

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(позначення документа)

Комплексна тема. Розробка ігрово-вого контенту. Графічна частина

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи СТМм-22-1
Дмитро БОГАЧОВ

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Марина КОЛЕНДОВСЬКА

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____ Володимир КАРТАШОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма "Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Богачову Дмитру Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комплексна тема. Розробка ігрово-вого контенту. Графічна частина.

затверджена наказом по університету від " 20 " _____ 11 _____ 2023 р. № 1371 СТ

2. Термін подання студентом роботи 08.01.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1. Аналіз програмно-апаратних засобів створення 3D моделей для ігрового контенту

2. Аналіз інструментів для створення 3D моделей для ігрового контенту

3. Розробка стилізованих 3D моделей для імпорту з подальшим використанням в проектах Unity Engine

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

ВСТУП

1. Аналітичний огляд існуючих середовищ 3D моделювання

2. Аналіз процесу створення 3D моделей розважального контенту

3. Розробка алгоритму створення 3D моделі

4. Аналіз експорту створеної 3D-моделі в різні ігрові рушії

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ


5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:

1. Назва теми і роботи; 2. Постановка задачі; 3. Універсальні 3D редактори; 4. Спеціалізовані програмні пакети; 5. Обґрунтування вибору засобів 3D моделювання; 6. Концептуалізація; 7. Полігональне моделювання; 8. Скульптинг; 9. Розгортка; 10. Запікання; 11. Текстурування; 12. Створення полігональної моделі будинку; 13. Створення скульптингу; 14. Створення розгортки; 15. Створення запікання; 16. Створення текстур; 17. Експорт створеної моделі; 18. Висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд існуючих середовищ 3D моделювання	20.11.23–28.11.23	
2.	Аналіз процесу створення 3D моделей розважального контенту	21.11.23–28.11.23	
3.	Розробка алгоритму створення 3D моделі	23.11.23–02.12.23	
4.	Аналіз експорту створеної 3D-моделі в різні ігрові рушії	01.12.21–15.12.23	
5.	Графічна частина роботи	15.12.21–20.12.23	
6.	Перевірка керівником	20.12.23–24.12.23	
7.	Перевірка на академічний плагіат	24.12.23–26.12.23	
8.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	27.12.23–31.12.23	

Дата видачі завдання _____ 20.11.2023 р.

Студент  _____ Дмитро БОГАЧОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Марина КОЛЕНДОВСЬКА
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: стр. 117, рис. 186, джерел 49.

3D, МОДЕЛЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, СКУЛЬПТИНГ, РОЗГОРТКА, ЗАПІКАННЯ, ТЕКСТУРУВАННЯ, ІГРОВА ІНДУСТРІЯ.

Об'єкт дослідження - детальний процес створення стилізованих моделей для подальшого імпорту в ігровий рушій Unity.

Предмет дослідження – аналіз технологій та методів створення 3D моделей.

Мета роботи - оптимізація розробки стилізованих 3D моделей, для подальшого використання в ігровому рушію Unity.

Методи дослідження - створення реальної моделі, теоретичний та експериментальний аналіз, порівняння результатів.

У цій роботі було проведено аналіз існуючих графічних редакторів 3D моделювання, серед цих пакетів, було розглянуто універсальні 3D редактори, і навіть вузькоспеціалізовані програмні пакети. Були розглянуті етапи та процеси створення 3D моделей, а також основні інструменти створення. Розроблено оптимальний алгоритм створення стилізованих моделей у програмному забезпеченні Blender, Zbrush, RizomUV, Substance Painter.

Створена модель має детальне опрацювання та хорошу оптимізацію, і може бути використана в ігровій індустрії.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work has: p. 117, fig. 186, 49 sources.

3D, MODELING, MODELING, SCULPTING, DEVELOPMENT, BAKE, TEXTURING, GAMING INDUSTRY.

The object of research is a detailed process of creating stylized models for further import into the Unity game engine.

The subject of the research is the analysis of technologies and methods of creating 3D models.

The purpose of the work is to optimize the development of stylized 3D models for further use in the Unity game engine.

Research methods - creation of a real model, theoretical and experimental analysis, comparison of results.

In this work, an analysis of existing graphic editors of 3D modeling was carried out, among these packages, universal 3D editors and even highly specialized software packages were considered. The stages and processes of creating 3D models, as well as the main creation tools, were considered. The optimal algorithm for creating stylized models in Blender, Zbrush, RizomUV, Substance Painter software has been developed.

The created model has detailed processing and good optimization, and can be used in the game industry.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- 3D - трьох вимірний графіка або геометрична модель матеріального світу;
- 3ds max – програмне забезпечення для роботи з трьох вимірною графікою;
- 4D - математичний об'єкт, що узагальнює властивості тривимірного простору;
- Adobe Photoshop – програма що використовується для роботи з векторною графікою;
- ArtStation - платформа для професійних художників та 3D-моделлерів;
- Bing AI - інноваційний підхід до пошуку візуальної інформації;
- Blender – програмне забезпечення для роботи з трьох вимірною графікою;
- Corona render – фотореалістичний рендерер що є додатком до 3ds max;
- CPU – використання відеокарти для рендерингу;
- Cycles – стандартний фотореалістичний рендерер у Blender;
- EEVEE – стандартний рендерер у Blender;
- Google Images - потужний інструмент пошуку зображень;
- GPU – використання процесора для рендерингу;
- Mesh - це набір полігонів, що визначає форму об'єкта у тривимірному просторі;
- Pinterest - зручна платформа для створення віртуальних дощок, де можна збирати та організовувати референси;
- Polycount – це форум, орієнтований на ігрову індустрію та 3D-художників;
- Sketchfab є платформою для обміну та перегляду 3D-контенту;
- Texture Baking (запікання текстур - процес рендерингу моделі (частіше високополігональної) з усіма ефектами та складними текстурами);
- TurboSquid - онлайн-ринок для купівлі та продажу 3D-моделей;
- UV – відповідність між координатами на поверхні тривимірного об'єкта (X, Y, Z) і координатами на текстурі (U, V);
- UV - це відповідність між координатами на двовимірній площині;

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ.....	10
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СЕРЕДОВИЩ	3d
МОДЕЛЮВАННЯ	11
1.1 Аналіз графічного редактору MODO.....	11
1.2 Аналіз графічного редактору Autodesk 3ds Max.....	12
1.3 Аналіз графічного редактору Blender	14
1.4 Аналіз графічного редактору MAXON Cinema 4D	15
1.5 Аналіз графічного редактору Autodesk Maya	17
1.6 Аналіз графічного редактору Houdini.....	18
1.7 Аналіз програмного пакету Zbrush.....	20
1.8 Аналіз програмного пакету Substance Painter	21
1.9 Аналіз програмного пакету Rizom UV	23
1.10 Обґрунтування вибору засобів 3D моделювання	25
1.11 Висновок до розділу	26
2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ РОЗВАЖАЛЬНОГО	27
КОНТЕНТУ	27
2.1 Аналіз етапів та процесів 3D моделювання	27
2.2 Концептуалізація.....	29
2.3 Полігональне моделювання	31
2.4 Скульптинг.....	33
2.5 Розпакування UV.....	35
2.6 Запікання та текстурування.....	38
2.7 Висновок до розділу	40

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СТВОРЕННЯ 3d МОДЕЛЕЙ	42
3.1 Визначення з референсом.....	42
3.2 Завантаження референсів у програму PureRef	43
3.3 Створення основного каркасу будинку	43
3.3.1 Створення кам'яної кладки.....	47
3.3.2 Створення дерев'яних конструкцій	50
3.3.3 Створення горища та конструкцій опори	51
3.3.4 Створення дверного отвору та кам'яного навісу	54
3.3.5 Створення кам'яних сходів.....	59
3.3.6 Створення димоходу.....	61
3.3.7 Створення вікон.....	64
3.3.8 Створення арки та двері	72
3.3.9 Створення даху.....	77
3.4 Створення груп згладжування	78
3.4.1 Оптимізація моделі	79
3.4.2 Скидання трансформацій	80
3.4.3 Перевірка вивернення нормалей	81
3.5 Створення скульптингу	82
3.6 Створення UV розгортки.....	85
3.7 Створення запікання	87
3.8 Створення текстур.....	88
3.9 Висновок до розділу	91
4 Аналіз експорту створеної 3D-моделі в різні ігрові рушії.....	92
4.1 Експорт створеної 3D-моделі в Unreal Engine	92
4.2 Експорт створеної 3D-моделі Unity Engine	99

4.3 Експорт створеної 3D-моделі Godot Engine	102
4.4 Висновок до розділу	105
Висновки	107
Перелік посилань.....	109
Додатки.....	118
Додаток А.....	119
Додаток Б	128

ВСТУП

У сучасному світі ігрова індустрія займає особливе місце, надаючи унікальні можливості для занурення у віртуальні світи. Комп'ютерна графіка знаходить застосування у найрізноманітніших галузях, охоплюючи сфери розваг, дизайну, науки та виробництва.

Зародження комп'ютерної графіки можна простежити у середині ХХ століття, коли з'явилися перші обчислювальні пристрої. Однак справжній прорив стався у 1970-1980 роках, коли з'явилися перші графічні станції та програми для створення зображень. У цей час активно використовувалися векторні та растрові графічні технології.

Вирішальним моментом у розвитку комп'ютерної графіки став перехід до тривимірних технологій. У 1990-х роках з'явилися потужні графічні процесори, дозволяючи створювати реалістичні 3D-зображення. Цей період став запровадженням технології прискорення графіки та появою перших графічних редакторів.

Сьогодні ми маємо багато редакторів комп'ютерної графіки, серед яких виділяється Blender. Blender займає лідируючу позицію завдяки своїй безкоштовності, відкритому вихідному коду та широкому спектру функцій для моделювання, анімації та рендерингу.

Мета цієї роботи полягає у розробці стилізованих тривимірних моделей із застосуванням програмних пакетів Blender, Zbrush, RizomUV, Substance Painter. А також подальшим імпортом їх у ігровий рушій Unity. Цей процес спрямований на освоєння як теоретичних, так і практичних аспектів створення тривимірних об'єктів, що дасть змогу опанувати практичні навички даного процесу.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СЕРЕДОВИЩ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Аналіз графічного редактору MODO

MODO – це потужний та універсальний 3D-графічний редактор [2], розроблений компанією Foundry. Він надає можливості для моделювання, текстурювання, анімації, візуалізації та рендерингу 3D-контенту. MODO призначений для використання у різних галузях, включаючи розробку ігор, анімацію, візуальні ефекти, дизайн продуктів та багато іншого.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора MODO [2], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- інтегрований пайплайн. MODO надає повний набір інструментів, починаючи з моделювання та текстурювання, і закінчуючи візуалізацією та рендерингом. Це дозволяє художникам та дизайнерам працювати в одному середовищі, спрощуючи робочий процес;
- потужний інструментарій моделювання. MODO надає безліч інструментів для створення складних 3D-моделей, включаючи підтримку полігонального та сабдівізійного моделювання;
- просунуті інструменти текстурювання. MODO має потужні інструменти для створення та редагування текстур, включаючи підтримку шарових текстур, карт нормалей, відображення та інших;
- вбудований рендерер. MODO поставляється із власним рендерером, який надає високоякісні результати. Він також підтримує зовнішні рендерери, такі як V-Ray;
- анімація та ригінг. MODO надає інструменти для створення анімації та ригінгу персонажів, що робить його зручним інструментом для створення анімаційних проектів.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора MODO [2], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- складність навчання. MODO може бути складним для новачків через його великий функціонал та унікальний інтерфейс. Потрібен час, щоб опанувати всі його можливості;
- висока вартість. MODO є комерційним програмним забезпеченням і його ліцензія може бути досить дорогою. Це може бути недоступним для невеликих студій чи незалежних художників;
- обмежена спільнота. MODO не такий популярний, як деякі інші 3D-пакети, тому спільнота користувачів та онлайн-ресурси можуть бути менш розвиненими;
- відсутність деяких просунутих функцій. У деяких областях, таких як симуляція рідин та частинок, MODO може бути менш потужним, ніж деякі конкуренти.

