу варто приділити можливостям не тільки ручного моделювання, але й застосування модифікаторів, скульптингу та UV-розгортки, що є критичними етапами у створенні високоякісного ігрового активу. Інтерфейс програми підтримує роботу з шарами, вузловими системами для створення матеріалів, а також має вбудовані рушії рендерингу Cycles і Eevee, які дозволяють візуалізувати результат ще до його експорту [6][7].

Використання мови програмування Python у контексті роботи з Blender суттєво розширює можливості середовища. Blender має інтегроване API, що дозволяє керувати майже всіма аспектами середовища за допомогою скриптів на Python. Це дає змогу автоматизувати рутинні операції, створювати власні інструменти, аддони, а також налаштовувати поведінку об'єктів у сцені. У даному проєкті Python використовувався як засіб генерації допоміжного коду, зокрема для параметричного моделювання та створення простих процедурних елементів. Такий підхід значно пришвидшує роботу та дозволяє реалізовувати повторювані процеси без потреби виконання ручних дій [8].

Отже, поєднання Blender та Python (рис 1.4) забезпечує не лише гнучкість та точність у розробці 3D-персонажу, а й відкриває можливості для масштабування проєкту, інтеграції зі сторонніми системами та створення кастомізованого робочого середовища. Обрані технології дозволяють реалізовувати як художню, так і технічну складові розробки, сприяючи отриманню якісного результату, що відповідає вимогам сучасної індустрії комп'ютерних ігор.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

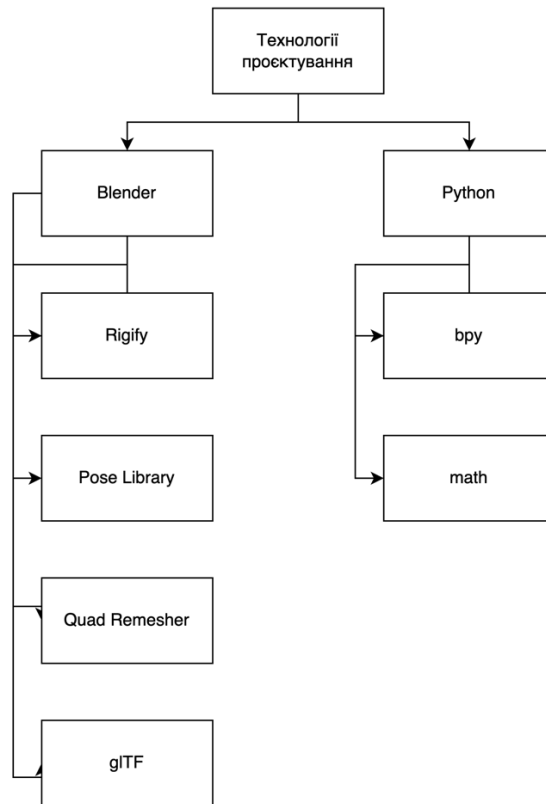


Рисунок 1.4 Структурна схема технологій проєктування

1.2 Проєктування 3D-персонажу

1.2.1 Деталі технічного завдання

Технічне завдання дипломного проєкту передбачає створення ігрового 3D-персонажу з використанням середовища Blender, що є сучасним і потужним інструментом для тривимірного моделювання, текстурювання, анімації та розробки інтерактивних об'єктів. Основна мета полягає у комплексному опануванні процесу створення повноцінного 3D-персонажа, придатного для інтеграції в ігрове середовище. Для реалізації цього завдання визначено кілька ключових етапів, кожен з яких має свою специфіку, інструментарій та вимоги.

Першим етапом є дослідження специфіки створення ігрових 3D-персонажів. Це передбачає аналіз особливостей побудови персонажів, які відповідають вимогам ігрової індустрії: низька кількість полігонів при збереженні достатнього рівня деталізації, наявність правильної топології для подальшої анімації, оптимізація ресурсів тощо. Важливим компонентом дослідження є вивчення анатомічної структури, пропорцій тіла та стилістики, які відповідають

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

заданому художньому напрямку гри (реалізм, карикатура, фантастика тощо).

Другим етапом є застосування технологій Blender для безпосереднього тривимірного моделювання. У рамках цього етапу здійснюється побудова базової геометрії персонажа, зокрема моделювання тіла, голови, кінцівок та дрібних елементів (одяг, аксесуари, зброя тощо). Особлива увага приділяється правильному розміщенню вершин, створенню топології, придатної для скелетної анімації, а також організації об'єкта на логічні складові для подальшої обробки.

На третьому етапі передбачено застосування інструментів Blender для текстурювання та створення матеріалів. У цьому процесі здійснюється UV-розгортка, яка дозволяє коректно наносити двовимірні текстури на поверхню моделі. Використовуються відповідні карти – кольору, нормалей, шерохватості, металевості тощо – для досягнення високої візуальної достовірності об'єкта. Також на цьому етапі важливо створити PBR-матеріали, які забезпечують реалістичну поведінку поверхонь при освітленні в ігрових рушіях.

Четвертим важливим завданням є застосування мови програмування Python. У середовищі Blender Python використовується для автоматизації процесів, створення власних інструментів та скриптів, які можуть спростити або пришвидшити рутинні операції. У рамках цього етапу реалізовано програмні компоненти, що дозволяють керувати параметрами моделі, налаштовувати матеріали, виконувати пакетну обробку або експортування об'єктів у потрібному форматі.

Таким чином, технічне завдання охоплює повний цикл створення ігрового 3D-персонажа: від теоретичного дослідження до практичної реалізації з використанням сучасного інструментарію. Комплексність та міждисциплінарний характер завдання дозволяють досягти не лише високоякісного візуального результату, а й сформуванню глибокого розуміння принципів розробки 3D-контенту для інтерактивних застосунків.

1.2.2 Проєктування дизайну 3D-персонажу та властивостей Blender

У процесі створення ігрового 3D-персонажу в середовищі Blender важливим етапом є комплексне проєктування дизайну моделі, яке охоплює як художні, так і

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

технічні аспекти. Тематика об'єкта моделювання – чоловік у середньовічній броні – передбачає не лише анатомічно правильну побудову людської фігури, а й історично обґрунтовану стилізацію захисного спорядження. Композиційно персонаж складається з трьох основних груп елементів: скелет (різноманітна рігтована структура для анімації), тіло (анатомічна база моделі) та броня (яка включає корпусний обладунок, наручі, поножі тощо) (рис. 1.5), а також окремий шолом, змодельований як незалежний об'єкт.

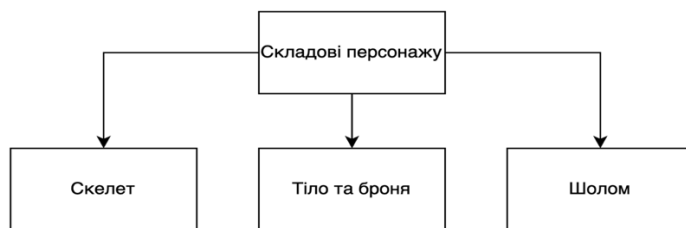


Рисунок 1.5. Структурна схема складових персонажу

Процес моделювання розпочинається з блокінгу – базової побудови об'єму фігури шляхом використання примітивів для визначення пропорцій та загального силуету. Далі виконується скульптинг, під час якого деталізуються м'язові структури, складки тканини та пластика обладунків. Цей етап є ключовим для досягнення реалістичного візуального ефекту. Після завершення геометричного етапу застосовується ріггінг, що реалізується з використанням адона Rigify. Це дозволяє швидко створити складну кісткову структуру із збереженням ієрархій для подальшої анімації. Додатково використовується адон Pose Library, який забезпечує збереження та повторне використання поз персонажу.

На етапі UV-розгортки відбувається трансформація тривимірної геометрії в двовимірну площину для подальшого нанесення текстур. Задля збереження високої точності було застосовано Quad Remesher (Quad Render), що дозволяє отримати рівномірну топологію та уникнути артефактів при розгортці. Наступним етапом є текстурування – створення карт кольору, нормалей, металевості та шорсткості. Це здійснюється як у зовнішніх редакторах, так і безпосередньо в Blender за допомогою процедурних нод. Етап створення матеріалів і шейдингу полягає в поєднанні текстурних карт і параметрів матеріалів у нодовому редакторі для формування фізично коректного вигляду поверхонь. Зокрема, металеві

частини броні мають віддзеркалювальні властивості, тоді як елементи тіла – більш дифузні.

Завершальним етапом є скриптинг, що виконується за допомогою мови Python, інтегрованої у Blender. Було реалізовано автоматичну анімацію обертання персонажа навколо вертикальної осі з використанням функцій кадрування та керування об'єктом камери. Це рішення використовується як демонстраційна сцена для презентації моделі у вигляді повного рендеру або виводу у форматі GTIF для подальшої інтеграції в ігрове середовище або портфоліо. Таким чином, реалізація проєкту охоплює весь цикл виробництва 3D-персонажу – від концептуального дизайну до технічної презентації – із застосуванням сучасних інструментів та методик цифрового моделювання (рис 1.6).

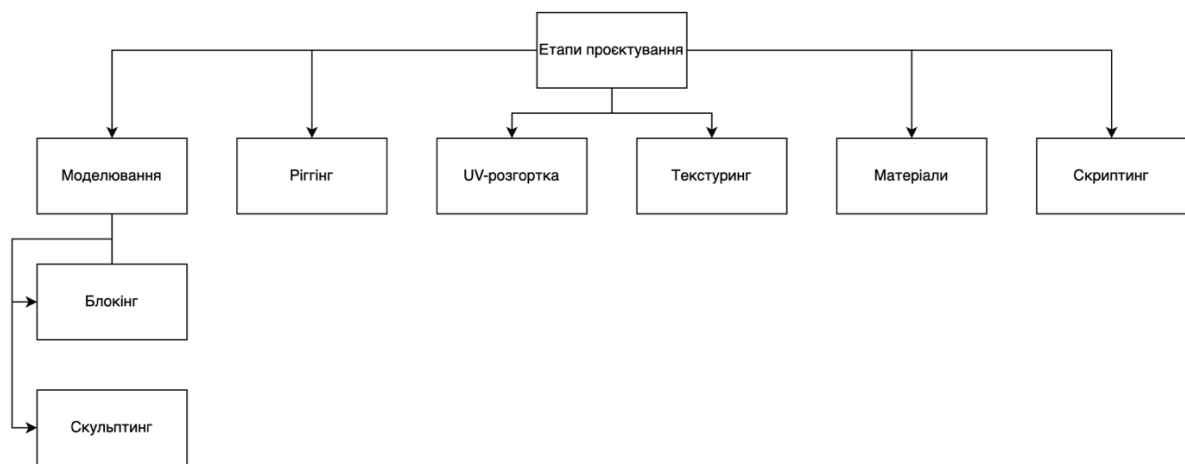


Рисунок 1.6. Структурна схема етапів проєктування

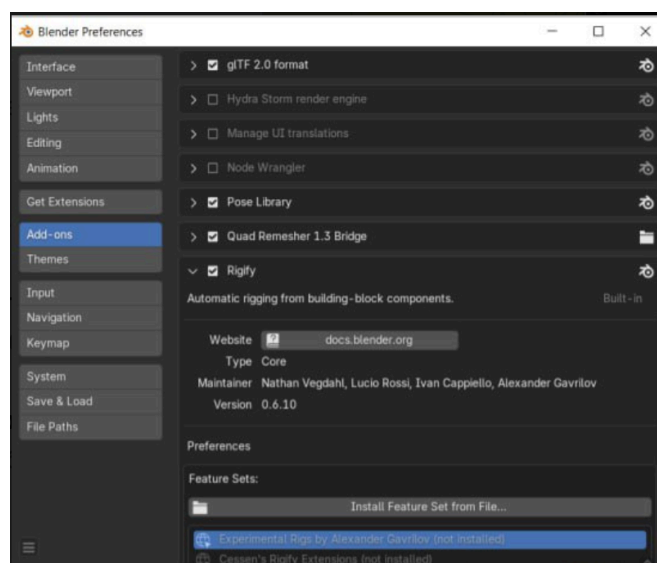


Рисунок 1.7. Використанні аддони

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

1.3 Моделювання 3D-персонажу

1.2.1 Загальний блокінг та скульптинг

Скульптинг буває двох видів. Перший- це метод блокінгу (рис.1.8) він легший за другий спосіб. Під час блокінгу формується загальний силует і базова структура об'єкта. У контексті створення 3D-персонажа блокінг дозволяє художнику швидко задати основні пропорції моделі, розташування основних мас і частин тіла, а також оцінити композицію майбутньої фігури ще до початку деталізації.



Рисунок 1.8. Скульптинг типу блокінгу

На етапі блокінгу зазвичай використовуються примітивні геометричні форми сфери, циліндри, куби. Вони поєднуються між собою шляхом масштабування, деформації та розташування у просторі відповідно до анатомічної структури персонажа. Такий підхід дозволяє створити каркас майбутньої моделі, на якому в подальшому буде будуватися деталізація.

У Blender блокінг зазвичай виконується у Layout або Sculpt Mode. Для цього використовуються базові об'єкти (Add > Mesh > Cube/Sphere/Cylinder), які

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

масштабуються та розташовуються згідно з будовою тіла майбутнього персонажа. Можна використовувати модифікатори Mirror для симетрії, Subdivision Surface – для згладжування форм. Часто також застосовується Boolean-модифікатор для об'єднання форм у єдину масу перед переходом до скульптингу.

Після того як базові форми затверджено, об'єкт зазвичай об'єднується (Ctrl+J) (рис 1.9), перекладається у єдиний меш та переходить до скульптингу з використанням Dynptoro або Multiresolution. На цьому етапі починається поступове додавання анатомічних об'ємів (рис.1.10 та рис. 1.11), згинів, формування м'язів та інших елементів. Цей процес дозволяє деталізувати модель і зробити її максимально анатомічно коректною. Скульптинг надає змогу працювати з формами більш інтуїтивно, що особливо важливо при створенні органічних об'єктів.

Скульптинг другого типу полягає у високодеталізованому опрацюванні моделі після завершення блокінгу. На цьому етапі художник додає дрібні складки шкіри, текстуру тканин, рельєфні елементи броні та інші тонкі деталі, що підвищують реалізм персонажу. Для цього у Blender використовуються інструменти, такі як кисті Clay Strips, Crease, Smooth та інші, які дозволяють працювати над різними аспектами поверхні. Важливо, що на цьому етапі часто застосовується Multiresolution-модифікатор, який дає можливість поступово збільшувати рівень деталізації, не втрачаючи при цьому базову форму моделі. Крім того, оптимізація сітки за допомогою ретопології дозволяє підготувати модель до анімації та текстуровання. Важливо пам'ятати, що деталізація має відповідати кінцевим цілям проєкту – занадто велика кількість полігонів може впливати на продуктивність в ігровому рушії. Після скульптингу модель експортується для подальшої роботи з UV-розгорткою і текстурованням. Для ефективного управління складними об'єктами в Blender застосовуються різні адони, які автоматизують рутинні процеси. Завдяки таким інструментам художник може швидко переходити від загальної форми до дрібних деталей, зберігаючи контроль над якістю та стилем персонажу. Таким чином, комбінування двох типів скульптингу є важливою практикою для створення якісних 3D-моделей.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Використання комплексного підходу до скульптингу забезпечує високу якість і реалістичність фінальної моделі персонажу. Такий метод дозволяє зберегти гармонію між загальним силуетом і деталізацією, що є критично важливим для ігрової анімації. Застосування сучасних інструментів і адонів у Blender значно спрощує процес і підвищує продуктивність роботи. В результаті отримуємо модель, готову до подальшої інтеграції у ігрове середовище з максимальною відповідністю художньому задуму. Таким чином, скульптинг виступає невід’ємною складовою створення якісних ігрових 3D-персонажів.

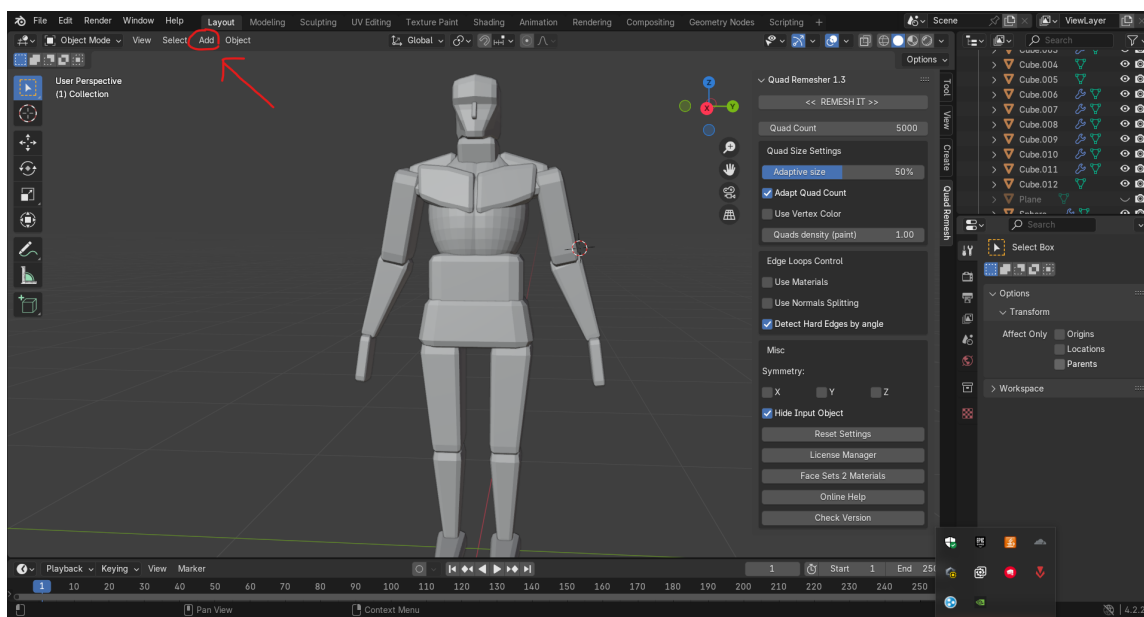


Рисунок 1.8. Додавання анатомічних об’ємів (частина 1)

