

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка 3D-моделей із використанням вокселів

Виконав: студент IV курсу, групи СНС-42

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Озіранець А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Козбур Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Марценко С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент Стоянов Ю.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » червня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Озіранець Аллі Володимирівній
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка 3D-моделей із використанням вокселів

Керівник роботи Козбур Галина Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» квітня 2024 року № 4/7-472

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

3. Вихідні дані до роботи Літературні та інтернет джерела щодо розробки 3D-моделей із використанням вокселів

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

Вступ. 1. Воксельне моделювання. Аналіз програмного забезпечення для створення воксельних моделей. 2. Огляд функціональних можливостей VoxEdit. Тематика та постановка завдання проекту. 3. Розробка набору воксельних 3D-моделей. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік джерел. Додатки.

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

1. Титульна сторінка. 2. Мета роботи, об'єкт та предмет дослідження. 3. Актуальність обраної теми. 4. Вокселі як один із засобів 3D-моделювання. 5. Огляд функціональних можливостей VoxEdit 6. Тематика проекту. 7. Моделювання персонажа. 8. Створення об'єктів. 9. Реалізація елементів інтер'єру. 10. Створення анімацій. 11. Практичне застосування асету. 12. Створення сцени в ігровому рушії та тестування. 13. Висновки 14. Завершальний слайд

АНОТАЦІЯ

Розробка 3D-моделей із використанням вокселів // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Озіранець Алла Володимирівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНс-42 // Тернопіль, 2024 // С. 58, рис. – 51, табл. – 3, кресл. – 14, додат. – 5, бібліогр. – 39.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, вокселі, набір моделей, моделювання, анімування, voxedit, метасвіт sandbox, тематика лицарства.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню воксельного моделювання та його практичного застосування. В першому розділі кваліфікаційної роботи описано моделювання за допомогою вокселів, графічно продемонстровано різницю між воксельним та полігональним моделюванням. Проаналізовано наявні програмні рішення для реалізації проєктів з використанням вокселів.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто функціональні можливості обраного програмного забезпечення відповідно до поставленого завдання та обрано тематику проєкту.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано процес створення воксельних 3D-моделей у програмному середовищі VoxEdit, експорт даних моделей на маркетплейс та подальше застосування у віртуальному світі Sandbox.

Об'єктом дослідження виступають процеси розробки воксельних 3D-моделей та їх подальше практичне застосування.

Предметом дослідження є створення набору воксельних моделей у середовищі VoxEdit, які об'єднані спільною тематикою – лицарство.

ANNOTATION

Development of 3D Models Using Voxels // Qualification work of the educational level "Bachelor" // Oziranets Alla // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SNs-42 // Ternopil, 2024 // P. 58, fig. – 51, tabl. – 3, chair. – 14, annexes. – 5, references – 39.

Keywords: computer graphics, voxels, model set, modeling, animating, voxedit, sandbox metaverse, themes of chivalry.

This qualification work is dedicated to the research of voxel modeling and its practical applications. The first chapter of the qualification work describes modeling using voxels, graphically demonstrating the difference between voxel and polygonal modeling. Existing software solutions for implementing projects using voxels are analyzed.

In the second chapter, the functional capabilities of the selected software are considered according to the assigned task, and the project's theme is chosen.

The third chapter describes the process of creating voxel 3D models in the VoxEdit software environment, exporting these models to a marketplace, and their further application in the Sandbox metaverse.

The object of the research is the processes of developing voxel 3D models and their further practical application.

The subject of this qualification work is the creation of a set of voxel models in the VoxEdit environment, united by a common theme – chivalry.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

3D (в контексті комп'ютерної графіки та даної роботи, від англ. three dimensions – три виміри) – тривимірний простір.

NFT (англ. non-fungible token) – це окремий цифровий актив, який представляє право власності або доказ справжності єдиного у своєму роді предмета або віртуального товару.

Асет (англ. asset) – набір моделей.

Блокчейн (англ. blockchain) – децентралізована технологія зберігання інформації, що використовується в криптовалютах та інших онлайн-додатках.

Воксель (англ. voxel) – термін в тривимірній графіці, яким позначають об'ємний піксель.

Маркетплейс – це онлайн-платформа для продажу та купівлі товарів та послуг через інтернет,

Метавсесвіт (англ. metaverse) – це мережа віртуальних світів, орієнтована на соціальну взаємодію, або ж своєрідний віртуальний простір, в якому люди (їх аватари) можуть взаємодіяти між собою та іншими цифровими об'єктами за допомогою технологій віртуальної, доповненої або змішаної реальності.

Полігон – термін в тривимірній графіці, який означає площину в 3D з мінімальною кількістю вершин рівною трьом.

ПЗ – програмне забезпечення.

Референс (англ. reference) – термін в комп'ютерній графіці, яким позначають об'єкти чи зображення, які дизайнер або митець обирає в процесі підготовки проекту та до яких звертатиметься під час його виконання.

Текстура – зображення, яке накладається на поверхню тривимірного об'єкта.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ВОКСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВОКСЕЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ.....	9
1.1 Моделювання за допомогою вокселів	9
1.1.1 Вокселі як один із засобів 3D-моделювання	9
1.1.2 Переваги та недоліки воксельного моделювання	11
1.1.3 Сфери застосування та перспективи розвитку воксельних моделей.....	12
1.2 Аналіз програмних рішень для розробки 3D-моделей за допомогою вокселів.....	5
1.2.1 Qubicle	6
1.2.2 Goxel.....	7
1.2.3 MagicaVoxel	8
1.2.4 Mega Voxels.....	10
1.2.5 VoxEdit	12
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ VOXEDIT. ТЕМАТИКА ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ	14
2.1 Шаблони.....	14
2.2 Режими роботи в програмному середовищі, їх призначення.....	15
2.2.1 Block Editor.....	16
2.2.2 Modeler	17
2.2.3 Animator.....	18
2.3 Режими роботи інструментів для воксельного моделювання. Їх різновид та функціонал.....	19
2.4 Вибір тематики проєкту	21
2.5 Постановка завдання відповідно до обраної тематики.....	24
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НАБОРУ ВОКСЕЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ	26
3.1 Реалізація моделей	26

3.1.1 Модель персонажа	26
3.1.2 Обладунки	31
3.1.3 Зброя	36
3.1.4 Елементи інтер'єру	37
3.2 Створення анімацій.....	39
3.3 Експорт створених моделей на маркетплейс	40
3.4 Використання набору моделей у метасвіті SandBox	43
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Значення адаптації для 3D-дизайнера в трудовому процесі	46
4.2 Естетичне оформлення та ергономічне дослідження робочого місця 3D-дизайнера	47
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Воксельне моделювання залишається актуальним у сучасній ігровій індустрії завдяки своїй простоті, гнучкості та здатності створювати унікальні візуальні стилі. Вокселі, як тривимірні пікселі, дозволяють створювати детальні та масштабовані моделі з відносно низькими витратами на обчислювальні ресурси. Це робить їх ідеальними для інді-ігор, мобільних додатків та великих проєктів, що прагнуть досягти ретро-естетики або стилізованого вигляду.

Попит на набори воксельних моделей для продажу також зростає, оскільки розробники шукають готові рішення для швидкого створення ігрових світів і персонажів. Це відкриває значні можливості для створення та комерціалізації таких наборів, задовольняючи потреби ринку в якісних і доступних ресурсах.

Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» виступає розробка набору воксельних 3D-моделей у середовищі VoxEdit.

Завданнями кваліфікаційної роботи є:

- Розглянути вокселі як один із засобів 3D-моделювання.
- Проаналізувати наявні програмні рішення для воксельного моделювання.
- Розглянути функціональні можливості обраного програмного забезпечення.
- Сформулювати вимоги відповідно до поставленого завдання та обрати тематику проєкту.
- Реалізувати набір воксельних моделей в тематиці лицарства.
- Розглянути варіанти практичного використання створених моделей.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений в ході виконання даної кваліфікаційної роботи набір воксельних моделей можна використовувати як для наповнення контентом власних віртуальних світів (наприклад The Sandbox), так і для комерційних проєктів, продажу.

РОЗДІЛ 1. ВОКСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВОКСЕЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

1.1 Моделювання за допомогою вокселів

Моделювання є методом аналізу та візуалізації об'єктів, процесів або явищ шляхом їх спрощеної імітації. Це процес створення моделей, які можуть мати різноманітні характеристики і використовуватися для різних цілей [1]. Ці технології дозволяють розробляти інтерактивні 3D-моделі для використання у віртуальному навчальному середовищі [2]. В подальшому дані напрацювання можуть бути використані в комерційних проєктах. Наприклад, для кіберфізичних систем з доповненою реальністю [3] або для створення цифрового музею [4]. Моделі можуть бути класифіковані залежно від їх призначення, способу представлення та стану.

Загалом моделі можна поділити на п'ять категорій:

- навчальні: включають тренажери, наглядні засоби та навчальні програми, спрямовані на освоєння знань та навичок;
- дослідні: використовуються для дослідження та покращення характеристик об'єктів, як от моделі кораблів, літаків тощо;
- науково-технічні: включають прилади для наукових досліджень, такі як засоби для вивчення розряду блискавки чи моделі виверження вулкану;
- ігрові: використовуються при розробці ігор різних жанрів;
- імітаційні: використовуються для виявлення впливу нових лікарських засобів та препаратів [5].

1.1.1 Вокселі як один із засобів 3D-моделювання

Спочатку воксельні моделі та зображення базувалися на технологіях 2,5D графіки, яка створювала ілюзію тривимірних ефектів, але не відтворювала

реальний тривимірний об'єм, а лише створювала псевдо ефект глибини. Ще одним методом реалізації таких проєктів є створення 3D-моделі на основі 2D-зображення [6].

В якості прикладу можна навести глибоку сегментацію МРТ: згортковий метод, застосований для виявлення хвороби Альцгеймера [7] (див. рис 1.1).

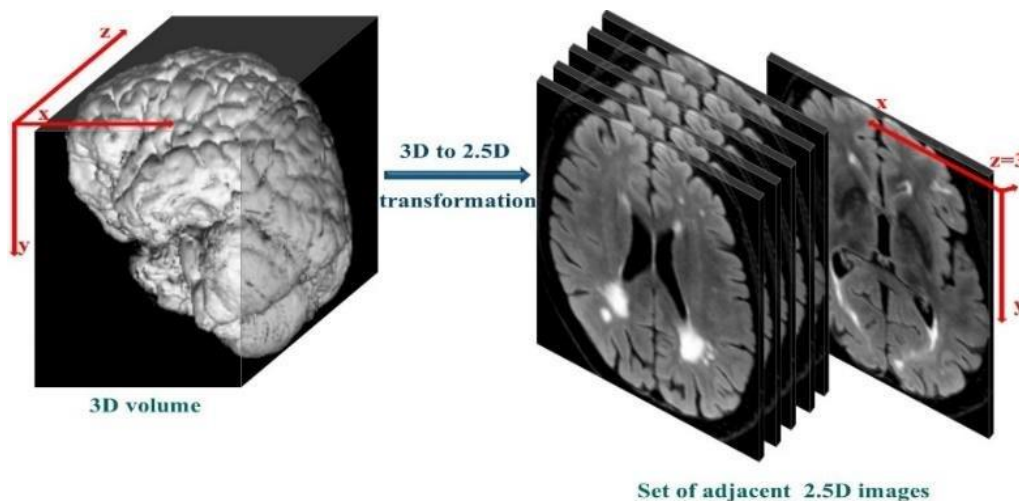


Рисунок 1.1 – Приклад перетворення 3D-моделі у 2,5D

У 1980-х воксельна графіка стала популярною в ігровій індустрії, але в 1990-х втратила свою популярність на користь полігональної графіки. Останніми роками воксельна графіка знову стала актуальною завдяки технологічному прогресу, що дозволяє створювати більш складні та деталізовані моделі.

Воксель представляє собою тривимірний аналог пікселя, що складається з куба з визначеними характеристиками, такими як кольори, прозорість, текстура та інші. Вони використовуються для створення зображень і моделей. Структура вокселя визначається його розмірами та характеристиками. Він має три основні виміри: висоту, ширину та глибину. Розміри визначають його деталізацію зображення або моделі.

Воксельні моделі формуються шляхом об'єднання вокселів у тривимірну решітку, і розмір цієї решітки визначає рівень деталізації об'єкта. Воксельні моделі можуть бути статичними або динамічними. Статичні моделі

залишаються незмінними з часом, тоді як динамічні можуть змінювати свою форму, розмір або положення в просторі [8].

1.1.2 Переваги та недоліки воксельного моделювання

Використання тих чи інших засобів для реалізації поставленого завдання має свої переваги та недоліки. Основні особливості використання вокселів для 3D-моделювання подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки використання вокселів для створення тривимірних моделей

Переваги	Недоліки
Вокселі можуть представляти складні форми з більшою деталізацією, ніж полігональні моделі.	Вокселі потребують більше обчислювальних ресурсів, ніж полігони, що може призводити до повільного рендерингу.
Вокселі можуть бути використані для створення динамічних та інтерактивних середовищ, які можна змінювати в реальному часі.	Вокселі можуть бути складнішими у роботі, оскільки вони потребують спеціалізованих алгоритмів та технологій
Вокселі можуть бути використані для об'ємної візуалізації, що може бути корисним для медичного зображення, наукової візуалізації та інших сфер.	Вокселі можуть бути менш точними, ніж полігональні моделі, оскільки вони часто представлені сіткою дискретних точок.

Загалом, вибір між використанням вокселів або полігонів залежить від конкретних потреб проєкту. Кожен з них має свої переваги та недоліки, і рішення повинно базуватися на таких факторах, як бажаний рівень деталізації, інтерактивність та продуктивність [9]. Візуальна різниця між воксельною та полігональною 3D-моделлю подана на рисунку 1.2. Воксельні моделі

представлені тривимірних пікселями, що заповнюють простір, в той час як полігональні моделі складаються з поверхонь, що складаються з вершин, ребер та полігонів, що визначають форму об'єкта [10].

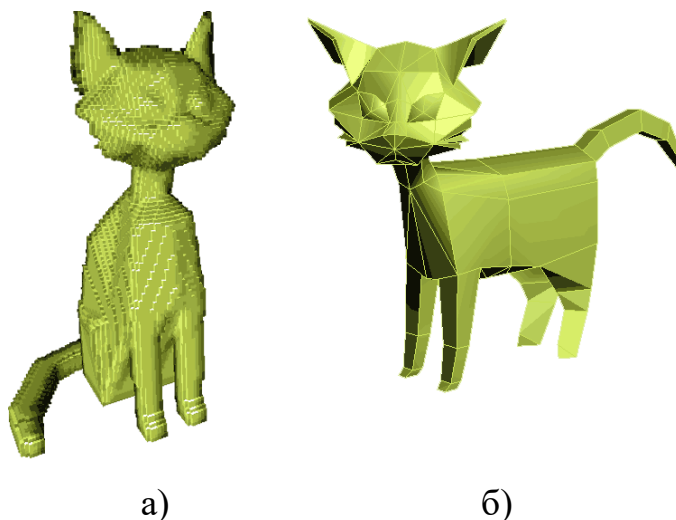


Рисунок 1.2 – 3D-модель кота: а) воксельна, б) полігональна

Також існує гібридне моделювання, яке поєднує переваги основних типів 3D-моделювання. Розробницькі набори інструментів, такі як CGM від Spatial, дозволяють користувачам 3D-програм використовувати можливості гібридного моделювання безпосередньо у своєму наборі інструментів. Це дозволяє дизайнерам та інженерам безперешкодно перемикатися між різними типами моделювання, не втрачаючи при цьому жодних даних. Іншими словами, гібридне моделювання створює можливість для швидкого та ефективного процесу моделювання, дозволяючи інженерам і дизайнерам використовувати різноманітні методи моделювання без втрати даних [11]. Але таке моделювання потребує значних технічних ресурсів та відповідних навичок.

1.1.3 Сфери застосування та перспективи розвитку воксельних моделей

Воксельна графіка – це потужний інструмент, який знаходить застосування в різних галузях, включаючи науку, медицину, розваги та

мистецтво. Вона надає можливість візуалізувати складні об'єкти та аналізувати їхню структуру та взаємодію в тривимірному просторі.

Одним з найважливіших застосувань воксельної графіки є візуалізація приміщень [12], геологічних формацій (див. рис. 1.3) та підземних утворень. За допомогою шарів вокселів можна створити детальні моделі гірських масивів, шарів порід та різних типів мінеральних осадів. Це дозволяє геологам досліджувати геологічну структуру земної кори та виявляти корисні копалини, такі як золото, срібло, вугілля тощо [13].

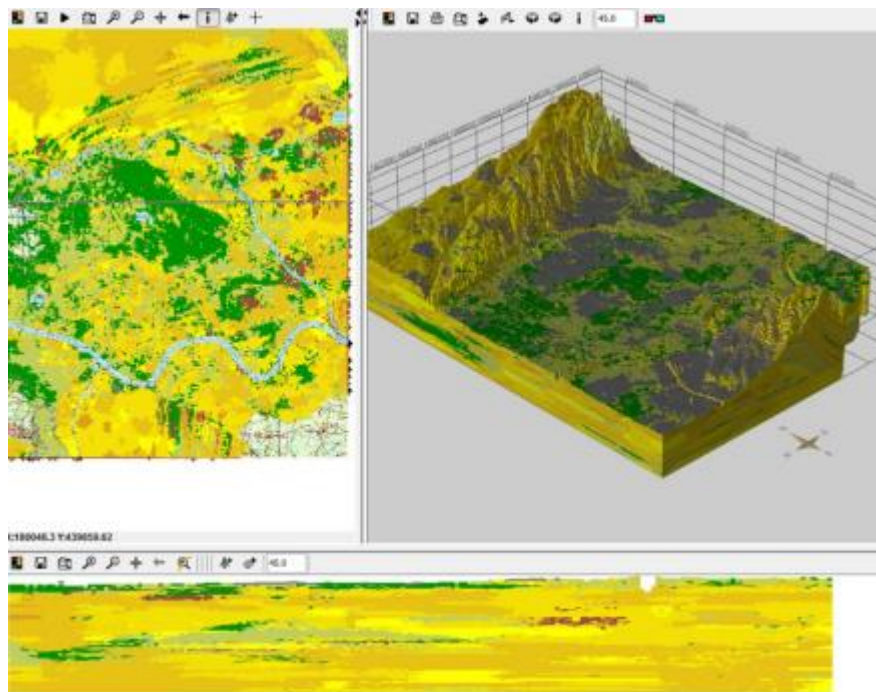


Рисунок 1.3 – Процес створення геологічної воксельної 3D-моделі

У сфері медицини воксельна графіка використовується для створення тривимірних моделей органів та тканин для діагностики та планування хірургічних втручань. Наприклад, за допомогою воксельної графіки можна створити детальну модель головного мозку для виявлення аномалій в його структурі та функціонуванні.

В розважальній індустрії воксельна графіка використовується для створення ігрових світів, де гравці можуть взаємодіяти з оточуючим середовищем та різноманітними об'єктами. Наприклад, у відомій грі Minecraft

гравці можуть будувати свої власні будівлі та спілкуватися з іншими гравцями у кубічному світі (див. рис .1.4).



Рисунок 1.4 – Скріншот з гри “Minecraft”

Нещодавно воксельна графіка також знайшла своє застосування у сфері мистецтва. Цифрові художники використовують її для створення унікальних витворів мистецтва, які потім можуть бути продані у вигляді цифрових активів на платформах NFT [14].

Усі ці застосування воксельної графіки свідчать про її великий потенціал та важливість у сучасному світі. Вона продовжує розвиватися і знаходити нові застосування в різних галузях, що робить її одним з найважливіших інструментів у сучасній інформаційній ері [15].

1.2 Аналіз програмних рішень для розробки 3D-моделей за допомогою вокселів

Враховуючи постійний розвиток індустрії комп'ютерної графіки та різноманітність програмних інструментів, обгрунтований вибір програмного забезпечення є важливим для успішної розробки воксельних 3D-моделей. Підбір належного програмного забезпечення для створення воксельних 3D-моделей також залежить від потреб користувача та його навичок в даній галузі.