1.2 Аналіз графічного редактору Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max - це професійний 3D-редактор, розроблений компанією Autodesk. Цей програмний продукт широко використовується в індустрії анімації, ігровій розробці, архітектурній візуалізації та візуальних ефектах.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Autodesk 3ds Max [3], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- потужний інструментарій моделювання. 3ds Max пропонує широкий набір інструментів для створення складних 3D-моделей, включаючи підтримку полігонального, сабдивізіонного та об'ємного моделювання. Це робить його придатним до створення різноманітних об'єктів, від персонажів до архітектурних конструкцій;

- просунуті інструменти анімації. 3ds Max надає широкі можливості для анімації об'єктів та персонажів, включаючи ригінг, кінематику зворотного зв'язку та контроль динаміки. Це робить його придатним до створення анімаційних проектів;
- рендеринг. Програма поставляється із вбудованим рендерером Arnold, що забезпечує високоякісну візуалізацію. Крім того, 3ds Max підтримує сторонні рендерери, такі як V-Ray;
- підтримка плагінів. 3ds Max підтримує безліч плагінів, що дозволяє користувачеві розширити його функціонал та інтегрувати додаткові інструменти та рішення;
- широке співтовариство користувачів. Є велика спільнота користувачів, що означає, що ви зможете знайти безліч онлайн-ресурсів, навчальних матеріалів та форумів для отримання підтримки та навчання.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Autodesk 3ds Max [3], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- складність навчання. 3ds Max може бути складним для новачків через його великий функціонал і складний інтерфейс. Потрібен час та зусилля, щоб опанувати всі його можливості;
- висока вартість. 3ds Max - це комерційний продукт, ліцензії можуть бути дорогими, особливо для незалежних художників або невеликих студій;
- обмеження в деяких областях. Наприклад, порівняно з деякими конкурентами, 3ds Max може мати обмежені можливості в області симуляції рідин та частинок;
- версійні оновлення. Autodesk регулярно випускає нові версії 3ds Max, і деякі користувачі можуть вважати, що версійні оновлення відбуваються занадто часто, що може спричинити додаткові витрати на оновлення.

1.3 Аналіз графічного редактору Blender

Blender - це потужний та безкоштовний 3D-графічний редактор з відкритим вихідним кодом, який надає можливості для моделювання, текстурювання, анімації, візуалізації та рендерингу 3D-контенту. Blender розроблений спільнотою та підтримується Blender Foundation.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Blender [4], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- безкоштовність та відкритий вихідний код. Blender доступний безкоштовно для всіх користувачів та поширюється під ліцензією GNU General Public License (GPL). Це робить його доступним для широкої аудиторії та дозволяє розробникам створювати плагіни та розширення;
- великий інструментарій. Blender пропонує широкий набір інструментів для моделювання, анімації, текстурювання та рендерингу. Він підходить для створення різноманітних проектів, включаючи ігри, анімацію, візуалізацію та багато іншого;
- потужний інструментарій моделювання. Blender включає інструменти для полігонального, сабдивізійного та об'ємного моделювання, а також підтримує моделювання з використанням більш високорівневих інструментів;
- просунуті інструменти анімації. Blender надає інструменти для створення анімації об'єктів та персонажів, включаючи ригінг, кінематику зворотного зв'язку та контроль динаміки;
- візуалізація та рендеринг. Blender поставляється із вбудованим рендерером Cycles, який забезпечує високоякісну візуалізацію за допомогою трасування променів. Також існують сторонні рішення, такі як Eevee, для реального часу та швидкого прев'ю;
- активна спільнота та ресурси. Blender має велику та активну спільноту користувачів. Існує безліч онлайн-ресурсів, навчальних матеріалів,

відеоуроків та форумів, що полегшує вивчення та отримання підтримки.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Blender [4], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- відсутність певних функцій. Деякі професійні функції, такі як певні інструменти для анімації персонажів або симуляція рідин можуть бути менш розвиненими в порівнянні з комерційними аналогами;
- можливі проблеми з продуктивністю. На старих або менш потужних комп'ютерах Blender може працювати менш ефективно, особливо під час роботи зі складними сценами.

1.4 Аналіз графічного редактору MAXON Cinema 4D

Maxon Cinema 4D - це популярний професійний 3D-редактор та програмне забезпечення для моделювання, анімації, візуалізації та рендерингу 3D-контенту [5]. Він розробляється та випускається компанією Maxon. Cinema 4D широко використовується в індустрії анімації, візуальних ефектів, реклами, архітектурної візуалізації та ігрової розробки.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Cinema 4D [5], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- інтуїтивний інтерфейс. Cinema 4D пропонує доброзичливий та інтуїтивний інтерфейс, що робить його відмінним вибором для початківців, так і досвідчених художників. Користувачі можуть швидко освоїти основи та розпочати роботу;
- потужний інструментарій моделювання. Cinema 4D надає широкий набір інструментів для створення складних 3D-моделей, включаючи полігональне, сабдівізієне та об'ємне моделювання. Це задовольняє різноманітні потреби художників;

- просунуті інструменти анімації. Cinema 4D надає безліч можливостей для анімації об'єктів, персонажів та камер. Він підтримує викривлення часу, кінематику зворотного зв'язку та багато інших функцій;
- рендеринг. Програма поставляється із вбудованим рендерером Physical, який забезпечує високоякісний рендеринг із підтримкою трасування променів. Cinema 4D також підтримує сторонні рендерери, такі як Octane та Redshift;
- інтеграція з іншими програмами. Cinema 4D легко інтегрується з іншими програмами, такими як Adobe After Effects та Photoshop, що полегшує робочий процес;
- підтримка сторонніх плагінів. Існує безліч сторонніх плагінів та розширень, які можуть розширити функціонал Cinema 4D та додати нові можливості;
- сильна спільнота та ресурси. Cinema 4D має велику спільноту користувачів, а також безліч онлайн-ресурсів та навчальних матеріалів, включаючи відеоуроки, форуми та документацію.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Cinema 4D [5], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- вартість. Cinema 4D - комерційне програмне забезпечення, ліцензії можуть бути досить дорогими. Це може обмежити доступ для деяких користувачів та малих студій;
- не всі функції включені до базової версії. Деякі просунуті функції та плагіни можуть вимагати додаткової оплати або використання версії Cinema 4D Studio;
- обмеження в деяких областях. У порівнянні з деякими іншими 3D-редакторами, Cinema 4D може мати обмежені можливості в галузі симуляції рідин та динаміки.

1.5 Аналіз графічного редактору Autodesk Maya

Autodesk Maya – це висококласний професійний 3D-графічний редактор [6], розроблений компанією Autodesk. Він призначений для моделювання, анімації, візуалізації та рендерингу 3D-контенту та широко використовується в індустрії анімації, візуальних ефектів, ігровій розробці, архітектурній візуалізації та дизайні продуктів.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Maya [6], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- потужний інструментарій моделювання. Autodesk Maya надає багатий набір інструментів для створення складних 3D-моделей, включаючи полігональне, сабдівізіонне та об'ємне моделювання. Це дозволяє художникам створювати різноманітні об'єкти та персонажів;
- просунуті інструменти анімації. Maya надає широкі можливості для анімації об'єктів, персонажів та камер. Він підтримує кінематику зворотного зв'язку, ригінг та симуляцію динаміки;
- візуалізація та рендеринг. Maya включає вбудовані рендерери Arnold та Maya Hardware, а також підтримує сторонні рендерери, що забезпечує високоякісну візуалізацію та рендеринг;
- широкі можливості симуляції. Autodesk Maya надає засоби для симуляції рідин, тканин, волосся та частинок, що робить його придатним для створення різноманітних ефектів та анімації;
- інтеграція з іншими програмами. Maya легко інтегрується з іншими програмами Autodesk, такими як Autodesk MotionBuilder та Autodesk Mudbox, а також сторонніми програмами для редагування та композитингу, що полегшує робочий процес;
- активна спільнота та ресурси. Існує велика та активна спільнота користувачів Maya, а також безліч онлайн-ресурсів, відеоуроків та форумів для отримання підтримки та навчання.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Maya [6], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- висока вартість. Autodesk Maya - це комерційне програмне забезпечення, ліцензії можуть бути дорогими, особливо для незалежних художників та невеликих студій;
- складність навчання. Через безліч функцій та складний інтерфейс Maya може бути складним для новачків у 3D-графіці. Потрібен час та зусилля, щоб опанувати всі можливості програми;
- вимоги до апаратного обладнання. Для роботи зі складними сценами та симуляціями потрібне потужне апаратне обладнання, що може призвести до додаткових витрат;
- обмежена підтримка сторонніх плагінів. У порівнянні з деякими конкурентами, Maya може мати обмежену підтримку сторонніх плагінів та розширень.

1.6 Аналіз графічного редактору Houdini

Houdini - це потужний та високоспеціалізований редактор 3D-графіки та програмне забезпечення для створення візуальних ефектів [7], що розробляється компанією SideFX. Воно широко використовується в індустрії анімації, візуальних ефектів, ігровій розробці та віртуальній реальності. Houdini відрізняється своєю унікальною здатністю створювати складні процедурні ефекти та анімації, а також гнучким підходом до вирішення завдань 3D-графіки.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Houdini [7], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даного редактора:

- процедурна модель. Однією з головних переваг Houdini є його процедурна модель, яка дозволяє художникам створювати складні та динамічні ефекти з використанням вузлів та параметрів. Це робить

Houdini потужним інструментом для створення процедурних анімацій та візуальних ефектів;

- симуляції та динаміка. Houdini має потужні інструменти для симуляції рідин, диму, полум'я, тканин, частинок та інших фізичних ефектів. Це робить його ідеальним вибором для створення реалістичних сцен та спецефектів;
- гнучкість та кастомізація. Houdini надає художникам безліч можливостей для настроювання та кастомізації робочого процесу. Ви можете створювати власні інструменти та вузли, що дозволяє вирішувати специфічні завдання та створювати унікальні ефекти;
- широкі можливості візуалізації та рендерингу. Houdini поставляється із вбудованим рендерером Mantra, що забезпечує високоякісну візуалізацію. Крім того, Houdini підтримує сторонні рендерери, такі як Arnold та Redshift;
- відкрита архітектура. Houdini має відкриту архітектуру та дозволяє інтегрувати сторонні плагіни та розширення, що розширює його функціональність;
- просунутий ригінг та анімація. Houdini надає інструменти для створення складних ригів, анімації персонажів та контролю динаміки. Це робить його придатним до створення анімаційних проєктів.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті редактора Houdini [7], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даного редактора:

- складність навчання. Через його процедурну природу та складний інтерфейс Houdini може бути складним для новачків. Освоєння цієї програми може вимагати часу та зусиль;
- висока вартість. Houdini - комерційне програмне забезпечення, і ліцензії можуть бути дорогими, що може бути перешкодою для незалежних художників та малих студій;

- обмежена підтримка сторонніх плагінів. У порівнянні з деякими іншими редакторами 3D-графіки, Houdini може мати обмежену підтримку сторонніх плагінів;
- вимоги до апаратного обладнання. Для роботи з великими та складними сценами потрібне потужне апаратне обладнання.