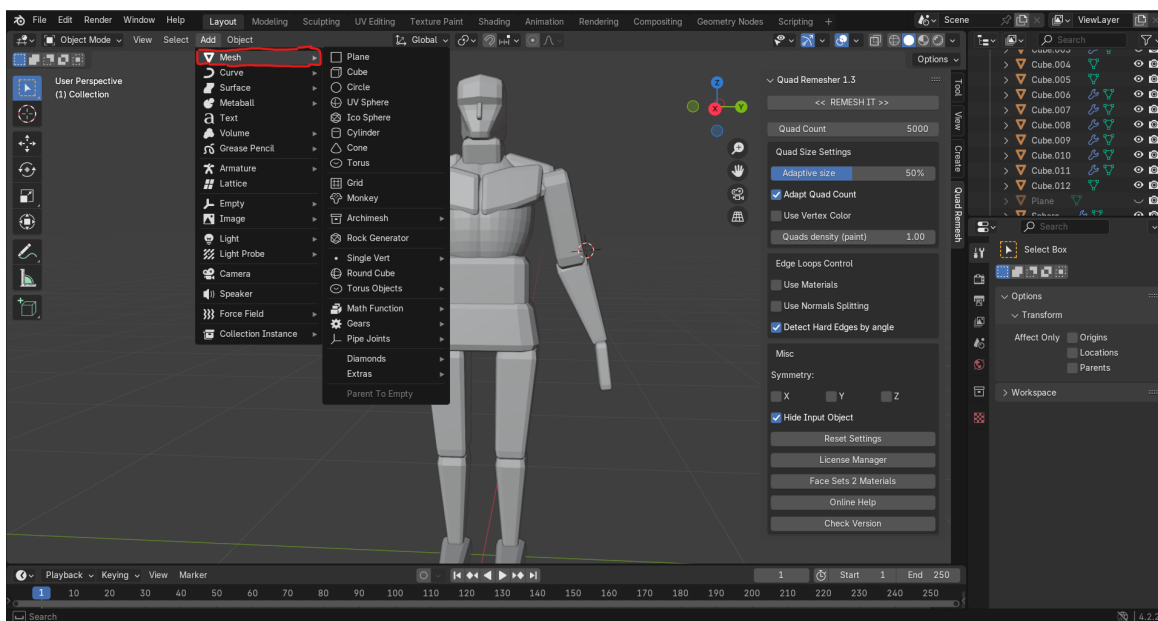


Рисунок 1.9. Додавання анатомічних об’ємів (частина 2)

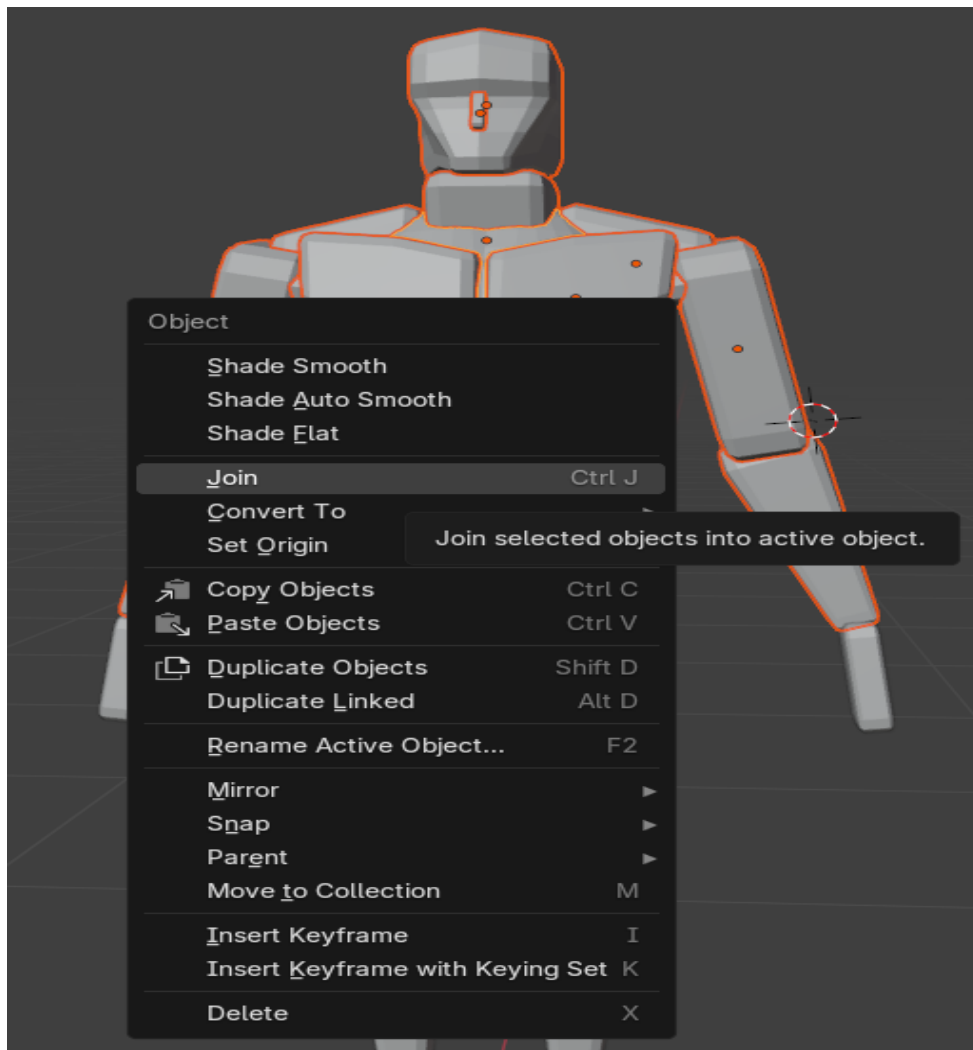


Рисунок 1.10. Сгрупування об'єктів

1.2.2 Рігінг моделі

Рігінг (rigging) є одним із ключових етапів підготовки тривимірного персонажа до анімації. Це процес створення скелетної структури (або «ріга»), яка дозволяє здійснювати контроль над геометрією моделі під час анімації. У середовищі Blender рігінг реалізується шляхом додавання до моделі арматури (armature), що складається з кісток (bones), які відповідають за рух окремих частин тіла персонажа. Зокрема, в рамках даного проекту було прийнято рішення використовувати вбудований аддон Rigify, що забезпечує автоматизоване створення складних рігів за допомогою шаблонів (мета-рігів) та генерації готових до анімації скелетів.

Аддон Rigify є потужним інструментом, який значно спрощує процес створення скелетної структури, особливо для гуманоїдних персонажів. Його

використання дозволяє уникнути рутинної роботи, пов'язаної з ручним створенням кожної кістки та встановленням контролерів, завдяки чому знижується ризик технічних помилок і забезпечується сумісність з ігровими рушіями, які підтримують стандартні структури рігів. На початковому етапі виконання ригінгу в Blender було створено мета-арматуру типу Human (Human Meta-Rig), яка охоплює всі основні частини тіла персонажа – від голови до стоп. Після позиціонування кісток мета-арматури відповідно до пропорцій змодельованого персонажа було виконано автоматичну генерацію деформувального ріга.

Згенерований риг включає як деформувальні кістки, так і набір контролерів, які забезпечують інтуїтивне керування рухами, обертанням і позиціонуванням окремих частин тіла. Крім того, Rigify автоматично створює ієрархічну структуру зв'язків між кістками, включно з інверсною кінематикою (ІК) для кінцівок, що значно полегшує процес створення реалістичних рухів. Одним із важливих аспектів є правильне розміщення кісток у співвідношенні до топології моделі, аби уникнути спотворень під час анімації. Для цього було виконано ретельне коригування позицій кісток у режимі редагування (Edit Mode), що дало змогу адаптувати мета-арматуру до індивідуальної форми персонажа (рис 1.11).

Після генерації ріга наступним кроком стало виконання процедури зважування (weight painting), яка визначає, як саме кожна кістка впливатиме на сусідні вершини мешу. Залежно від складності геометрії було виконано як автоматичне присвоєння ваги (Automatic Weights), так і локальне коригування у зонах підвищеної деформації – зокрема, в ділянках суглобів, пальців та шиї. Це дозволило досягти більш природного вигляду рухів під час тестової анімації.

Отже, використання Rigify у середовищі Blender дозволило реалізувати повнофункціональний риг для ігрового персонажа з мінімальними затратами часу при високому рівні контролю над структурою. У межах дипломного проекту було не лише створено анімаційно готову модель, але й забезпечено її адаптованість для подальшої інтеграції в ігрове середовище з урахуванням технічних вимог сучасних рушіїв, зокрема щодо сумісності з механізмами скелетної анімації.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

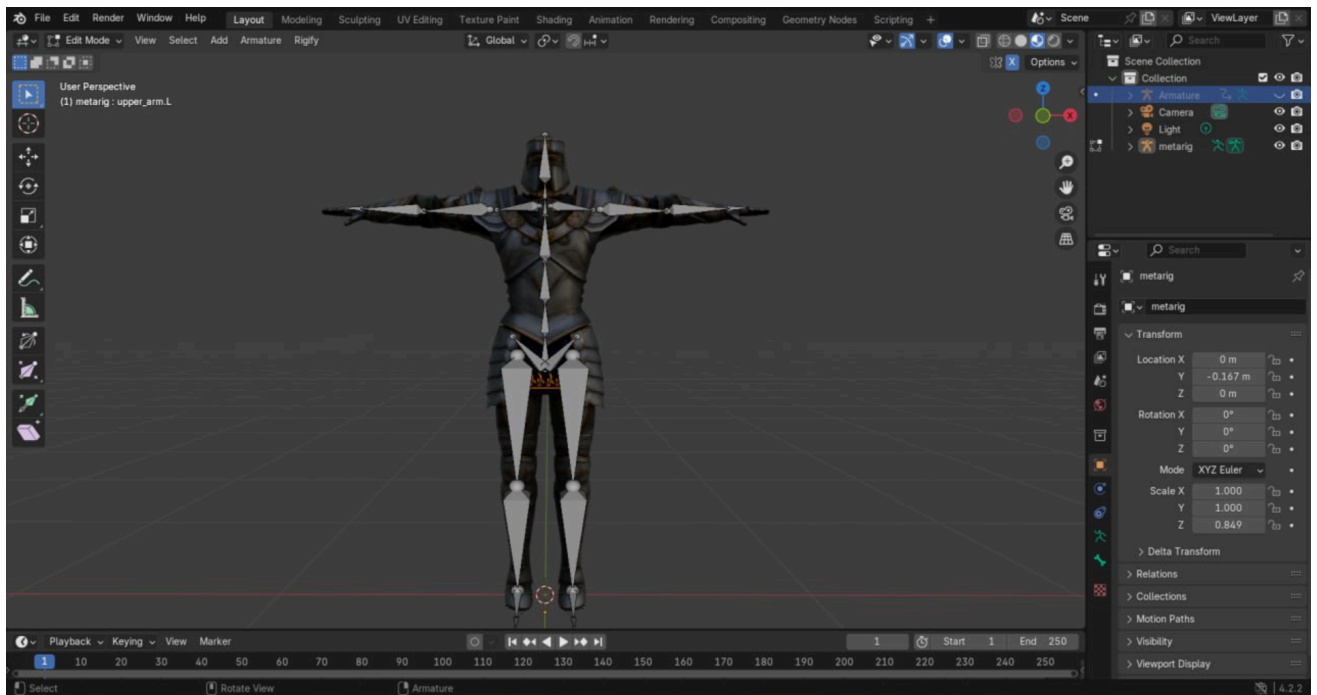


Рисунок 1.11. Рігінг моделі

1.2.3 Деталі моделювання – голова

Зазвичай процес блокіну починається саме з голови, оскільки це одна з найважливіших частин персонажа, яка формує перше враження та дозволяє передати емоційний настрій образу. Голову часто розміщують першою, оскільки від її розмірів і пропорцій залежить побудова всього тіла. Для початку створюється базовий примітив – зазвичай це куб або сфера, які слугують відправною точкою для формування об'ємів черепа, щелеп, підборіддя та скул.

У базовому варіанті куб масштабують відповідно до висоти і ширини майбутньої голови, після чого, за допомогою інструментів трансформації, йому надають більш органічну форму. Це дозволяє швидко окреслити об'єм і силует. Додатково можуть створюватися окремі об'єкти для очей, вух, носа та рота, щоб краще бачити взаємне розташування всіх частин обличчя ще до етапу скульптингу.

Проте в рамках цієї роботи ситуація дещо відрізняється. Модель голови була вже створена на попередньому етапі і не потребувала повного блокіну з нуля. Проте навіть у цьому випадку важливо було зберегти логіку побудови, враховуючи ключові анатомічні орієнтири, такі як лінія очей, центр симетрії, розміщення носової кістки та нижньої щелепи.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

Візуальне опрацювання голови (рис 1.12 та рис 1.13) – це не лише питання технічної побудови, а й творча задача. Особливо, коли йдеться про стилізованого персонажа, де важливо зберігати баланс між реалістичними формами й художньою виразністю. Голова персонажа має передавати його характер, настрій, а в деяких випадках навіть соціальний статус чи походження.

У програмному середовищі Blender важливо враховувати не лише форму, але й симетрію. Тому робота над головою, як правило, виконується з активним модифікатором Mirror, що дозволяє уникнути асиметричних помилок на ранньому етапі. У разі використання Dynptoro або Multires, необхідно своєчасно застосовувати симетричні кисті або вручну синхронізувати геометрію з обох сторін.

Цей підхід значно прискорює роботу та дозволяє зосередитись на формоутворенні без необхідності повторного моделювання кожного елемента. На етапі деталізації увага приділяється плавності переходів між площинами та точності розміщення анатомічних форм. Також важливо регулярно перевіряти силует з різних ракурсів, щоб уникнути спотворень. Робота в ортографічному режимі полегшує точне розташування елементів обличчя. На фінальних етапах моделювання голова готується до наступних процесів – ретопології, UV-мапінгу та текстурування.

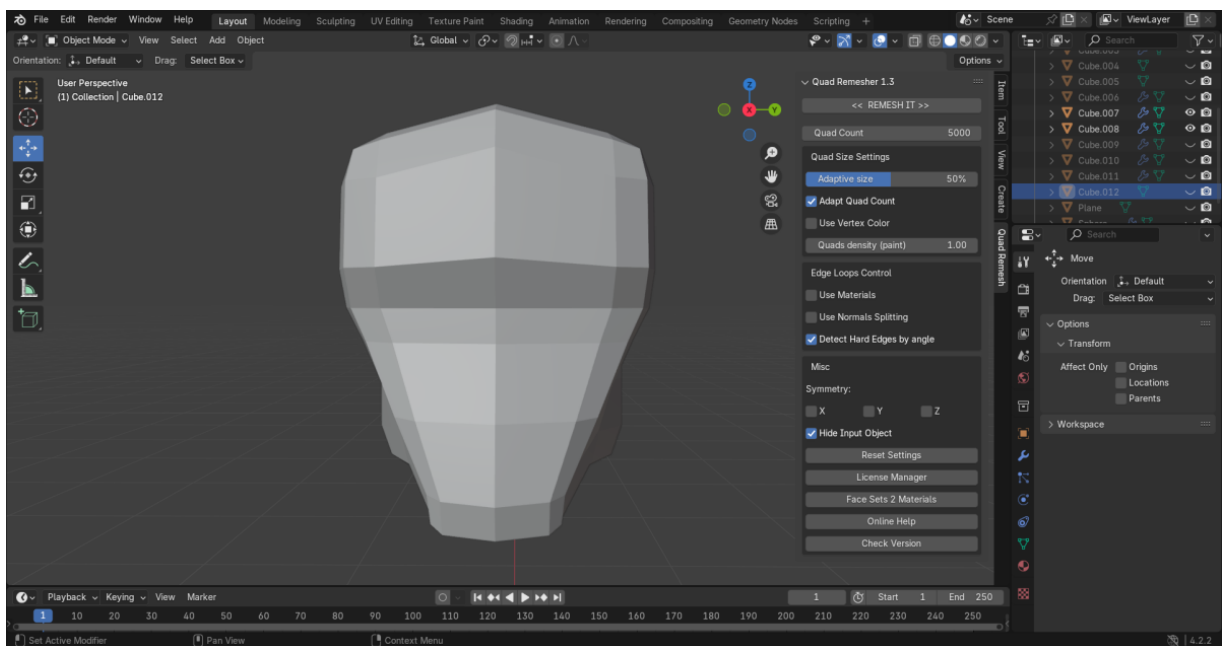


Рисунок 1.12. Візуальне опрацювання голови (частина 1)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

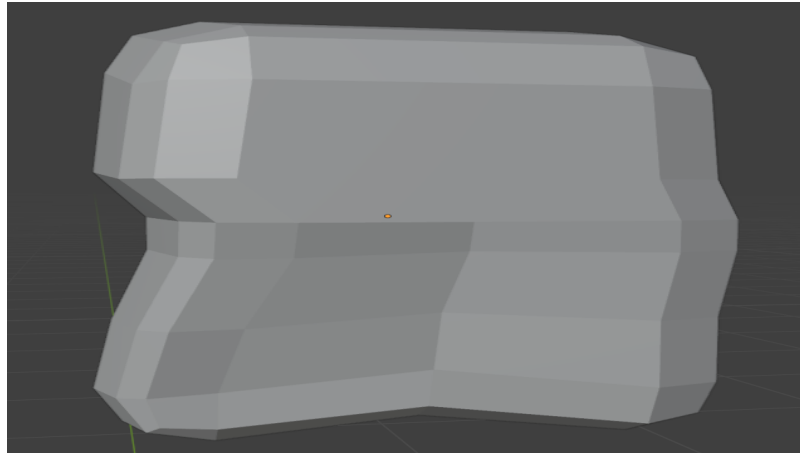


Рисунок 1.13. Візуальне опрацювання голови (частина 2)

Таким чином, навіть якщо голова вже частково створена, її остаточне формування продовжується протягом усього етапу моделювання. Це один із найбільш динамічних елементів, що потребує постійного уточнення, узгодження з іншими частинами тіла та корекції пропорцій.

1.2.4 Деталі моделювання – тулуб

Тулуб вже цікавіше та складніше моделювати для цього потрібно копіювати голову або додати куб та приєднати до закінчення голови тобто початок шиї (рис 1.14). Потім трошки витягнути та розвернути.



Рисунок 1.14. Початок шиї

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Тулуб є наступною важливою складовою у побудові 3D-персонажа після формування голови. Саме з тулуба починається розвиток загального об'єму тіла, від якого далі будуть прив'язуватись руки, ноги, плечі, спина та інші деталі. Формування тулуба є складнішим, ніж створення голови, оскільки потребує врахування великої кількості пропорцій, вигинів та анатомічних переходів між верхньою і нижньою частинами тіла.

На практиці для моделювання тулуба найчастіше використовують куб або копію вже створеної голови, видозмінену відповідно до пропорцій тіла. У даному випадку, враховуючи структуру проєкту, було вирішено застосувати метод додавання нового куба, який згодом масштабувався, витягувався та обертася відповідно до лінії шиї. Початкову форму тулуба було орієнтовано відносно закінчення шиї нижньої частини голови. Такий підхід дозволив легко зберегти логіку будови скелету й забезпечити плавний перехід від голови до тіла.

Після додавання базового об'єкта важливо виконати первинне вирівнювання обертання та витягування уздовж осі Z або Y (в залежності від положення моделі у сцені), щоб задати основний об'єм грудної клітки та живота. Особливу увагу на цьому етапі слід звернути на плавність переходу від шиї до плечей і зони лопаток, оскільки саме ці місця часто викликають труднощі в подальшій ретопології та ригінгу.

Під час блокінгу тулуба рекомендується орієнтуватися не лише на симетричність, але й на анатомічну структуру чітке розміщення грудної клітки, талії, нижньої частини живота та спини. Навіть у стилізованому персонажі ці зони мають бути впізнаваними, бо вони визначають подальшу рухливість та реалістичність поз.