Обране програмне рішення має забезпечувати зручний інтерфейс користувача, широкий спектр функцій для редагування та створення моделей, а також ефективну підтримку та оновлення з боку розробників.

1.2.1 Qubicle

У професійних ігрових проєктах Qubicle є одним із найпопулярніших варіантів для розробників ігор. Якщо зайти на їхній сайт, можна побачити кілька популярних ігор, для яких були використано моделі, створені за допомогою програмного середовища Qubicle. Qubicle дає користувачу можливість додавати, редагувати, переміщувати та фарбувати вокселі на 3D-сітці, яка називається "Матриця". Також вона надає користувачам кілька варіантів експорту. Крім повних можливостей редагування, Qubicle також дозволяє створювати звичайні примітиви, такі як сфера. На рисунку 1.5 подано вигляд робочої області у застосунку Qubicle.

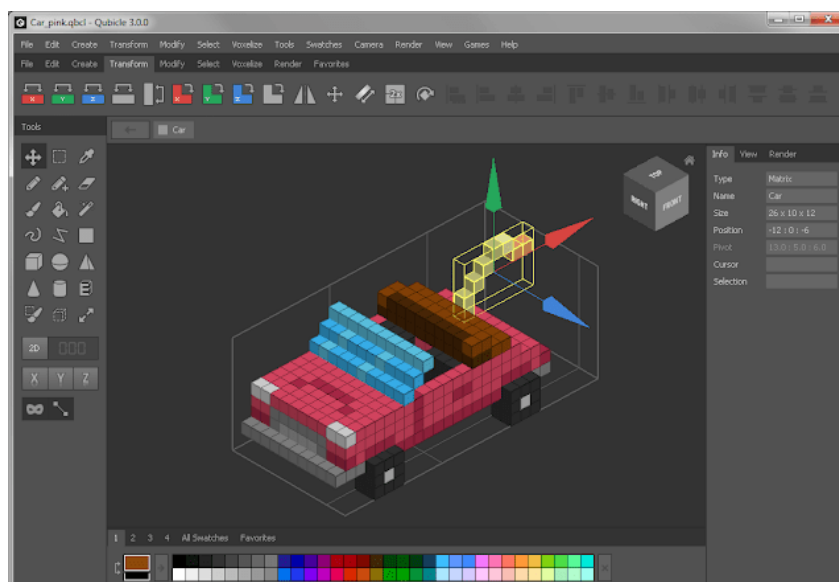


Рисунок 1.5 – Робоча область програми Qubicle

Основною перевагою Qubicle є можливості експорту до Maya FBX, OBJ та Collada (.DAE), тоді як інші програмні рішення (наприклад MagicaVoxel)

надають лише опцію експорту OBJ. Крім того, у Qubicle немає обмежень щодо розміру матриці, яка будується всередині [16].

Однак, треба враховувати, що Qubicle не є бездоганим програмним рішенням, оскільки має декілька суттєвих недоліків. У даної програми досить сильно обмежена функціональність порівняно з конкурентами. Зокрема, слід зазначити відсутність певних інструментів або недостатню можливість редагувати окремі вокселі у складних частинах моделі. Це може вплинути на зручність роботи та обмежити можливості створення деяких типів воксельних моделей.

Крім того, через велику кількість вкладок у Qubicle, на вивчення інтерфейсу програми та пошук потрібних функцій потрібно потратити досить багато часу. Хоча програма має достатній набір функцій, навігація через них може здатися складною для тих, хто тільки починає вивчати її. Такий інтерфейс призводить до часових витрат на освоєння програми та робить її менш привабливою для початківців [17]. Також, дане програмне рішення є платним, проте можна спробувати демо-версію продукту, перед його купівлею.

1.2.2 Goxel

Goxel – це програмне забезпечення, яке призначене для роботи з воксельними моделями. Воно дозволяє користувачам конструювати тривимірні об'єкти за допомогою вокселів. Goxel дозволяє створювати сцени будь-якого розміру завдяки внутрішнім розрідженим матрицям і підтримує розділення на шари для незалежного редагування різних частин сцени. Це крос-платформенна програма, яка працює на різних операційних системах, і має можливість експорту в різні формати, такі як: glTF2, obj, ply та build engine [18].

З першого погляду, Goxel може виявитися обмеженим у функціоналі порівняно з іншими програмами. Наприклад, він не має можливостей для створення анімації, складних моделей або реалістичного моделювання матеріалів, що може обмежити його застосування для деяких проєктів. Такі

функції є важливими для створення більш складних і реалістичних 3D-сцен. На рисунку 1.6 відображено робоче поле програми Goxel.

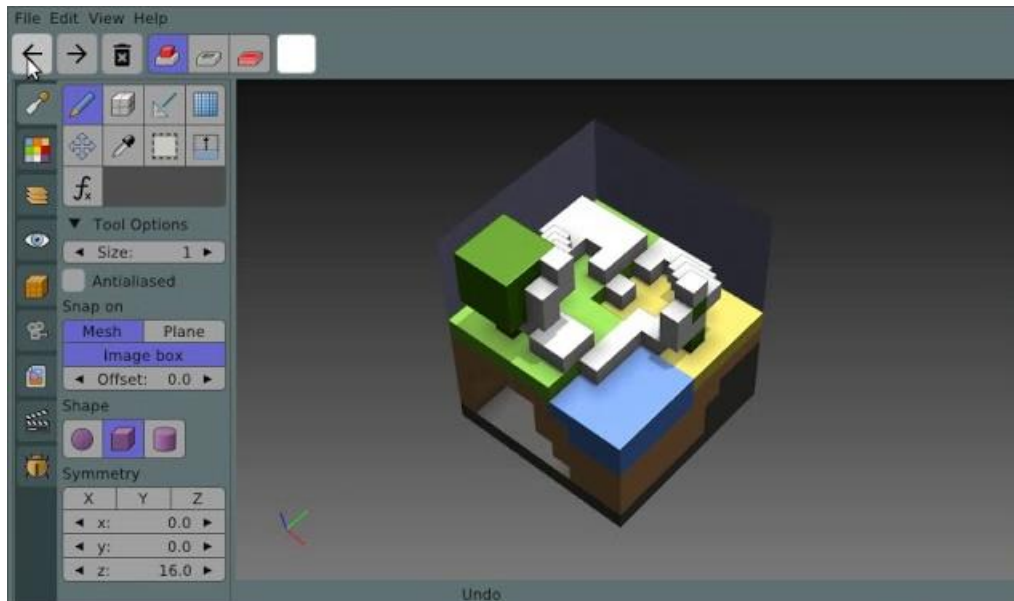


Рисунок 1.6 – Робоче поле програми Goxel

Крім вищеописаних недоліків представленого програмного рішення, існує велика вірогідність зіткнення з нестабільністю та виявленням багів у програмі, що може вплинути на її продуктивність і роботу користувачів. Це може створювати труднощі в процесі роботи та вимагати додаткового часу для пошуку рішень або виправлень. Більше того, відсутність активного розвитку або підтримки може стати проблемою, оскільки це може призвести до відсутності оновлень та виправлень у майбутньому, що може ускладнити використання Goxel для подальших проєктів [19].

1.2.3 MagicaVoxel

MagicaVoxel – це потужний інструмент для створення воксельних моделей, який здобув популярність серед художників, геймдевелоперів та любителів тривимірного мистецтва. Інтуїтивний інтерфейс та різноманітні інструменти дозволяють швидко втілювати творчі ідеї у віртуальному просторі.

Крім того, MagicaVoxel підтримує експорт моделей у різноманітні формати, що робить його хорошим вибором для використання в ігровій розробці, анімації та 3D друку [20]. Інтерфейс програми MagicaVoxel представлено на рисунку 1.7.

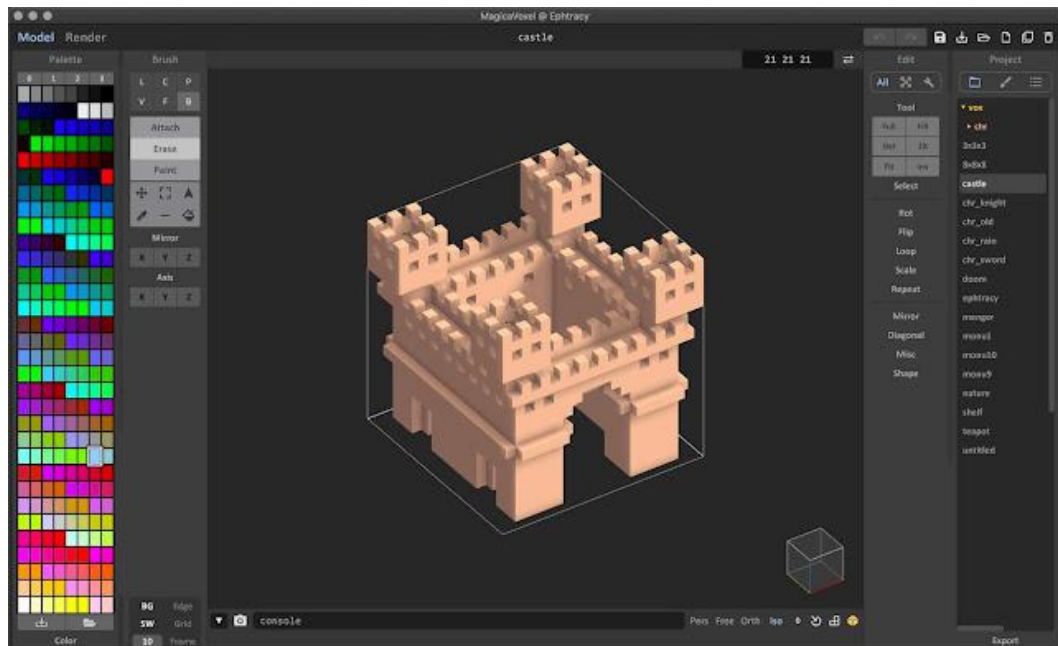


Рисунок 1.7 – Інтерфейс програмного застосунку MagicaVoxel

Серед переваг даного програмного рішення варто відзначити активну підтримку та постійні оновлення програми. Розробник постійно вдосконалює програму, виправляючи помилки, додаючи нові функції та оптимізуючи її продуктивність. Це дозволяє користувачам отримувати доступ до нових можливостей та забезпечує стабільну роботу програми. Підтримка спільноти також є важливим плюсом MagicaVoxel. У відкритих спільнотах користувачі можуть обмінюватися досвідом, ділитися порадами та допомагати один одному в розв'язанні проблем чи розробці нових проєктів. Це створює сприятливу атмосферу для вдосконалення навичок та розширення знань у сфері 3D-моделювання.

MagicaVoxel, не дивлячись на свою популярність, має свої недоліки. Одним із головних є обмежений функціонал програми. Наприклад, MagicaVoxel має обмежені можливості редагування та деталізації моделей.

Також, програма має обмежену підтримку форматів файлів для імпорту, що може бути незручним при співпраці з іншими програмами чи сервісами.

Іншим недоліком MagicaVoxel є обмежені можливості в роботі з складними текстурами і матеріалами. Програма має обмежену підтримку шарування текстур і обробки матеріалів, що може обмежити творчий потенціал користувачів у створенні реалістичних і складних сцен.

Додатково, MagicaVoxel не підтримує анімацію безпосередньо в програмі, що робить його менш зручним для роботи над анімаційними проєктами порівняно з іншими спеціалізованими програмами [21]. Це може вимагати додаткового часу та зусиль для інтеграції створених моделей у відео- або ігрові проєкти, де потрібна анімація.

1.2.4 Mega Voxels

Mega Voxels також є одним із найпопулярніших програмних рішень для воксельного 3D-моделювання. Головною перевагою цієї програми є розширені можливості в роботі з великими обсягами даних. Завдяки цьому, можна створювати складні 3D-моделі з великою кількістю деталей та додаткових ефектів.

Крім того, Mega Voxels підтримує широкий спектр форматів файлів, що робить це програмне рішення більш універсальним для спільної роботи з іншими програмами та платформами. Також важливо відзначити якісну підтримку розробників Mega Voxels. Їхні постійні оновлення та вдосконалення програми свідчать про активний інтерес до задоволення потреб користувачів та покращення їхнього досвіду використання програми [22].

Хоча програма Mega Voxels є безкоштовною, більшість моделей та шаблонів в ній є платними. Це може створювати обмеження для користувачів, які шукають безкоштовні ресурси для своїх проєктів. Крім того, варто відзначити, що програма доступна лише для мобільних пристроїв та планшетів,

що обмежує її використання для користувачів, які бажають працювати з нею на комп'ютерах.

Якщо є потреба використовувати цю програму на ПК, користувачам доведеться скачувати емулятори – програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати програми, розроблені для однієї платформи, на іншій. Однак робота з цією програмою на ПК може бути незручною через неадаптований інтерфейс та обмежені можливості у порівнянні з мобільною версією. Робоче середовище програми Mega Voxels подано на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Робоче поле програми Mega Voxels

Ще одним недоліком Mega Voxels є велика кількість реклами, які присутні у програмі, подібно до багатьох інших безкоштовних додатків у магазині Google Play. Це може відволікати користувача від їхньої роботи та створювати незручності під час використання програми. Реклама може з'являтися під час роботи з програмою або навіть виходити на передній план, що порушує робочий процес та робить використання програми менш комфортним [23].

Також, варто відзначити, що Mega Voxels має високі вимоги до технічних характеристик пристрою. Оскільки програма надає можливості для створення складних 3D-моделей з великою кількістю деталей, вона потребує значних обчислювальних ресурсів. Це може призвести до перегріву пристрою, спаду

продуктивності або навіть зависання програми на менш потужних або застарілих пристроях.

Користувачам з менш потужними або застарілими пристроями може бути важко працювати з Mega Voxels, оскільки програма може працювати повільно або навіть відмовлятися запускатися через недостатню потужність пристрою. Це обмежує доступність програми для широкого кола користувачів і створює перешкоди для тих, хто бажає використовувати її для своїх творчих проєктів на пристроях з обмеженими технічними можливостями.

1.2.5 VoxEdit

VoxEdit є одним з найкращих інструментів для воксельного 3D-моделювання, який пропонує широкий спектр переваг для своїх користувачів. По-перше, він відзначається інтуїтивно зрозумілим і легким у використанні інтерфейсом, що робить його ідеальним вибором для як початківців, так і досвідчених користувачів. Для новачків він забезпечує швидке вивчення основ, а для професіоналів – ефективну роботу, швидкість створення і розвитку власних проєктів.

Однією з ключових переваг VoxEdit є його розширені можливості створення детальних 3D-моделей з використанням воксельної технології. Він надає доступ до багат шарових можливостей, дозволяючи створювати складні та деталізовані об'єкти з різними текстурами та матеріалами. Це робить його ідеальним інструментом для творчих проєктів у галузі геймдеву, мультимедіа та візуального мистецтва.

Крім того, VoxEdit відрізняється відмінною підтримкою спільноти та активним розвитком. Розробники постійно оновлюють програму, додаючи нові функції та вдосконалення, а також активно взаємодіють зі спільнотою користувачів, щоб забезпечити оптимальний досвід використання. Це створює сприятливе середовище для навчання, співпраці та творчості, роблячи VoxEdit

одним з найкращих інструментів для воксельного 3D-моделювання на сьогоднішній день.

Однією з найвражаючих можливостей VoxEdit є можливість створення анімацій, що робить його вельми привабливим для творчих проєктів. Програма дозволяє легко анімувати створені моделі, надаючи користувачам можливість додавати рух, живлення та взаємодію до своїх 3D-об'єктів.

Використовуючи інтуїтивний інтерфейс, який продемонстровано на рисунку 1.9, користувачі можуть створювати складні анімації, такі як рух об'єктів, зміна форми та текстур, а також створення реалістичних рухів персонажів. Це відкриває безліч можливостей для творчості та експериментів у галузі анімації, роблячи VoxEdit важливим інструментом для аніматорів та ілюстраторів.

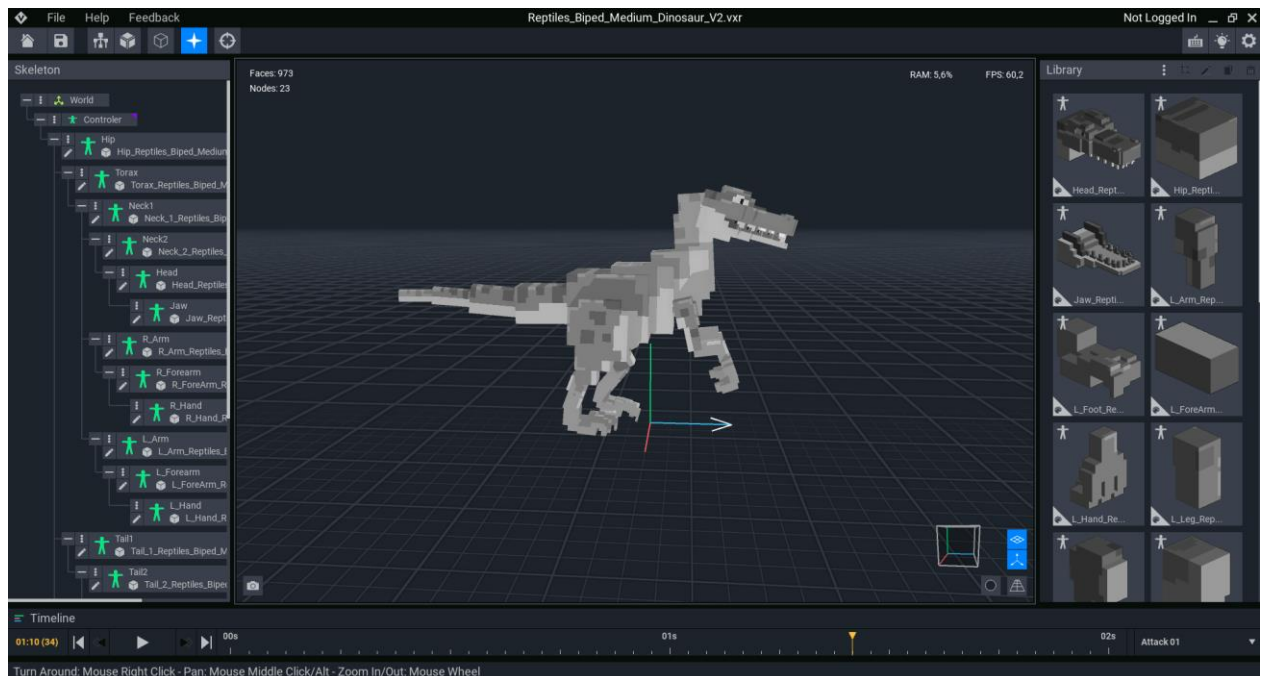


Рисунок 1.9 – Інтерфейс програми VoxEdit

Додатково, VoxEdit підтримує експорт анімованих моделей у різні формати файлів, що дозволяє легко інтегрувати їх у ваші проєкти. Це робить програму вельми зручною для роботи в інших програмах для розробки ігор, створення анімаційних фільмів та інших мультимедійних проєктів [24].

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ VOXEDIT. ТЕМАТИКА ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ

При виборі програмного рішення для воксельного 3D-моделювання користувачі звертають увагу на різноманітні аспекти, такі як функціональні можливості, ефективність роботи та зручність інтерфейсу. У цьому контексті VoxEdit виділяється завдяки своїй інноваційності та гнучкості, які дозволяють користувачам швидко та ефективно створювати вражаючі воксельні моделі.

2.1 Шаблони

У даній програмі є шаблони, які в свою чергу є важливим інструментом, який значно полегшує процес створення власних 3D-моделей [25]. Ці шаблони представляють собою передвизначені структури або форми, які користувач може використовувати як основу для своїх проєктів. Вони можуть містити основні форми та структури, такі як тіло персонажа, об'єкт або ландшафт, які дозволяють користувачам ефективно розпочати свою роботу без необхідності розпочинати з нуля і виконувати монотонну однотипну роботу. Частина шаблонів у VoxEdit подано на рисунку 2.1.