1.7 Аналіз програмного пакету Zbrush

ZBrush - це потужне програмне забезпечення для цифрового скульптингу та моделювання 3D-об'єктів. Ця програма, розроблена компанією Pixologic, користується популярністю серед художників, дизайнерів персонажів, аніматорів, геймдизайнерів та візуальних ефектів.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету Zbrush [8], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даної програми:

- унікальний інструмент для скульптингу. ZBrush пропонує унікальні інструменти для цифрового скульптингу, що дозволяє художникам створювати високодеталізовані 3D-моделі, починаючи з базових форм і додаючи деталі, текстури та складні елементи;
- деталізація та реалізм. ZBrush дозволяє створювати моделі з неймовірною деталізацією, включаючи дрібні деталі, на зразок зморшок та текстур. Це робить його ідеальним для створення персонажів, скульптур та деталей оточення;
- багатозадачність. ZBrush дозволяє працювати з моделями високої та низької деталізації, а також перемикатися між різними режимами роботи, що спрощує створення 3D-контенту для різних цілей, включаючи ігри, фільми та анімацію;
- інтерактивність та реалізм. Інструменти ZBrush підтримують реалістичне моделювання з використанням динамічних пензлів та

- матеріалів, що забезпечує інтерактивний та безперервний творчий процес;
- підтримка скульптингу в реальному часі. Введення DynaMesh та Sculptris Pro дозволяє художникам скульптувати моделі в реальному часі, додаючи чи видаляючи деталі без необхідності перестворювати всю модель;
 - підтримка текстурування. ZBrush надає інструменти для текстурування та малювання на моделях, що спрощує процес створення текстур для 3D-об'єктів;
 - спільнота та ресурси. ZBrush має активну спільноту користувачів, безліч онлайн-ресурсів, відеоуроків та форумів для обміну досвідом та отримання підтримки.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету Zbrush [8], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даної програми:

- складність навчання. Завдяки своїй унікальній природі та глибокій функціональності, ZBrush може бути складним для новачків. Освоєння всіх його інструментів та функцій потребує часу та зусиль;
- вартість. ZBrush - це комерційне програмне забезпечення, ліцензії можуть бути дорогими для незалежних художників і невеликих студій. Однак є версія ZBrush Core з обмеженим функціоналом, яка є більш доступною;
- обмежена підтримка анімації. ZBrush в першу чергу сфокусований на моделюванні та скульптингу, тому його можливості в області анімації обмежені.

1.8 Аналіз програмного пакету Substance Painter

Substance Painter - це потужне програмне забезпечення для текстурування та редагування 3D-моделей та об'єктів). Він розроблений

компанією Allegorithmic (нині придбаною Adobe) та призначений для художників, які працюють з 3D-графікою, включаючи створення текстур для персонажів, оточення та об'єктів для ігор, анімації, візуалізації та віртуальної реальності.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету Substance Painter [9], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даної програми:

- realistic texturing. Substance Painter надає потужні інструменти для створення реалістичних текстур на 3D-моделях. Це включає інструменти для малювання, маскування, змішування матеріалів і багато інших функцій;
- робота в режимі реального часу. Substance Painter забезпечує інтерактивний процес текстурування в реальному часі, дозволяючи художникам миттєво бачити зміни та реакцію текстур на об'єкті;
- програма підтримує «розумні матеріали», які автоматично підлаштовуються та адаптуються до форми об'єкта, надаючи більш реалістичні текстури. Substance Painter також інтегрується з такими засобами візуалізації, як Adobe Dimension, що дозволяє переглядати результати в контексті сцени;
- підтримка PBR (Physical-Based Rendering). Substance Painter працює за принципами фізичного рендеринга (PBR), що забезпечує високий рівень реалістичності текстур;
- інтеграція з іншими програмами. Substance Painter легко інтегрується з іншими 3D-редакторами, такими як Autodesk Maya, Blender, Unity та Unreal Engine, спрощуючи ваш робочий процес;
- гнучкість і можливість налаштування. Ви можете створювати власні матеріали, маски та безшовні текстури, що дозволяє налаштовувати текстурування відповідно до ваших потреб;

- активна спільнота та навчання. Substance Painter має велику спільноту користувачів, а також обширну бібліотеку, включаючи відеоуроки та форуми.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету Substance Painter [9], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даної програми:

- складність навчання. Через великі функціональні можливості та складний інтерфейс, Substance Painter може вимагати часу для освоєння, особливо для новачків;
- вартість. Substance Painter - це комерційне програмне забезпечення, і ліцензії можуть бути дорогими для незалежних художників та невеликих студій. Однак Adobe пропонує підписку Substance 3D Collection, що включає кілька продуктів, включаючи Substance Painter, за більш доступною ціною;
- обмежена можливість моделювання. Substance Painter орієнтований на текстурування та редагування текстур, і має обмежені можливості в області 3D-моделювання.

1.9 Аналіз програмного пакету Rizom UV

RizomUV - це професійне програмне забезпечення для розгортання та розкрою (UV-розгортання) 3D-моделей. Управління UV-розгорткою – важливий етап при створенні текстур та матеріалів для 3D-моделей. RizomUV розробляється компанією Rizom-Lab та надає художникам та 3D-художникам інструменти для більш ефективного та точного розгортання UV-координат.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету RizomUV [10], ми можемо зробити висновки, щодо переваг даної програми:

- ефективне UV-розгортання. RizomUV надає інструменти для швидкого та якісного розгортання UV-координат для 3D-моделей. Це включає можливість автоматичного розгортання, а також ручну корекцію, що дозволяє отримати кращий результат;
- простий та інтуїтивний інтерфейс. Програма має дружній та інтуїтивний інтерфейс, що робить її доступною як для новачків, так і для досвідчених користувачів. Важливі інструменти та команди легко доступні;
- оптимізація для текстуровання. RizomUV створено з урахуванням потреб художників, які працюють над текстурями. Він дозволяє створювати розгортки, які максимально ефективні для текстуровання та створення текстур високої роздільної здатності;
- підтримка великих та складних моделей. RizomUV спроектований для роботи з великими та складними 3D-моделями, що робить його придатним для індустрії ігор, візуальних ефектів та архітектурної візуалізації;
- покращена продуктивність. Програма має хорошу продуктивність навіть при роботі з великими моделями та високою роздільною здатністю текстур;
- експорт UV-розгортки. RizomUV дозволяє експортувати UV-розгортки до різних форматів, які можуть бути використані в інших 3D-редакторах для текстуровання;
- підтримка Python. RizomUV підтримує Python, що дозволяє автоматизувати процеси та створювати користувацькі сценарії для оптимізації робочого процесу.

Проаналізувавши літературу на офіційному сайті програмного пакету RizomUV [10], ми можемо зробити висновки, щодо недоліків даної програми:

- спеціалізований функціонал. RizomUV орієнтований на розгортання UV-координат і його функціональність обмежена цією областю. Якщо

вам потрібні інші можливості 3D-графіки, вам доведеться використати інший редактор;

- вартість. RizomUV - це комерційне програмне забезпечення, і вартість може бути високою для незалежних художників та невеликих студій;
- не надає можливості для моделювання. Програма не надає інструментів для створення 3D-моделей та анімації, і вона орієнтована виключно на розгортання UV-координат.

1.10 Обґрунтування вибору засобів 3D моделювання

Проаналізувавши існуючі засоби створення 3D об'єктів ми прийшли до висновку, що в цій роботі будуть використовуватись декілька програм, таких як:

- Blender;
- Zbrush;
- Rizom UV;
- Substance Painter.

Ці програми Blender, Zbrush, Rizom UV, Substance Painter виділяються серед безлічі альтернативних варіантів завдяки таким факторам. Blender, будучи безкоштовним і з відкритим кодом, надає унікальні можливості для широкого кола художників і розробників, а його потужні функції роблять його конкурентоспроможним навіть серед комерційних продуктів.

ZBrush виділяється в області цифрової скульптури, надаючи інтуїтивний та потужний інструментарій для створення складних деталей на 3D-моделях. Його спеціалізовані можливості роблять його найкращим вибором для художників, яким важливі високі рівні деталізації в роботі.

Rizom UV надає інструменти для ефективного UV-розгортання, забезпечуючи можливість ефективніше працювати з текстурами та зберігати якість текстурних координат на моделях.

Substance Painter спрощує процес текстурування, забезпечуючи інструментами для створення фотореалістичних та стилізованих текстур, що є важливим аспектом у сучасних вимогах до графіки в іграх.

Таким чином, ці програми не лише надають потужні інструменти для творчого процесу, але й постійно розвиваються, даючи можливість використання сучасних технологій та функцій, щоб залишатися на передових позиціях у індустрії.

1.11 Висновок до розділу

У цьому розділі було зроблено аналітичний огляд дев'яти різних програм для 3D-моделювання, кожна з яких має унікальні інструменти та можливості для створення віртуальних світів та зображень. Починаючи з індустріальних стандартів, таких як Autodesk Maya, і закінчуючи популярними та доступними рішеннями, як Blender, представлені програми надають різноманітні інструменти, придатні для різних галузей творчості та професійної діяльності.

2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ РОЗВАЖАЛЬНОГО КОНТЕНТУ

2.1 Аналіз етапів та процесів 3D моделювання

3D-моделювання – процес створення тривимірних (3D) об'єктів або сцен у віртуальному 3D-просторі за допомогою комп'ютерних графічних програм. Цей процес може включати створення, редагування та анімацію тривимірних моделей, а також рендеринг для отримання зображень або анімацій. 3D-моделі можуть представляти різноманітні об'єкти, починаючи від архітектурних будов та персонажів для відеоігор, закінчуючи продуктами та предметами мистецтва.