Також важливо одразу передбачити місця для кріплення кінцівок (рис 1.15), тому вже на цьому етапі блокінгу варто намітити майбутнє положення плечових суглобів і тазової області. Це дозволяє ще до початку деталізації бачити загальний силует персонажа й уникнути майбутніх помилок у пропорціях.

Цей підхід забезпечує більш органічну інтеграцію всіх частин моделі та полегшує подальшу роботу з анімацією. Таким чином, правильне формування

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

тулуба є ключовим етапом для досягнення цілісності та природності вигляду 3D-персонажа.



Рисунок 1.15. Кріплення кінцівок

У процесі створення тулуба корисно використовувати Mirror-модифікатор для забезпечення симетрії, а також Subdivision Surface або Multiresolution, якщо потрібен згладжений варіант для подальшого переходу до скульптингу. У режимі Sculpt Mode можна плавно уточнити об'єми грудної клітки, вигини спини, виділити м'язи живота або навпаки спростити форми, якщо стиль моделі передбачає більш cartoon-напрямок.

Таким чином, формування тулуба є важливим етапом, що впливає на подальшу побудову всієї моделі. Від точності цього етапу залежить не тільки зовнішній вигляд персонажа, а й зручність подальшого ригінгу, анімації та текстуровання. Навіть якщо модель на вигляд здається простою, саме в зоні тулуба виникає найбільше технічних нюансів, які бажано враховувати ще на етапі блокінгу (рис 1.16).

Врахування всіх анатомічних особливостей та пропорцій на цьому етапі дозволяє створити збалансований і функціональний каркас персонажа. Ретельне опрацювання тулуба сприяє підвищенню реалізму і природності рухів під час анімації. Крім того, якісно виконаний блокінг значно спрощує подальші етапи

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

моделювання та текстурування. Таким чином, правильне та продумане моделювання тулуба є фундаментом успішної розробки 3D-персонажа. Це забезпечує не лише візуальну цілісність, а й технічну ефективність у роботі з моделлю на наступних стадіях проєкту.

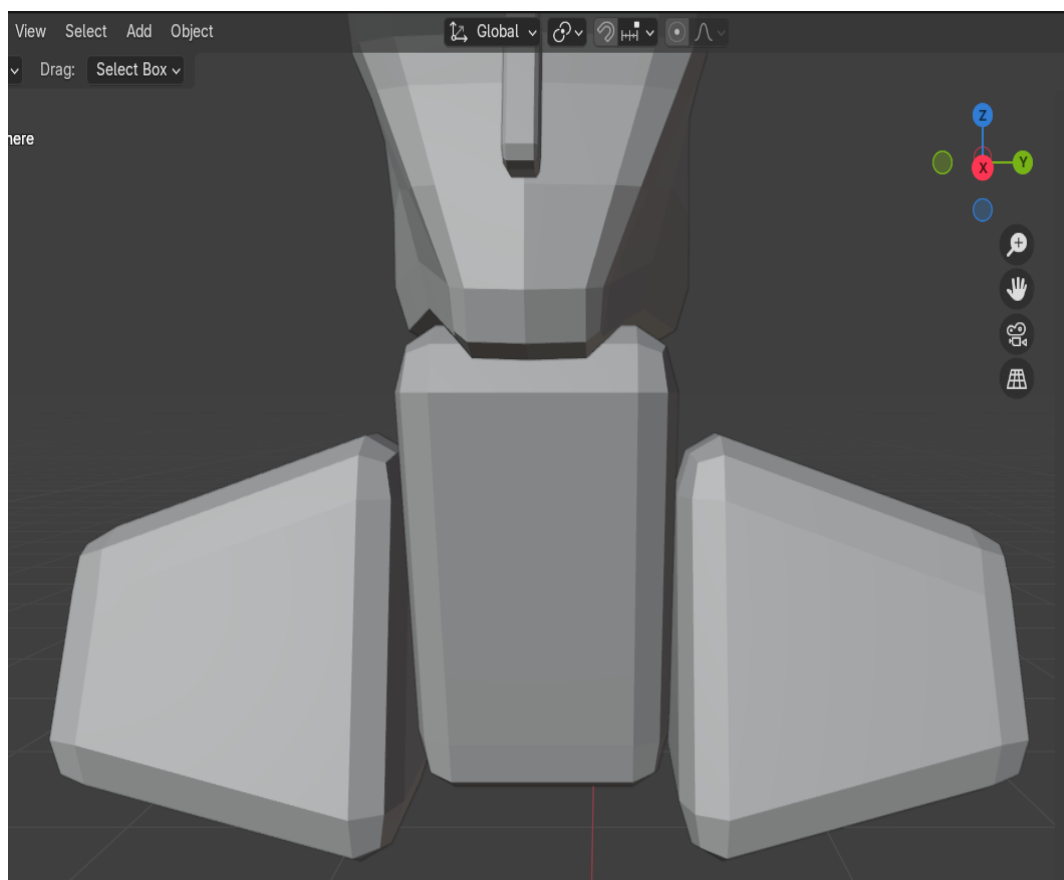


Рисунок 1.16 Етап блокінгу кінцівок

1.2.5 Деталі моделювання – руки

Руки є однією з найпростіших частин у створенні 3D-персонажа, як з анатомічної, так і з технічної точки зору. Вони складаються з великої кількості дрібних сегментів, що мають гнучку структуру, і тому потребують особливої уваги вже на етапі блокінгу. Правильно змодельовані руки не лише покращують загальну виразність персонажа, а й значно спрощують подальшу роботу зі скелетом, анімацією та ригінгом. У більшості випадків процес моделювання рук починається після завершення базової форми тулуба. Для їх створення зазвичай використовують примітив циліндр або модифікований куб, який розміщується у плечовій зоні й поступово витягується вниз відповідно до пропорцій руки.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

Важливо на ранньому етапі враховувати три ключові сегменти плече, передпліччя та кисть. Одним із критичних моментів є визначення довжини та товщини руки. Вони мають відповідати загальним пропорціям персонажа, а також стилістичним особливостям проекту. Наприклад, у фентезійному або мультяшному стилі руки можуть бути непропорційно довгими або надмірно масивними, що має бути свідомим художнім вибором. Окрему увагу слід приділити місцям з'єднання руки з тулубом. Плечовий суглоб повинен мати плавний перехід і не виглядати як штучно "приліплена" деталь

Для цього використовується Sculpt Mode, у якому за допомогою інструментів згладжування й формування м'язів можна надати правдоподібної анатомічної структури. Також часто застосовується Mirror-модифікатор, що дозволяє моделювати лише одну руку, а інша створюється автоматично у дзеркальному відображенні, що значно економить час і зменшує кількість можливих помилок. При моделюванні передпліччя (рис.1.17) важливо передбачити можливість подальшого згинання руки.

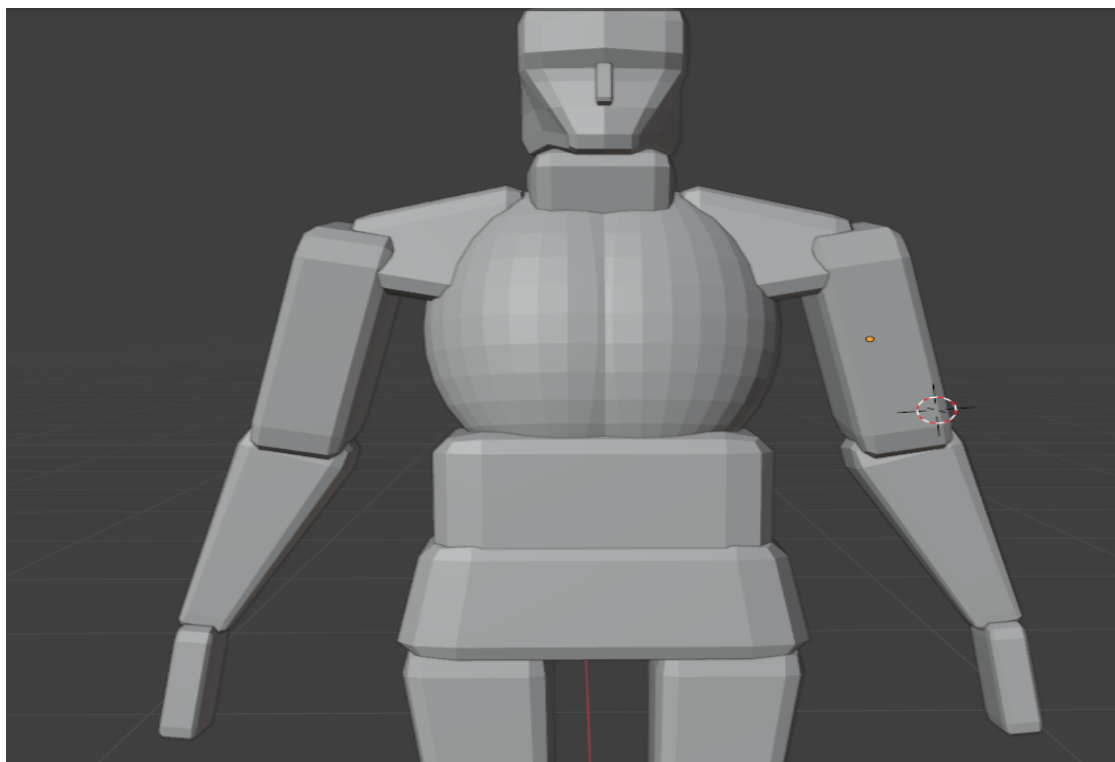


Рисунок 1.17. Моделювання передпліччя

Тому топологія повинна враховувати розміщення петель у зонах згину – ліктьових суглобів. Аналогічно, у зоні зап'ястка має бути достатня кількість

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

полігонів для деформацій при анімації, але не надмірна, щоб уникнути перевантаження моделі. Ще одним важливим моментом є створення кисті руки.

На етапі блокінгу вона може виглядати як спрощена форма без пальців – лише об’єм, який задає напрямок і форму майбутньої долоні. Пальці часто створюються як окремі об’єкти або екструдовані з базової форми кисті. Для їх моделювання слід дотримуватись правильних пропорцій і розміщення: великий палець має відходити під кутом, решта розміщується паралельно один одному з легким вигином. З практичного боку, зручним є застосування референсів або власних фото рук, зроблених під потрібним кутом. Це дозволяє зберегти реалістичність форми навіть у стилізованому персонажі. У випадку стилізації також можна підкреслити масивність, видовженість або, навпаки, компактність рук, залежно від художнього задуму. Загалом моделювання рук (рис. 1.18) є технічно складним, але дуже важливим етапом, що суттєво впливає на візуальне сприйняття персонажа. Саме руки часто взаємодіють з оточенням, утримують зброю або предмети, беруть участь в анімації, жестах і міміці. Тому якість їх побудови прямо впливає на загальне враження від моделі та її функціональність у подальших проєктах.

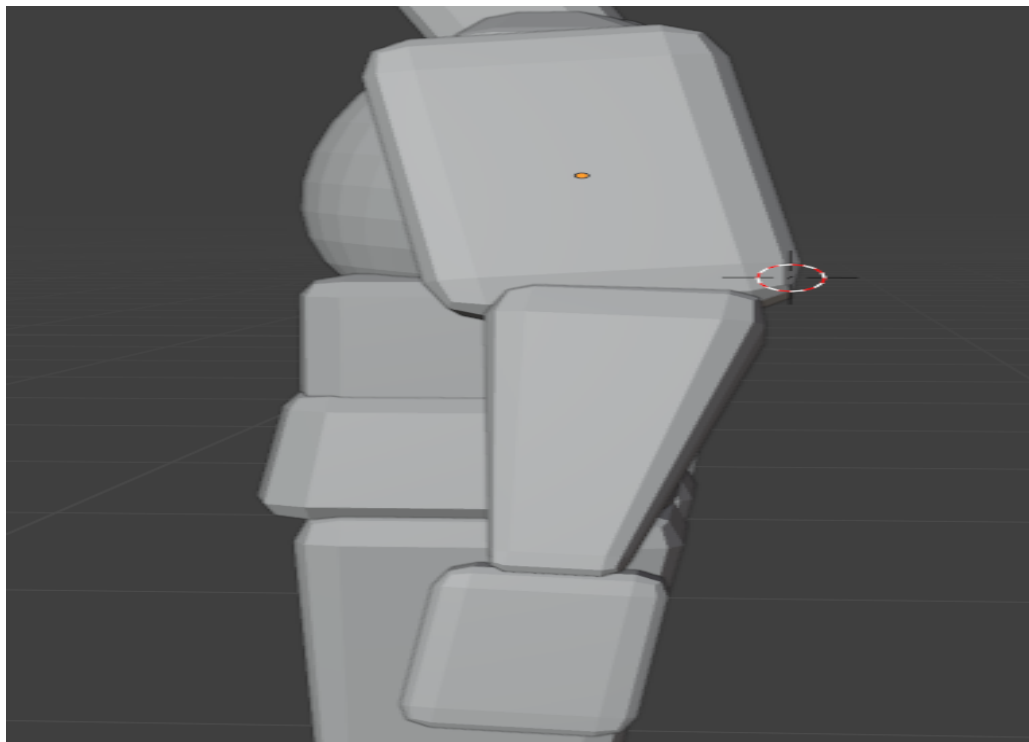


Рисунок 1.18. Моделювання рук

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

1.2.6 Деталі моделювання – ноги

З ногами складніше, бо щоб їх зробити потрібно зробити таз та пояс без нього ніяк. На відміну від рук, які кріпляться до плечового поясу, ноги виходять із області таза під кутом, мають більшу товщину в зоні стегна та іншу функціональну будову. Таз виступає центральним вузлом симетрії нижньої частини тіла, і саме з його формування починається вся подальша побудова нижніх кінцівок. У базовому варіанті таз можна сформувати з куба або сфери, що обрізаються та витягуються відповідно до форми тазової кістки. У разі використання стилізованого підходу достатньо намітити основні об'єми це верхню зону стегон, нижню частину живота і верхній контур сідниць. Після того як форма таза сформована, починається процес моделювання ніг. Як і у випадку з руками, початково використовують прості примітиви зазвичай циліндри, які масштабуються і витягуються відповідно до довжини стегна, коліна, гомілки та стопи. Ці форми розміщуються під правильним кутом, з урахуванням природної позиції тіла. Важливо пам'ятати, що ноги рідко бувають абсолютно прямими, особливо якщо персонаж перебуває у несиметричній або динамічній позі.

Стегнова частина це одна з найоб'ємніших і водночас найважливіших ділянок, оскільки вона переходить у коліно. Для коректної деформації при подальшій анімації, особливо в зонах згину, потрібно вже на етапі блокінгу забезпечити правильне розташування петель (loop'ів) у майбутній топології. У стилізованих моделях стегно може мати спрощену або гіперболізовану форму, але при цьому важливо зберегти візуальну логіку будови. Колінний суглоб (рис. 1.19) створюється шляхом легкого звуження циліндра в середині ноги або за допомогою виділеної області, яку потім можна деталізувати при скульптингу. У моделях, де планується анімація, зона коліна повинна мати достатній обсяг геометрії для плавної деформації, але не бути перевантаженою полігонами, щоб уникнути артефактів при згині. Нижче коліна розміщується гомілка (рис. 1.19), яка має більш вузьку форму і часто закінчується стопою або взуттям.

Для збереження симетрії на цьому етапі доцільно використовувати модифікатор Mirror. Це дозволяє вносити зміни лише з одного боку і автоматично

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

дублювати їх на інший.

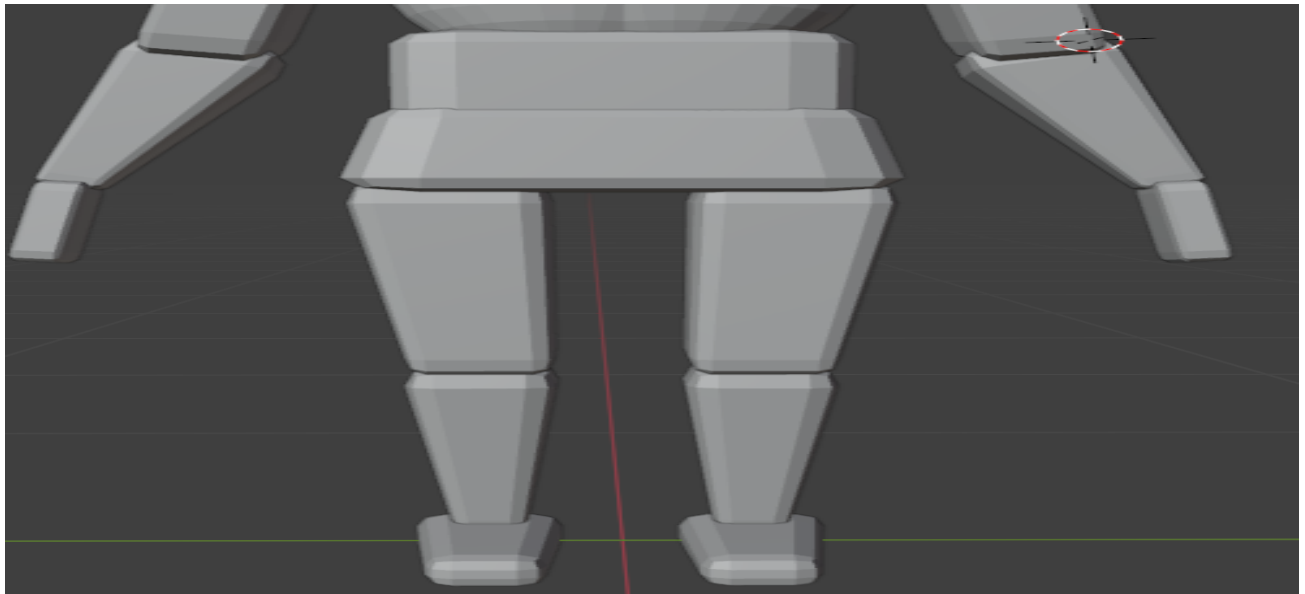


Рисунок 1.19. Колінний суглоб та гомілка

Стопа моделюється окремим блоком або як частина циліндра, і орієнтується в бік, залежно від пози персонажа (рис.1.20). Особливої уваги потребує підошва та п'ятка, оскільки саме вони контактують з поверхнею сцени і мають бути пропорційними до тіла. На етапі блокінгу не обов'язково створювати всі дрібні деталі – достатньо виділити основні об'єми, кут нахилу та пропорції.

Однак якщо персонаж має бути динамічним або реалістичним, бажано вже на цьому етапі приділити увагу логіці згинів, балансу мас і формі опори. У Blender для побудови ніг активно використовуються модифікатори Mirror для симетрії та Subdivision Surface для згладження об'єму. Скульптинг застосовується для уточнення форм литок, м'язів та згинів. У більшості випадків важливо одночасно переглядати модель з кількох ракурсів, щоб уникнути спотворень у перспективі. Також, як і з іншими частинами тіла, бажано використовувати анатомічні або стилізовані референси фотографії, концепт-арти, 3D-зразки. Вони дозволяють точніше відтворити структуру суглобів, визначити пропорції та зробити персонажа більш правдоподібним у рамках його візуального стилю.