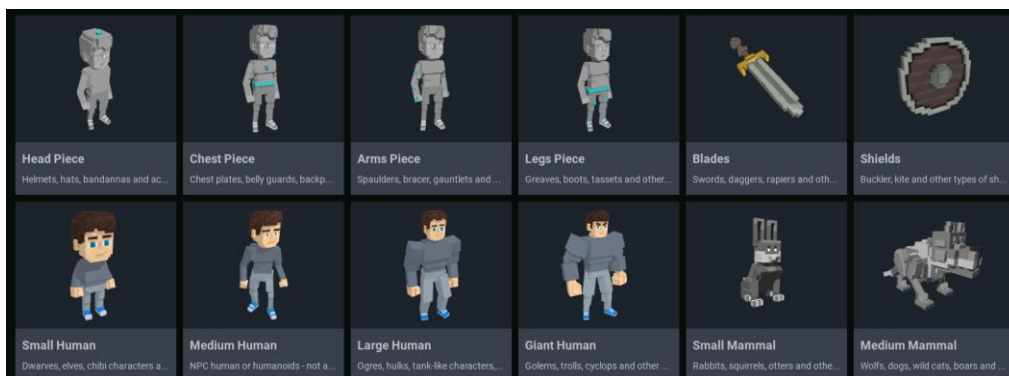


Рисунок 2.1 – Шаблони програмного середовища VoxEdit

Зручність використання шаблонів полягає в тому, що вони надають готову основу для розробки, що дозволяє зменшити кількість часу, витраченого на створення моделі.

необхідного для створення 3D-моделі з нуля. Користувач може вибрати потрібний шаблон, відредагувати його за своїми потребами, додати деталі та зміни, і швидко створити унікальну модель, відповідну їхнім вимогам та потребам.

Використання шаблонів значно пришвидшує процес створення власних моделей, особливо для тих, хто має обмежений досвід у 3D-моделюванні. Вони дозволяють користувачам ефективно використовувати готові елементи та структури, щоб швидко створити високоякісні та професійні моделі без значних зусиль і витрат часу.

2.2 Режими роботи в програмному середовищі, їх призначення

VoxEdit пропонує різні режими роботи, щоб надати користувачам широкі можливості для створення унікальних 3D-об'єктів. Кожен режим має свої особливості, які дозволяють швидко та ефективно працювати з 3D-моделями. В обраному програмному рішенні є три режими роботи, опис яких подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режими роботи програмного середовища VoxEdit

Назва режиму	Функціонал
Block Editor	Цей режим дозволяє створювати моделі з використанням стандартних блоків, що спрощує процес створення великих структур або об'єктів.
Modeler	Режим надає можливості створення та редагування моделей.
Animator	Цей режим використовується для створення анімацій воксельних моделей.

Кожен з цих режимів призначений для виконання конкретних завдань і забезпечує інструменти та функції, необхідні для досягнення бажаного результату у процесі створення та анімації воксельних моделей. Різноманіття

режимів та інструментів забезпечує можливість створення проєктів будь-якої складності [26].

2.2.1 Block Editor

Block Editor в VoxEdit є спеціалізованим режимом, призначеним для створення та редагування моделей з використанням стандартних блоків. Блоки у VoxEdit — це базові будівельні елементи, з яких складаються воксельні моделі. Вони подібні до цеглинок у конструкторі Lego. Інтерфейс робочого середовища Block Editor подано на рисунку 2.2.

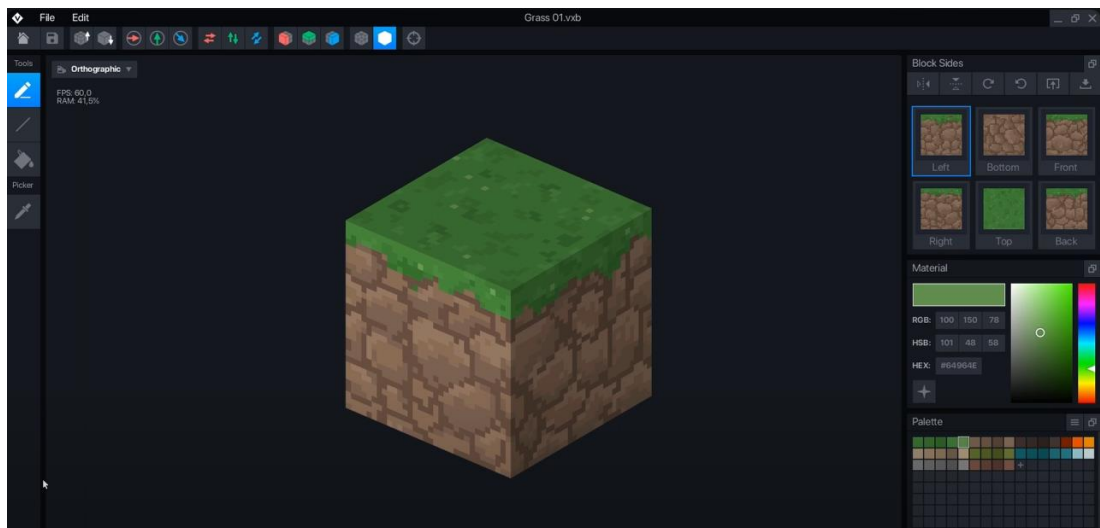


Рисунок 2.2 – Процес створення власного блоку в Block Editor

Цей інструмент забезпечує користувачів усіма необхідними функціями для побудови складних тривимірних структур із вокселів.

Основні можливості режиму Block Editor:

- створення та редагування блоків: додавання, видалення, переміщення та масштабування;
- наявність бібліотеки блоків: завантаження стандартних блоків різних форм, розмірів, текстур та кольорів, а також створення власних блоків;

- текстури та матеріали: можливість накладення текстур, підтримка різних матеріалів, які можуть змінювати властивості блоків, такі як прозорість, відображення світла тощо;
- організація роботи: наявність шарів та групування блоків у логічні структури для спрощення маніпуляцій та редагування.

2.2.2 Modeler

Режим роботи Modeler у VoxEdit є основним режимом для створення та редагування воксельних моделей. Цей режим забезпечує користувачів необхідними інструментами для деталізованого моделювання тривимірних об'єктів із вокселів (див. рис. 2.3).

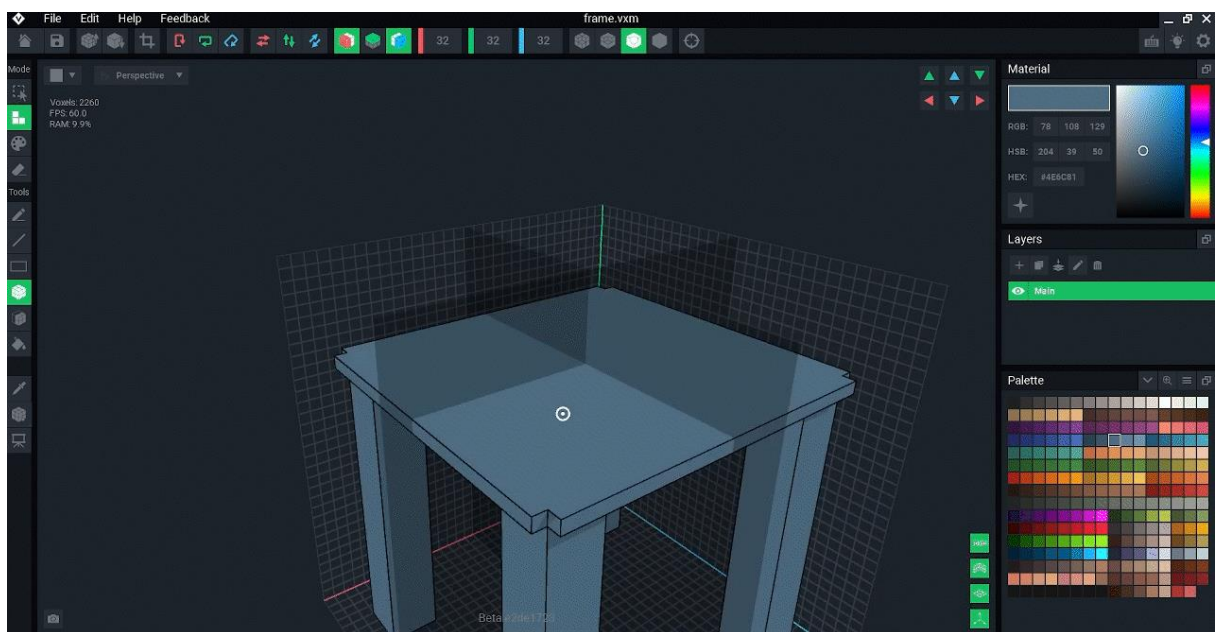


Рисунок 2.3 – Режим роботи “Modeler”

Інтерфейс користувача складається з робочої області, панелі інструментів і панелі властивостей. Робоча область є головною зоною, де користувачі можуть створювати та редагувати воксельні моделі. Вона забезпечує тривимірний простір для розміщення та маніпуляції вокселями. Панель інструментів знаходиться збоку або зверху та містить основні інструменти для

роботи з вокселями, такі як створення, видалення, переміщення і масштабування. Панель властивостей відображає властивості вибраного вокселя або групи вокселів, дозволяючи змінювати їхні параметри, такі як колір і текстура.

2.2.3 Animator

Режим Animator у VoxEdit є спеціальним режимом, призначеним для створення та редагування анімацій воксельних моделей. Даний режим роботи (див. рис. 2.4) пропонує користувачам інструменти для налаштування рухів і поведінки моделей, відкриваючи можливості для створення динамічних сцен і персонажів. Розглянемо детальніше основні функції та можливості Animator Mode.

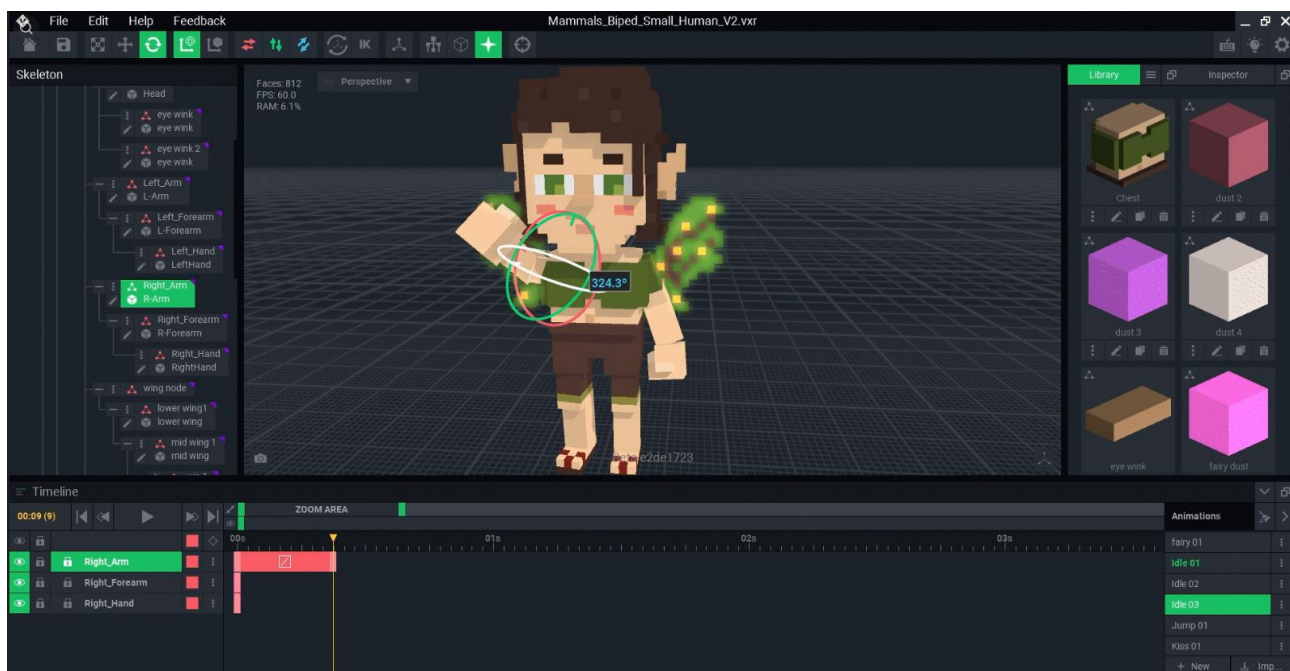


Рисунок 2.4 – Процес створення анімацій в режимі “Animator”

Інтерфейс користувача у Animator Mode включає кілька ключових елементів. Робоча область є головною зоною, де користувачі можуть бачити свої моделі в динамічному середовищі. Вона забезпечує тривимірний простір

для розміщення та анімації вокселів. Таймлайн розташований внизу екрану і дозволяє керувати часом анімації.

Користувачі можуть додавати, видаляти та редагувати ключові кадри, налаштовуючи рух та зміни моделей. Панель інструментів знаходиться збоку або зверху і містить інструменти для створення та редагування анімацій, такі як додавання кісток (для скелету моделі), налаштування позицій та інтерполяції рухів. Панель властивостей відображає властивості вибраних ключових кадрів, кісток або інших елементів анімації, дозволяючи змінювати їхні параметри.

2.3 Режими роботи інструментів для воксельного моделювання. Їх різновид та функціонал

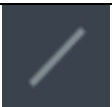

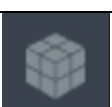
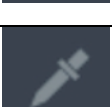
Загалом в VoxEdit існує чотири режими роботи інструментів:

- режим вибору (Select Mode) – використовується для виділення вокселів з метою вирізання, копіювання або переміщення їх. У цьому режимі користувач може вибрати певні вокселі у моделі для подальшої роботи з ними;
- режим створення (Create Mode) – використовується для додавання нових вокселів всередині об'єму моделі. У цьому режимі користувач може робити модифікації, додаючи нові вокселі до моделі, розширюючи її обсяг або деталізуючи конкретні частини;
- режим фарбування (Paint Mode) – використовується для фарбування вокселів обраним кольором з палітри. У цьому режимі користувач може вибирати колір із доступних у палітрі та наносити його на вокселі в моделі, змінюючи їх зовнішній вигляд;
- режим видалення (Erase Mode) – використовується для видалення вокселів всередині об'єму моделі. У цьому режимі користувач може видаляти вокселі з моделі, змінюючи її форму або виправляючи помилки.

У VoxEdit, інструменти воксельного моделювання відкривають безмежні можливості для творчості. Вони дозволяють користувачам легко створювати складні об'єкти та персонажів з високою точністю та ефективністю. За

допомогою цих інструментів можна маніпулювати кожним вокселем окремо або швидко малювати складні форми [27]. Вони надають користувачам можливість творити, експериментувати та реалізовувати свої ідеї у тривимірному просторі. Детальний опис основних інструментів для воксельного моделювання подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Призначення основних інструментів в VoxEdit

Іконка	Назва та призначення
	Pen Tool: цей інструмент дозволяє змінювати модель по одному вокселю за раз.
	Line Tool: з допомогою цього інструменту можна малювати прямі лінії від одного точкового вокселя до іншого.
	Screen Rect Tool: цей інструмент дозволяє змінювати вокселі у прямокутній області з перспективи екрану.
	Box Tool: цей інструмент призначений для модифікації блоків моделі.
	Face Tool: використовується для модифікації окремих та прилеглих граней моделі.
	Bucket Tool: цей інструмент дозволяє модифікувати усі прилеглі вокселі моделі з однаковими властивостями.
	Picker Tool: вибирає колір вокселя, на який було натиснено, і повертає вас до попереднього використаного інструменту.

Кожен інструмент розроблений з урахуванням різних аспектів моделювання, від точкового додавання вокселів до модифікації великих об'ємів і форм. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу та потужним функціям, ці інструменти дозволяють як новачкам, так і досвідченим користувачам втілювати свої ідеї у життя з високою деталізацією та ефективністю. Використання цих інструментів значно полегшує процес створення складних

моделей і анімацій, роблячи VoxEdit потужним інструментом для будь-якого воксельного художника.

2.4 Вибір тематики проєкту

Створення набору моделей в VoxEdit (приклад подано на рисунку 2.5) дозволяє користувачам розробляти колекцію взаємопов'язаних об'єктів, які можуть бути використані разом для створення комплексних сцен або ігрових середовищ. Замість створення окремих моделей, набір моделей забезпечує єдину стилістичну і тематичну цілісність, що значно полегшує роботу над великими проєктами.



Рисунок 2.5 – Приклад набору воксельних моделей

Набір моделей (асет) забезпечує системність та узгодженість, оскільки всі об'єкти створені в одному стилі, що важливо для створення гармонійних сцен і світів. Ефективність такого підходу проявляється в легкості керування й редагування колекції моделей, що економить час і ресурси [28].

Гнучкість асетів полягає в можливості комбінувати моделі та використовувати їх у різних проєктах, створюючи нові варіанти та

інтерпретації. Це також сприяє співпраці, оскільки робота з набором моделей полегшує командну роботу, коли кілька розробників працюють над одним проектом.

Крім того, набори моделей є масштабованими, їх можна легко розширювати, додаючи нові елементи, що забезпечує адаптацію до змін у проєкті або нових вимог.

Популярні тематики моделей, зокрема воксельних, включають фентезі, наукову фантастику, природу, будівлі та інтер'єри, транспортні засоби, міські пейзажі, а також історичні теми. У фентезі тематиці моделі можуть представляти магичні істоти, чарівні замки, драконів та інші фантастичні елементи (див. рис. 2.6), що дозволяють створювати захоплюючі світи з незвичайною атмосферою [29].

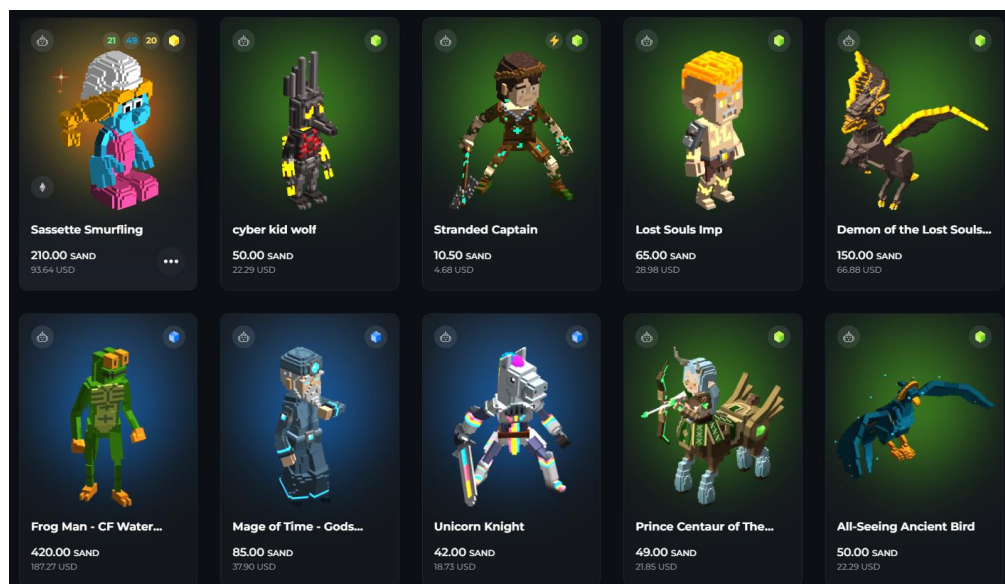


Рисунок 2.6 – Приклад воксельних моделей фентезійної тематики

Наукова фантастика охоплює моделі космічних кораблів, роботів, футуристичних міст та інші елементи, що відображають можливе майбутнє або альтернативні реальності. Моделі природи можуть включати дерева, тварин, гори, річки та інші природні об'єкти, що використовуються для створення реалістичних ландшафтів.

Будівлі та інтер'єри охоплюють архітектурні моделі (див. рис. 2.7), такі як будинки, замки, храми та внутрішні простори, включаючи меблі та декорації. Транспортні засоби включають автомобілі, літаки, кораблі та інші засоби пересування, що додають динаміки та реалістичності сценам.