Процес створення 3D-моделі включає наступні етапи:

- концептуалізація (Conceptualization) - Це найголовніший етап створення 3D моделей, який визначає, які моделі будуть використовуватися в майбутньому проекті. Це може бути персонаж, архітектурна споруда, предмет, сцена тощо. Тобто концептуалізація передбачає збирання інформації про створення майбутніх об'єктів. Це може бути фотографія персонажа, креслення з розмірами автомобіля, або навіть створення власного концепту як на звичайному аркуші паперу, так і в спеціалізованих редакторах 2D графіки;
- моделювання (Modeling) - На даному етапі створюється тривимірна модель, але перед тим як створювати модель, потрібно визначитися з тим, який метод моделювання краще підходить у проекті. Існують такі методи моделювання як полігональне моделювання, скульптинг, NURBS-моделювання (Non-Uniform Rational B-Spline), Voxel-моделювання (Voxel Modeling) тощо. Після визначення методу, створюється базова форма геометрії, з наданих примітків у будь-якому

- 3D редакторі. І після створюється деталізація, для цього додаються дрібніші деталі, які підкреслюють загальний вигляд моделі;
- ретопологія (Retopology) - Це процес оптимізації та перестворення 3D-моделі з метою покращення її топології (структури) та зменшення кількості полігонів (гранів) із збереженням деталей та форми. Ретопологія допомагає оптимізувати модель для більш ефективного використання у рендерингу, анімації та ігровій розробці;
 - розпакування UV (UV Unwrapping) - це процес перетворення поверхні 3D-моделі у двовимірний простір, щоб створити текстурну карту (UV-карту), яку можна використовувати для нанесення текстур та матеріалів на модель. Цей процес має на увазі розкладку тривимірної геометрії на площину так, щоб кожна ділянка поверхні відповідала певному місцезнаходженню на текстурі;
 - запікання (Baking) – це процес створення текстурних карт, витягнутих з геометрії та візуальних властивостей 3D-моделі, які можуть бути використані для оптимізації рендерингу та ігрових двигунів. Запікання дозволяє зберегти освітлення, нормалі, тіні та інші візуальні характеристики моделі у вигляді текстурних даних;
 - текстурування (Texturing) – це процес застосування текстур, зображень та матеріалів до поверхні тривимірної моделі, щоб надати їй візуальних характеристик, таких як колір, відображення, прозорість та деталі. Цей процес допомагає зробити 3D-модель більш реалістичною та цікавою;
 - рендеринг (Rendering) – це процес створення 2D зображення на основі тривимірної моделі сцени. Цей процес дозволяє перетворити віртуальні тривимірні об'єкти на фотореалістичні зображення або анімації.

Для кожного із зазначених етапів існує спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене з метою ефективного виконання певних функцій. Таких як створення тривимірної моделі, ретопології, скульптингу,

текстурування тощо. Тому ми розглянемо різноманітні пакети тривимірної графіки.

2.2 Концептуалізація

Концептуалізація в 3D-моделюванні є процесом формування ідеї або концепції, яка лежить в основі створюваної 3D-моделі. Цей етап розробки допомагає художнику чітко визначити основні риси об'єкта, його стиль, функціональні характеристики та візуальні особливості.

Концептуалізація відіграє ключову роль успішному виконанні проекту. Вона дозволяє художнику краще зрозуміти кінцеву мету, уникнути потенційних помилок та змін на пізніших етапах роботи, а також підвищити ефективність всього процесу моделювання. Приклад концепту зображено на (рис 2.1), зображення запозичено з [1].



Рисунок 2.1 - Концепт стилізованого будинку [1]

Перед тим як розпочати пошук інформації варто звернути увагу на спеціалізовані веб-ресурси, які надають багатий і різноманітний контент для художників, а саме:

- ArtStation є платформою для професійних художників та 3D-моделлерів. Тут є високоякісні концепції та мистецтво, створене досвідченими фахівцями. Це ідеальне місце для натхнення та пошуку референсів, а також створення власного портфоліо;
- Polycount – це форум, орієнтований на ігрову індустрію та 3D-художників. Тут можна спілкуватися з досвідченими фахівцями, ділитися своїм досвідом та знаходити корисні ресурси для концептуалізації ігрових моделей;
- Sketchfab є платформою для обміну та перегляду 3D-контенту. Тут художники можуть знаходити цікаві моделі, а також переглядати їх у 3D-форматі, що забезпечує повне уявлення про форму та деталі об'єкта;
- TurboSquid є онлайн-ринком для купівлі та продажу 3D-моделей. Цей ресурс надає велику бібліотеку готових до використання моделей, що може бути корисним для художників у пошуку деталей чи концепцій своїх проектів.

Також існують пошукові системи, які допоможуть знайти референси для створюваної 3D моделі, а саме:

- Google Images надає потужний інструмент пошуку зображень. Це корисно для загального пошуку візуальної інформації, натхненних зображень та великих колекцій на теми;
- Pinterest пропонує зручну платформу для створення віртуальних дощок, де можна збирати та організовувати референси. Це чудове місце для візуального збору ідей та концепцій;
- Bing AI інноваційний підхід до пошуку візуальної інформації. Штучний інтелект Bing створює референси та фотографії, надаючи

художнику унікальні візуальні матеріали, які можуть стати джерелом нових ідей та концепцій.

Після того, як була зібрана необхідна інформація про майбутню 3D модель, потрібно тепер організувати концепти в програмному забезпеченні – PureRef.

PureRef – це програмне забезпечення, інтерфейс якого зображено на (рис. 2.2), спеціально розроблене для організації та перегляду референсів у зручному форматі.

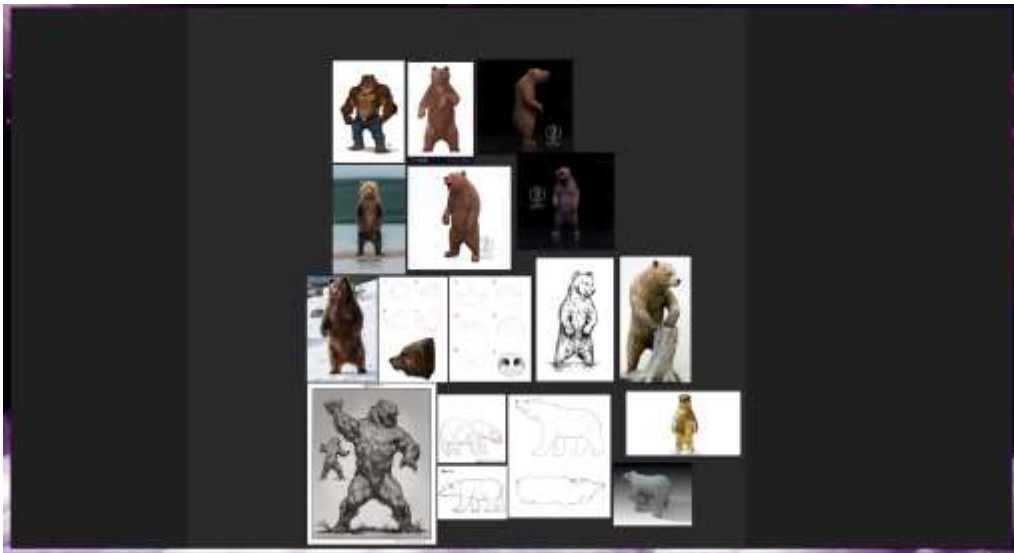


Рисунок 2.2 – Інтерфейс програми PureRef

Таким чином, для успішної концептуалізації та створення високоякісних 3D-моделей важливо не лише шукати інформацію на різних ресурсах, а й ефективно організовувати зібрані матеріали. Використання спеціалізованих платформ та інструментів, таких як ArtStation, Polycount, Google Images, Pinterest та PureRef, забезпечує широкий доступ до різноманітних джерел натхнення та підтримує зручний та організований робочий процес.

2.3 Полігональне моделювання

Полігональне моделювання - це найважливіший етап у створенні тривимірних моделей, який має величезне значення в різних сферах, де важлива висока деталізація та достовірність зображення. Процес створення 3D моделі починається з розробки концепції та планування, в ході яких уточнюються завдання та визначаються різні аспекти майбутнього проекту.

Етап створення тривимірних моделей передбачає створення основної сітки, яка є базою для подальшого внесення деталей та текстур. Це вимагає уважного підходу до пропорцій та форм об'єкта, а також грамотного балансу між деталізацією та продуктивністю.

Існують різні стилі створення 3D моделей, кожен із яких підкреслює певні аспекти залежно від цілей та вимог. Реалістичний стиль, орієнтован на високу деталізацію, реалістичні текстури та точкове освітлення, як зображено на (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Приклад використання реалістичного стилю

Стилізовані моделі приділяють основну увагу абстракції форм, де об'єкти набувають спрощених, стилізованих обрисів. Стилізовані текстури вносять у модель динаміку та виразність, а кольорова гама стає ключовим інструментом для створення унікального візуального образу, як зображено на (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Приклад використання стилізованого стилю

Особливість створення стилізованих моделей полягає в тому, щоб досягти гармонії між спрощенням форм та збереженням унікальності та виразності. Цей підхід вимагає креативності та здатності внести художні елементи в модель, щоб надати їй особливого характеру.

Таким чином, складність полігонального моделювання полягає не тільки в технічній складовій, а й у розумінні гармонійних аспектів та вимог проекту. Коректна оптимізація сітки, управління деталями та текстурами, а також здатність внести творчість у процес – це і є невід'ємні компоненти успішного створення полігональної моделі.

2.4 Скульптинг

Скульптинг це захоплюючий і творчий процес, що перетворює ідеї художників на тривимірні реальності. У світі цифрового моделювання скульптинг став невід'ємною частиною створення 3D-моделей, збагачуючи їх деталями, текстурами і унікальністю.

Скульптинг у 3D-графіці є процесом моделювання, багато в чому аналогічний ліпленні з глини. Однак, замість фізичної маси, художник

взаємодіє з цифровим матеріалом, формуючи та змінюючи його за допомогою різних інструментів та пензлів, як зображено на (рис. 2.5).

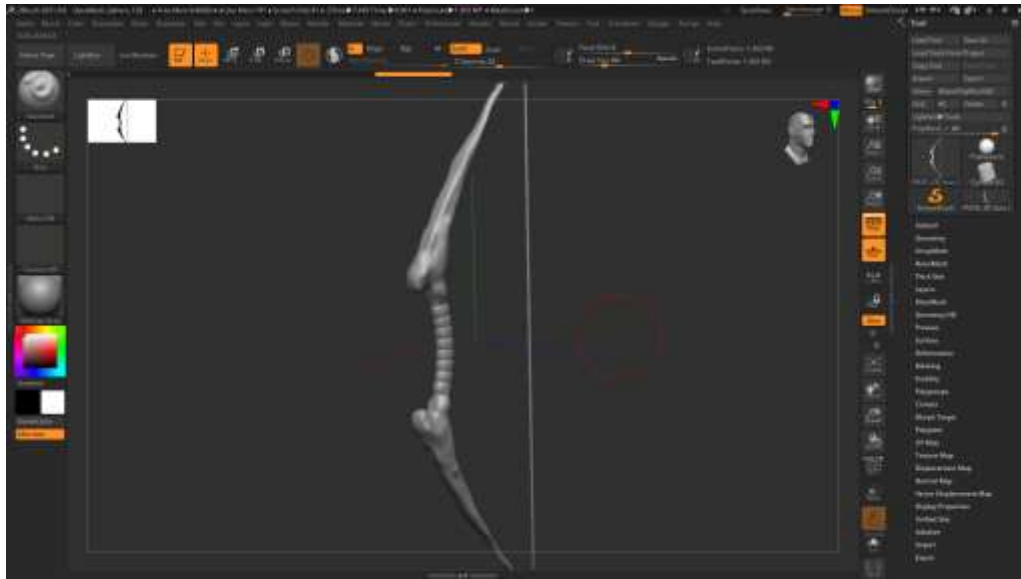


Рисунок 2.5 – Приклад створення скульптингу

У світі 3D-графіки існує багата різноманітність стилів, які художники обирають залежно від завдання та естетичних уподобань. Від реалізму до абстракції, від високої деталізації до стилізації – кожен стиль має унікальні особливості та привабливість.