Побудова ніг є технічно складною, але надзвичайно важливою складовою моделювання. Від правильного блокінгу нижніх кінцівок залежить не лише зовнішній вигляд персонажа, а й можливість його подальшої інтеграції в ігрове

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

середовище, зручність ригінгу, а також загальний рівень анімаційної придатності.

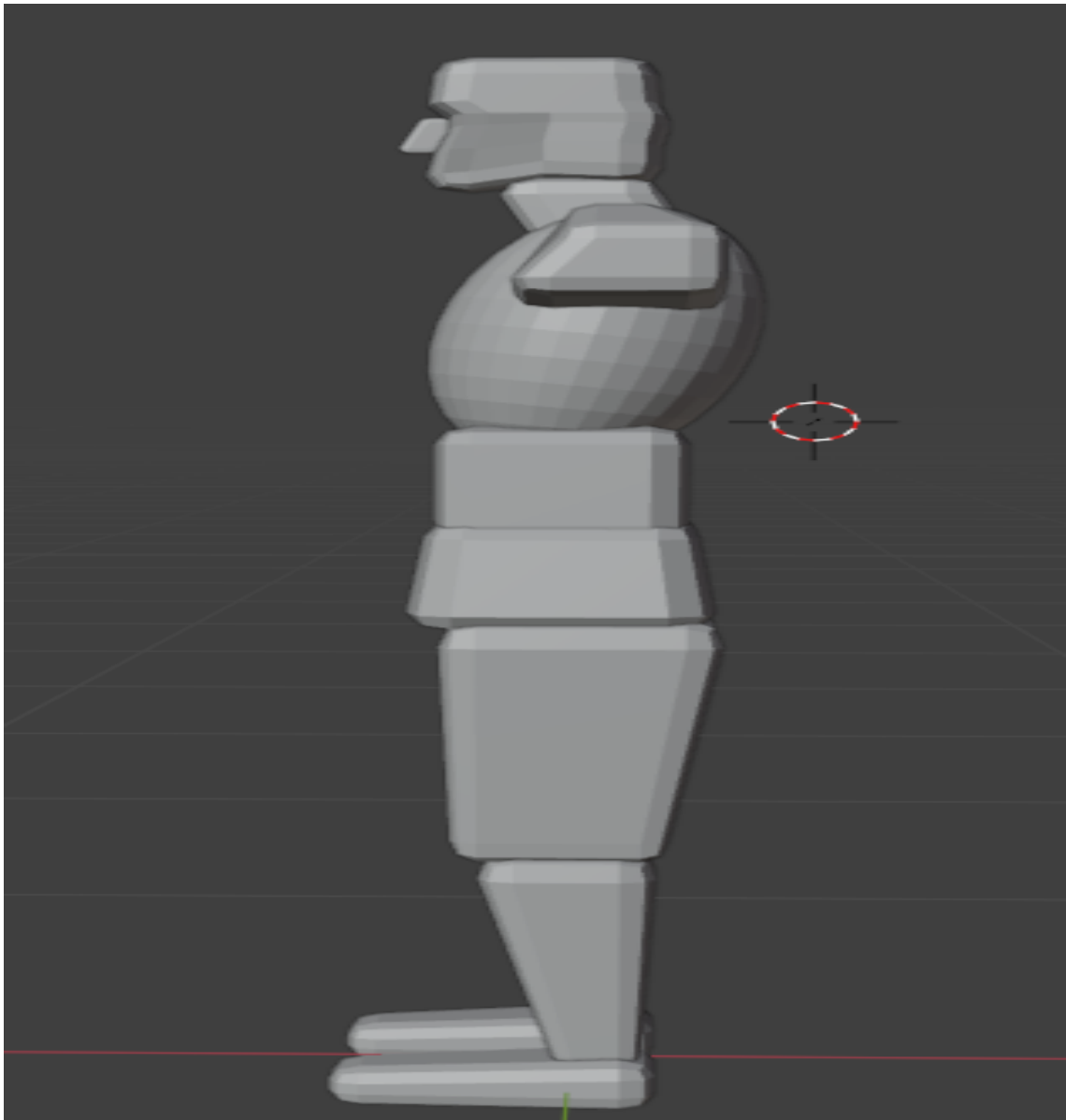


Рисунок 1.20. Побудова стоп

1.2.7 Деталі моделювання – обличчя

Формування деталей обличчя (рис. 1.21 та рис 1.22) це надзвичайно важливий етап у створенні 3D-персонажа, адже саме ці елементи відповідають за виразність, характер і емоційність образу. Очі, вуха та рот це ключові частини голови, які формують індивідуальність персонажа, а також слугують точками фокусування для глядача. Особливо це актуально у випадках, коли персонаж буде використовуватись у анімації, діалогах або кат-сценах, де передача емоцій є критично важливою.

Очі це перше, на що звертає увагу людина при взаємодії з візуальним

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

образом. У 3D-моделюванні вони часто створюються як окремі об'єкти у вигляді сфер, які вставляються в орбітальні поглиблення моделі. На етапі блокінгу важливо не лише правильно розмістити очі, а й враховувати їхній нахил, відстань між ними, розмір і посадку в черепі. Занадто глибоко посаджені очі або надто випуклі можуть зіпсувати весь вигляд персонажа. У сцені Blender для очей зазвичай використовують дві сфери: одну для самого ока (яблука), іншу для рогівки або лінзи, яка забезпечує ефект блиску. Також потрібно враховувати місце для подальшого ригінгу очей, щоб вони могли рухатися, фокусуватися на об'єктах і брати участь в анімації. Додатково навколо очей формується область повік – верхньої та нижньої. Навіть у стилізованих персонажів ці деталі важливі, оскільки без них модель виглядає незавершеною або мертвою. Повіки часто екструдовані з базової сітки голови або скульптуються окремо (рис. 1.22).

Вуха (рис 1.21) хоч і другорядна, але надзвичайно характерна частина обличчя. Їх форма може багато розповісти про персонажа: вуха можуть бути ельфійськими, круглими, гострими, відтопиреними, довгими або короткими усе це додає образу індивідуальності. У деяких стилізованих моделях вуха можуть навіть виступати як елемент дизайну персонажа.

Під час моделювання вуха зазвичай створюються окремим об'єктом або екструдованим шматком сітки голови. Вони прикріплюються до зони трохи вище рівня носа та нижче рівня очей. Важливо правильно дотримуватись орієнтації – вуха повинні бути симетричними і логічно вписуватись у загальну форму черепа. У Blender вуха часто моделюються з базового плоского об'єкта, який потім заглиблюється, викручується та деталізується з використанням скульптингових кистей або ручної топології. У більшості випадків вуха поєднуються з головою за допомогою Boolean або Merge технік, після чого сітка узгоджується вручну.

Рот один із найбільш технічно складних елементів, особливо якщо планується мімічна анімація. При блокінгу достатньо намітити отвір для рота, без деталізації губ. Втім, форма й положення рота визначають загальний вираз обличчя від нейтрального до агресивного, усміхненого чи сумного. Зазвичай рот формується шляхом виділення петлі полігонів (loop), яка розташовується на рівні

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

нижньої третини голови. Ця зона повинна мати чітко сформовану топологію з круговими петлями, які дозволять створити правильну деформацію при відкриванні рота або гримасах. Особливо важливою є наявність центрального вертикального шва для збереження симетрії. У стилізованих персонажів рот може бути мінімалістичним лише прорізом або текстурним елементом. Але навіть у таких випадках бажано надати йому певну геометричну структуру, щоб не порушувати об'ємність моделі. Загалом, моделювання очей, вух і рота це важливий творчо-технічний процес, який значною мірою впливає на фінальне сприйняття персонажа. Ці елементи повинні бути логічно вписані в анатомію моделі, відповідати її стилістиці та залишатися придатними до подальшої анімації або ригінгу. Вони є важливими маркерами індивідуальності, які, навіть при мінімальному дизайні, здатні "оживити" персонажа та надати йому унікальності.

Висока якість моделювання деталей обличчя безпосередньо впливає на загальне враження від персонажа і його здатність передавати емоції. Комплексний підхід до створення очей, вух і рота дозволяє забезпечити не лише естетичну привабливість, а й технічну функціональність моделі у процесі анімації. Зважене поєднання художніх та технічних аспектів формування обличчя є невід'ємною складовою успішного створення 3D-персонажу.



Рисунок 1.21. Формування деталей обличчя вух

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

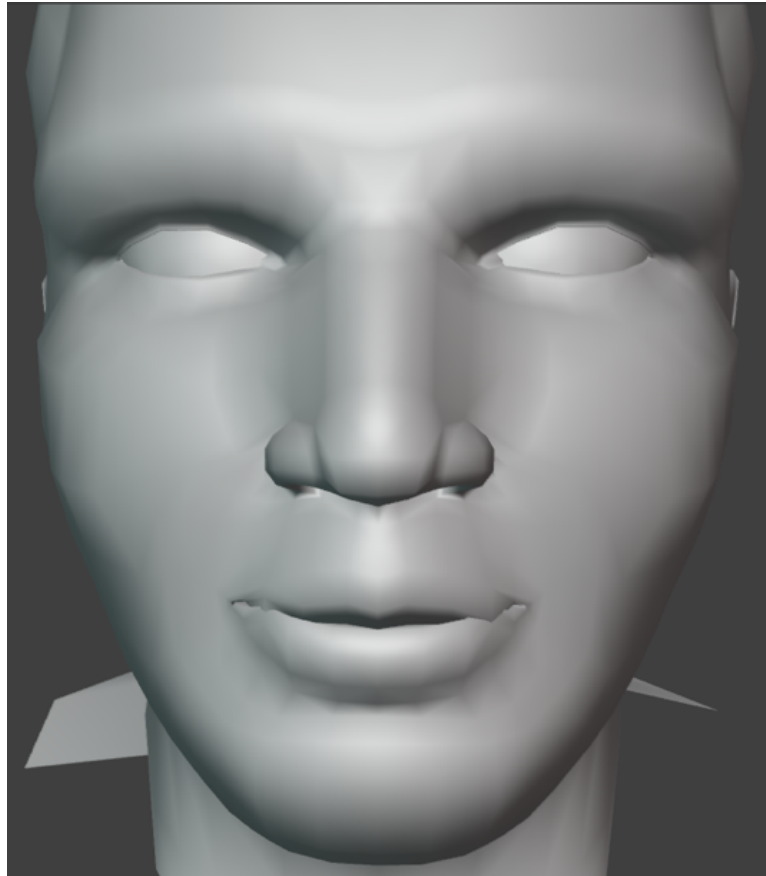


Рисунок 1.22. Формування деталей обличчя очей, рота та носа

1.2.7 Моделювання шолома

На етапі блокінгу шолом (рис. 1.23 та рис. 1.24) створюється з базової сфери або куба, який масштабують і трансформують відповідно до форми голови. Важливо, щоб шолом не був надто щільно прилеглим до черепа – потрібен невеликий зазор, як у реальному житті. Основна частина моделі охоплює верхню частину голови, а деталі додаються залежно від стилю – це можуть бути щоки, козирок, накладки, декоративні елементи чи навіть шипи або гребінь. У більшості випадків для шолома використовується симетричне моделювання активується модифікатор Mirror, а деталі будуються лише з одного боку. Це пришвидшує роботу й дозволяє досягти ідеальної симетрії.

Завдяки використанню базових геометричних форм і модифікаторів процес створення шолома стає більш ефективним і контрольованим. Наявність зазору між шоломом і головою забезпечує реалістичність та зручність для подальшої анімації персонажа. Коректне опрацювання деталей шолома підкреслює загальний стиль персонажа і додає йому індивідуальності.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

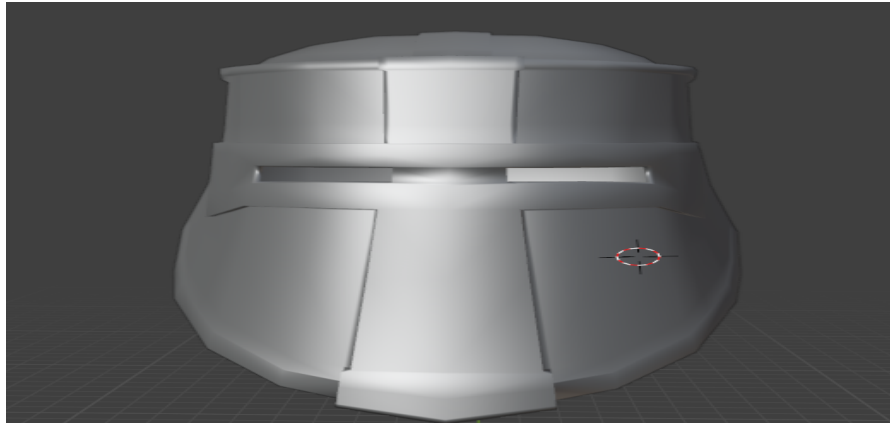


Рисунок 1.23. Етап блокінгу шолома (частина 1)

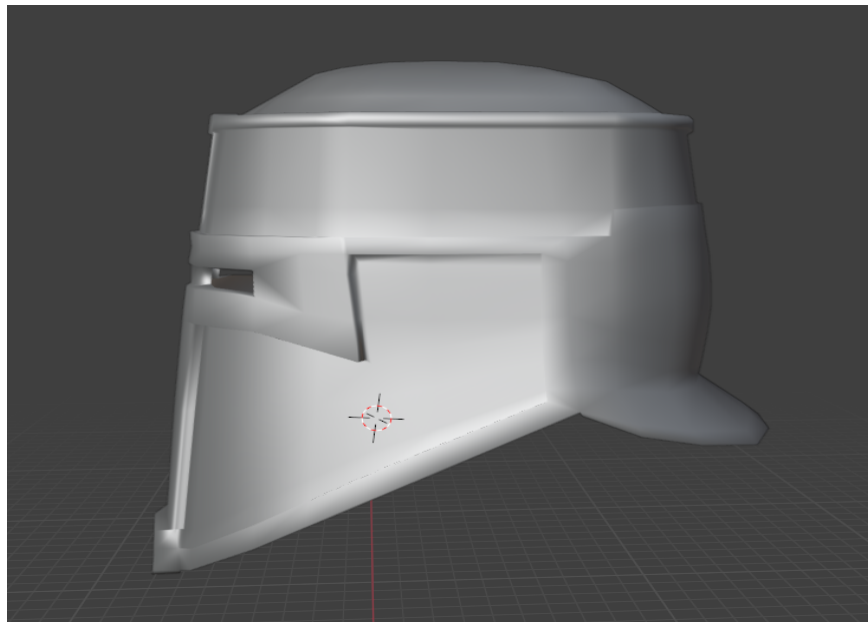


Рисунок 1.24. Етап блокінгу шолома (частина 2)



Рисунок 1.25. Мапа нормалей

1.2.8. Загальне створення текстур та матеріалів

У процесі створення тривимірного персонажа матеріали та текстури відіграють ключову роль, оскільки саме вони надають моделі фінального вигляду та забезпечують її візуальну правдоподібність. Якщо блокінг і скульптинг формують основний об'єм і анатомічну структуру, то матеріали визначають спосіб взаємодії поверхні з освітленням, а текстури деталізують зовнішній вигляд, надаючи кольору, фактури, блиску, прозорості та інших властивостей.

Матеріал у 3D-графіці – це набір параметрів, які описують, як поверхня реагує на світло. Сучасні графічні програми, зокрема Blender, використовують принцип фізично коректного відтворення (PBR, Physically Based Rendering), що дозволяє досягти максимально реалістичного вигляду поверхонь. Кожен матеріал складається з набору текстурних карт, таких як Base Color, Normal Map, Roughness, Metallic, Height та інших, які разом формують комплексний образ поверхні. Всі ці карти інтегруються у вузловій системі (Shader Editor), де задаються їхні взаємозв'язки і вплив на фінальний вигляд.

Текстури можуть бути створені як вручну, так і отримані з відкритих джерел. Важливо, щоб усі матеріали відповідали єдиній стилістиці проєкту, підтримуючи цілісність візуального образу персонажа. При необхідності текстури редагуються у сторонніх графічних редакторах, таких як Photoshop або GIMP, для корекції кольору, контрастності та усунення дефектів швів.

Для побудови матеріалів у Blender широко застосовується вузловий редактор Shader Editor, де базовим елементом є вузол Principled BSDF. Цей вузол дозволяє гнучко налаштовувати фізичні параметри поверхні, такі як шорсткість, металевість, прозорість і підповерхневе розсіювання. Використання Normal Map дає змогу додати деталізацію поверхні без збільшення кількості полігонів, що суттєво підвищує ефективність роботи з моделлю.

Для перевірки коректності матеріалів застосовуються різні системи візуалізації, зокрема Eevee та Cycles у Blender. Eevee забезпечує швидкий перегляд у реальному часі, що зручно для оперативного тестування, тоді як Cycles надає більш точне і фотореалістичне освітлення. На основі результатів попередніх

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

рендерів матеріали можуть коригуватися шляхом зміни параметрів текстур і шейдингу для досягнення оптимального балансу між реалістичністю та стилізацією (рис. 1.25).

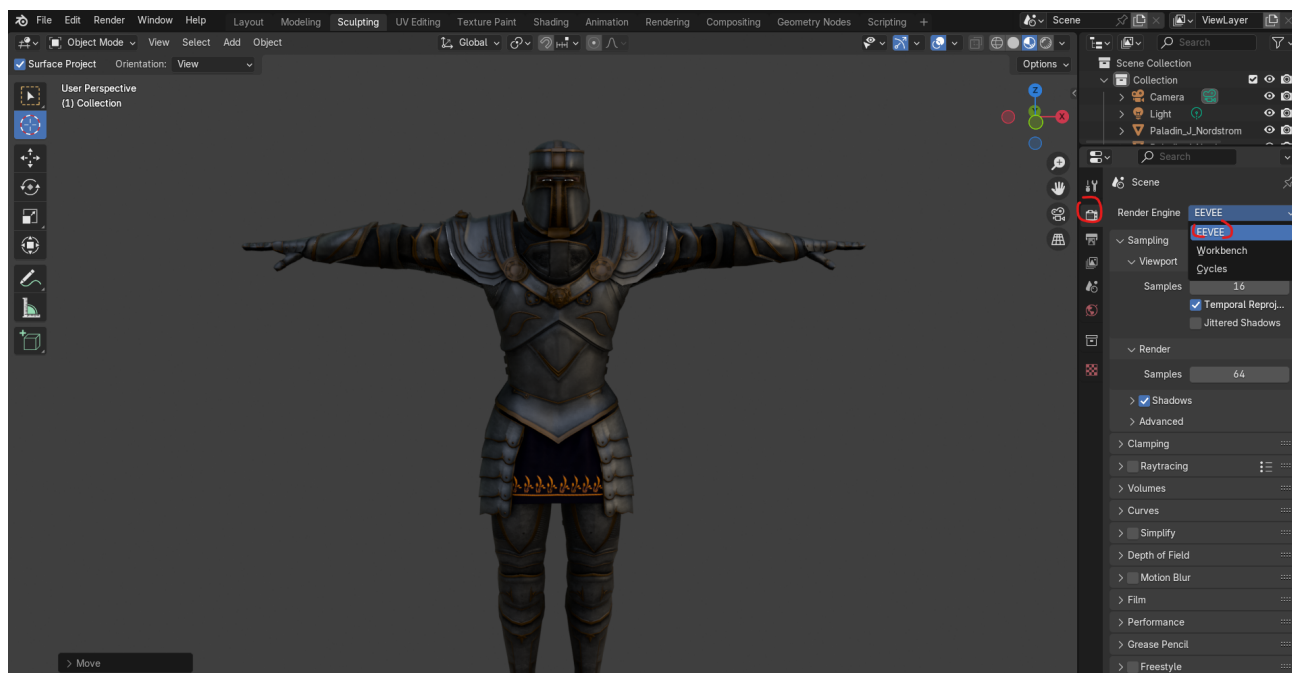


Рисунок 1.25. Система візуалізації Eevee

Отже, процес створення текстур і матеріалів є фундаментальним для формування зовнішнього вигляду 3D-персонажа, забезпечуючи глибину, деталізацію та естетичну привабливість моделі, незалежно від складності її геометрії. Висока якість текстурівання і правильне налаштування матеріалів істотно впливають на сприйняття персонажа у кінцевому продукті.