Рисунок 2.7 – Воксельні моделі будівель

Однією з найактуальніших тем є лицарство (див. рис. 2.8). Моделі цієї тематики актуальні через їх універсальність у створенні захопливих фентезійних світів та історичних реконструкцій. Лицарські моделі можуть включати лицарів, зброю та інші елементи, що передають характер даної епохи.

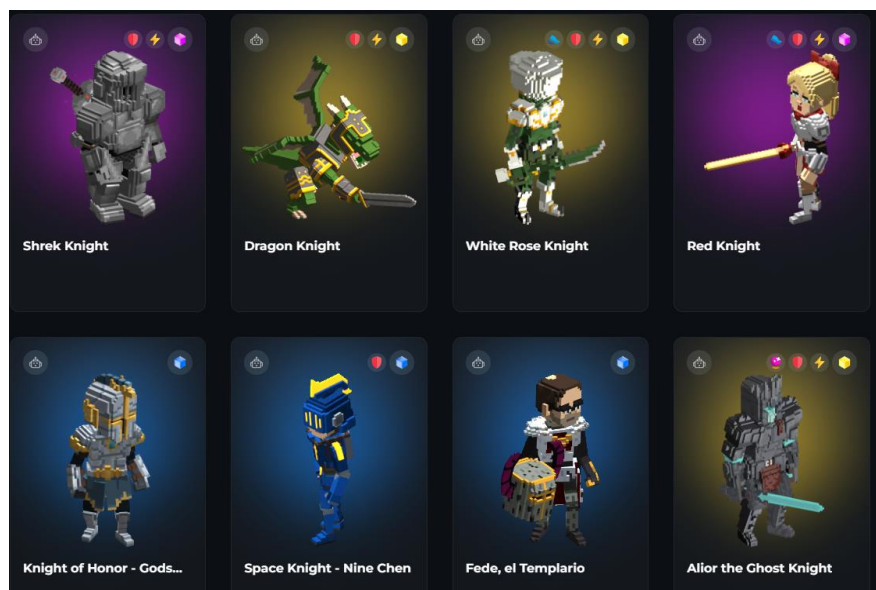


Рисунок 2.8 – Приклад воксельних моделей тематики лицарства

Лицарська тематика є популярною завдяки її широкому культурному впливу, включаючи літературу, кіно та відеоігри, де середньовічні сюжети та

персонажі завжди мають великий попит. Вона дозволяє створювати багатогранні, захоплюючі історії та візуальні образи, що приваблюють аудиторію своєю романтикою, героїзмом та драматизмом.

2.5 Постановка завдання відповідно до обраної тематики

Проаналізувавши функціональні можливості обраного програмного забезпечення та актуальність тематик моделей, було вирішено зосередитися на тематиці лицарства. Після детального вивчення можливостей VoxEdit, стало очевидно, що ця платформа забезпечує всі необхідні інструменти для створення складних, детальних і автентичних моделей. Завдяки багатофункціональним інструментам, таким як Pen Tool для точного редагування окремих вокселів, Line Tool для створення прямих ліній, і Screen Rect Tool для модифікації областей з перспективи екрану, користувачі можуть створювати високоякісні воксельні моделі з великою деталізацією.

Тематика лицарства була обрана через її багатий культурний контекст і популярність у сучасних медіа. Лицарі, середньовічні замки, битви та турніри — все це є невід'ємною частиною багатьох літературних творів, фільмів, серіалів та відеоігор. Лицарська тематика пропонує безліч деталей і елементів, таких як герби, мечі, щити, обладунки, замки та середньовічні міста, що дозволяє створювати дуже детальні та автентичні моделі [30]. Ці елементи не тільки додають естетичної цінності, але й допомагають створювати багатогранні сюжети та захоплюючі історії, які привертають увагу широкої аудиторії.

Крім того, лицарська тематика має значний вплив на поп-культуру. Від класичних творів літератури до сучасних блокбастерів і популярних відеоігор — середньовіччя і лицарі завжди залишаються актуальними. Це робить лицарську тематику миттєво впізнаваною та привабливою для широкої аудиторії, що є важливим фактором для успішності проєктів, які використовують ці моделі.

Відповідно до обраної тематики та функціональних можливостей обраного програмного рішення, склад набору воксельних моделей буде включати наступні елементи:

- модель лицаря в обладунках;
- обладунки, як окремі моделі, якими можна спорядити персонажа;
- лицарська зброя: меч, щит та спис;
- елементи інтер'єру епохи середньовіччя: ящик, скриня, шафа, тумба ліжка, стілець, стіл, полиці.

У підсумку, VoxEdit пропонує потужний набір інструментів для створення тривимірних моделей, які можуть бути максимально деталізованими та реалістичними. Цей редактор дозволяє створювати складні структури, відтворювати історичні елементи озброєння та обладунків, а також надавати моделям унікальні риси, що робить їх особливими та впізнаваними.

Лицарська тематика завжди користувалася популярністю серед шанувальників історичних реконструкцій та фентезі. Образи середньовічних лицарів, з їхніми доблестю та відвагою, мають великий потенціал для втілення в ігрових світах та творчих проєктах. Завдяки VoxEdit, розробники мають змогу відтворювати автентичні деталі лицарського обмундирування, мечів, щитів і замків, що робить їхні моделі не тільки привабливими для гравців, але й історично точними.

Комбінація цих двох елементів відкриває нові горизонти для креативності. VoxEdit надає інструменти для створення високоякісних воксельних моделей, а популярність лицарської тематики забезпечує інтерес і попит на ці моделі. Разом вони створюють платформу для розробки контенту, який не тільки привертає увагу, але й захоплює своєю деталізацією та точністю, що робить його унікальним у світі віртуальних розваг.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА НАБОРУ ВОКСЕЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ

3.1 Реалізація моделей

При створенні воксельних моделей тематики лицарства, перш за все, важливо зануритися в історичний контекст середньовічної епохи. Це включає в себе вивчення архітектури замків, озброєння та обладунків лицарів, а також елементів побуту і культури того часу. Такий підхід дозволяє створити автентичні моделі, які точно відображають особливості і атмосферу середньовіччя. Тому при створенні кожної з моделей будуть використані референси. При створенні моделей референсами називають матеріали або джерела, що служать зразком або натхненням для створення власних моделей у своєму стилі. Це можуть бути фотографії, креслення, 3D-скани, відео або навіть реальні об'єкти. Референси допомагають моделювальникам розібратися в деталях, пропорціях, текстурах та інших характеристиках об'єкта, який вони відтворюють [31].

3.1.1 Модель персонажа

Основною моделлю асету буде модель лицаря в обладунках. Для зручності користувачів варто створювати персонажів одного розміру, щоб не доводилося модифікувати елементи інтер'єру та екстер'єру під пропорції різних персонажів. Це також спрощує роботу з анімацією та збереженням пропорцій. Коли всі персонажі мають однаковий розмір, легше налаштувати їх рухи та взаємодії, забезпечуючи узгодженість і плавність анімації.

Крім того, це полегшує процес масштабування та трансформації в ігрових і інших інтерактивних середовищах. Однаковий розмір персонажів дозволяє застосовувати ті самі алгоритми та налаштування, зменшуючи час і зусилля, необхідні для тестування та налагодження.

Третя перевага полягає в тому, що це сприяє єдності стилю та естетики проєкту. Коли всі персонажі витримані в одному масштабі, створюється гармонійний вигляд і відчуття цілості візуального ряду. Для створення моделей персонажів з однаковими пропорціями доцільно використовувати шаблони (див. рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Шаблони для створення власних персонажів

Таким чином, створення персонажів одного розміру спрощує технічні аспекти розробки, забезпечує естетичну узгодженість та покращує загальний робочий процес. При відкритті шаблону (див. рис. 3.2) було отримано скелет, пов’язані між собою елементи моделі та базовий набір анімацій.

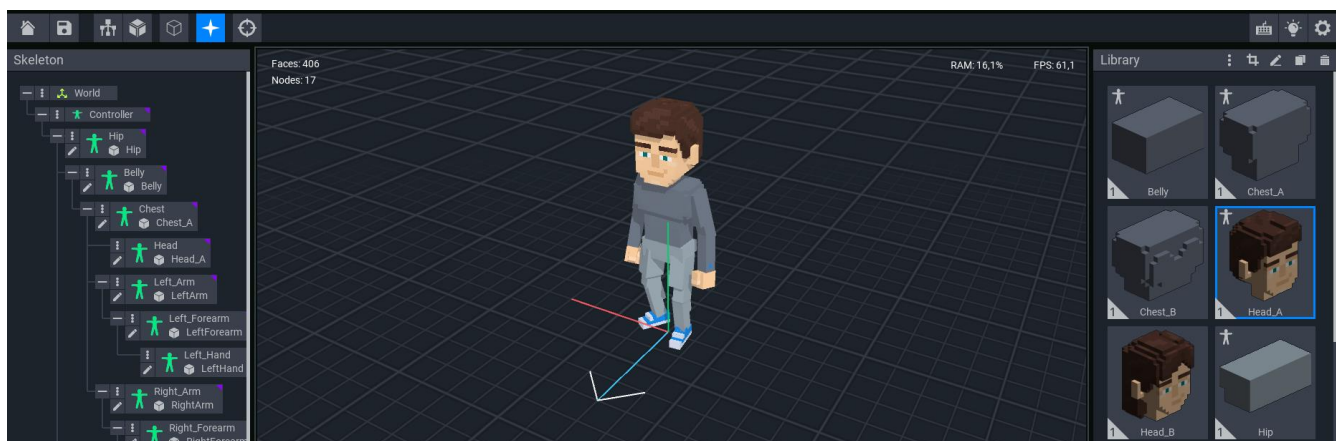


Рисунок 3.2 – Шаблон “Medium Human”

Далі, для створення власного персонажа нам потрібно змінити усі частини даної моделі. Для цього слід натиснути двічі ЛКМ по одній з частин моделі, яка знаходиться у панелі “Library”. Спершу було змінено вигляд голови

персонажа, оскільки лицарі зазвичай мають більш зрілий вираз обличчя. Результат моделювання подано на рисунку 3.3.

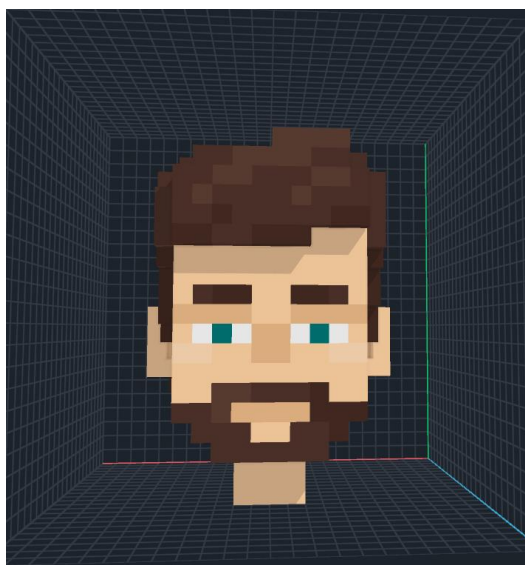


Рисунок 3.3 – Голова персонажа

Для досягнення вищенаведеного результату, було використано лише інструмент “Pen Tool”. З іншими частинами тіла персонажа буде складніше, оскільки їх потрібно модифікувати повністю, починаючи від форми та закінчуючи кольорами. Обрані референси подано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Обрані референси обладунків лицаря

Референсами було обрано реальні обладунки, які можна придбати на маркетплейсах або знайти у музеях. Процес моделювання слід розпочати з

нагрудника, та потім відштовхуватись від створеної моделі, при моделюванні інших. Спочатку було змінено форму даної частини персонажа відповідно до обраних референсів (див. рис. 3.5).

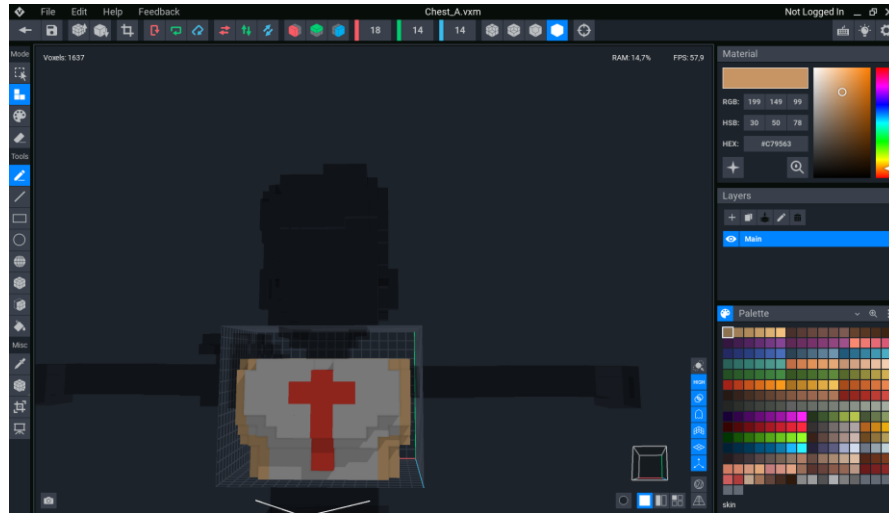


Рисунок 3.5 – Моделювання нагрудника персонажа

Змінивши модель однієї окремої частини, яка входить в скелет персонажа, її вигляд також змінюється при перегляді цілісної моделі. Після створення моделі, варто змінити її кольори. Обрану кольорову гаму та HEX-коди кольорів подано у додатку А. Результат моделювання нагрудної частини персонажа подано на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Нагрудна частина персонажа

Процес моделювання наплічників (захисних пластин, що прикривають плечі та верхню частину рук) та ніг персонажа, відповідно до раніше обраних

референсів, було проведено аналогічним чином та продемонстровано на рисунку 3.7.

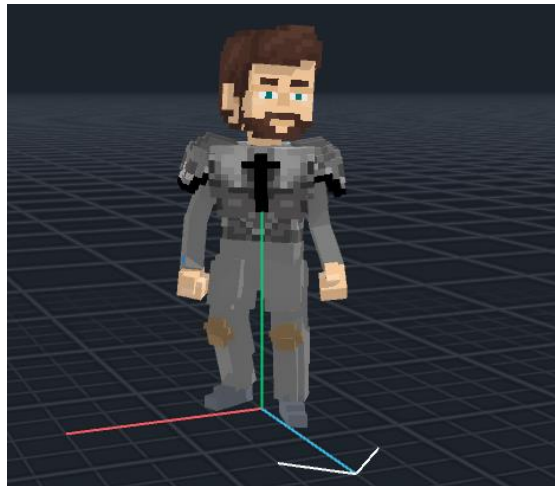


Рисунок 3.7 – Процес моделювання інших частин тіла персонажа

Створивши моделі усіх частин тіла, опираючись на скелет шаблону, було створено повноцінного воксельного 3D-персонажа (див. рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Готова модель персонажа-лицаря

У багатьох сценаріях також актуальним є створення броні персонажа. В даному випадку бронєю є окремі моделі, які можуть бути одягненими на

персонажа та мають певні характеристики (зазвичай це характеристики захисту, які впливають на здоров'я персонажа в іграх).

3.1.2 Обладунки

Створення обладунків для персонажа також доцільно розпочинати із вибору відповідного шаблону. Розробники передбачили необхідність впровадження таких шаблонів відповідно до кожної частини тіла (див. рис. 3.9).

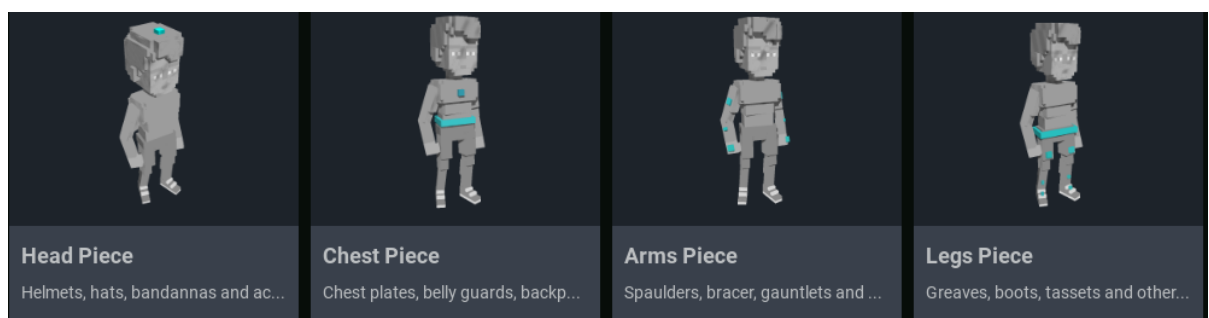


Рисунок 3.9 – Шаблони для створення обладунків (броні) персонажа

Реалізації набору обладунків варто розпочати з шолому. При відкритті відповідного шаблону отримаємо наступну робочу область (див. рис. 3.10).

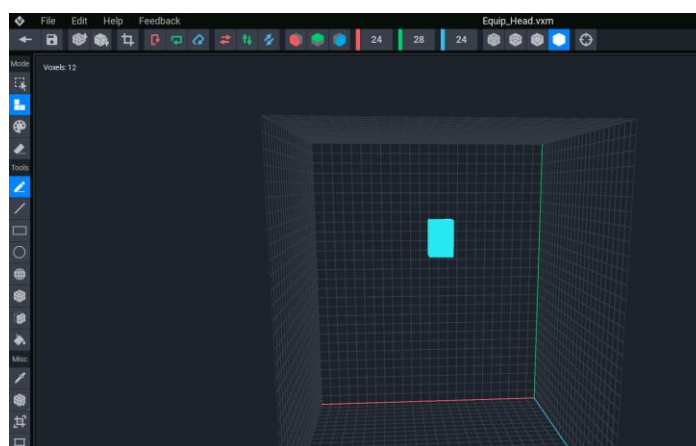


Рисунок 3.10 – Робоча область шаблону “Head Piece”

Спочатку створимо форму шолому, відповідно до обраних референсів (див. додаток Б.1), яка б охоплювала розмір голови персонажа та повністю її

закривала. Для швидкого моделювання використаємо інструмент VoxTool (створення кубічної фігури заповненої вокселями). Також, створимо модель лицевої сторони шолома, яка призначена для захисту нижньої частини обличчя лицаря. Результат поєднання даних моделей проілюстровано на рисунку 3.11.

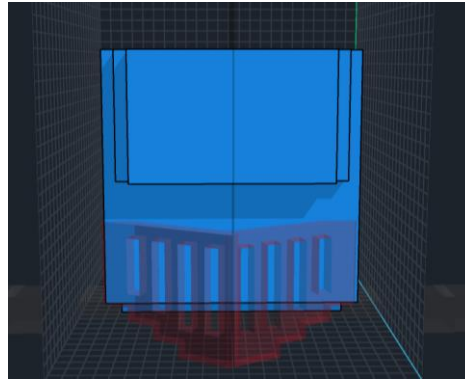


Рисунок 3.11 – Заготовка для моделі шолому

Далі, для того, щоб придати форму шолому, варто обрати інструмент PenTool, в режимі видалення (Erase Mode) та увімкнути віддзеркалення моделі по осі X, щоб внесені зміни були симетричними з лівого та правого боків. Змінена модель подана на рисунку 3.12.

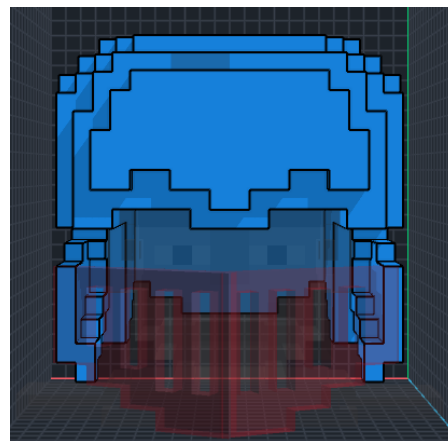


Рисунок 3.12 – Модель шолома після змін

Відповідно до раніше обраної кольорової гами (див. додаток А), розфарбовуємо створену модель у режимі Paint Mode. Створену модель шолому

подано на рисунку 3.13 (весь процес моделювання детальніше проілюстровано у додатку Б.2).