Структурований та виразний, стилізований скульптинг відрізняється від реалістичної увагою до спрощення форм та унікальної естетики. Тут мистецтво полягає у виділенні головних рис об'єкта та підкресленні його індивідуальності, як зображено на (рис. 2.6).

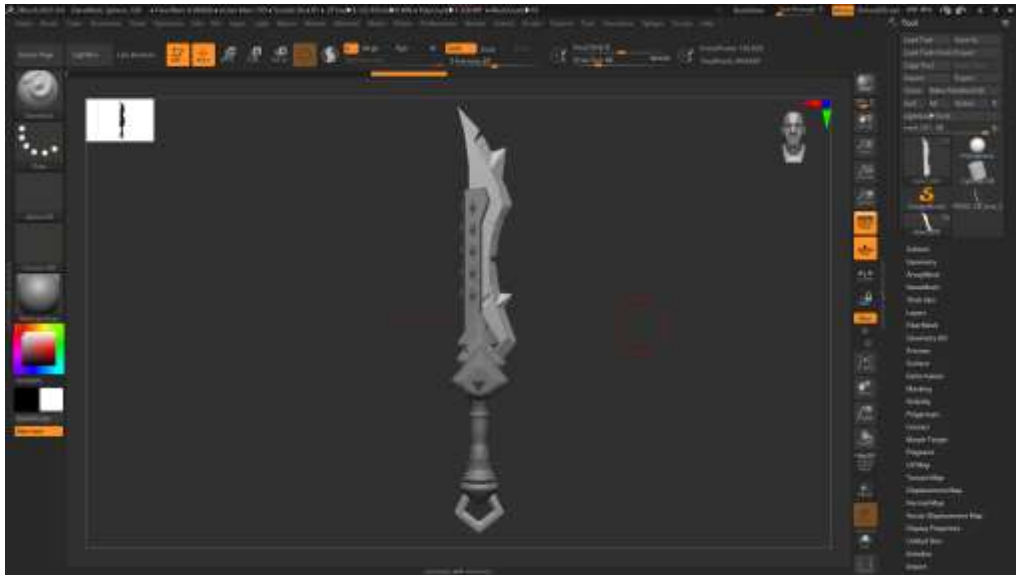


Рисунок 2.6 – Приклад стилізованого скульптингу

Створення стилізованих моделей через скульптинг вимагає від художника як володіння технікою моделювання, так й розуміння принципів стилізації. Це включає акцент на формах, грі світла і тіні, а також унікальних деталях, які роблять модель неповторною.

Створення персонажів – це особливий аспект скульптингу, що вимагає як технічного майстерності, так й розуміння психології та характеру. Художник має передати емоції, індивідуальність та унікальні риси кожного персонажа.

Таким чином, скульптинг у світі 3D-графіки не просто технічний процес, а й справжнє мистецтво, яке дозволяє художникам втілювати свої творчі ідеї у віртуальній реальності. У створенні стилізованих моделей через скульптинг полягає унікальна магія, що надає формі своєї індивідуальності.

2.5 Розпакування UV

Розгортка є процесом розподілу текстурних координат на поверхні тривимірного об'єкта. Цей етап є важливою частиною створення текстур та матеріалів для моделі, дозволяючи визначити, як текстури

проекуватимуться на її поверхню, приклад створенної розгортки зображено на (рис. 2.7).

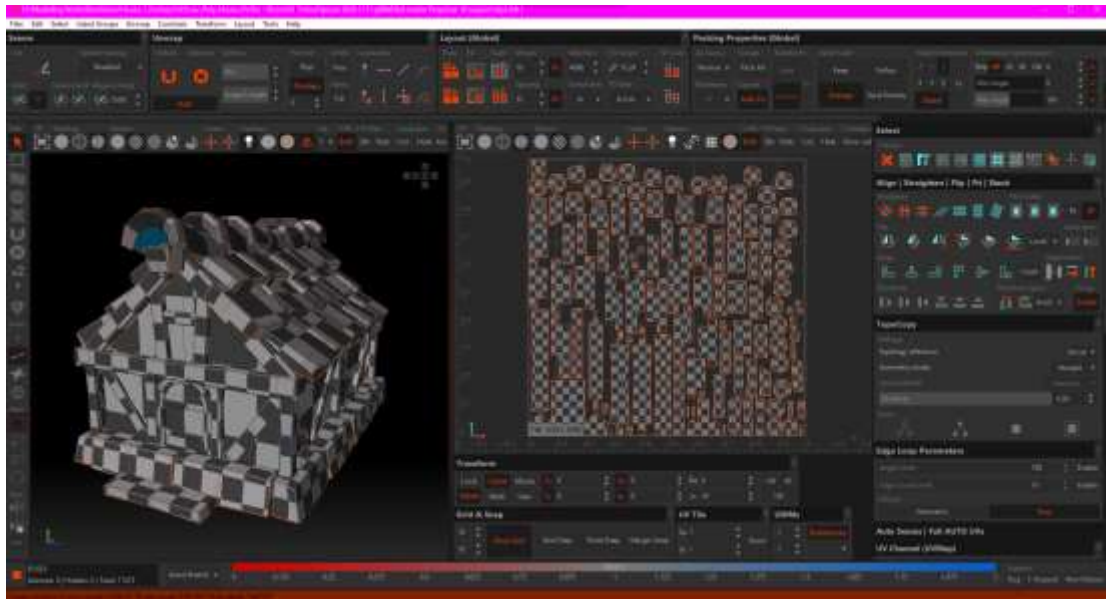


Рисунок 2.7 – Приклад створенної розгортки в програмі Rizom UV

Основна мета розгортки - мінімізувати спотворення та максимізувати ефективне використання текстурного простору. Це означає, що розгортка має бути виконана таким чином, щоб текстури розподілялися рівномірно і без спотворень, що забезпечує високу якість візуалізації об'єкта, як зображено на (рис. 2.8).

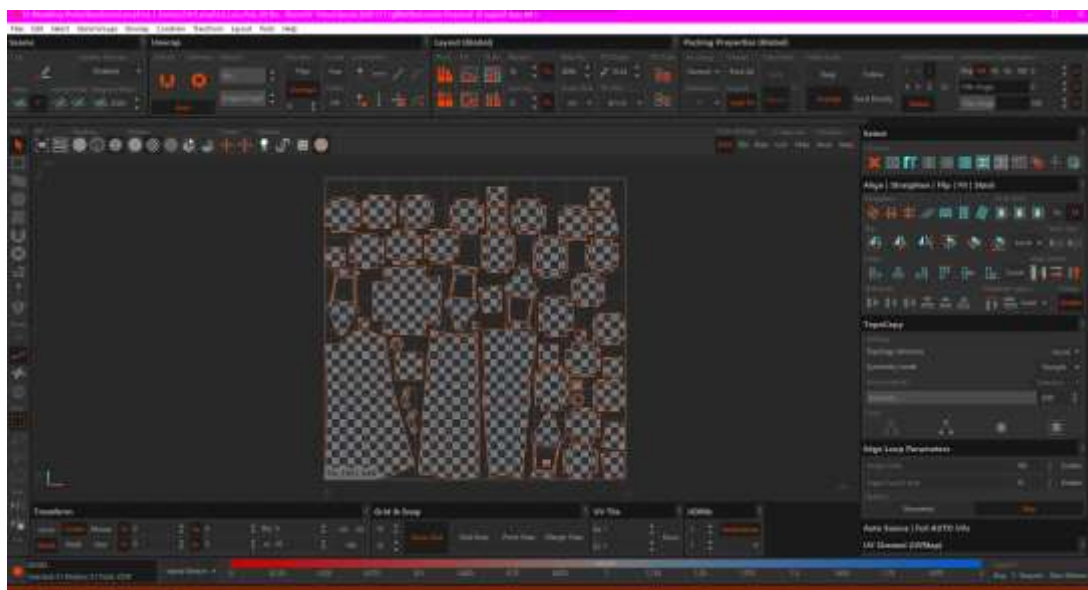


Рисунок 2.8 - Рівномірний розподіл на текстурному просторі

Труднощі у виконанні розгортки можуть виникнути через складну геометрію моделі, особливо якщо вона має вигини, складки або нестандартні форми, як зображено на (рис. 2.9). Ручне створення розгортки для складних об'єктів може бути трудомістким процесом і вимагати багато досвіду в розумінні створення розгортки.

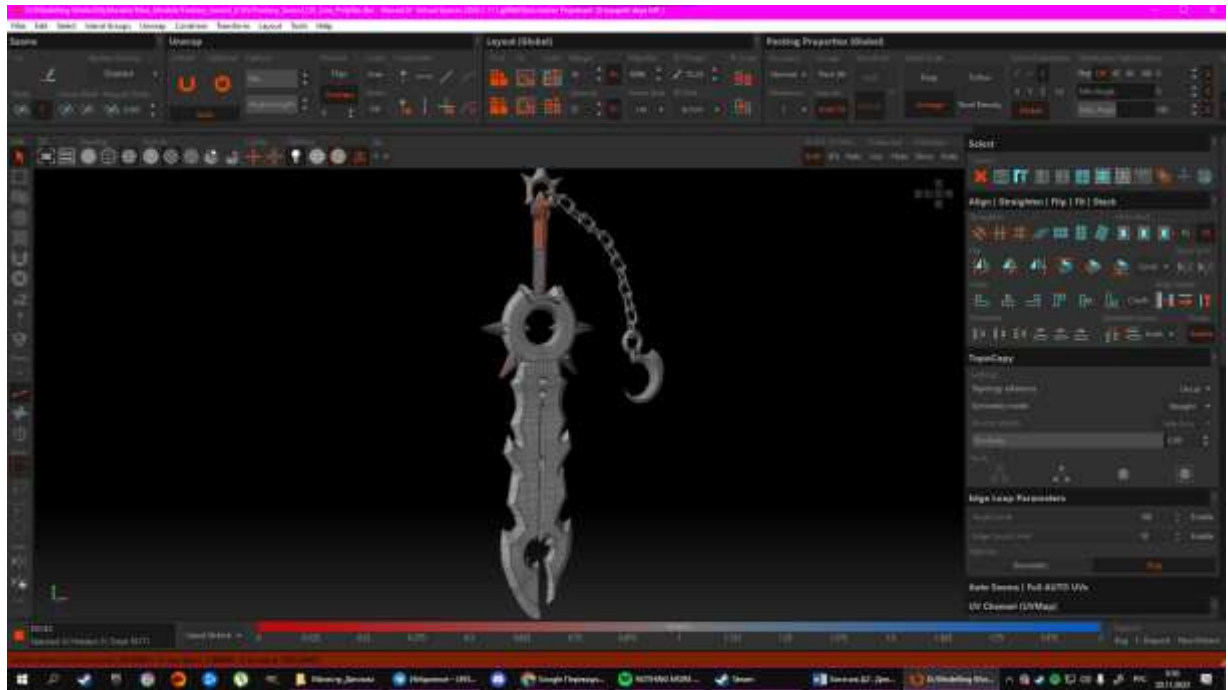


Рисунок 2.9 – Складна геометрія моделі

У виконанні розгортки існують загальні правила, такі як уникнення перетинів та мінімізація кількості розривів у текстурних координатах. Правильна розмітка та організація UV-розгортки також сприяють простішій роботі з текстурами надалі.