1.2.9. Текстури та матеріали шкіри обличчя

У процесі створення ігрового 3D персонажу особливу увагу приділяють реалізму зовнішнього вигляду, що значною мірою залежить від якості текстур і матеріалів, застосованих до моделі. Особливо важливим є опрацювання шкіри обличчя, оскільки саме цей елемент є найбільш помітним для гравця і визначає ступінь занурення у віртуальний світ. У середовищі Blender для досягнення максимальної реалістичності використовують складні матеріали, які моделюють фізичні властивості шкіри, такі як підшкірне розсіювання світла, текстурні особливості поверхні, а також параметри відбивання та шорсткості.

Текстури шкіри створюються на основі високоякісних цифрових зображень,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

що передають деталі пор, зморшок, судин та інших мікрорельєфів. Важливою складовою є карта нормалей, яка імітує дрібні нерівності поверхні без збільшення кількості полігонів, а також карта шорсткості, яка визначає, наскільки поверхня розсіює або відбиває світло. Для підвищення правдоподібності шкіри широко застосовують карту підшкірного розсіювання (Subsurface Scattering), що дозволяє світлу проникати у тонкі шари матеріалу і створювати м'який, природний вигляд (рис. 1.26 та рис. 1.27).

У Blender реалізація матеріалу шкіри часто базується на вузлах (nodes), що дають змогу гнучко комбінувати різні текстурні карти та параметри шейдера. Сучасні підходи передбачають використання фізично коректних матеріалів (PBR), які забезпечують більш точну взаємодію світла з поверхнею шкіри. Особливої уваги заслуговує налаштування кольору базового шару (Base Color), параметрів металевості (Metalness) і шорсткості (Roughness), що допомагають досягти бажаного візуального ефекту.

Отже, текстури та матеріали шкіри обличчя є ключовими елементами у створенні якісного ігрового 3D персонажу, що відповідає сучасним стандартам візуалізації. Їх правильне використання в середовищі Blender дозволяє підвищити ступінь реалізму та емоційної виразності моделі, що позитивно впливає на сприйняття персонажу гравцями та загальну якість ігрового продукту.



Рисунок 1.26 Матеріали шкіри

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |



Рисунок 1.27 Матеріали шкіри

1.2.10 Текстури та матеріали обладунків

Одним із ключових візуальних елементів персонажа, який формує його характер і належність до певного світу або класу, є обладунки. У рамках проекту вони виконують не лише декоративну, а й концептуальну функцію підкреслюють роль персонажа, його приналежність до певної фракції, раси або стилістичної естетики. Саме тому створення матеріалів для обладунків є важливим етапом у візуальному оформленні моделі. Обладунки традиційно асоціюються з металевими або шкіряними елементами, і тому вимагають окремого підходу до налаштування матеріалів. У випадку з металом особливо важливо налаштувати параметри відбивної здатності (Reflectivity), шорсткості (Roughness) та металевості (Metallic) (рис. 1.28). У Blender ці властивості зручно регулюються через вузол Principled BSDF, де значення Metallic зазвичай встановлюється в межах від 0.7 до 1.0 для сталевих або залізних поверхонь. Для створення реалістичних металевих поверхонь використовуються додаткові карти зокрема, Normal Map, яка додає візуальний рельєф, та Roughness Map, яка задає неоднорідну шорсткість поверхні. Це дозволяє отримати ефект потертостей, подряпин або слідів бою, які значно збагачують зовнішній вигляд обладунків та надають їм історичності. Крім металу, деякі частини обладунків можуть бути

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

виготовлені з інших матеріалів, наприклад, шкіри, дерева, тканини.

Такі елементи вимагають іншого підходу до матеріалів зменшення параметра Metallic до нуля, використання більш м'яких текстур з підвищеною дифузністю та меншою насиченістю кольору. Особливу увагу варто звертати на те, щоб ці матеріали гармонійно поєднувались з металевими – надмірна контрастність або невідповідність стилю можуть зруйнувати цілісність образу. У рамках даного проєкту для частин обладунків були використані текстури з ресурсів ambientCG та PolyHaven, які містять безкоштовні PBR-набори карт: Color, Normal, Roughness, Metalness, Height.

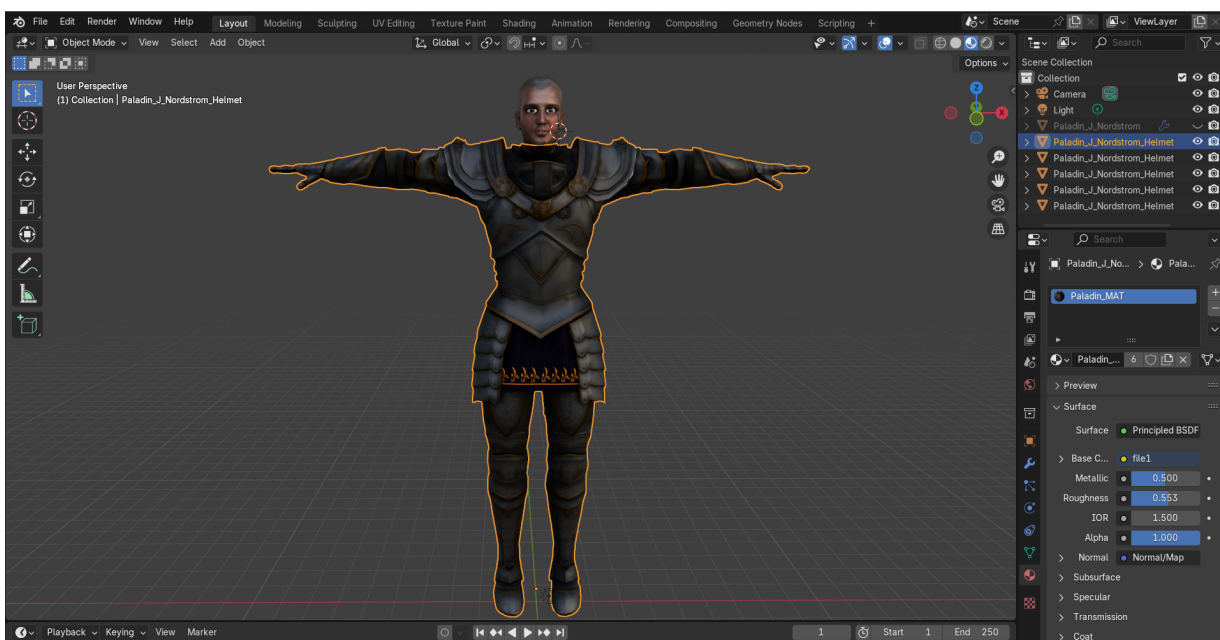


Рисунок 1.28. Налаштування параметрів

Завантажені карти були адаптовані під UV-розгортку моделі й підключені до вузлів матеріалів у Shader Editor.

В окремих випадках був доданий ефект Edge Wear – зношення по краях. Його реалізацію можна досягти або через текстури, або за допомогою геометричних масок у Geometry Node, які впливають лише на крайові полігони.

Цей ефект особливо важливий для досягнення реалістичності, оскільки він створює враження використання, історії предмета, що значно збагачує візуальне сприйняття. Кольорове рішення обладунків також відіграє ключову роль.

Залежно від художнього задуму, було обрано приглушені холодні тони: темно-сірий, сталевий, синювато-чорний. Це надало персонажу більш серйозного

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

й монолітного вигляду, підкреслило його «бойовий» характер. Для елементів оздоблення або фурнітури (наприклад, застібок, болтів, шипів) використовувались кольори з теплим відтінком (бронза, латунь), що створювало контраст і виділяло важливі деталі. Після накладення матеріалів і текстур, проводилось тестування в умовах освітлення сцени. У Cycles Renderer були виконані пробні рендери, які дозволили оцінити поведінку матеріалів під різними кутами світла. Було виявлено кілька зон надмірної яскравості або, навпаки, «плоских» ділянок ці моменти були скориговані шляхом налаштування значення Roughness і підсилення Normal-карт. Таким чином, обладунки не лише є частиною геометрії персонажа, а й потужним засобом візуального й нарративного впливу. Грамотне налаштування матеріалів (рис 1.29) для цих елементів дозволяє досягти глибини образу, створити ефект автентичності, а також забезпечити відповідність сучасним стандартам візуалізації 3D-моделей.



Рисунок 1.29. Налаштування матеріалів

1.2.11 Текстури та матеріали шолома

Шолом є невід’ємним елементом образу персонажа, особливо якщо йдеться про бойовий, фентезійний або історичний стиль. У візуальній композиції

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

персонажа шолом виконує не лише захисну функцію (в контексті гри чи світу), а й є важливим засобом художнього вираження він формує силует, створює характер, акцентує увагу на приналежності героя до певної культури, фракції або соціального статусу. З технічної точки зору, створення шолома це окремий процес у межах моделювання аксесуарів або обладунків. У проєкті він був створений як відокремлений об'єкт, що дозволяє знімати або змінювати його без втручання в основну геометрію голови. Такий підхід відкриває можливості для кастомізації персонажа, що особливо актуально для геймдизайну або при створенні анімацій.

Шолом був виконаний у стилі середньовічного фентезі масивний, з вираженими металевими сегментами та акцентом на бойовий вигляд. Бокові частини захищають щоки, верх має ребра жорсткості, а передня частина – виріз для очей. Такий дизайн поєднує функціональність із впізнаваним художнім стилем. Окрему увагу було приділено силуету шолом не повинен виглядати як проста півсфера, тому до нього були додані додаткові декоративні елементи: накладки, заклепки, візерунки. Це надало персонажу індивідуальності й унікальності.

Матеріали для шолома були створені окремо, з урахуванням того, що він має виглядати зношеним, важким і реалістичним. Була використана металева PBR-текстура, до якої підключено карти Normal, Roughness, Metallic. Для додавання глибини був використаний ефект Edge Wear потертості по краях, що імітує сліди експлуатації.

Шолом тестувався в освітленому середовищі, щоб перевірити поведінку матеріалу при різних кутах падіння світла. Після кількох тестових рендерів були внесені дрібні корективи зменшено блиск у верхній частині, підсилено контраст карт нормалей для бокових накладок.

Особливу увагу слід приділити взаємодії шолома з іншими частинами голови. Вуха, зачіска, прикраси або навушники – все це має бути або враховано у дизайні шолома, або автоматично приховано при його активації. У даному проєкті було прийнято рішення деформувати частину зачіски, коли шолом надягнутий, шляхом створення окремої геометрії зачіски для кожного варіанта (з і без шолома).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

Це дозволяє зберегти коректний вигляд моделі в різних ситуаціях. Шолом є не просто частиною обладунку, а повноцінним візуальним акцентом, який посилює загальний образ персонажа, підкреслює його настрій і додає завершеності стилю. Вдале поєднання форми, текстур і деталей (рис. 1.30 та 1.31) дозволяє створити не просто об'єкт, а виразний елемент дизайну, що запам'ятовується.

Шолом у 3D-моделюванні виконує значно більше функцій, ніж проста частина екіпірування персонажа. Він стає носієм художнього коду, який відображає загальну стилістику світу, до якого належить герой. Його деталізація та текстурне наповнення здатні підсилити наративну складову образу. Грамотна інтеграція шолома в геометрію моделі забезпечує технічну зручність при анімації та візуалізації. Усе це перетворює шолом з утилітарного аксесуара на потужний інструмент візуального сторітелінгу.

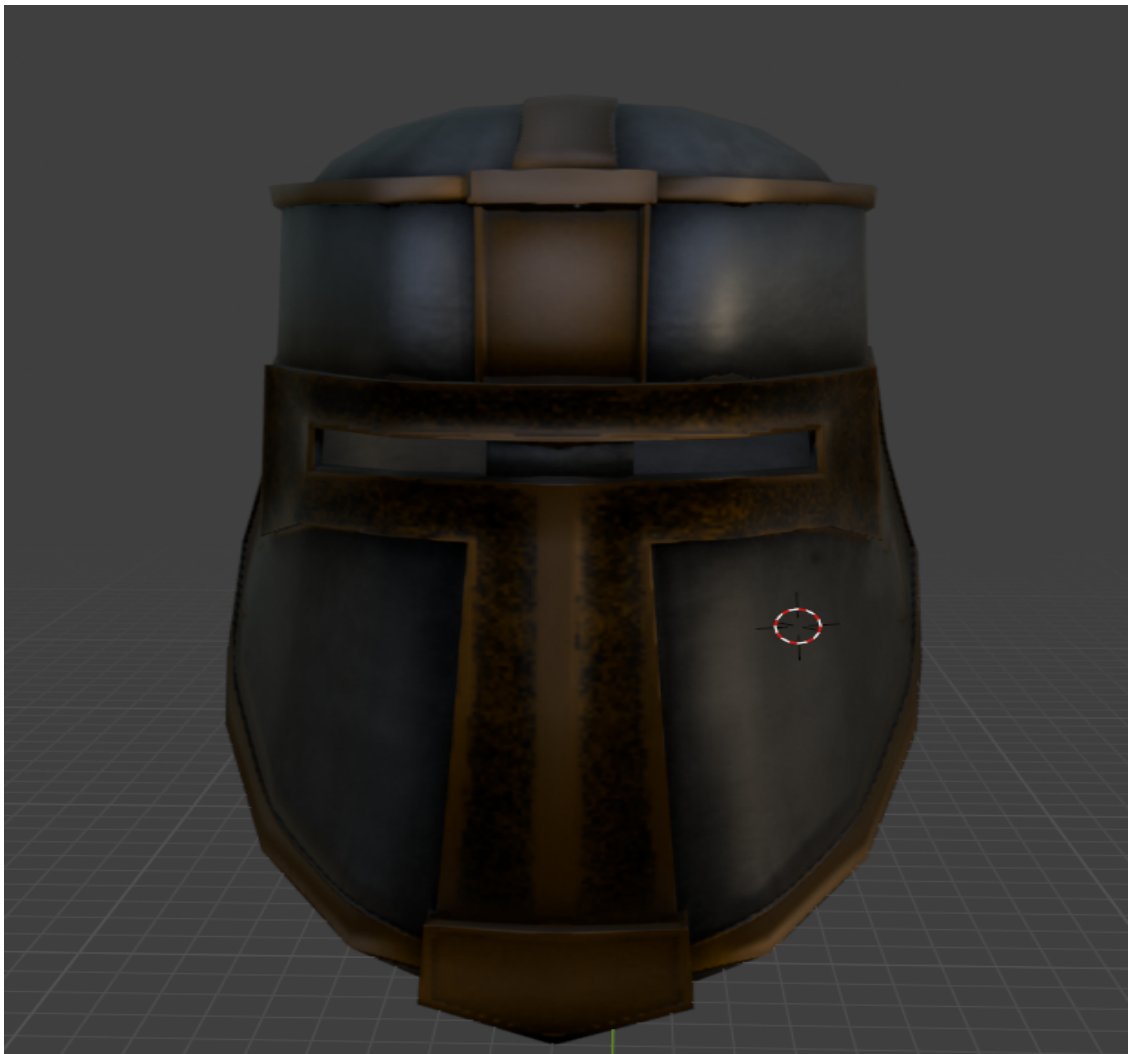


Рисунок 1.30. Поєднання форми, текстур і деталей (частина 1)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |



Рисунок 1.31. Поєднання форми, текстур і деталей (частина 2)

1.2.11 Загальне створення скриптів

У процесі створення ігрового 3D персонажа у середовищі Blender скрипти відіграють важливу роль в автоматизації повторюваних задач, оптимізації робочого процесу та розширенні базових функцій програмного забезпечення. Застосування мови програмування Python, яка є вбудованою в Blender, дозволяє ефективно управляти об'єктами сцени, анімаціями, матеріалами та іншими параметрами.

Скрипти можуть автоматично створювати кісткові структури, налаштовувати рігінг, задавати поведінку об'єктів або імпортувати/експортувати дані у потрібному форматі. Завдяки скриптам значно зменшується кількість ручної роботи, підвищується точність і повторюваність дій, що особливо важливо під час розробки складних ігрових персонажів.

Отже, використання скриптів є невід'ємною частиною сучасного конвеєра 3D-моделювання, яка дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість і професійний рівень реалізації проекту.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

1.2.12 Скриптинг персонажу – презентація моделі

Одним із важливих етапів завершення проєкту з розробки 3D персонажа є створення презентаційної анімації, яка дозволяє візуалізувати модель з усіх боків. Для цього доцільно застосовувати можливості скриптингу у середовищі Blender, використовуючи вбудовану мову Python, що забезпечує автоматизацію процесів та точність керування параметрами анімації.

Blender має інтегроване середовище для написання скриптів, що дозволяє програмно керувати об'єктами, їх трансформаціями, матеріалами, камерами, світлом тощо. У межах цього проєкту було розроблено скрипт, який реалізує обертання персонажа навколо вертикальної осі (Z-вісь), що забезпечує огляд з усіх боків у процесі демонстрації.

Реалізація скрипту

Нижче подано код Python-скрипту, який автоматизує створення обертальної анімації для активного об'єкта в сцені:

```
import bpy
import math

# Отримання активного об'єкта
obj = bpy.context.active_object

# Перевірка наявності виділеного об'єкта
if obj:
    obj.rotation_mode = 'XYZ'

    # Збереження початкового обертання по X
    start_rot_x = obj.rotation_euler.x

    # Встановлення початкового стану (frame 1)
    obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, 0)
    obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=1)

    # Обертання на 360° по осі Z до кадру 250
    obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, math.radians(360))
    obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=250)

    print("Анімацію обертання додано!")
else:
    print("Перед запуском скрипта необхідно виділити об'єкт у сцені.")
```

Цей алгоритм автоматизує створення анімації обертання 3D-моделі в середовищі Blender за допомогою Python-скрипта. Він перевіряє наявність активного об'єкта, встановлює початковий та кінцевий кути обертання, а також вставляє ключові кадри для плавного обертання на 360° по осі Z. Завдяки цьому

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

процес демонстрації моделі стає швидким, точним і повторюваним без ручного налаштування (рис 1.32).