Рисунок 3.13 – Розроблена модель шолома лицаря

Інші частини обладунків у нас вже є, ми візьмемо їх із раніше створеної моделі лицаря (див. пункт 3.1.1). Розпочинаємо реалізацію моделі з вибору шаблону, далі замість стандартних моделей, які знаходяться у бібліотеці праворуч (див. рис. 3.14) обираємо відповідні частини з створеної моделі лицаря.

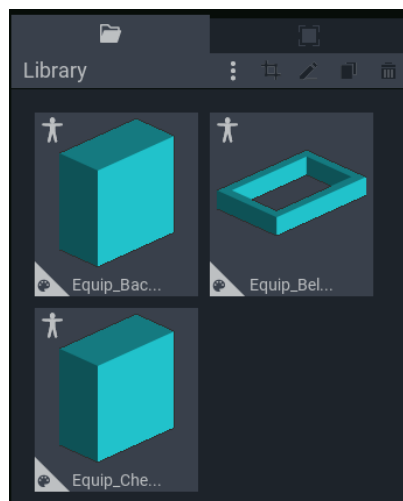


Рисунок 3.14 – Стандартні частини шаблону “Chest Piece”

Для заміни стандартної частини моделі потрібно натиснути ПКМ – Replace Model. Після цього нам відкриється внутрішній файловий провідник

VoxEdit, в якому нам потрібно знайти папку з раніше створеною моделлю лицаря (див. рис. 3.15) та обрати потрібну частину моделі.

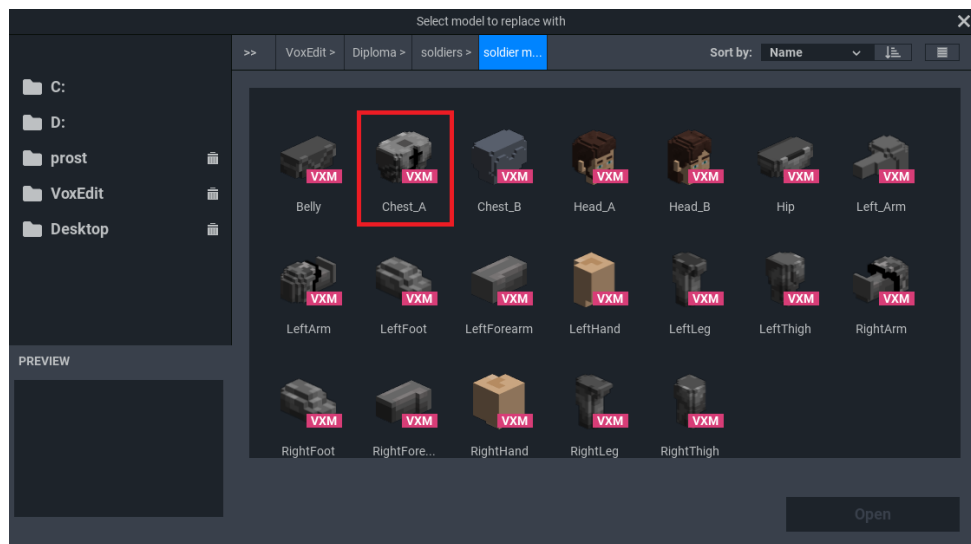


Рисунок 3.15 – Внутрішній файловий провідник середовища VoxEdit

Після заміни моделі імпортованим файлом, її розміщення залишається стандартним (див. рис. 3.16), тому нам потрібно створити дочірні вузли для кожної частини шаблону. Це робиться за допомогою ієрархії, яка відображає скелет моделі (ПКМ – Create Child Node або комбінація клавіш Ctrl + Shift + N).

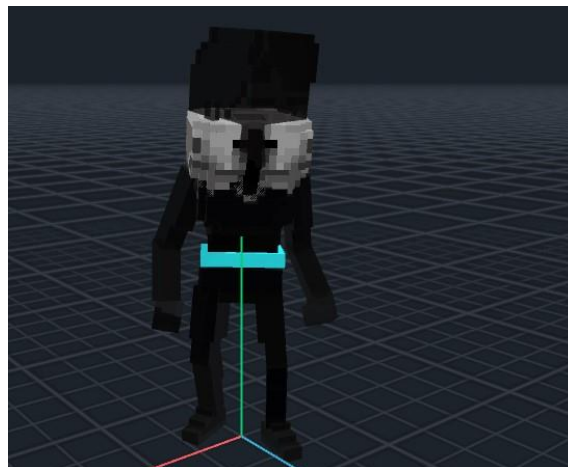


Рисунок 3.16 – Розміщення нагрудної частини після заміни моделі

За допомогою інструментів Move Node (зміна розміщення вузла) та Rotate Node (зміна орієнтації вузла) редагуємо положення нашої моделі, щоб на

силуеті персонажа нагрудна частина знаходилась у відповідному місці. Результат зміни цих параметрів проілюстровано на рисунку 3.17.

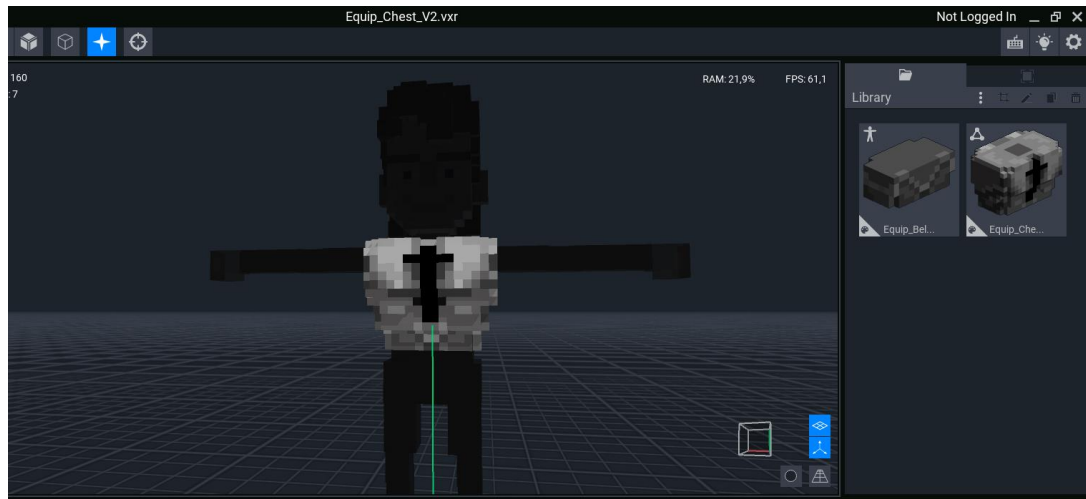


Рисунок 3.17 – Нагрудна частина обладунків лицаря

Аналогічні дії проводимо для обладунків частини ніг та рук. Результат вищезгаданих маніпуляцій подано на рисунку 3.18 (весь процес створення проілюстровано в додатку В).

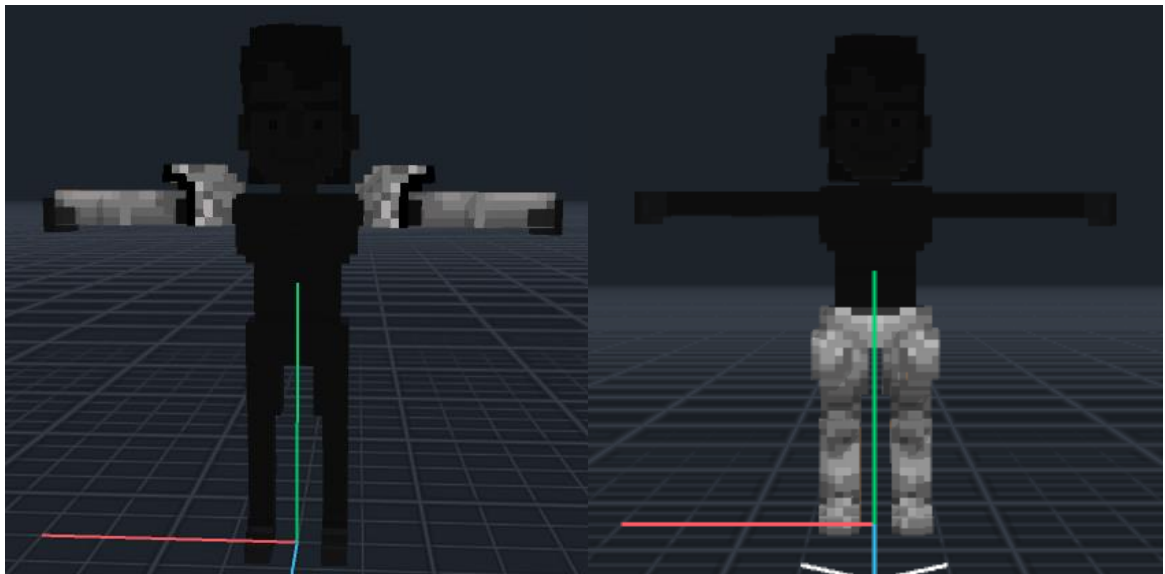


Рисунок 3.18 – Обладунки для рук та ніг лицаря

Після створення моделі персонажа та набору обладунків варто перейти до створення зброї. Принцип моделювання залишається аналогічним, проте

програмним середовищем VoxEdit передбачені лише основні види зброї. Тому, як і у випадку з шоломом, нам потрібно буде створювати деякі моделі з нуля.

3.1.3 Зброя

Набором моделей передбачено створення: одноручного меча, списа та щита. Для щита та меча передбачені відповідні шаблони (див. рис 3.19), які ми використаємо для створення власних моделей.

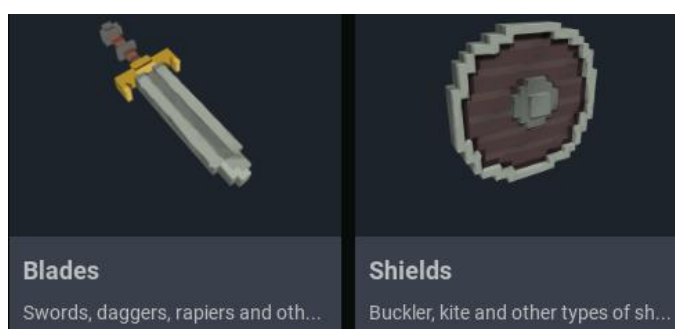


Рисунок 3.19 – Шаблони для зброї

Відповідно до вищенаведених шаблонів, нам потрібно лише змінити форму та кольори (згідно референсів, поданих у додатку Д), які використовуються у моделях. Результат моделювання подано на рисунку 3.20.



Рисунок 3.20 – Моделі меча та щита лицаря

Після створення основного озброєння лицаря (меча та щита), варто розробити додатковий вид озброєння – спис. Оскільки такий шаблон не

передбачено програмним середовищем VoxEdit, обираємо стандартний шаблон меча та створюємо потрібну нам модель. Створену модель спису проілюстровано на рисунку 3.21.



Рисунок 3.21 – Модель списа

Після створення моделей лицаря, обладунків та зброї доцільно перейти до створення анімацій, які додадуть динамічності персонажу. Анімації дозволять відтворити рухи, які відповідають різним діям лицаря, наприклад, ходьбі, бігу, атаці, захисту, та іншим бойовим маневрам.

3.1.4 Елементи інтер'єру

Елементи інтер'єру в стилі середньовіччя підкреслюють атмосферу лицарської тематики у наборі моделей. Важкі дерев'яні меблі, такі як столи та лави з різьбленими деталями, скрині з металевими кріпленнями, великі крісла з високими спинками, оббиті тканиною або шкірою, додають автентичності.. Такі деталі додають не лише реалістичності, але й глибини та характеру інтер'єру, що відображає дух того періоду.

Оскільки відповідні шаблони не передбачені програмним середовищем VoxEdit, усі елементи інтер'єру будуть зроблені з нуля. Згідно поставленого завдання і функціонального використання потрібно створити моделі меблів:

- для зберігання (ящик, скриня, шафа);

- для сидіння (стілець);
- для відпочинку та сну (ліжко);
- для роботи та прийому їжі (стіл).

Створені елементи інтер'єру епохи середньовіччя, які призначенні для зберігання, подано на рисунку 3.22.

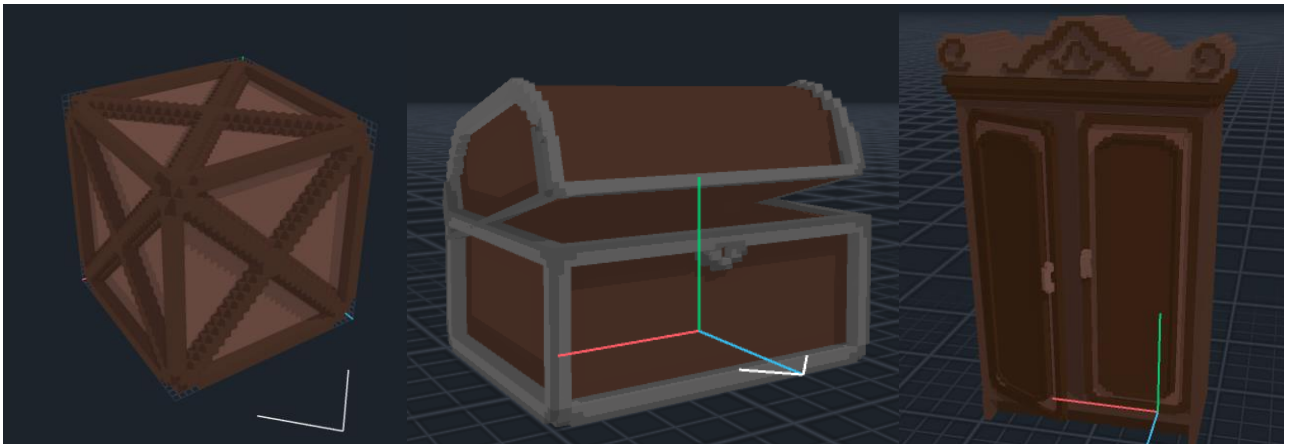


Рисунок 3.22 – Розроблені моделі елементів інтер'єру для зберігання

Відповідно до поставленого завдання, було створено ще три моделі: ліжко, стіл та стілець. Модель ліжка розроблена з урахуванням комфорту і естетичності, згідно обраної тематики.

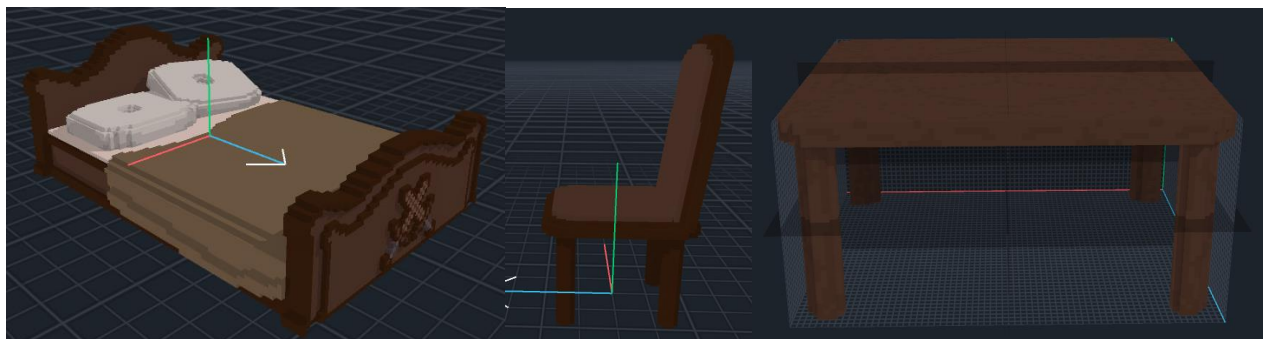


Рисунок 3.23 – Створені моделі ліжка, слільца та столу епохи середньовіччя

Створені моделі інтер'єру, поєднанні спільною тематикою – середньовіччя, зокрема меблі для зберігання, відпочинку та роботи, відображають автентичну атмосферу лицарської тематики. Моделі скрині та

шафи не є цілісними, а складаються із декількох елементів, що забезпечить їх подальшу анімацію.

3.2 Створення анімацій

Процес створення анімації в VoxEdit складається з кількох ключових етапів. Спочатку необхідно створити скелет, побудувавши ієрархію вузлів у панелі “Skeleton” і встановити відповідні відносини (батьківський-дочірній) для кожного вузла. Далі прив'язуються моделі, створені у режимі Modeler, до кожного вузла скелету і позиціонуються на основі точки обертання.

Після цього додаються ключові кадри руху: вибирається анімація для модифікації або створюється нова, вибирається вузол для переміщення і встановлюється його позиція в конкретний момент часу. Оскільки для створення моделі лицаря ми використовували шаблон, то усі моделі вже прив'язані до відповідних вузлів скелету (див. рис. 3.24). Шаблон персонажа також містить набір стандартних анімацій: ходьба, повзання тощо.



Рисунок 3.24 – Скелет розробленої моделі лицаря

Для створення анімації нам потрібно змінити положення відповідних вузлів скелету (частин тіла персонажа) та зафіксувати їх положення на певному

часовому проміжку. Процес реалізації анімації бігу продемонстровано на рисунку 3.25.



Рисунок 3.25 – Процес створення анімації бігу

Аналогічним чином також створюємо анімації для елементів інтер'єру. Як приклад, на рисунку 3.26 наведено кадри анімації відкриття скрині.

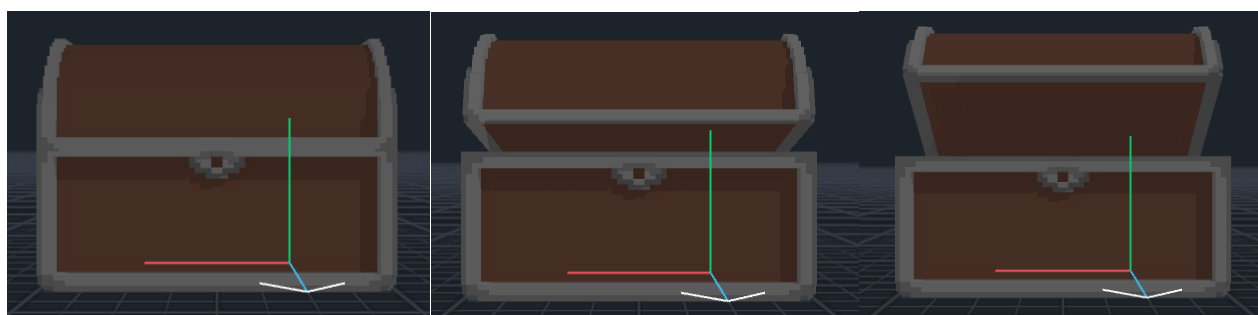


Рисунок 3.26 – Анімація відкриття скрині

Також, відповідно до завдання та тематики асету, було створено бойові анімації для персонажа та анімацію відкриття шафи, кадри яких проілюстровано у додатку Е.

3.3 Експорт створених моделей на маркетплейс

The Sandbox – це віртуальний світ, побудований на блокчейн-технологіях, де користувачі можуть створювати та монетизувати свої ігрові моделі. VoxEdit

є ключовим інструментом для створення контенту в The Sandbox [32]. Маркетплейс The Sandbox призначений для торгівлі 3D-активами, створеними у VoxEdit. Це платформа, де користувачі можуть купувати, продавати та обмінювати воксельні активи, такі як персонажі, предмети та будівлі. Усі транзакції на маркетплейсі здійснюються за допомогою блокчейн-технологій, що забезпечує прозорість і безпеку, адже активи представлені у вигляді NFT (незамінних токенів), які гарантують їх унікальність та власність. Блокчейн – це спосіб зберігання даних, який дозволяє всім бачити й перевіряти транзакції без потреби в посереднику. Це як ланцюжок з блоків, де кожен блок містить інформацію про транзакції. Всі учасники мережі мають копію цього ланцюжка, тому ніхто не може змінити інформацію без відома інших [33].