Навички, необхідні для успішної роботи з розгорткою, включають розуміння тривимірної геометрії, знання методів проекції та вміння ефективно використовувати інструменти 3D-програм для створення та редагування розгорток. Також важливо мати почуття ефективного використання текстурного простору та розуміння основних принципів візуалізації.

Таким чином, процес розгорнення в 3D-моделюванні є важливим етапом, що визначає якість візуалізації об'єктів у тривимірному просторі. Цей процес вимагає не лише технічних навичок, таких як використання інструментів моделювання та знання методів проекції, але й творчого підходу до розподілу текстурних координат для досягнення оптимального результату.

2.6 Запікання та текстурування

Запікання та текстурування - ключові процеси, що визначають візуальну якість та реалізм створюваних об'єктів.

Запікання (baking) в 3D-графіці є процесом передачі різних текстурних інформацій, таких як колір, освітлення, або тіньова інформація, з більш високополігональних моделей на текстуру більш низькополігональних. Це дозволяє заощадити ресурси комп'ютера та покращити продуктивність, особливо в реальному часі. Важливим аспектом є коректне налаштування параметрів, таких як роздільна здатність текстур та методи перетворення інформації для мінімізації втрат деталей. Приклад моделі, яка без запікання зображено на (рис. 2.10), і модель яка з запіканням зображена на (рис. 2.11).

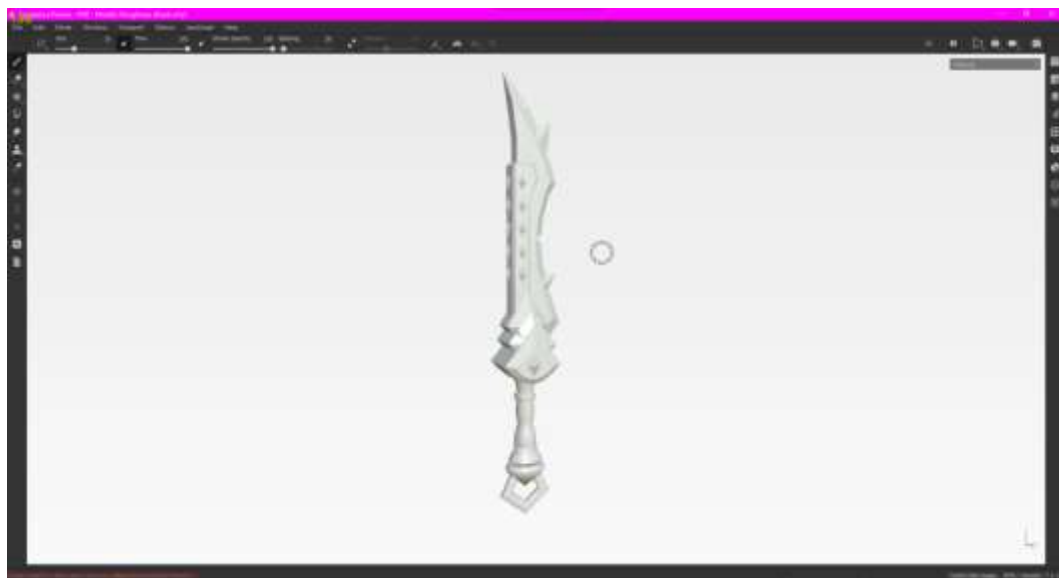


Рисунок 2.10 - Модель без запікання

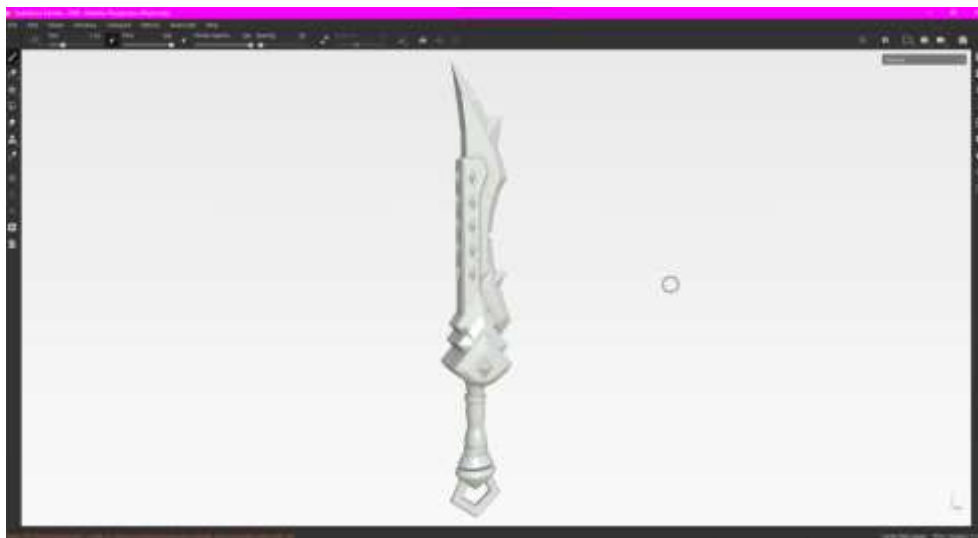


Рисунок 2.11 – Модель із запіканням

Текстурування в 3D-графіці включає присвоєння поверхонь тривимірних об'єктів текстур, щоб надати їм реалістичний зовнішній вигляд, приклад створеного текстурування зображено на (рис. 2.12). Це може включати нанесення зображень, шумів, або інших деталей на модель. Процес текстурування також може включати завдання властивостей матеріалів, таких як відображення світла або прозорість. Визначення правильної UV-розгортки (розподіл текстури по поверхні об'єкта) відіграє ключову роль у створенні якісних текстур.

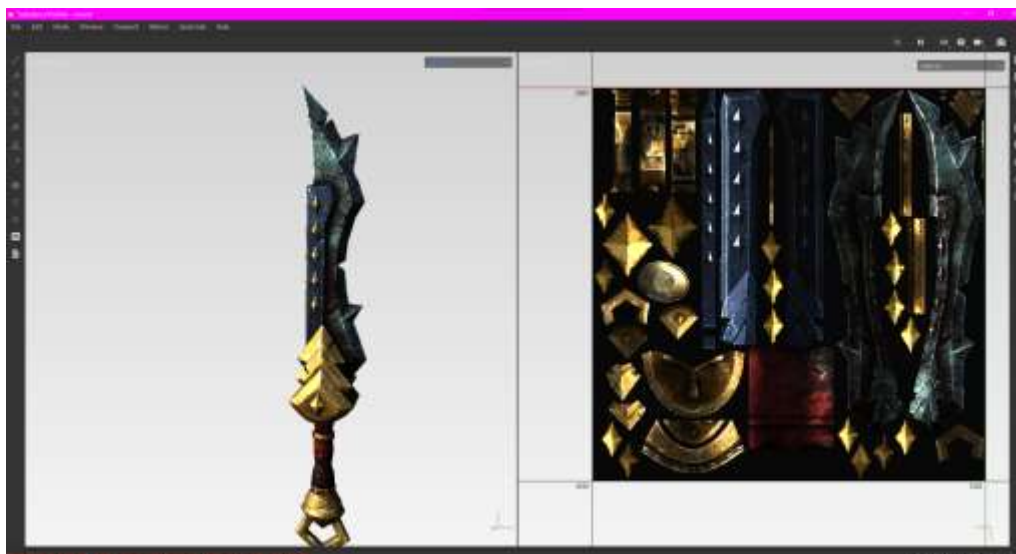


Рисунок 2.12 - Модель із створеними текстурами

Таким чином, процеси запікання та текстурювання у 3D-графіці є складними завданнями, що вимагають не тільки технічної майстерності, а й художнього сприйняття. Також як і в інших етапах, запікання та текстурювання мають певні нюанси, які включають балансування між деталізацією і продуктивністю, правильне налаштування параметрів і ефективне використання методів, щоб досягти максимального візуального впливу. Зрештою, якісне запікання та текстурювання відіграють вирішальну роль у створенні віртуальних світів з високим ступенем реалізму та візуальної привабливості.

Процес створення текстур у 3D-графіці є складним і творчим процесом, що включає різні елементи, такі як фільтри, генератори і базові параметри, на кшталт Metallic, Height, Base Color і Roughness. Фільтри надають інструменти для редагування та обробки текстур із тонким контролем, генератори автоматизують процес створення складних ефектів, а базові параметри визначають основні характеристики матеріалу. Завдяки цим елементам художники можуть створювати текстури, що оживляють поверхні 3D-моделей, додаючи реалізму, глибини та виразності. Регулювання параметрів, таких як Metallic, Height і Roughness, дозволяє тонко налаштовувати зовнішній вигляд матеріалу, надаючи йому унікальні текстурні характеристики.

2.7 Висновок до розділу

На закінчення докладного аналізу процесу створення тривимірних моделей можна констатувати, що це дослідження дозволило глибоко зануритися в технології та методології, що використовуються при створенні віртуальних об'єктів. Розбір етапів моделювання виявив складність та багатоплановість даного процесу, від початкової ідеї до фінального продукту.

Розгляд інструментів програмного забезпечення, таких як Blender, ZBrush, RizomUV та Substance Painter, розкрив їх унікальні можливості та вплив на різні аспекти створення тривимірних моделей. Blender як багатофункціональний засіб надає широкий набір інструментів для моделювання, анімації та рендерингу. ZBrush виділяється своїми можливостями у сфері деталізації та творчого скульптингу. RizomUV відіграє ключову роль у розкладці UV розгортки, забезпечуючи оптимальне використання текстурних ресурсів. Substance Painter, у свою чергу, надає засоби для реалістичної та детальної текстуризації, створюючи високоякісні матеріали.