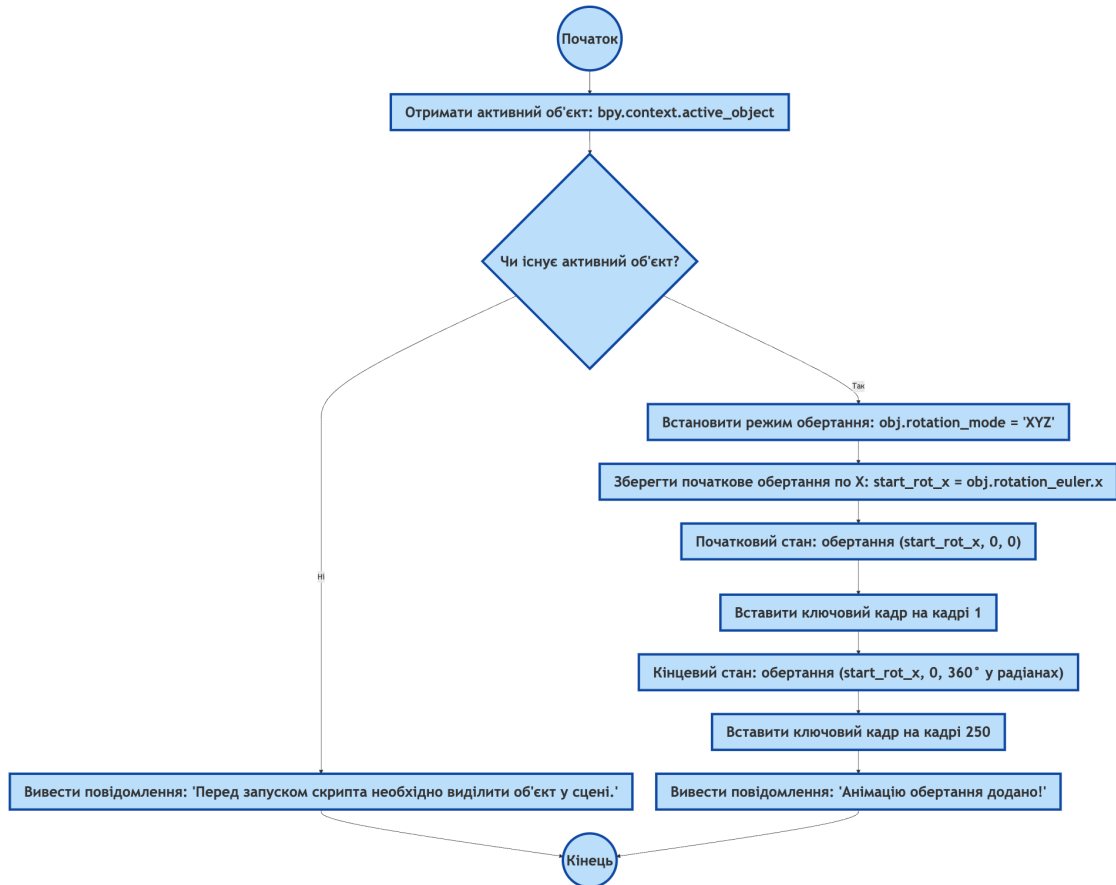


Рисунок 1.32. Блок схема алгоритму скрипту

Скрипт виконує такі дії:

1. Отримує активний (виділений) об'єкт у сцені.
2. Встановлює режим обертання 'XYZ', що дозволяє анімувати незалежні кути обертання по кожній осі.
3. Зберігає початкове значення обертання по осі X, щоб уникнути небажаних змін пози.
4. Створює два ключові кадри:
 - перший кадр із нульовим обертанням по осі Z;
 - останній кадр (кадр 250) із повним обертанням на 360°.

5. Використовує функцію `math.radians()` для конвертації градусів у радіани, які використовуються в Blender.

Практичне значення:

1. Застосування скриптів у Blender дозволяє:
2. Автоматизувати рутинні дії;
3. Гарантувати точність і симетрію анімації;
4. Зменшити час на підготовку презентаційного відео;
5. Спростувати повторне використання сценаріїв для інших моделей.

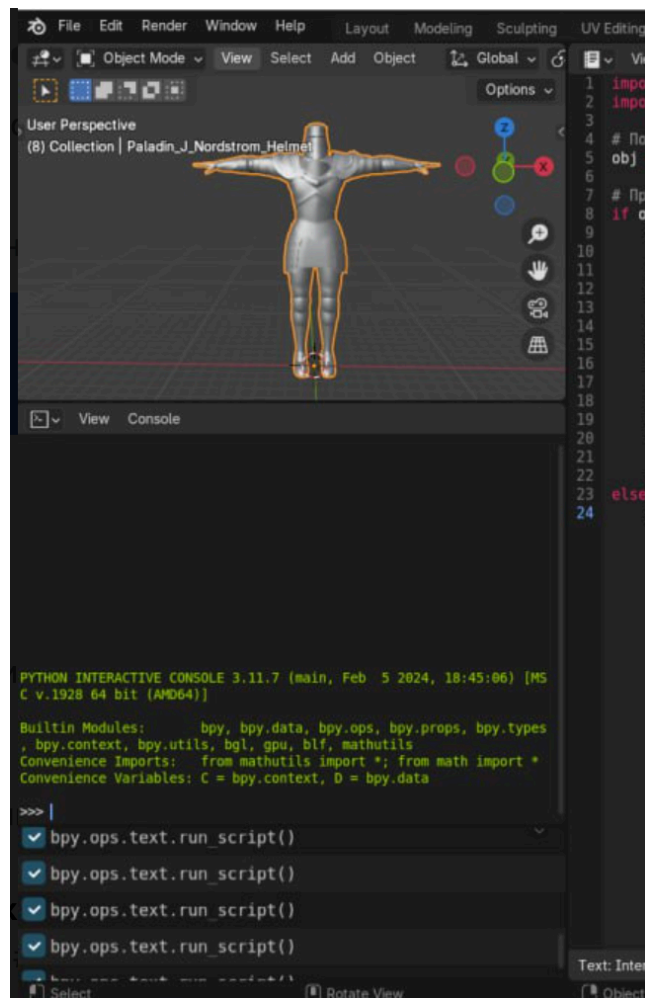


Рисунок 1.32. Виконання скрипту

Отже, скриптинг є ефективним інструментом у роботі 3D-художника, особливо при необхідності створення демонстраційних роликів, прев'ю або інтеграції моделей у ігрові рушії. Створення такої обертальної анімації забезпечує повноцінну візуальну оцінку геометрії, текстуровання та шейдингу персонажа, що є критично важливим на етапі презентації результатів моделювання.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 001. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Резюме

У дипломному проєкті розроблено 3D-персонажа у середовищі Blender, що дозволяє реалізувати повний цикл створення ігрового образу – від моделювання до візуалізації та підготовки до анімації. Якість виконання оцінюється за рівнем деталізації, художньою виразністю та відповідністю технічним вимогам геймдеву.

2.2 Визначення трудомісткості розробки ПЗ

Тривалість розробки програмного продукту залежить від його обсягу, складності, кваліфікації розробників і встановлених ринком термінів. Метод структурної аналогії дозволяє оцінити обсяг у тисячах умовних машинних команд на основі подібного програмного забезпечення.

Табл. 2.1 містить аналоги ПЗ з подібними функціями; обраний варіант виділено сірим.

Таблиця 2.1. Каталог аналогів

| Найменування ПП | Обсяг функції ПП – V_0 , умовних. машинних командах |
|-----------------------------------|--|
| 6. ПП автоматизованих розрахунків | 1300– 8600 |
| 7. ПП імітаційного моделювання | 7800 – 8800 |
| 8. ПП обчислювального процесу | 13000 – 10200 |

Після вибору аналога з обсягом V_0 (умовні машинні команди), трудомісткість визначається за табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Обсяг ПП

| Обсяг ПП, тис.умов.машинних команд | Норма часу, люд/год |
|------------------------------------|---------------------|
| 1.00 | 229 |
| 2.00 | 244 |
| 3.00 | 262 |
| 4.00 | 283 |
| 5.00 | 306 |
| 6.00 | 330 |
| 7.00 | 357 |

| Обсяг ПП, тис.умов.машинних команд | Норма часу, люд/год |
|------------------------------------|---------------------|
| 8.00 | 385 |
| 9.00 | 414 |
| 10.00 | 445 |

На основі отриманого значення за довідником визначають укрупнену норму часу, скориговану коефіцієнтом $K_k = 0,8$ для умов розробки на комп'ютері:

$$T_{ap} = 229 \times 0,8 = 183,2 \text{ (люд/годин)} \quad (2.1)$$

Трудомісткість визначається для кожного етапу окремо, з урахуванням складності, новизни та використання стандартних модулів, за відповідними формулами:

$$T_{T3} = T^a p \times L_1 \times K_H \quad (2.2)$$

$$T_{TII} = T^a p \times L_2 \times K_H \quad (2.3)$$

$$T_{PPI} = T^a p \times L_3 \times K_H \times K_T \quad (2.4)$$

Для розрахунку використовуються такі коефіцієнти:

- L_i – частка i -го етапу (табл. 2.3);
- K_H – коефіцієнт новизни (табл. 2.4);
- K_T – коефіцієнт використання типових програм (табл. 2.5).

Наш варіант виділено сірим.

Таблиця 2.3. Питомі коефіцієнти трудомісткості стадії у загальній трудомісткості розробки ПП

| Код стадії | Ступінь новизни | | |
|---------------|-----------------|------|------|
| | А | Б | В |
| T3 (L_1) | 0,15 | 0,12 | 0,12 |
| TII (L_2) | 0,16 | 0,15 | 0,11 |
| PPI (L_3) | 0,55 | 0,58 | 0,61 |

Таблиця 2.4. Значення коефіцієнта новизни

| Код ступеня новизни | Ступінь новизни | Значення K_H |
|---------------------|---|----------------|
| А | Принципово новий ПП | 1,75 – 1,2 |
| Б | ПП – розвиток визначеного параметричного ряду | 1,0 – 0,8 |

| Код ступеня новизни | Ступінь новизни | Значення K_n |
|---------------------|-------------------|----------------|
| В | ПП, що має аналог | 0,7 |

Таблиця 2.5. Значення коефіцієнта використання типових програм

| Ступінь охоплення реалізованих функцій розробленого ПП типовими програмами, % | Значення K_T |
|---|----------------|
| 60 і вище | 0,6 |
| 40-60 | 0,7 |
| 20-40 | 0,8 |
| До 20 | 0,9 |

Тепер розраховуємо трудомісткість для всіх етапів і зводимо у табл. 2.6:

Трудомісткість технічного завдання:

$$T_{mz} = Ta * L_1 * K_n = 183,2 * 0,12 * 0,8 = 17,58 \text{ (люд/годин)} \quad (2.2)$$

Трудомісткість розробки технічного проєкту:

$$T_{mт} = Ta * L_2 * K_n = 183,2 * 0,15 * 0,8 = 21,98 \text{ (люд/годин)} \quad (2.3)$$

Трудомісткість розробки робочого проєкту:

$$T_{pп} = Ta * L_3 * K_n * K_m = 183,2 * 0,58 * 0,8 * 0,7 = 59,50 \text{ (люд/годин)} \quad (2.4)$$

Для розрахунків визначили обсяг документації по етапах:

- технічне завдання $N_{тз}=2$ (стор);
- розробка ТП $N_{тп}=53$ (стор);
- розробка робочого проєкту $N_{рп}=9$ (стор);
- пояснювальна записка відповідно $N_{пз}=15$ (стор).

Таблиця 2.6. Розрахунок трудомісткості ПП

| Найменування етапів | Розрахунок, годин | | |
|---------------------|---|---|---|
| | | | |
| 1.ТЗ | $T_{Pтз}=17,58$ | $T_{кк}=0,7 * N_{тз} = 0,7 * 2 = 1,4$ | $T_{нк}=0,15 * N_{тз} = 0,15 * 2 = 0,30$ |
| 2.Розробка ТП | $T_{Pтп}=21,98$ | $T_{кк}=0,7 * N_{тп} = 0,7 * 53 = 37,1$ | $T_{нк}=0,15 * N_{тп} = 0,15 * 53 = 7,95$ |
| 3.Розробка РП | $T_{Pрп}= 59,50$ | $T_{кк}=0,7 * N_{рп} = 0,7 * 9 = 6,3$ | $T_{нк}=0,15 * N_{рп} = 0,15 * 9 = 1,35$ |
| 4.Розробка ПЗ | $T_{пз}=1,5 * N_{пз} = 1,5 * 15 = 22,5$ | $T_{кк}=0,7 * N_{тз} = 0,7 * 15 = 10,5$ | $T_{нк}=0,15 * N_{пз} = 0,15 * 15 = 2,25$ |

| | | | |
|----------------------|-----------|----------|-----------|
| Усього, в т.ч.: | 180,21 | | |
| - на розробку | Тр=121,56 | | |
| - контроль керівника | | Ткк=48,3 | |
| - нормоконтроль | | | Тнк=10,35 |

2.3 Розрахунок ціни програмного продукту

Розраховуємо основну зарплату виконавців, матеріальні та загальні витрати на розробку ПП. Зарплата наведена в табл. 2.7. З 1 січня 2025 мінімальна місячна зарплата – 8000 грн, погодинна ставка – 48 грн (згідно зі ст. 8 Закону про Держбюджет України).

Таблиця 2.7. Розрахунок основної заробітної плати виконавців

| Найменування робіт | Трудомісткість робіт, години | Погодинна тарифна ставка, грн. | Розрахунок, грн. |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1.Розробка ПП | 121,56 | 48,00 | 5834,88 |
| 2.Контроль керівника | 48,3 | 100,00 | 4830,00 |
| 3.Нормоконтроль | 10,35 | 100,00 | 1035,00 |
| Усього | - | - | $\Sigma_{30} = 11699,88$ |

Розраховуємо матеріальні витрати на розробку ПП та наведемо їх у табл. 2.8.

Таблиця 2.8. Розрахунок матеріальних витрат на розробку

| Найменування матеріальних витрат | Тип, модель | Кількість | Ціна одиниці, грн. | Вартість, грн. |
|--|-------------|-----------|--------------------|---|
| Папір | Лист А4 | 79 | 4.0 | 316,0 |
| Разом | - | - | - | $V_{mi} = 316,0$ |
| Транспортно – заготівельні Витрати (10%) | | | | $V_{tr_z} = 0.1 * V_{m1} = 0,1 * 316 = 31,6$ |
| Усього | | | | $V_M = V_{mi} + V_{tr_z} = 347,6$ |

За отриманими даними складена калькуляція планової собівартості ПП, наведена в табл. 2.9.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 002. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

Таблиця 2.9. Розрахунок статей витрат планової собівартості

| Стаття витрат | Значення, грн. | Формула розрахунку |
|---|-------------------|--|
| 1. Матеріали | 347,6 | V_M (див. табл. 2.8) |
| 2. Основна заробітна плата | 11699,88 | Z_o (див. табл. 2.7) |
| 3. Додаткова заробітна плата | 1169,98 | $Z_d = 0.1 * Z_o = 11699,88 * 0,1$ |
| 4. Відрахування до єдиного фонду соціального внеску | 2831,37 | $V_{e.c.v.} = 0.22 * (Z_o + Z_d) = 0,22 * (11699,88 + 1169,98)$ |
| 5. Накладні витрати | 4679,95 | $V_{нак.} = 0.4 * Z_o = 0.4 * 11699,88$ |
| 6. Повна собівартість | 20 728,78 | $C_{пов} = V_M + Z_o + Z_d + V_{e.c.v.} + V_{нак.} = 347,6 + 11699,88 + 1169,98 + 2831,37 + 4679,95$ |

Розмір прибутку розраховується за формулою:

$$P = (C_n * P) / 100 = (20\ 728,78 * 15) / 100 = 3\ 109,31 \text{ грн.} \quad (2.5)$$

Де p – плановий рівень рентабельності (10-15%).

Оптова ціна розраховується за формулою:

$$C_o = C_n + P = 20\ 728,78 + 3\ 109,31 = 23\ 838,09 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Податок на додану вартість визначається по наступній формулі:

$$ПДВ = 0.2 * C_o = 0.2 * 23\ 838,09 = 4\ 767,61 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

За отриманими даними, ціна реалізації ПП за формулою становить:

$$C_p = C_o + ПДВ = 23\ 838,09 + 4\ 767,61 = 28\ 605,70 \text{ грн.} \quad (2.8)$$

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

3.1 Основні положення

В умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та інструментів для створення візуального контенту, автоматизація та оптимізація робочих процесів стали невід'ємною частиною розробки сучасних ігрових персонажів. Сьогодні важко уявити ігрову студію, яка б створювала якісний 3D-контент без використання спеціалізованого програмного забезпечення. У зв'язку з широким впровадженням таких інструментів у виробничі цикли, особливу увагу приділяють ефективному використанню можливостей середовища Blender.

У цьому розділі дипломного проєкту розглядаються основні етапи та підходи до створення 3D-персонажа у Blender, включно з моделінгом, текстуруванням та анімацією.

3.2 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконанні основних видів робіт

Аналіз умов праці виявляє наявність кількох чинників, які можуть негативно впливати на працівників як у фізичному, так і в психофізіологічному аспектах. До цих факторів відносяться:

- надмірно висока або дуже низька температура і вологість повітря в робочій зоні;
- недостатній рівень освітлення робочого місця;
- підвищений рівень шуму;
- надлишкова іонізація повітря та електромагнітне випромінювання;
- значні фізичні та психоемоційні навантаження.

3.3 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для дизайнера на робочому місці повинні бути забезпечені умови, що гарантують безпеку та сприяють високій продуктивності праці. Важливо організувати комфортне освітлення, правильну ергономіку робочої зони та оптимальний мікроклімат. Такі умови допомагають знизити втому, підвищити

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 003. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

концентрацію та забезпечити ефективність виконання завдань.

3.3.1 Вимоги до приміщення експлуатації ПК

Приміщення, де розташована та використовується комп'ютерна техніка, мають відповідати вимогам проєктної документації будівлі. Відповідальність за дотримання санітарно-гігієнічних норм, що регулюють рівень освітлення, мікрокліматичні умови (температуру, вологість повітря), допустимі показники шуму і вібрації, а також пожежної безпеки, покладається на роботодавця. Окрім цього, слід враховувати потенційний вплив електромагнітного, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання.

3.3.2 Вимоги до приміщення експлуатації ПК

Робота за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт 1а, 1б, тому повинні дотримуватися наступні вимоги згідно ДСанПіН 3.3.2.-007-98.

У таблиці 3.1 наведено норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ.