Основна ідея маркетплейсу полягає в тому, щоб користувачі могли створювати та монетизувати власний контент. Для того, щоб опублікувати модель на маркетплейсі потрібно відкрити файл у програмному середовищі VoxEdit, обрати вкладку File – Upload to Workspace (див. рис. 3.27).

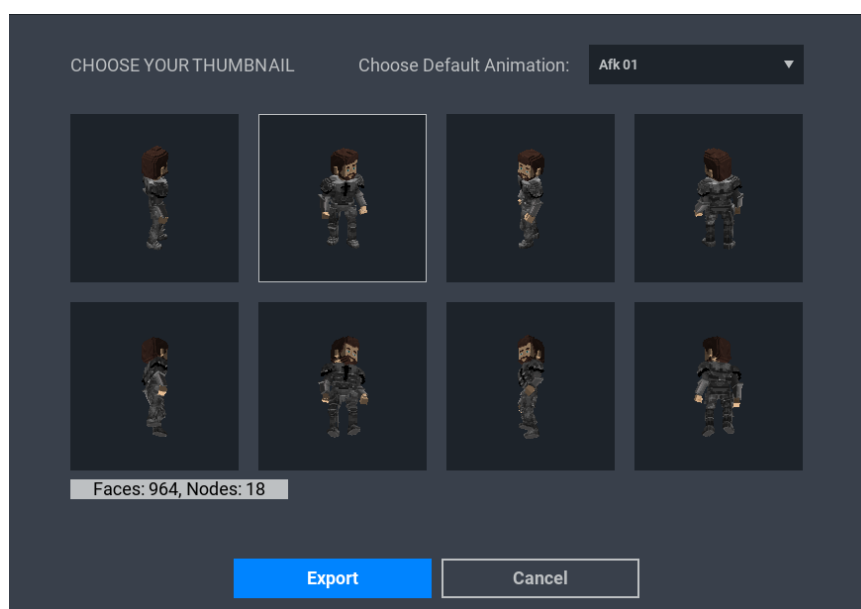


Рисунок 3.27 – Меню експорту моделі

Після цього потрібно обрати тип моделі, яку буде завантажено на маркетплейс. В даному випадку типом створеної моделі є Character (персонаж).

Також є інші типи моделей для експорту (див. рис. 3.24): Block (для блоків), Equipment (для обладнання та обладунків), Prop (декоративні елементи) і Pass (ексклюзивні елементи для NFT).

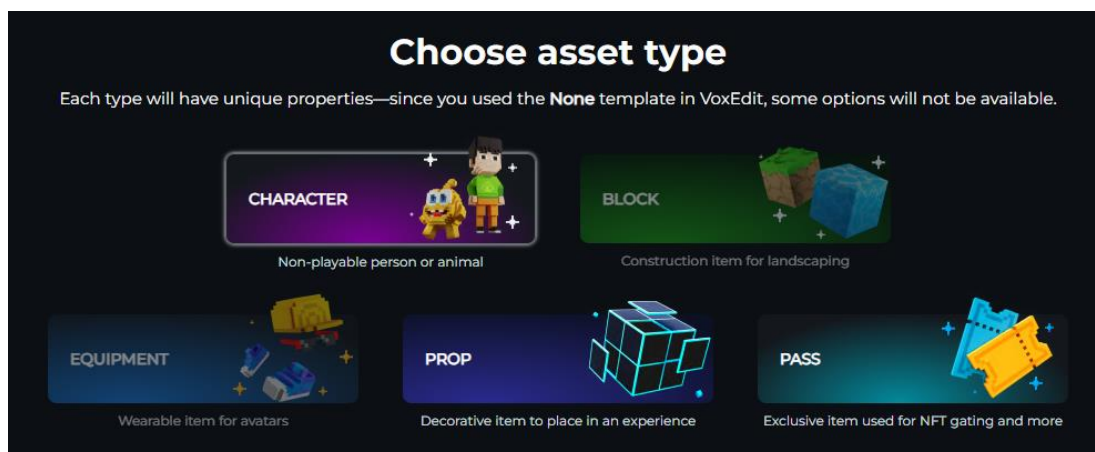


Рисунок 3.28 – Вибір типу завантажуваної моделі

Далі потрібно вказати назву, опис та категорію (в даному випадку категорія: People – Warriors), за якими користувачі зможуть знайти дану модель. Вигляд сторінки із завантаженою моделлю подано на рисунку 3.29.



Рисунок 3.29 – Створена модель на маркетплейсі

Аналогічним чином було експортовано інші моделі нашого асету. Проте при виборі типу, для обладунків та зброї було обрано – “Equipment”, для елементів інтер’єру – “Prop”.

Вибір правильних типів, категорій та тегів для моделей під час експорту є важливим для оптимізації пошуку на маркетплейсі. Це дозволяє користувачам швидко знаходити потрібні моделі, збільшуючи видимість ваших робіт серед великої кількості інших пропозицій. Правильна класифікація допомагає користувачам легко орієнтуватися в асортименті, що сприяє зручності використання та може призвести до збільшення продажів.

3.4 Використання набору моделей у метасвіті SandBox

Ще одним прикладом практичного застосування створеного асету слугує використання у метасвіті SandBox. SandBox працює на блокчейні Ethereum, що забезпечує безпеку та прозорість усіх транзакцій і володіння активами. У цьому метасвіті гравці можуть створювати власні ігри, предмети і навіть цілі світи за допомогою інструментів, таких як VoxEdit і Game Maker. VoxEdit дозволяє створювати 3D-моделі ігрових об'єктів, а Game Maker допомагає створювати інтерактивні ігри без потреби в програмуванні. Гравці можуть купувати, продавати та обмінювати свої творіння на ринку SandBox, що дозволяє їм заробляти на своїй творчості.

Land (земля) у SandBox – це цифрова нерухомість, яку користувачі можуть купувати і використовувати для створення унікальних ігрових досвідів або організації заходів. Таким чином, SandBox поєднує елементи геймінгу, творчості та економіки, надаючи користувачам можливість реалізувати свій потенціал у віртуальному світі.

Після експорту створених моделей на маркетплейс, їх можна буде використовувати у SandBox Game Maker – це інструмент для створення власних ігор та віртуальних світів, не потребуючи навичок програмування. Створити віртуальний світ можна повністю з нуля, використовуючи блоки або можна використати один з найявних шаблонів та доповнити його розробленими моделями.

Для демонстрації створеного асету створимо віртуальний світ з використанням шаблону. Для цього варто перейти у вкладку “Templates” та обрати потрібний шаблон (див. рис. 3.30).

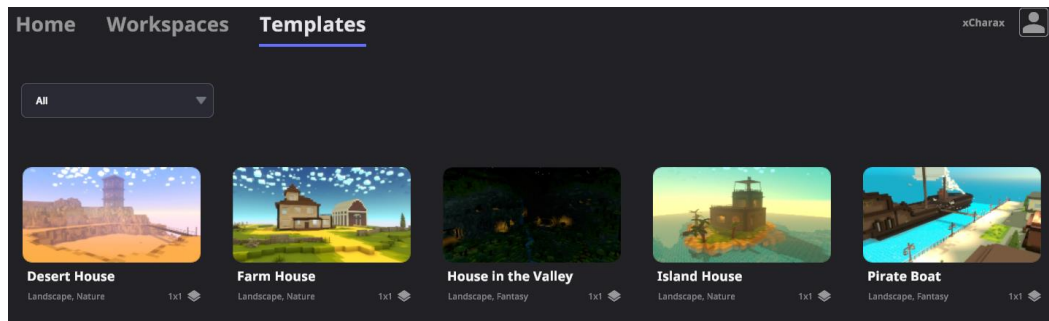


Рисунок 3.30 – Вибір шаблону для створення світу

Після створення віртуального світу, він відкривається у режимі редагування (див. рис. 3.31). В даному режимі ми можемо змінити розміщення елементів та додати власні моделі до композиції.

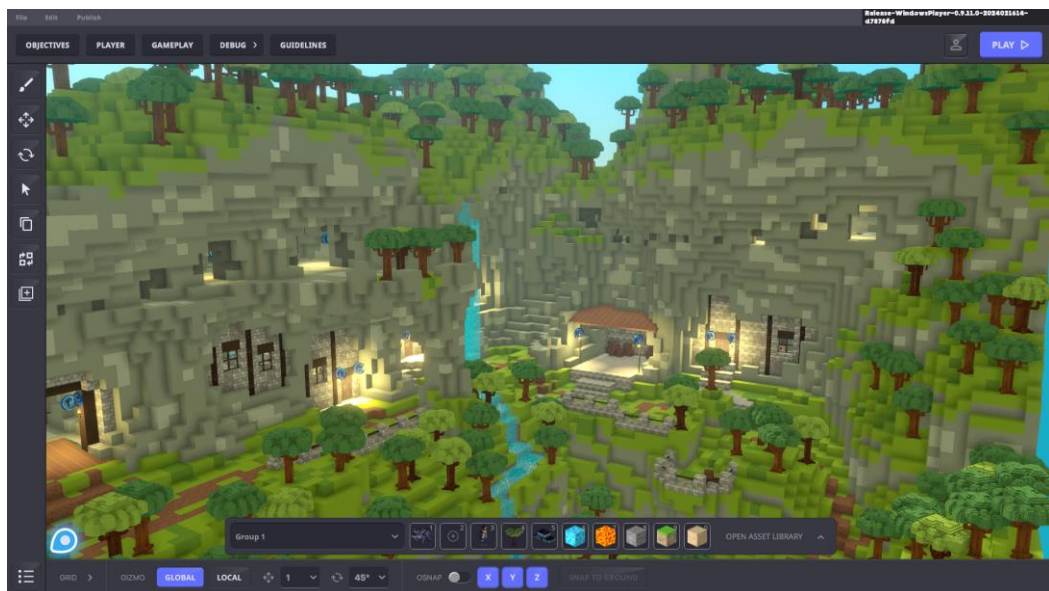


Рисунок 3.31 – Режим редагування в Game Maker

Після завантаження проєкту, користувачі можуть налаштовувати різноманітні елементи середовища за допомогою інтуїтивно зрозумілих інструментів. Наприклад, додавати ландшафти, будівлі та інші об'єкти,

використовуючи бібліотеку доступних моделей або імпортуючи власні. Після імпортування моделей користувачі можуть налаштовувати їх розташування, масштаб, текстури та взаємодію з іншими елементами світу. Завдяки зручному інтерфейсу та різноманітним інструментам редагування, можна детально опрацювати кожен аспект свого віртуального світу, роблячи його унікальним та цікавим для гравців. Створену сцену з використанням власних моделей у віртуальному світі подано на рисунку 3.32.



Рисунок 3.32 – Приклад використання створених моделей для створення частини сцени в Game Maker

Використання SandBox Game Maker та інструментів VoxEdit дозволяє користувачам створювати та налаштовувати унікальні віртуальні світи та ігри без потреби в програмуванні. Завдяки інтеграції з блокчейном Ethereum, забезпечується безпека транзакцій та можливість заробляти на творчих проєктах через маркетплейс SandBox.

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Значення адаптації для 3D-дизайнера в трудовому процесі

Праця людини безпосередньо пов'язана з виробничим середовищем. Працівник може нормально виконувати свої обов'язки тільки тоді, коли зовнішні умови є оптимальними. Якщо ці умови змінюються і стають несприятливими, організм людини запускає спеціальний механізм, що підтримує сталість внутрішнього середовища або змінює його в межах допустимого. Цей механізм називається адаптацією. Адаптація є важливим засобом для запобігання травмам та нещасним випадкам у процесі праці й відіграє значну роль у забезпеченні безпеки праці.

Адаптація персоналу (дослівно – «приспосовування») – це процес, спрямований на оптимальне інтегрування нового працівника у трудовий колектив з метою підвищення його ефективності як на початковому етапі, так і в подальшій роботі. [34]. Адаптація в трудовій діяльності поділяється на фізіологічну, психічну, соціальну та професійну:

- фізіологічна адаптація – це сукупність реакцій організму, спрямованих на підтримання гомеостазу при зміні зовнішніх умов;
- психічна адаптація – це процес оптимального пристосування особистості до навколишнього середовища. Властивості, такі як гальмування мислення, низька швидкість обробки інформації та порушення пам'яті, заважають адаптації; висока рухливість нервових процесів, навпаки, її покращує;
- соціальна адаптація – це пристосування працівника до системи відносин у колективі з його нормами, правилами та цінностями. Під час цього процесу працівник дізнається про взаємовідносини в колективі;
- професійна адаптація – це звикання до трудової діяльності, включаючи адаптацію до робочого місця, інструментів, об'єктів праці, технологічних процесів та часових параметрів роботи.

Якщо новий співробітник не має необхідних спеціальних знань для якісного виконання роботи, адаптація може бути поєднана з виробничим навчанням. У такому випадку проводяться не лише теоретичні заняття, але й практичні тренування безпосередньо на робочому місці. Основні етапи адаптації в процесі навчання подано на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Адаптація на етапах процесу навчання

Під час навчання необхідно не лише показувати всі матеріали, що використовуються в роботі, а й детально відпрацьовувати їхнє застосування на практиці. Правильна адаптація є надзвичайно важливою, оскільки більшість звільнень відбувається серед працівників, які працювали в компанії менше місяця. Крім того, нещасні випадки на виробництві часто трапляються саме в перший період роботи нових співробітників [35].

4.2 Естетичне оформлення та ергономічне дослідження робочого місця 3D-дизайнера

В сучасному світі ефективність праці багато в чому залежить від умов, в яких вона здійснюється. Робоче місце оператора є ключовим елементом в

цьому процесі, оскільки воно безпосередньо впливає на продуктивність, здоров'я та загальний стан працівника. Естетичне оформлення та ергономічне дослідження робочого місця оператора мають важливе значення для створення комфортного та сприятливого середовища.

Естетичне оформлення включає в себе колірні рішення, дизайн меблів, освітлення та інші елементи, які створюють візуальну привабливість та сприяють позитивному емоційному настрою працівника. Водночас ергономічні аспекти спрямовані на оптимізацію фізичних умов роботи, таких як розташування обладнання, вибір меблів, забезпечення правильної пози тіла та мінімізація фізичного навантаження. Рекомендації та критерії для естетичного оформлення робочого місця:

- вибір кольорів: використовуйте приємні та гармонійні кольорові гами, які сприяють концентрації та розслабленню. Наприклад, природні або пастельні кольори можуть допомогти створити спокійну та збалансовану атмосферу;
- освітлення: забезпечте достатню кількість природного або штучного світла, щоб уникнути втоми очей та підвищити продуктивність. Наприклад, світлі відтінки на стінах та стелі можуть покращити освітленість приміщення;
- декоративні елементи: використовуйте декоративні акценти, такі як рослини, картини чи фотографії, щоб зробити робоче місце привабливим, але не відволікати від роботи.

Ергономічність – це характеристика предметів, пристроїв, робочих місць та інших елементів довкілля, яка забезпечує максимальний комфорт та ефективність їх використання для людини. Ергономіка охоплює не лише фізичні аспекти, але й психологічні, такі як зручність користування програмним забезпеченням та інтерфейсами. Використання ергономічних меблів, таких як регульовані стільці та столи, дозволяє адаптувати робоче місце під індивідуальні потреби користувача. Крім того, ергономічні принципи враховують важливість перерв та зміни активності для підтримання здоров'я та зниження ризику професійних захворювань [36].

Після появи комп'ютерів ергономічні стандарти розширилися і відносяться не лише до фізичної, але і до інтелектуальної праці, включаючи креативну та оперативну діяльність, яка відбувається в сидячому положенні. Організація робочого простору для користувачів комп'ютерів має відповідати стандартам, визначеним у ДСТУ [37]. Це обумовлено тим, що навіть при роботі за комп'ютером можуть виникнути професійні травми. Ергономічно оптимальне розміщення елементів інтер'єру для робочого місця подано на рисунку 4.2.

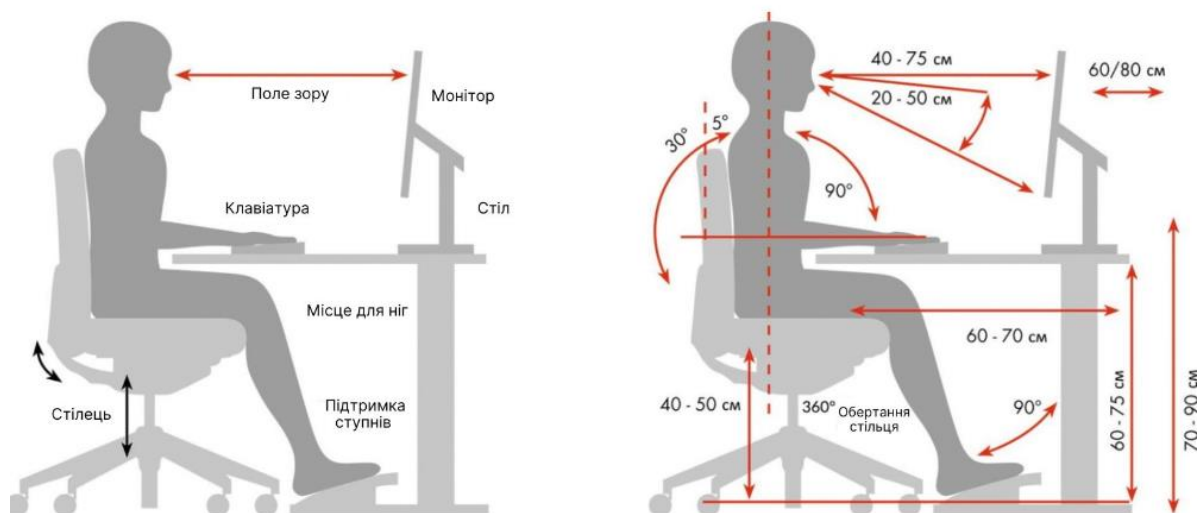


Рисунок 4.2 – Ергономічно оптимальне облаштування робочого місця

Рекомендації та критерії, які потрібно враховувати під час ергономічного дослідження робочого місця оператора:

- стілець: забезпечте стілець з комфортною та підтримуючою спинкою, яка відповідає природній кривизні хребта, і з регульованою висотою та підлокітниками для оптимальної позиції сидіння;
- робочий стіл: розмістіть його на такій висоті, щоб оператор міг легко дістатися до клавіатури, миші та монітора, і забезпечте достатню робочу площу для всіх необхідних засобів праці;

- клавіатура та миша: використовуйте ергономічні клавіатуру та мишу, що забезпечують комфортну позицію рук і запобігатимуть напруженню м'язів;
- монітор: розмістіть його на такій висоті, щоб верхній край екрану був на рівні очей, і використовуйте монітор з антибліковим покриттям, налаштуваннями яскравості та контрастності;
- організація робочого простору: забезпечте оптимальну організацію робочого простору для зменшення зусиль та часу, необхідного для доступу до необхідних матеріалів.

Дослідження у цій галузі показують, що гармонійне поєднання естетичних та ергономічних компонентів не лише підвищує продуктивність праці, але й зменшує ризики професійних захворювань, знижує рівень стресу та підвищує загальний рівень задоволеності працею. Таким чином, створення оптимальних умов на робочому місці оператора є необхідною умовою для забезпечення ефективної та безпечної роботи.

Також важливу роль у створенні безпечних та ефективних умов праці відіграє виробниче освітлення. Відповідно до його якості та розташування залежить якість виконання завдань та загальний комфорт працівників. Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла, а також суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним освітленням [38].

Для забезпечення оптимальних умов праці, які попереджали б швидке втомлення очей, виникнення професійних захворювань та нещасних випадків, а також сприяли підвищенню продуктивності та якості виробництва, виробниче освітлення має відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати на робочій поверхні достатню освітленість, що відповідає характеру зорової роботи та встановленим нормам;
- забезпечувати рівномірну та стабільну освітленість у виробничих приміщеннях, щоб уникнути постійної переадаптації органів зору;

- уникати засліплювання від джерел освітлення та інших предметів у полі зору;
- уникати утворення на робочій поверхні різних та глибоких тіней, особливо рухомих;
- забезпечувати достатній контраст для розрізнення деталей між освітлюваними поверхнями;
- уникати впливу небезпечних виробничих чинників, таких як шум, теплове випромінювання та інші;
- бути надійним, простим у експлуатації, економічним та естетичним.