В результаті аналізу стає зрозумілим, що сучасний процес створення тривимірних моделей потребує не лише технічної компетентності, а й творчого підходу. Взаємодія з різноманітними інструментами програм дозволяє художникам та дизайнерам досягати високого рівня реалізму та деталізації у створюваних 3D моделях.

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ

3.1 Визначення з референсом

У даному розділі ми розглянемо весь алгоритм створення 3D моделей, у нашому випадку буде створюватися 3D модель стилізованого будинку в кілька етапів, а саме: моделювання, скульптинг, розгортка, запікання та текстурування. Для того, щоб почати створювати 3D модель, необхідно було знайти відповідний референс, який зображено на (рис. 3.1).

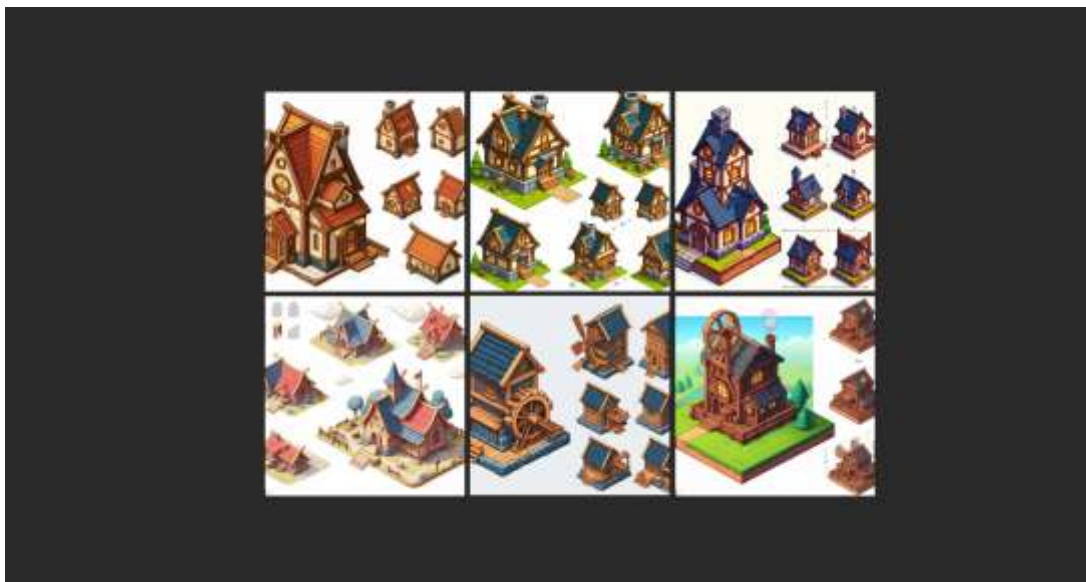


Рисунок 3.1 - Референси стилізованих будинків

Референс – це візуальний матеріал, такий як зображення, фотографії чи інші візуальні дані. Ці матеріали використовуються як основа або джерело натхнення при створенні графічних творів, тривимірних моделей, анімацій та інших проектів. Референси допомагають художникам та дизайнерам краще зрозуміти деталі, пропорції, композицію та візуальні характеристики, роблячи їх роботи більш реалістичними, виразними та функціональними. У різних галузях, таких як художня творчість, тривимірне моделювання,

анімація та дизайн, використання референсів сприяє створенню більш якісних та переконливих проектів.

3.2 Завантаження референсів у програму PureRef

Перед тим як розпочати створення полігональної моделі, потрібно відкрити програму для організації та перегляду референсів PureRef. Після відкриття програми, натиснути на праву клавішу миші, після перейти до пункту Load - Load Recent, вибираємо вже раніше створену сцену з референсами стилізованого будинку, як зображено на (рис. 3.2).

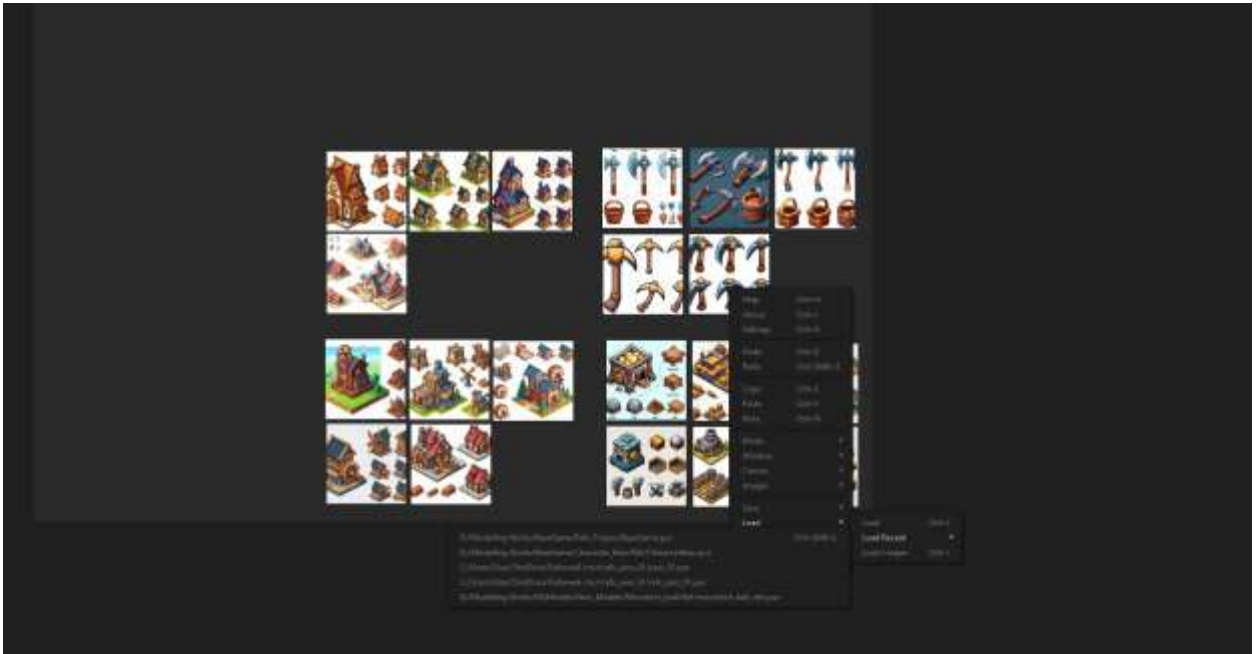


Рисунок 3.2 - Відкриття референсів у програмі PureRef

3.3 Створення основного каркасу будинку

Зараз нам необхідно додати примітив куба для подальшого створення каркасу. При використанні гарячих клавіш Shift + A, у нас з'являється вікно в якому ми вибираємо куб, як зображено на (рис. 3.3).

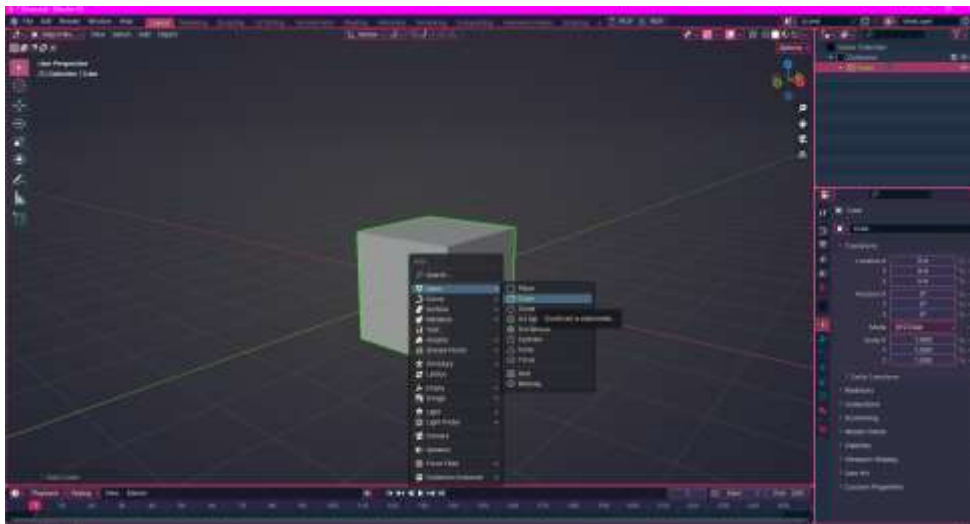


Рисунок 3.3 – Вибір примітиву

Після цього ми вибираємо куб, і натискаємо на гарячу клавішу G і вибираємо вісь Z і натискаємо на клавішу 1, як зображено на (рис. 3.4). Тим самим, ми зрушуємо початкове положення куба на 1 метр вгору, і куб знаходиться посередині сцени.

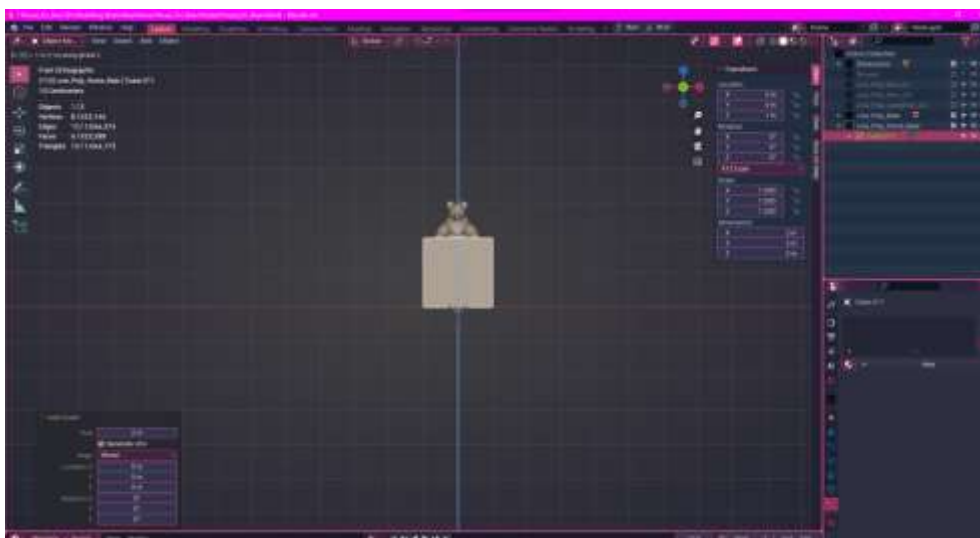


Рисунок 3.4 – Розміщуємо куб

Тепер переходимо в режим редагування за натисканням клавіші Tab, а потім натискаємо на поєднання гарячих клавіш Shift+Z і вибираємо режим відображення Wireframe, після чого можемо виділити вершини куба і зміщуємо їх по осі Z вниз, як зображено на (рис. 3.5).