Таблиця 3.1. Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ

| Пора року | Категорія робіт | Температура повітря, °С, не більше | Відносна вологість повітря % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Холодна | Легка-1а | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
| | Легка-1б | 21-23 | 40-60 | 0,1 |
| Тепла | Легка-1а | 23-25 | 40-60 | 0,1 |
| | Легка-1б | 22-24 | 40-60 | 0,1 |

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

У таблиці 3.2 наведено санітарно-гігієнічні нормам № 2152-80.

Таблиця 3.2. Санітарно-гігієнічні нормам № 2152-80

| Рівні | Число іонів в 1 см ³ повітря | Число іонів в 1 см ³ повітря |
|-----------------------|---|---|
| | n ⁺ | n ⁻ |
| Мінімально необхідні | 400 | 600 |
| Оптимальні | 1500-3000 | 3000-5000 |
| Максимально допустимі | 50000 | 50000 |

Для підтримки оптимального складу повітря в приміщенні відповідно до гігієнічних норм та для видалення шкідливих речовин застосовується система вентиляції. Природна вентиляція, яка відбувається через відкриті вікна завдяки різниці температур, забезпечує лише часткову циркуляцію повітря і має низку недоліків, зокрема нестабільність роботи та залежність від погодних умов. Тому у рамках дипломного проекту передбачено встановлення припливно-витяжної вентиляції, а також розглядається варіант використання кондиціонерів для більш ефективного регулювання мікроклімату.

3.3.3 Виробниче освітлення

Освітлення в приміщенні здійснюється за рахунок природних і штучних джерел світла. Природне освітлення надходить через вікна і має бокове спрямування. Для штучного освітлення використовують люмінесцентні лампи, які мають кілька переваг порівняно з лампами розжарювання: їхній спектр світла максимально наближений до природного, вони мають вищу світловіддачу та триваліший термін експлуатації. Відповідно до нормативних вимог, освітленість на робочих місцях повинна становити від 300 до 500 люксів.

3.3.4 Електробезпека

Сила електричного струму, що проходить через людське тіло, залежить від величини прикладеної напруги та опору ділянки тіла, через яку струм проходить. Джерелом живлення служить мережа змінного струму з номінальною напругою 220 В, яка регулюється стандартом ГОСТ 25861-83.

Щоб уникнути ураження електричним струмом, необхідно суворо виконувати встановлені правила безпечного використання та проведення ремонтних робіт. Особливу увагу слід приділяти обмеженню доступу працівників до елементів обладнання, що знаходяться під небезпечною напругою, а також до неізольованих частин, які працюють при низькій напрузі, але не мають захисного заземлення. Живлення комп'ютерної техніки має здійснюватися через розетку з заземлюючим контактом на вилці.

Регулярна перевірка цілісності ізоляції та заземлення допомагає знизити

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 003. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

ризик електротравм. Крім того, важливо навчати персонал правилам електробезпеки для запобігання нещасним випадкам на робочому місці.

3.3.5 Організація робочого місця з ПК

Робоче місце повинно відповідати вимогам ергономіки та санітарно-гігієнічним нормам, прописаним у ДСанПіН 3.3.2.-007-98. Зокрема, необхідно забезпечити можливість регулювання меблів, зокрема висоти столу та крісла під індивідуальні потреби користувача. Монітор рекомендується розміщувати так, щоб його верхня межа була на рівні очей, а відстань до екрану становила від 60 до 90 см, оптимально – близько 70 см. Частота оновлення зображення повинна бути не менше 70 Гц, при цьому найкращим варіантом вважається 100 Гц. Поверхня столу має бути з матовим покриттям, а робоче місце слід захистити від прямого попадання відблисків на екран.

На рисунку 3.1 зображено конструкцію робочого місця користувача ПК.

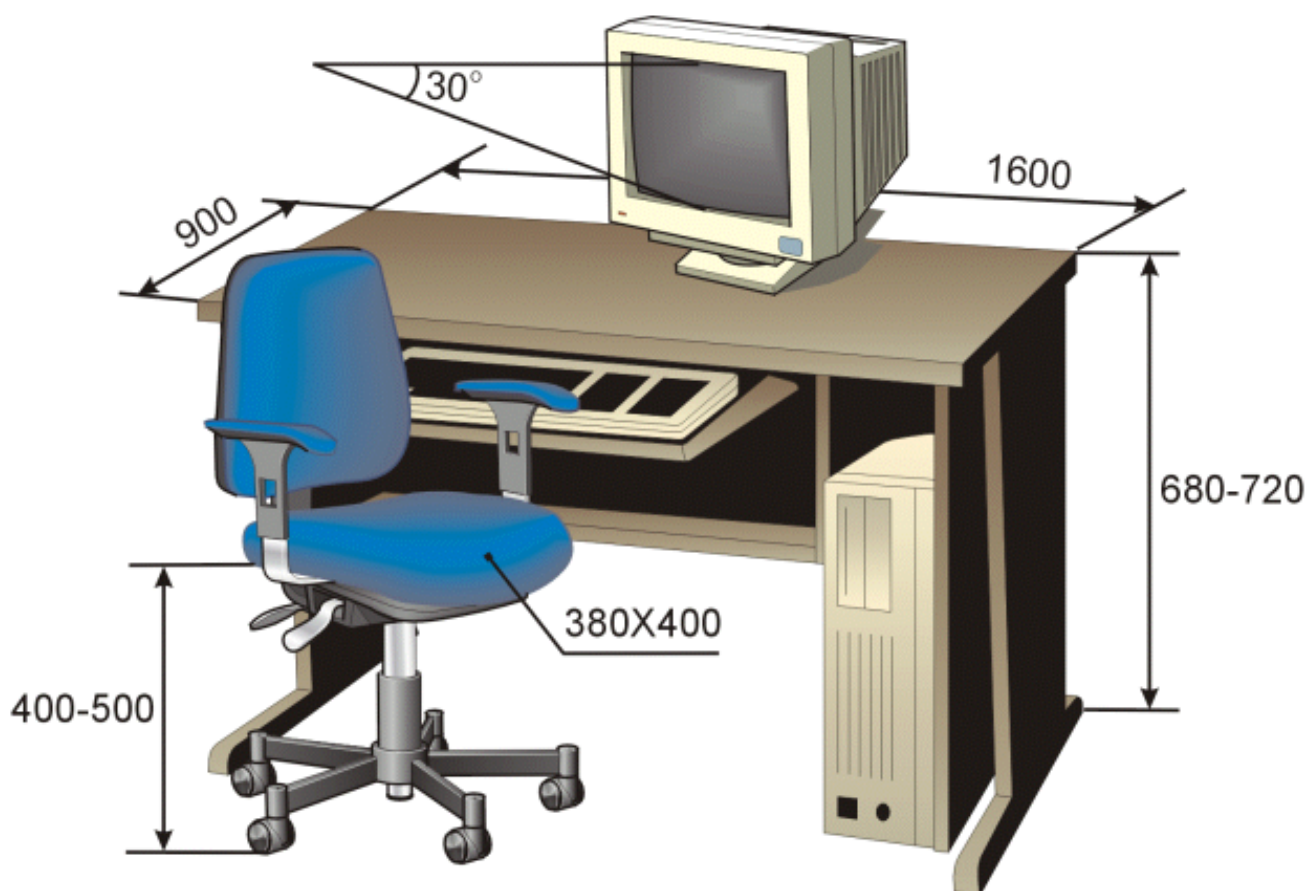


Рисунок 3.1. Конструкція робочого місця користувача ПК

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КГ 08. 12 003. 00 ДП ПЗ

Арк.

58

Щоб зменшити втому та запобігти гіподинамії, рекомендується виконувати фізичні вправи відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.-007-98. Регулярна рухова активність покращує кровообіг і сприяє загальному зміцненню здоров'я. Особливо важливо включати такі вправи у робочий день для підтримки працездатності.

3.4 Пожежна безпека

Приміщення, де здійснюється робота з персональними комп'ютерами, мають відповідати вимогам пожежної безпеки, передбаченим чинними нормативними документами, зокрема НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Основні фактори, що можуть спричинити пожежу в таких умовах, включають короткі замикання в електричних мережах, перевантаження систем електропостачання, несправності технічного обладнання або недбале поводження з електроприладами. Для підтримання безпеки слід використовувати лише сертифіковану та справну техніку, уникати перевантаження електричних ліній, регулярно перевіряти стан електропроводки і строго дотримуватися правил експлуатації пристроїв. Робочі зони повинні бути оснащені відповідними засобами пожежогасіння згідно з нормативними стандартами, а працівники – ознайомлені з інструкціями щодо дій під час пожежі. У випадку виникнення пожежі необхідно негайно повідомити відповідні служби, слідувати плану евакуації та, якщо можливо, вживати заходів для локалізації вогню.

3.5 Підведення підсумків

Організація безпечного та зручного робочого середовища для дизайнера є одним із ключових факторів, що впливають на високу продуктивність і якість творчих результатів. Забезпечення комфортного мікроклімату, ергономічне облаштування робочої зони, дотримання норм електробезпеки та раціональне розподілення робочого часу сприяють зниженню ризику професійних захворювань, підтримці працездатності та покращенню якості виконуваних завдань.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 003. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було успішно створено ігрового 3D-персонажа середньовічного воїна у середовищі Blender із застосуванням сучасних і ефективних технологій моделювання, текстурування та програмування на мові Python.

Розробка продемонструвала високу результативність використаних методів цифрового моделювання та шейдингу, що дозволило досягти деталізованого та якісного візуального образу персонажу, який відповідає вимогам сучасних ігрових проєктів. Інтеграція скриптів на мові Python забезпечила розширення функціональних можливостей моделі, автоматизацію ряду процесів і підвищила загальну ефективність роботи над проєктом.

Усі завдання, визначені на початковому етапі роботи, були виконані у повному обсязі, що дозволило сформувати завершену ігрову модель, готову до використання у різноманітних ігрових застосуваннях та середовищах. Застосовані технології і методи підтвердили свою доцільність і практичну ефективність у контексті розробки якісних 3D-персонажів для ігрової індустрії, а також показали потенціал для подальшого удосконалення та масштабування.

Отриманий результат має вагомое практичне значення як для подальшого розвитку професійних навичок у сфері 3D-моделювання, текстурування і програмування, так і для безпосереднього впровадження у реальні проєкти, що потребують високоякісних та функціональних моделей персонажів. Таким чином, виконана робота не лише підтверджує можливості використання Blender і Python у комплексній розробці ігрових 3D-персонажів, а й створює міцну основу для подальших досліджень і практичних застосувань у цій галузі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>КГ 08. 12 000. 00 ДП ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андерсон К., Кейді-Лі Д., Карре С., Менгерт Г. Створення персонажів для індустрії розваг: Дизайн персонажів у анімації, ілюстрації та відеоіграх / Кеннет Андерсон, Девон Кейді-Лі, Сесіль Карре, Голлі Менгерт; пер. з англ. Леся Коцюк, Олексій Пелипенко; ред. Оксана Плаксіє. – Харків: ArtHuss, 2023. – 304 с. – ISBN 978-617-8025-48-9. yakaboo.ua
2. Костер Р. Теорія розваг для ігрового дизайну / Раф Костер; пер. з англ. Олександр Грищенко. – Харків: ArtHuss, 2023. – 288 с. – ISBN 978-617-8025-31-1. arthuss.com.ua
3. ELDEN RING [Електронний ресурс] / офіц. сайт Bandai Namco Entertainment Europe S.A.S. – Режим доступу: <https://en.bandainamcoent.eu/elden-ring/elden-ring> – Дата звернення: 20.05.2025
4. The Elder Scrolls V: Skyrim [Електронний ресурс] / офіц. сайт Bethesda Softworks LLC. – Режим доступу: <https://elderscrolls.bethesda.net/en/skyrim10> – Дата звернення: 20.05.2025
5. Assassin's Creed [Електронний ресурс] / офіц. сайт Ubisoft Entertainment. – Режим доступу: <https://www.ubisoft.com/en-us/game/assassins-creed> – Дата звернення: 20.05.2025
6. Віллар, Олівер. Learning Blender : практичне керівництво / Олівер Віллар. – Нью-Йорк: Addison-Wesley Professional (Pearson Education), 2021. – 448 с. – ISBN 9780136411758 ebay.comvitalsource.com
7. Джейсон ван Гамстер, Джейсон. Blender For Dummies : навч. посібник / Джейсон ван Гамстер. – Гобокен, Нью-Джерсі: For Dummies (John Wiley & Sons Ltd), 2020. – 640 с. – ISBN 9781119616962
8. Васильєв О. І. Програмування мовою Python [Текст]: підручник для вищих навч. закладів / О. І. Васильєв. – Харків: Навчальна книга – Богдан, 2019. – 504 с. – ISBN 978-966-10-5611-3

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КГ 08. 12 000. 00 ДП ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 61 |

ДОДАТОК А. Скрипт для прокрутки моделі з коментарями

```
import bpy
# Імпорт модуля bpy – це офіційний Python API для Blender.
# Він дозволяє взаємодіяти з усіма об'єктами сцени, камерами, матеріалами,
# анімацією, рендерингом та іншими внутрішніми системами Blender.
# Без bpy скрипт не зможе звертатись до сцени, створювати чи змінювати об'єкти,
# управляти анімацією тощо.
# Цей модуль надає весь функціонал для автоматизації роботи у Blender.

import math
# Імпорт стандартного модуля math з бібліотеки Python.
# Він надає математичні функції та константи, такі як sin, cos, tan,
# а також функції для роботи з радіанами та градусами.
# У нашому випадку ми використовуємо math.radians(число),
# щоб конвертувати кути з градусів у радіани, оскільки Blender працює
# з кутами у радіанах при роботі з обертаннями.
# Без імпорту math довелося б самим писати формули конвертації,
# що менш зручно і менш надійно.

# -----
# Отримання активного об'єкта у поточній сцені Blender
# bpy.context.active_object повертає об'єкт, який зараз виділено користувачем у 3D вікні.
# Якщо об'єкт не виділено, ця змінна буде None.
# Це важливий крок, бо скрипт буде працювати лише з активним об'єктом,
# інакше виконання сенсу не має.
# -----
obj = bpy.context.active_object

# -----
# Перевірка наявності активного об'єкта
# Це убезпечує від помилки, яка могла б виникнути, якби спробувати звернутись до атрибутів
None.
# Якщо obj існує (тобто не None), код всередині цього блоку буде виконано.
# В іншому випадку користувач отримає інформативне повідомлення.
# -----
if obj:
    # -----
    # Встановлення режиму обертання для об'єкта
    # У Blender обертання може бути задане у різних форматах: кватерніони, осі-кути, або
кут Ейлера.
    # Режим 'XYZ' означає, що обертання буде представлене трьома кутами, що відповідають
послідовним поворотам
    # навколо осей X, Y та Z в такому порядку.
    # Цей режим зручний для лінійної анімації обертання, і підходить для простих випадків.
    # -----
    obj.rotation_mode = 'XYZ'

    # -----
    # Збереження початкового значення обертання по осі X
    # Це важливо для того, щоб зберегти вже існуюче положення об'єкта по X.
    # Якщо цього не зробити, то при анімації обертання об'єкт може "стрибайти"
    # або втратити попереднє нахилення.
    # Ми беремо це значення і будемо його використовувати як базове при створенні ключових
кадрів.
    # -----
    start_rot_x = obj.rotation_euler.x

    # -----
    # Встановлення початкового стану обертання для об'єкта на кадрі 1
    # rotation_euler – це вектор, який задає обертання у радіанах по осях (X, Y, Z).
    # Ми встановлюємо:
    # X – початковий кут (start_rot_x), який ми зберегли,
    # Y – 0, тобто без нахилу по осі Y,
```

```

# Z - 0, тобто обертання по осі Z на початку немає.
# -----
obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, 0)

# -----
# Додавання ключового кадру (keyframe) для властивості rotation_euler на кадрі 1
# Це означає, що у Blender буде збережене це значення обертання саме у кадрі 1.
# В подальшому Blender плавно інтерполюватиме обертання між ключовими кадрами.
# data_path="rotation_euler" вказує, що ключовий кадр ставиться для обертання.
# frame=1 вказує номер кадру, де цей ключ буде додано.
# -----
obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=1)

# -----
# Встановлення кінцевого стану обертання для анімації на кадрі 250
# Тут задається обертання:
# X - знову початковий кут (щоб не змінювати нахил),
# Y - 0 (без нахилу),
# Z - 360 градусів, конвертованих у радіани функцією math.radians.
# math.radians(360) = 2л радіан, що дорівнює повному обороту.
# Це означає, що на 250 кадрі об'єкт має повернутися навколо осі Z на повний оборот.
# -----
obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, math.radians(360))

# -----
# Додавання ключового кадру для властивості rotation_euler на кадрі 250
# Це задає кінцеву точку анімації повороту.
# Blender автоматично створить плавну інтерполяцію обертання між кадрами 1 і 250,
# створюючи ефект поступового обертання.
# -----
obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=250)

# -----
# Вивід у консоль повідомлення про успішне створення анімації
# Це корисно для користувача або розробника, щоб підтвердити,
# що скрипт спрацював і анімація додана.
# -----
print("Анімацію обертання додано!")
else:
# -----
# Вивід повідомлення у разі, якщо активний об'єкт відсутній
# Це повідомлення підказує користувачу, що перед запуском скрипта потрібно
# виділити об'єкт у сцені, інакше скрипт не зможе виконати завдання.
# -----
print("Перед запуском скрипта необхідно виділити об'єкт у сцені.")

```

ДОДАТОК Б. Слайди мультимедійної презентації

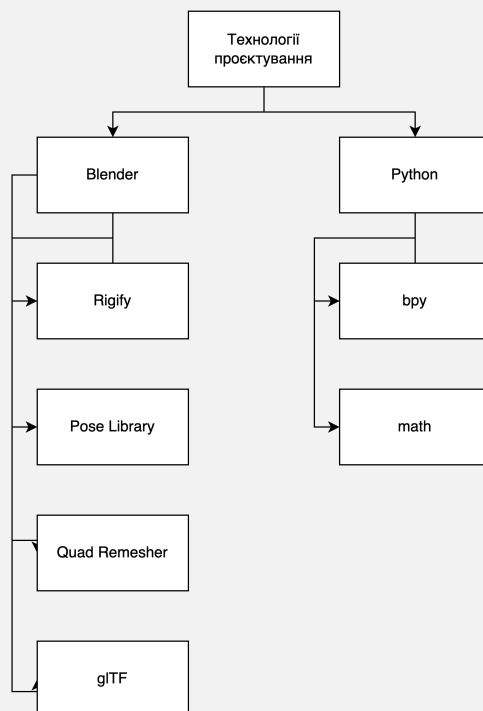
СТВОРЕННЯ ІГРОВОГО 3D ПЕРСОНАЖУ У СЕРЕДОВИЩІ BLENDER.