Упродовж дня зовнішнє освітлення постійно змінюється через рух Сонця на небесній сфері, наявність хмар та інші фактори. Отже, регулювання природного освітлення приміщень у абсолютних одиницях, таких як люкси, є неефективним. Тому для нормування природного освітлення зазвичай використовують відносні величини, такі як D , % (див. формулу 4.1).

$$D = \frac{E_v}{E_s} \cdot 100 \quad (4.1)$$

Ця величина відома як коефіцієнт природної освітленості (КПО), або daylight factor. Вона визначає частку світла, яка потрапляє у приміщення через світлові отвори, у порівнянні з загальною кількістю світла, що випромінюється небесним світлом. У випадку повного хмарного неба, у ясний час доби, ця величина залишається майже незмінною. Вона залежить від різноманітних факторів, таких як площа, орієнтація та розташування світлових отворів, а також від сусідніх будівель, що можуть частково затінювати небесну світлову площу. Інші важливі фактори включають сонцезахисні пристрої, сніжний покрив та колірну обробку інтер'єру. Керування цими параметрами лежить у зоні впливу архітектора і може бути враховане ним під час проєктування [39].

ВИСНОВКИ

Воксельне моделювання є сучасною технікою створення тривимірних моделей, що ґрунтується на використанні вокселів, тобто тривимірних пікселів, як будівельних блоків. Порівнюючи воксельне моделювання з класичним полігональним моделюванням, можна відзначити декілька ключових відмінностей. Полігональне моделювання, яке використовує багатокутники для створення тривимірних об'єктів, є більш традиційним підходом, широко використовуваним у професійній анімації та ігровій індустрії. Цей метод дозволяє досягати високого рівня деталізації і реалістичності, але потребує значних обчислювальних ресурсів та високої кваліфікації моделювальника. У полігональному моделюванні складні органічні форми та деталі часто вимагають ретельного ручного налаштування кожного полігону, що може бути дуже трудомістким процесом.

На відміну від цього, воксельне моделювання пропонує більш інтуїтивний та менш складний процес створення моделей. Вокселі дозволяють швидко і легко додавати або видаляти частини об'єктів, змінюючи їх форму та текстуру. Цей підхід схожий на роботу з тривимірними пікселями, що робить його привабливим для новачків у сфері тривимірного моделювання. Воксельне моделювання також добре підходить для створення моделей з великим ступенем деталізації, таких як блоки для будівництва у віртуальних світах або персонажі для інді-ігор.

Однак, воксельне моделювання має і свої обмеження. Зокрема, моделі, створені за допомогою вокселів, можуть мати більш грубу текстуру та менш реалістичний вигляд порівняно з полігональними моделями. Це зумовлено природою вокселів, які мають чітко визначені границі. Крім того, обробка великих воксельних моделей може вимагати значних обчислювальних ресурсів, хоча й меншою мірою, ніж у випадку з високополігональними моделями.

В першому розділі кваліфікаційної роботи подано вокселі як один із засобів 3D-моделювання, їх переваги та недоліки в порівнянні з полігональним

моделювання. Також у цьому розділі було розглянуто сфери застосування воксельних моделей та перспективи їх розвитку. Після цього проаналізовано наявні програмні рішення для роботи з вокселями. В результаті проведеного аналізу було обрано програмне забезпечення VoxEdit.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто функціональність можливості обраного програмного рішення. VoxEdit є потужним інструментом для художників та розробників ігор, оскільки дозволяє створювати складні структури та сцени з високою точністю. Його зручність використання полягає у можливості редагування моделей у реальному часі, що значно спрощує процес внесення змін і доопрацювань. Інтеграція з платформою The Sandbox робить VoxEdit особливо привабливим для створення контенту для метавсесвітів та віртуальних світів, де користувачі можуть взаємодіяти з тривимірними об'єктами. Також в даному розділі було обрано тематику проєкту та сформовано вимоги щодо вмісту набору моделей.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи подано процес створення воксельних моделей, їх анімації та експорту на маркетплейс. Зокрема розглянуто розробку моделей з використанням шаблонів та повністю з нуля. Після цього продемонстровано використання створених моделей у віртуальному світі The SandBox за допомогою програмного забезпечення SandBox Game Maker.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» розглянуто важливість адаптації працівників до виробничого середовища. Окрему увагу приділено естетичному оформленню та ергономічному дослідженню робочого місця 3D-дизайнера, включаючи рекомендації щодо освітлення, меблів та організації простору для підвищення продуктивності та зниження професійних захворювань. Додатково розглянуто вимоги до виробничого освітлення, його вплив на зорове здоров'я та продуктивність, а також значення коефіцієнта природної освітленості для нормування природного освітлення у приміщеннях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1 Лекція 1. Тема: Сутність методу моделювання як науковий процес пізнання. Особливості наукового пізнання. *Ужгородський національний університет*. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/25551> (дата звернення: 31.01.2024).

2 Ношкалюк А. Розробка інтерактивних 3D моделей для використання у віртуальному навчальному середовищі / Ношкалюк А., Скоренький Ю. Л. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. – Т. : ТНТУ, 2022. – С. 49. – (Інформаційні технології).

3 Kramar O., Skorenkyu Y., Rokitskyi O., Kramar T. Application of virtual and augmented reality technologies for creation of a digital museum of scientific and cultural heritage of ivan puluj (2021) CEUR Workshop Proceedings, 3039, pp. 285 - 293, Cited 1 times.

4 Kramar O., Drohobytskiy Y., Skorenkyu Y., Rokitskyi O., Kunanets N., Pasichnyk V., Matsiuk O. Augmented Reality-assisted Cyber-Physical Systems of Smart University Campus (2020) International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2, art. no. 9321951, pp. 309 - 313, Cited 6 times. DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9321951

5 Моделі і моделювання – урок. Інформатика, 10 клас. *МійКлас*. URL: <https://www.miyklas.com.ua/p/informatica/10-klas/modeli-i-modeliuvannia-analiz-ta-vizualizacii-danikh-326184/modeli-i-modeliuvannia-analiz-ta-vizualizacii-danikh-325755/re-ff6556f7-3f39-43d7-9947-334f5be1f957> (дата звернення: 01.02.2024).

6 Creating a 3D model from a 2D drawing. Study guides to lab classes № 5 of “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ subject. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University named after Ivan Pul'uj, 2021. – 39 p.

7 Deep MRI Segmentation: A Convolutional Method Applied to Alzheimer Disease Detection. *ResearchGate*. URL: https://www.researchgate.net/publication/337790313_Deep_MRI_Segmentation_A_Convolutional_Method_Applied_to_Alzheimer_Disease_Detection (дата звернення: 01.02.2024).

8 Воксельна графіка: технічні виклики та обмеження напряму. *FoxmindEd*. URL: <https://foxminded.ua/vokselna-hrafika/> (дата звернення: 02.02.2024).

9 The Main Benefits and Disadvantages of Voxel Modeling. *Spatial*. URL: <https://blog.spatial.com/the-main-benefits-and-disadvantages-of-voxel-modeling> (дата звернення: 02.02.2024).

10 Voxels, the Future of Computer Game Design. *The Interaction Design Foundation*. URL: <https://www.interaction-design.org/literature/article/voxels-the-future-of-computer-game-design> (дата звернення: 02.02.2024).

11 A review and perspective on hybrid modeling methodologies. Fundamentals of hybrid modeling. *ScienceDirect*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772508123000546> (дата звернення: 03.02.2024).

12 Гайдар-Цимбал К. А. 3D моделювання лабораторій кафедри комп'ютерних систем та мереж / К. А. Гайдар-Цимбал, Г. М. Осухівська // Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 9-10 грудня 2020 року. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 103. – (Комп'ютерні системи та мережі).

13 Explore and animate geological data with voxels. *Esri*. URL: <https://learn.arcgis.com/en/projects/explore-and-animate-geological-data-with-voxels/> (дата звернення: 03.02.2024).

14 NFT: що це таке і як працює - Bazilik Media. *Bazilik Media*. URL: <https://bazilik.media/nft-shcho-tse-take-i-iak-pratsiuie/> (дата звернення: 03.02.2024).

15 Сфери застосування воксельної графіки. *Репозитарій Вінницького Національного Технічного Університету.*

URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/35639/воксель.pdf?sequence=1> (дата звернення: 03.02.2024).

16 Qubicle. Why you should try out Qubicle? Features. *Qubicle.* URL: <https://www.minddesk.com/qubicle/about> (дата звернення: 04.02.2024).

17 Qubicle Voxel Editor - Mega Voxels. *Mega Voxels.* URL: <https://www.megavoxels.com/learn/qubicle-voxel-editor/> (дата звернення: 04.02.2024).

18 Goxel 3D Voxel Editor. *Goxel.* URL: <https://goxel.xyz/> (дата звернення: 04.02.2024).

19 Slant – VoxelShop vs Goxel detailed comparison as of 2024. *Slant.* URL: https://www.slant.co/versus/5453/19254/~voxelshop_vs_goxel (дата звернення: 04.02.2024).

20 MagicaVoxel. A free lightweight GPU-based voxel art editor and interactive path tracing renderer. *MagicaVoxel.* URL: <https://ephtracy.github.io/> (дата звернення: 19.06.2024).

21 Creating stunning 3D art with MagicaVoxel: a beginner's guide. *Voxelers by Proportione.* URL: <https://voxelers.com/beginners-guide-magicavoxel-3d-art/> (дата звернення: 19.06.2024).

22 Mega Voxels - Build Voxel Art and 3D Pixel Art with Voxels. *Mega Voxels.* URL: <https://www.megavoxels.com/> (дата звернення: 19.06.2024)

23 What is Mega Voxels? – Mega Voxels. *Mega Voxels.* URL: <https://www.megavoxels.com/learn/what-is-mega-voxels/> (дата звернення: 19.06.2024).

24 Create and Animate Voxel NFT Assets Using VoxEdit. *The Sandbox.* URL: <https://www.sandbox.game/en/create/vox-edit/> (дата звернення: 04.02.2024).

25 Templates. The VoxEdit Academy. *The Sandbox.* URL: <https://docs.sandbox.game/the-voxedit-academy/templates/templates> (дата звернення: 04.02.2024).

26 What is VoxEdit. The VoxEdit Academy. *The Sandbox Documentation*. URL: <https://docs.sandbox.game/the-voxedit-academy/voxedit/what-is-voxedit> (дата звернення: 05.02.2024).

27 Modes & Tools. The VoxEdit Academy. *The Sandbox Documentation*. URL: <https://docs.sandbox.game/the-voxedit-academy/modeler/modes-and-tools> (дата звернення: 05.02.2024).

28 What are ASSETs. *The Sandbox Knowledgebase*. URL: <https://docs.sandbox.game/the-sandbox/assets/what-are-assets> (дата звернення: 06.02.2024).

29 A Guide to the Most Popular 3D Game Art Styles and Techniques. *Design Your Way*. URL: <https://www.designyourway.net/blog/a-guide-to-the-most-popular-3d-game-art-styles-and-techniques/> (дата звернення: 07.02.2024).

30 Лицарство і лицарська культура в Середньовіччі. *Моя освіта*. URL: <https://moyaosvita.com.ua/istoriya/licarstvo-i-licarska-kultura-v-serednovichchi/> (дата звернення: 07.02.2024).

31 Що таке референс, коли він потрібний і де шукати джерела натхнення. *MC.today, Media for Creators*. URL: <https://mc.today/uk/shho-take-referens/> (дата звернення: 08.02.2024).

32 Що таке The Sandbox: огляд популярного ігрового метавсесвіту. *GN Crypto*. URL: <https://gncrypto.news/ua/news/what-is-the-sandbox-an-overview-of-the-popular-gaming-metaverse/> (дата звернення: 09.02.2024).

33 Що таке блокчейн і як він працює? | Binance Academy. *Binance Academy*. URL: <https://academy.binance.com/uk/articles/what-is-blockchain-and-how-does-it-work> (дата звернення: 10.02.2024).

34 Значення адаптації в трудовому процесі. *Pidru4niki*. URL: https://pidru4niki.com/1569010238166/bzhd/znachennya_adaptatsiyi_trudovomu_protsezi (дата звернення: 12.06.2024).

35 Адаптація персоналу та навчання менеджерів. *Роби Бізнес, Укр*. URL: <https://xn--90aamhdбасррq0s.xn--j1amh/teoriya/adaptatsiia-personalu/> (дата звернення: 13.06.2024).

36 ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

37 ДСТУ 7951:2015 Дизайн і ергономіка. Крісло оператора. Загальні ергономічні вимоги.

38 ДБН В.2.5-28 : 2018 „Природне і штучне освітлення”: вид. офіц. – К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

39 Природне освітлення, його нормування та розрахунок. *Бібліотека економіста*. URL: <https://library.if.ua/book/9/948.html> (дата звернення: 15.06.2024).

ДОДАТКИ

Обрана кольорова гама для створення моделей

Таблиця А.1 – Кольори для обладунків

Колір	HEX-код
	#AFAFAF
	#9E9E9E
	#7B7B7B
	#4E4E4E
	#434343
	#000000

Таблиця А.2 – Кольори для обличчя персонажа

Колір	HEX-код
	#F8D5B1
	#F9CC9F
	#E5B585
	#5B3C31
	#4D3229
	#432A22

Таблиця А.3 – Кольори для елементів інтер'єру та зброї

Колір	HEX-код
	#BEB4AF
	#98908C
	#6A5540
	#644639
	#482F25
	#321A0B

Референси для моделювання шолома лицаря



Рисунок Б.1 – Референси лицарських шоломів

Процес моделювання лицарського шолома

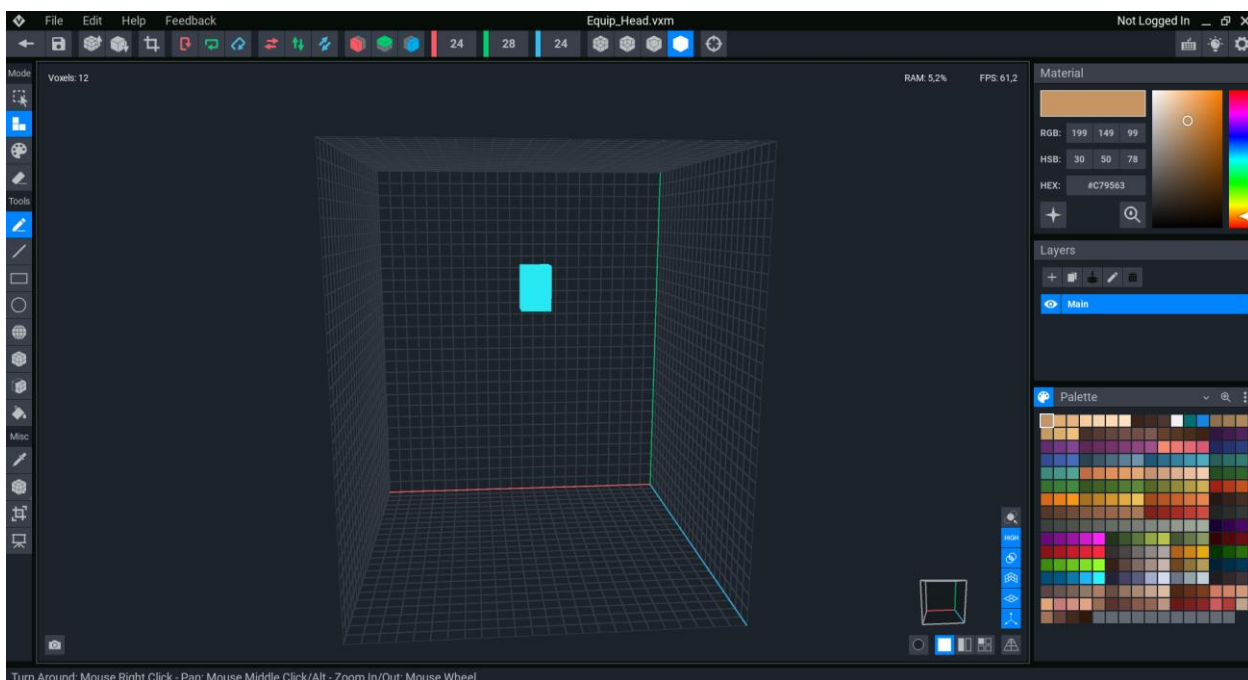


Рисунок Б.2 – Створення проекту

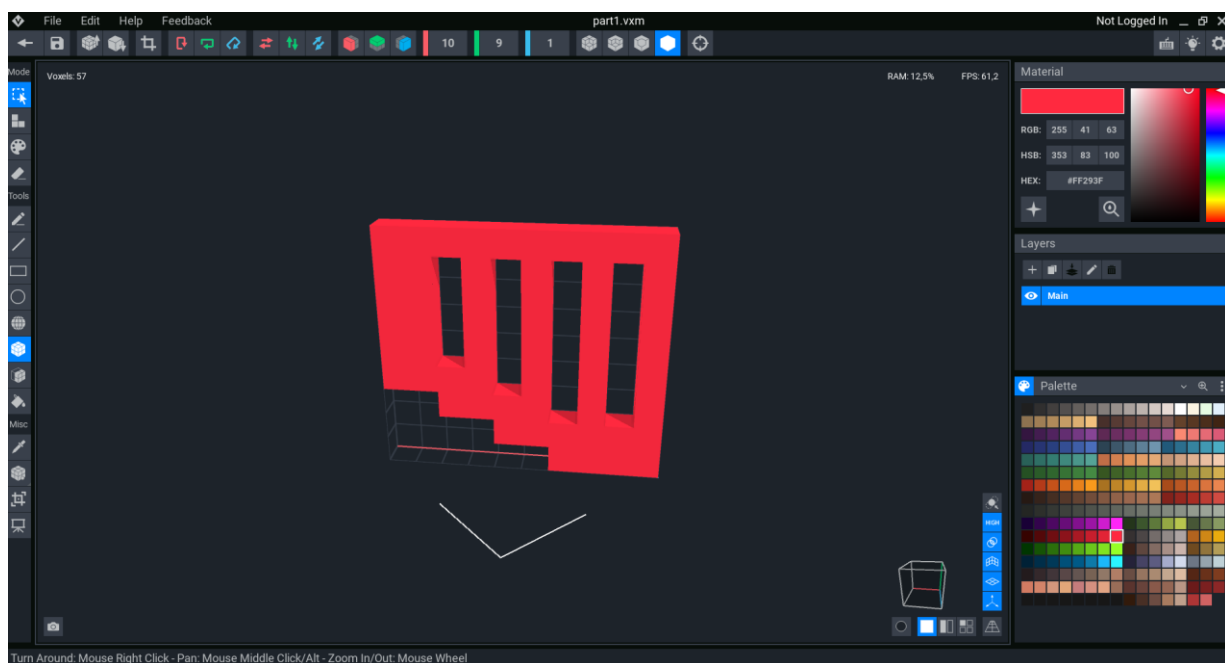


Рисунок Б.3 – Реалізація допоміжних частин шолома

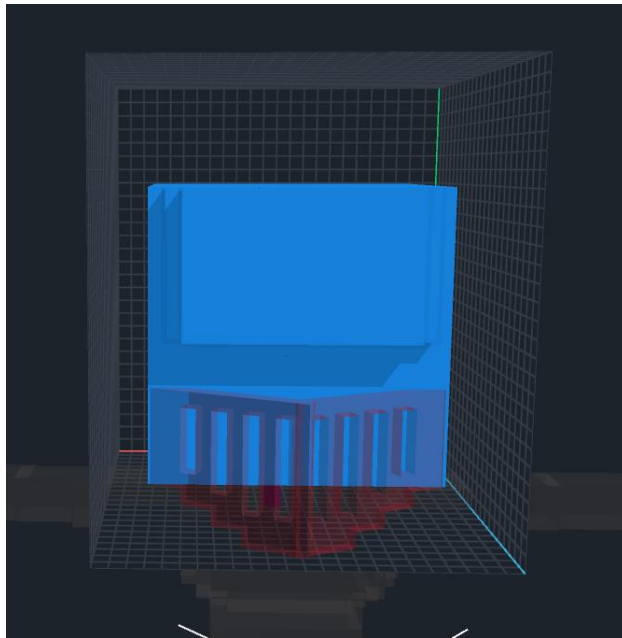


Рисунок Б.4 – Створення основної частини моделі шолома та об'єднання з допоміжними