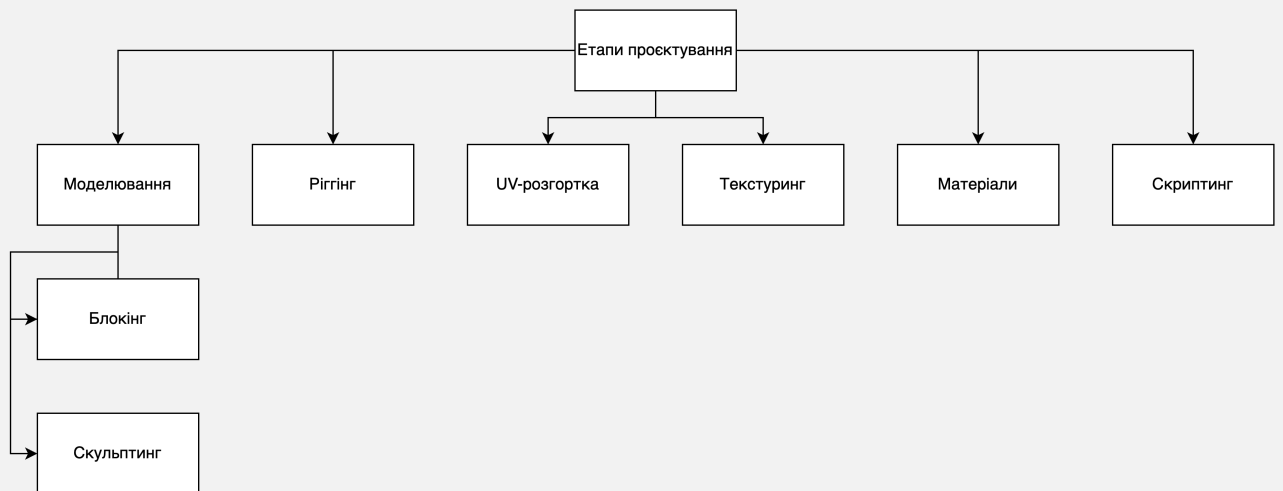
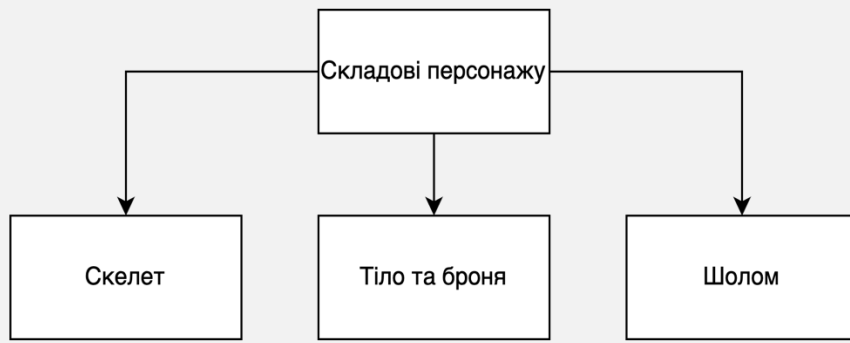
Дипломник: Краснов А.Д.

Керівник: Бодюл О.С.

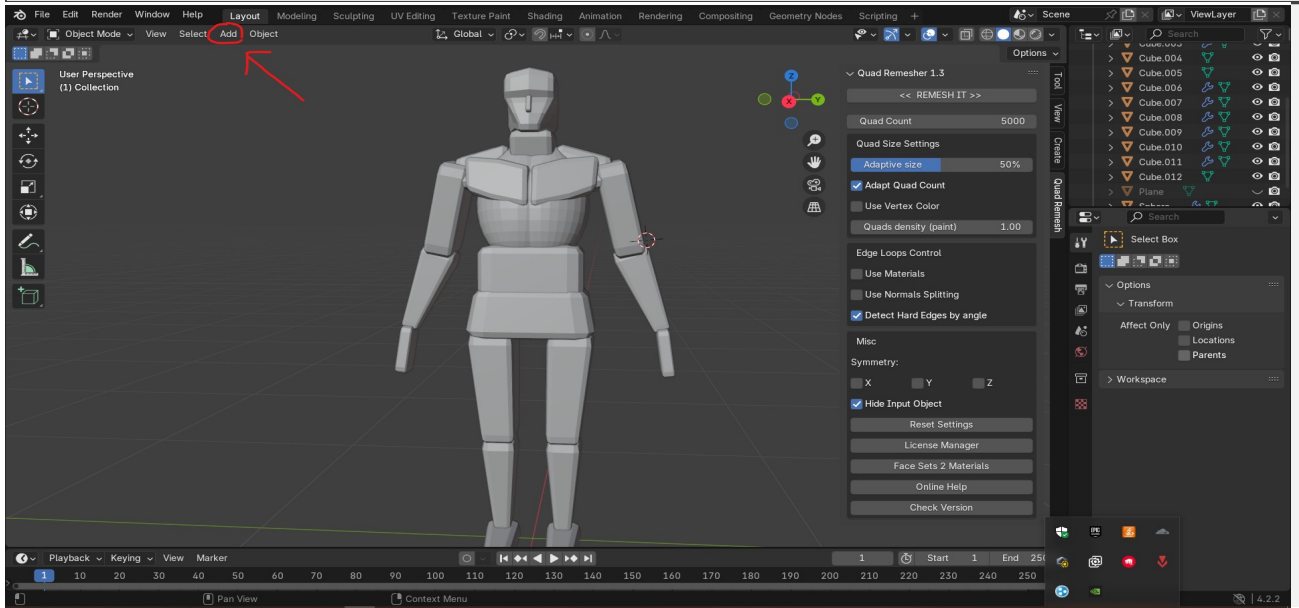
Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і веб-дизайн»

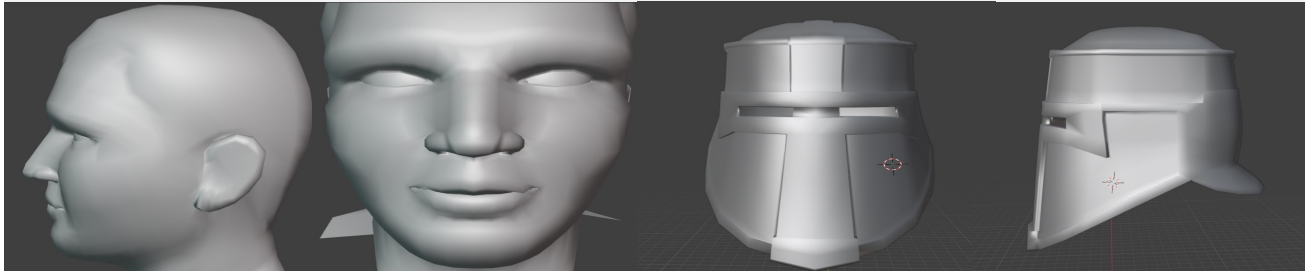




МОДЕЛЮВАННЯ (БЛОКІНГ)



МОДЕЛЮВАННЯ (СКУЛЬПТИНГ)



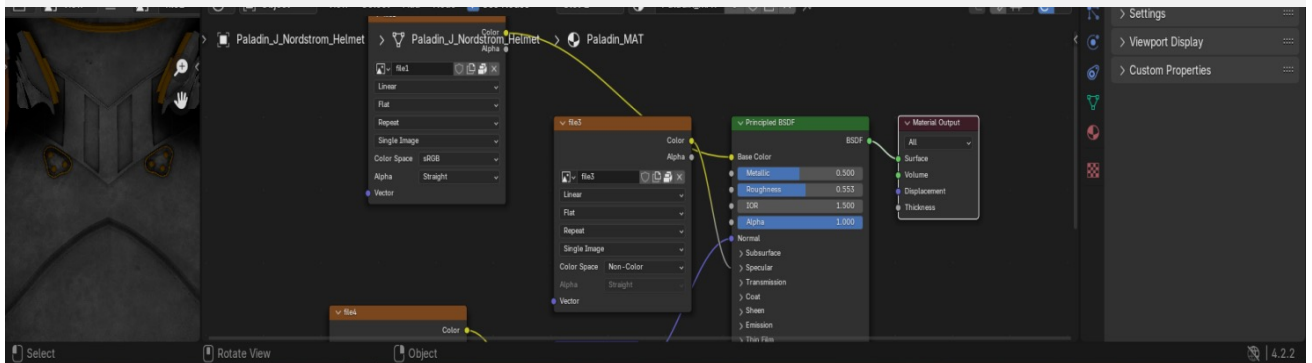
ТЕКСТУРИНГ



МАПА НОРМАЛЕЙ



МАТЕРІАЛИ ТА ШЕЙДІНГ



РІГГІНГ (КІСТКИ)



СКРИПТИНГ

```
import bpy
import math

# Отримання активного об'єкта
obj = bpy.context.active_object

# Перевірка наявності виділеного об'єкта
if obj:
    obj.rotation_mode = 'XYZ'

    # Збереження початкового обертання по X
    start_rot_x = obj.rotation_euler.x

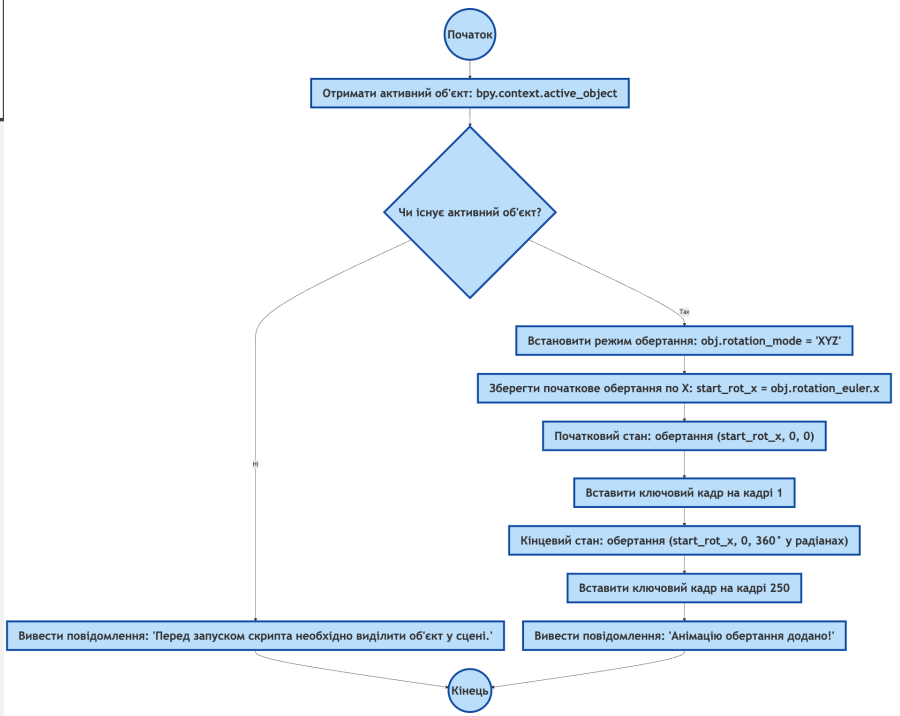
    # Встановлення початкового стану (frame 1)
    obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, 0)

    obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=1)

    # Обертання на 360° по осі Z до кадру 250
    obj.rotation_euler = (start_rot_x, 0, math.radians(360))

    obj.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=250)

    print("Анімацію обертання додано!")
else:
    print("Перед запуском скрипта необхідно виділити об'єкт у сцені.")
```



РЕЗУЛЬТАТ ТА РЕНДЕРИНГ



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Краснова Артура Денисовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Керівник дипломного проєкту (роботи) Бодюл Олена Станіславівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проєкту (роботи) Створення ігрового 3D персонажу
у середовищі Blender

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 70 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 12 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проєкту завданню

Представлений на рецензію дипломний проєкт відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проєкт присвячений проблемі створенню ігрових персонажів та складається з пояснювальної записки, додатку з програмним кодом скриптів, мультимедійної презентації.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проєкту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (аналіз предметної області, проєктування 3D-системи, реалізація 3D-моделі), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Економічний розділ проєкту містить розрахунок витрат на НДР та реалізацію проєкту. Розділ охорони праці містить загальну інформацію та вимоги до техніки безпеки оператора КТ. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проєкту

Дипломний проєкт виконано у повному обсязі. Пояснювальна записка оформлена акуратно та у відповідності до норм. Графічна частина складається з 12 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, яка містить ілюстративний матеріал зі схемами, скріншотами процесів роботи та результатів проєкту, передбачений технічним завданням.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Модель створена з урахуванням оптимізації для інтерактивного використання в ігрових рушіях, зокрема, використання скелету та адонів.
Використані сучасні технології 3D-моделювання й текстурування, зокрема, Blender.
Застосовано сучасну мову програмування Python для анімації персонажу.

д) основні недоліки дипломного проекту У контексті створення ігрового персонажа бажаною є щонайменше базова апробація в одному з довільно обраних ігрових рушіїв. Відсутність практичної інтеграції з ігровим рушієм: не розглянуто експорт у Unity/Unreal. Немає аналізу LOD-системи, оцінки впливу кількості полігонів і текстур на продуктивність. Помилки у поданні блок-схем, недостатньо структуровано етапи виконання роботи.

Оцінка розрахункової частини Добре
Оцінка графічної частини Добре
Загальна оцінка Добре

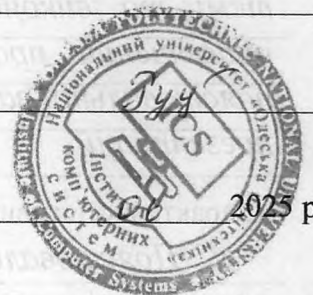
Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка»,
доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис:

« 27 »

2025 р.



ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Краснова Артура Денисовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Тема дипломного проекту: Створення ігрового 3D персонажу у середовищі
Blender.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 70 сторінки. У пояснювальній записці описано етапи створення ігрового 3D-персонажу засобами Blender та Python. Графічна частина складається з окремих 12 слайдів, оформлених у вигляді презентації, передбачених технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та слайдів добра.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом виконання дипломного проекту здобувач освіти поступово та послідовно виконував всі етапи, проявляла ініціативу в створенні загальної концепції та реалізації роботи. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника.

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти під час роботи над дипломним проектом вивчив достатньо багато літературних та інтернет-джерел за даною тематикою. Вважаю, що теоретична підготовка дипломника достатня і він готовий до захисту проекту.

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання Під час виконання дипломного проекту здобувач освіти показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, застосовувати знання у галузі програмування та математики, розробляти, встановлювати та налаштовувати спеціалізоване програмне забезпечення, оформлювати слайди та складати презентації, користуючись сучасними комп'ютерними програмними засобами, такими як Blender та Python.

Оцінка розрахункової частини Добре

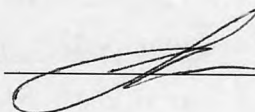
Оцінка графічної частини Добре

Загальна оцінка Добре

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту Бодюл Олена Станіславівна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту к.т.н., доцент кафедри "Інформаційних технологій та кібербезпеки" Одеського національного технологічного університету

Підпис



«20» 06 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Краснов Артур Денисович,
здобувач освіти гр. 4КГ-08, та

Бодюл Олена Станіславівна,
керівник дипломного проєкту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проєкту фахового молодшого бакалавра на тему:

«Створення ігрового 3D персонажу усередовищі Blender» (автор роботи – Краснов А.Д., керівник роботи – Бодюл О.С.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

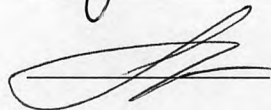
Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Краснов А.Д. /

Керівник



/ Бодюл О.С. /

«16» червня 2025 р.

Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІІ
про допуск до захисту дипломного проєкту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КТ-08

Краснова Артура Денисовича

на тему Створення ігрового 3D персонажу у середовищі Blender

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:

пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з некритичними

порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про

дипломне проєктування


(підпис)

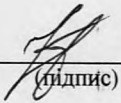
23.06.2025

(дата)

Петрашова В.І.

(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного плагіату згідно звіту про перевірку від 23.06.2025 р. значення коефіцієнту подібності в роботі становить 13,96%, коефіцієнт цитування – 0,83%.


(підпис)

23.06.2025

(дата)

Краснокутська К.Г.

(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту

здобувача (здобувачки) освіти

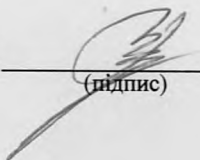
Краснова А.Д.

(П.І.Б.)

проведена « 23 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає
вимогам Положення про дипломне проєктування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.

(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Створення ігрового 3D персонажу у середовищі Blender

Автор

Науковий керівник / Експерт

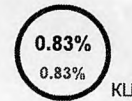
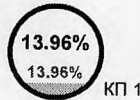
Краснов Артур ДенисовичБодюл Олена Станіславівна

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

12503

Кількість слів

101002

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Заміна букв | | 19 |
| Інтервали | | 0 |
| Мікропробіли | | 1 |
| Білі знаки | | 148 |
| Парафрази (SmartMarks) | | 75 |

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | Копію тексту |
|---------------------|---|---|
| | | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
| 1 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download | 80 0.64 % |
| 2 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download | 60 0.48 % |
| 3 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download | 53 0.42 % |
| 4 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download | 46 0.37 % |
| 5 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-fbfd149b7747/download | 37 0.30 % |

| | | |
|----|---|-----------|
| 6 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download | 33 0.26 % |
| 7 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download | 32 0.26 % |
| 8 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download | 30 0.24 % |
| 9 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download | 30 0.24 % |
| 10 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download | 27 0.22 % |

з домашньої бази даних (0.00 %)

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|------------------|-----------|--|
|------------------|-----------|--|

з програми обміну базами даних (0.00 %)

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|------------------|-----------|--|
|------------------|-----------|--|

з Інтернету (13.96 %)

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ДЖЕРЕЛО URL | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|------------------|---|--|
| 1 | https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content | 515 (42) 4.12 % |
| 2 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download | 338 (24) 2.70 % |
| 3 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download | 184 (8) 1.47 % |
| 4 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download | 159 (3) 1.27 % |
| 5 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download | 85 (6) 0.68 % |
| 6 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbed74c8-2ea7-44c5-8d00-0fe3fd9790ee/download | 70 (7) 0.56 % |
| 7 | https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content | 63 (5) 0.50 % |
| 8 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download | 52 (4) 0.42 % |
| 9 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download | 48 (4) 0.38 % |
| 10 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-fbfd149b7747/download | 37 (1) 0.30 % |
| 11 | https://www.arthuss.com.ua/books-blog/5-resursiv-shi-dlya-roboty-v-heyndeivi | 34 (2) 0.27 % |
| 12 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download | 28 (2) 0.22 % |
| 13 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download | 27 (1) 0.22 % |
| 14 | https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/995bdcec-4e4d-4321-8070-4d6badcb8e49/content | 21 (3) 0.17 % |
| 15 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/035f6436-20b4-4ee6-8e99-bede670e308b/download | 20 (2) 0.16 % |
| 16 | https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ead3fa83-2e3d-4cd7-bbfd-1d5ed04c1ce4/content | 17 (1) 0.14 % |
| 17 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/55e2b8f2-7d3c-4235-99fc-2be51199b96d/download | 17 (2) 0.14 % |
| 18 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download | 12 (1) 0.10 % |
| 19 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/11562741-24e6-4201-bc41-a00c8013fca1/download | 10 (1) 0.08 % |
| 20 | https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/34a6756b-592f-4b77-a805-183aa03a6a26/download | 9 (1) 0.07 % |

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)