Рисунок Б.5 – Тестування розміщення моделі на персонажі

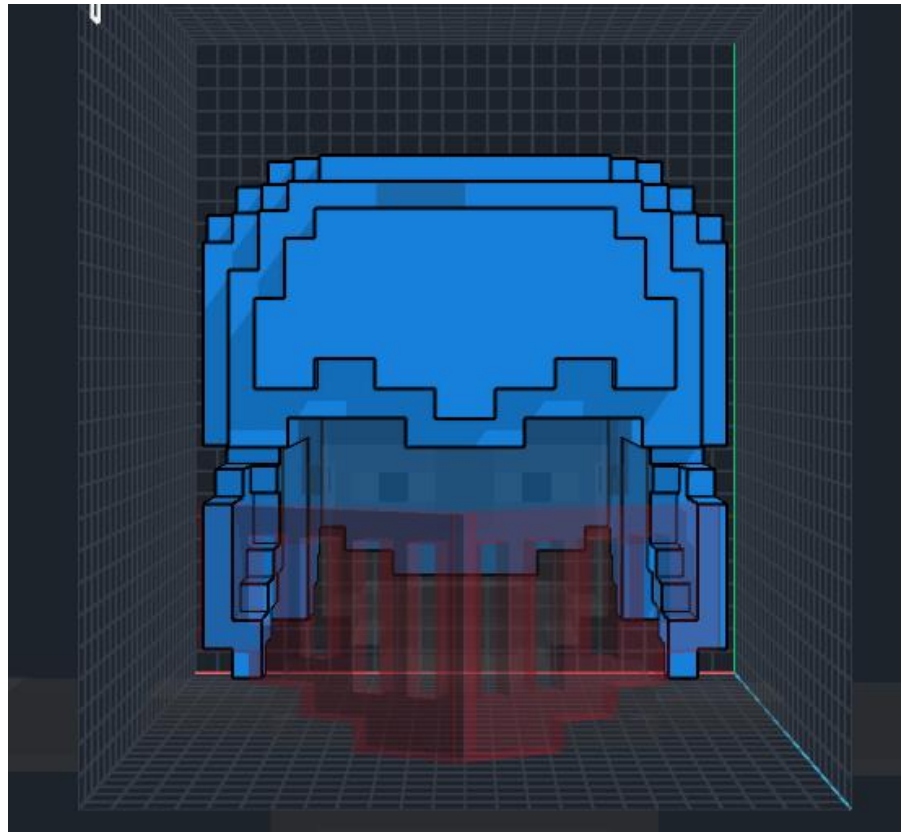


Рисунок Б.6 – Редагування форми шолома

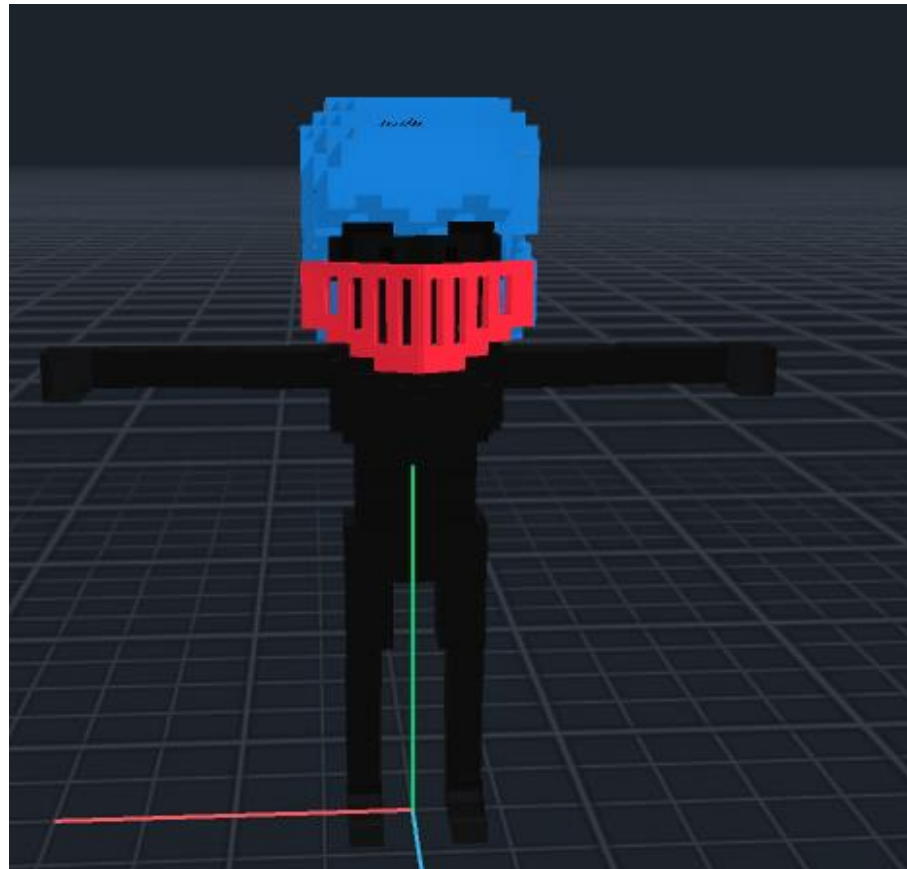


Рисунок Б.7 – Тестування розміщення відредагованої моделі

Створення інших обладунків лицаря

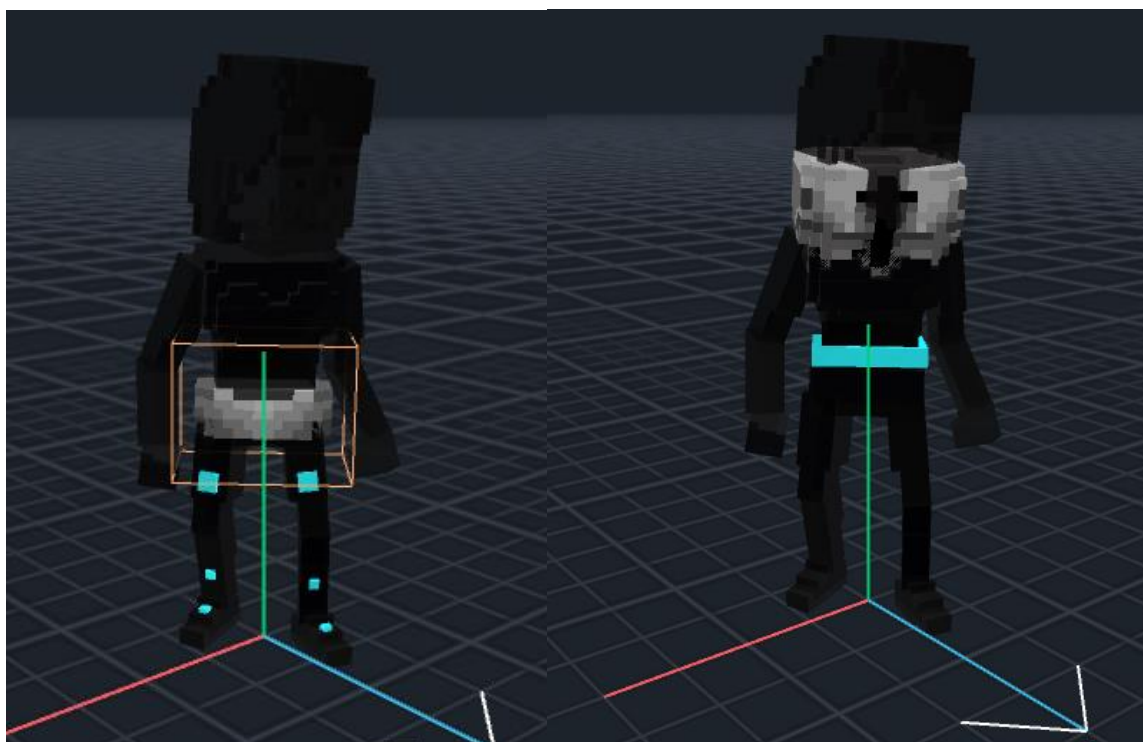


Рисунок В.1 – Створення проєктів за допомогою шаблонів

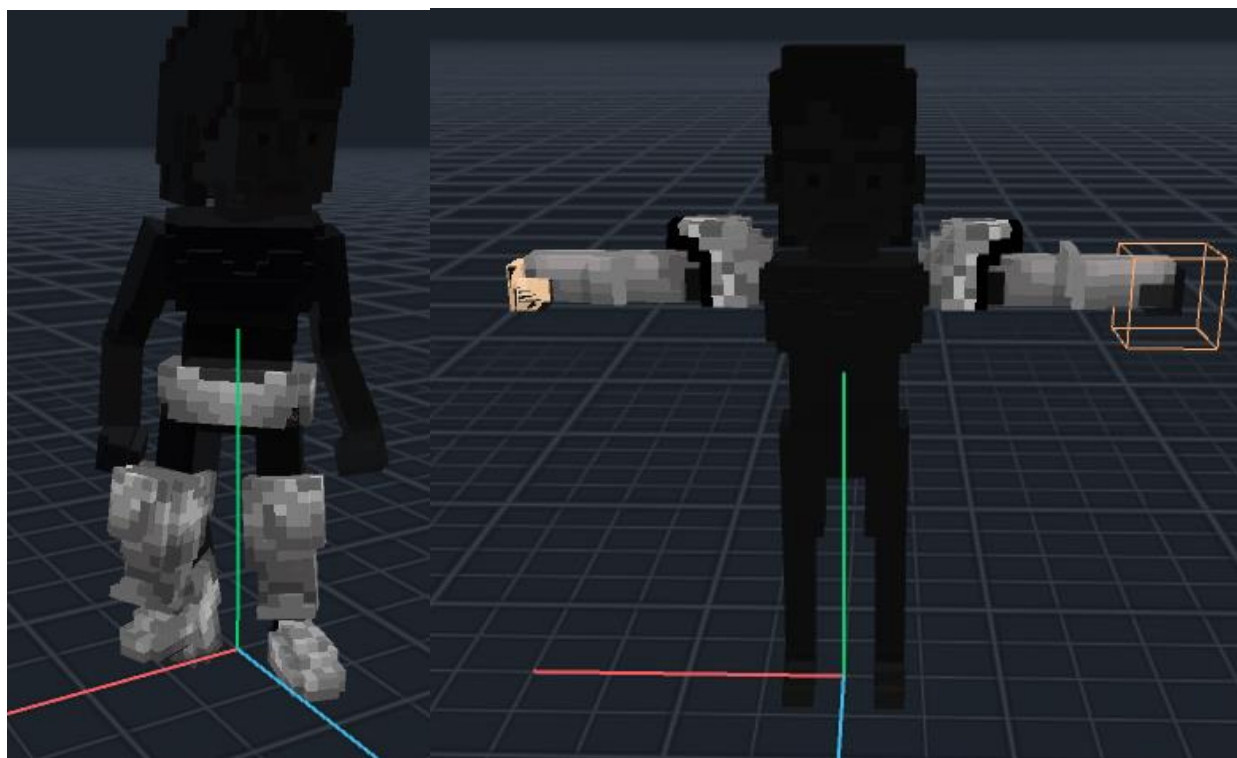


Рисунок В.2 – Імпорт раніше смотрених частин моделей



Рисунок В.3 – Отримана модель обладунків ніг після редагування

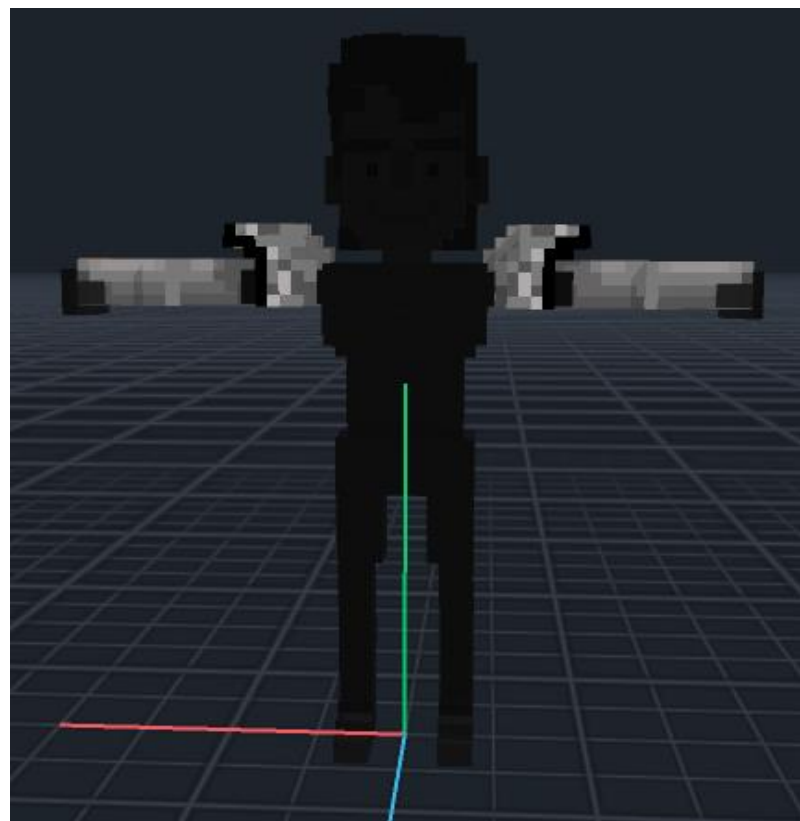


Рисунок В.4 – Отримана модель обладунків для рук після редагування

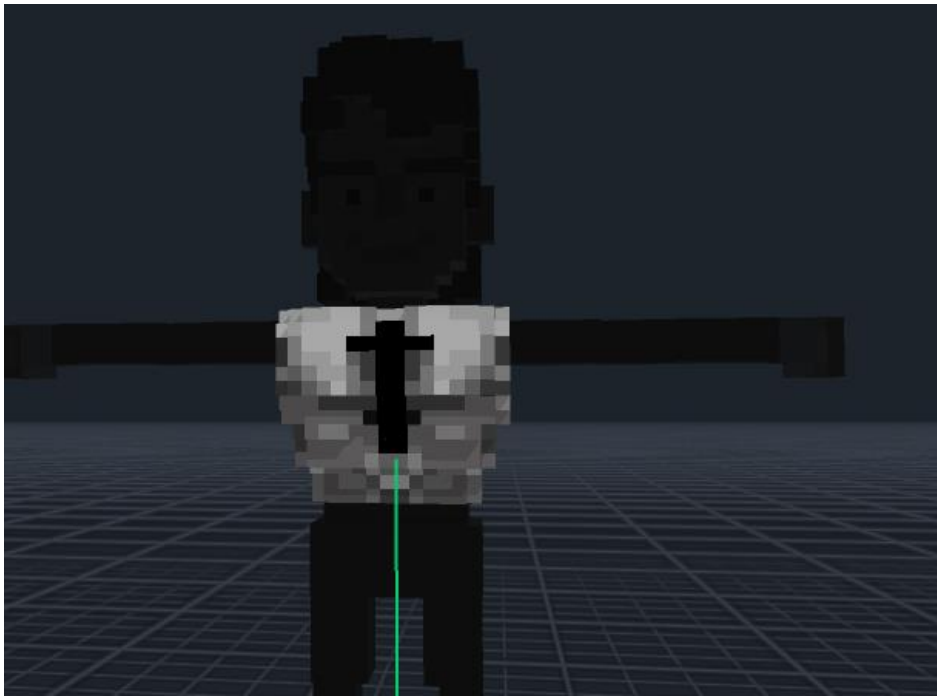


Рисунок В.5 – Отримана модель нагрудної частини обладунків після редагування

Референси для зброї



Рисунок Д.1 – Референси для створення моделі щита



Рисунок Д.2 – Референси для створення моделі меча



Рисунок Д.3 – Референси для створення моделі списа

Бойові анімації персонажа

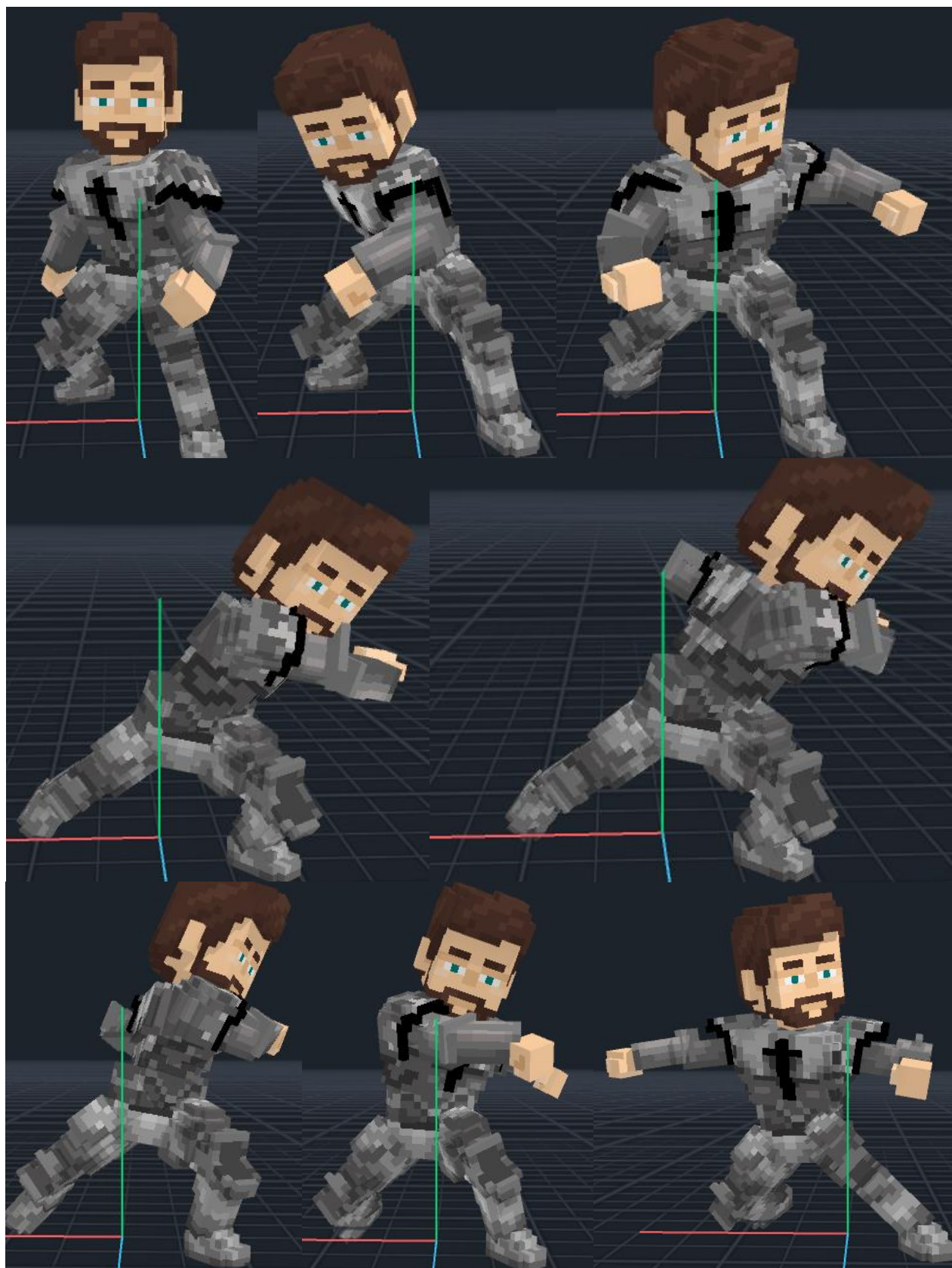


Рисунок Е.1 – Кадри бойової анімації персонажа