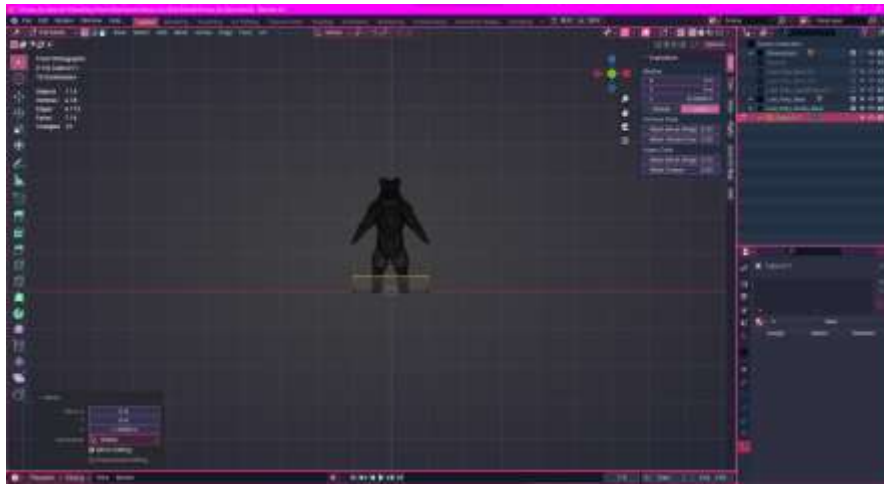
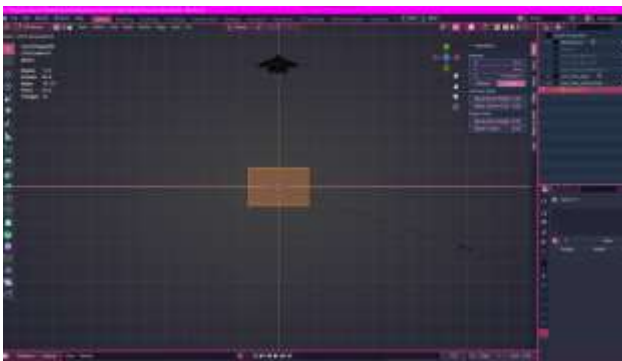
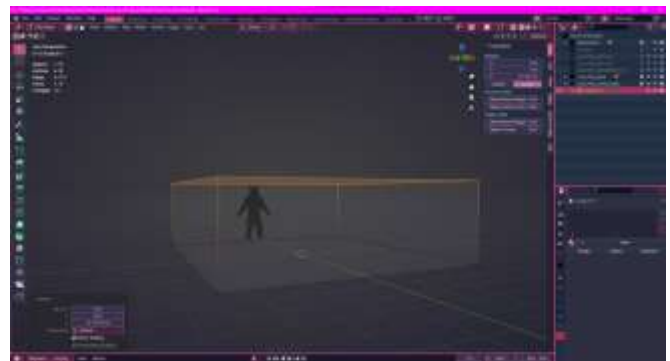


Рисунок 3.5 – Редагуємо куб

Після редагування куба по осі Z, ми переходимо в ортогональний вигляд зверху, і за допомогою інструменту Scale вибираємо вісь X і Y, та починаємо витягувати куб, як зображено на (рис. 3.6 (а)). Потім вибираємо вершини та піднімаємо їх по осі Z, як зображено на (рис. 3.6 (б)).



(а)



(б)

Рисунок 3.6 – Редагування куба

Після підняття вершин по осі Z, ми натискаємо на гарячу клавішу 2 і тепер ми вибираємо ребра куба. І піднімаємо їх по осі Z, як зображено на (рис. 3.7).

Потім ми вибираємо вершини куба, і натискаємо на гарячу клавішу M, і вибираємо пункт At Center, тим самим 2 вершини зшиються в центрі об'єкта, як зображено на (рис. 3.8).

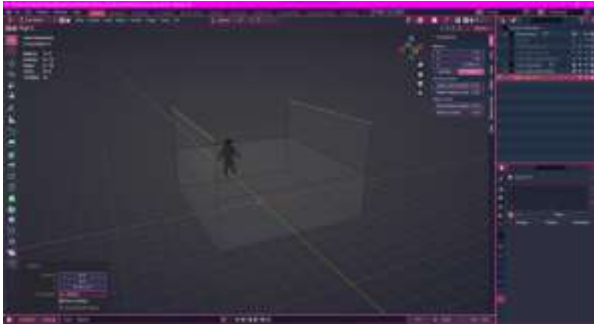


Рисунок 3.7 – Редагування ребер куба



Рисунок 3.8 – Зшивання вершин

Тепер, як вершини були пошиті в центрі об'єкта, потрібно видалити непотрібний полігон. Для цього ми натискаємо на гарячу клавішу 3 і переходимо в режим виділення граней. Після цього вибираємо саму грань і натискаємо на гарячу клавішу X і вибираємо пункт Faces, як зображено на (рис. 3.9).

Після видалення полігону, потрібно зшити відкриті полігони, для цього ми вибираємо вершини куба і натискаємо на гарячу клавішу F, як зображено на (рис. 3.10).

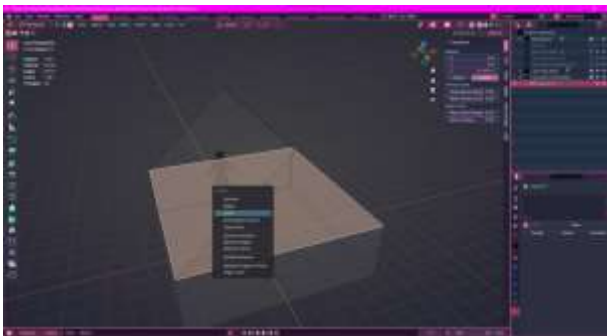


Рисунок 3.9 - Видалення полігону

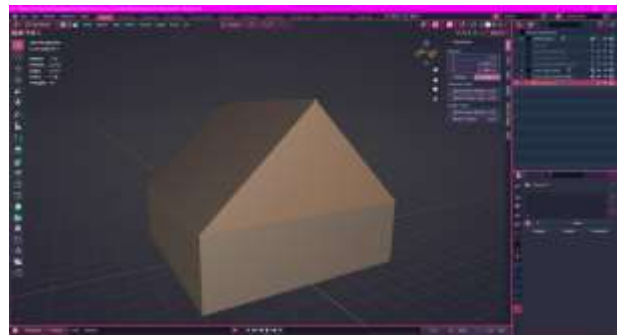


Рисунок 3.10 - Зшиваємо полігони

Після того, як був створений основний каркас будинку, ми можемо змінити ширину, висоту, довжину будинку, щоб визначитися вже на поточному етапі із пропорціями будівлі, як зображено на (рис. 3.11).

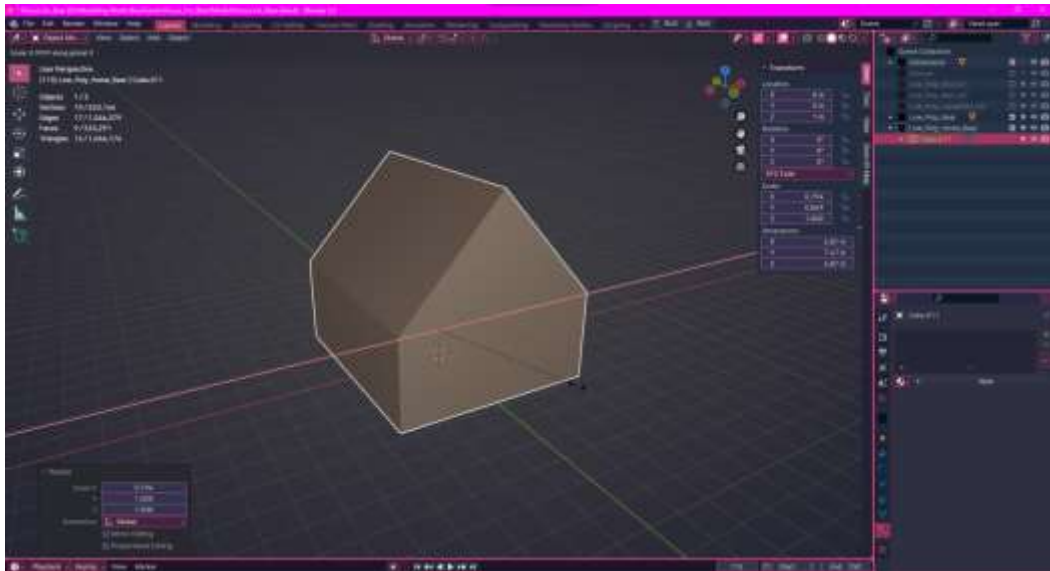


Рисунок 3.11 - Зміна ширини будинку

3.3.1 Створення кам'яної кладки

При створенні кам'яної кладки ми використовуємо примітив куб, і переходимо в режим редагування і формуємо з куба прямокутник, як зображено на (рис. 3.12).

Тепер відкриваємо меню, що випадає Snap і в ньому знаходимо пункт Vertex, як зображено на (рис. 3.13). Тепер коли ми будемо взаємодіяти з прямокутником і розташовувати його в місці де потрібно буде рівно його розмістити, дана функція працює за принципом магніту, тобто вона магнітиться до вершин, ребер та граней.

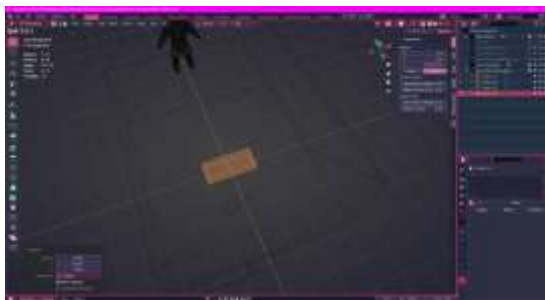


Рисунок 3.12 - Формуємо прямокутник

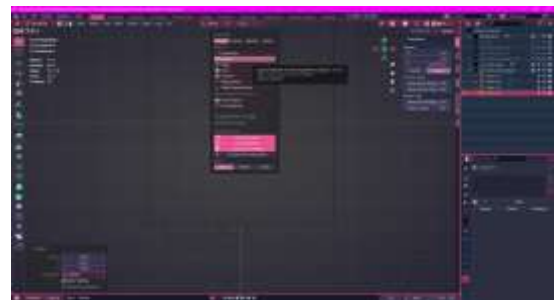


Рисунок 3.13 – Меню інструменту Snap

Зараз ми переходимо в ортогональний режим відображення зверху і виділяємо в режимі редагування наш куб, при натисканні гарячої клавіші A, і за допомогою інструмента пересування G переносимо даний прямокутник до основи каркаса. Після цього утримуємо клавішу Ctrl і ми можемо примагнітитися до потрібної вершини, як зображено на (рис. 3.14).

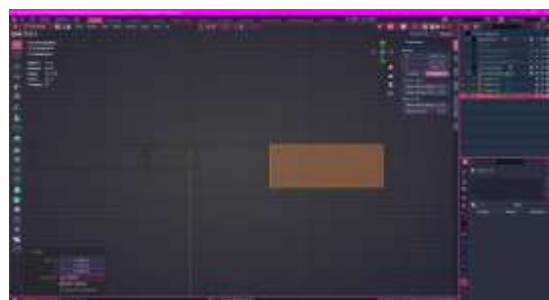


Рисунок 3.14 - Розташування прямокутника

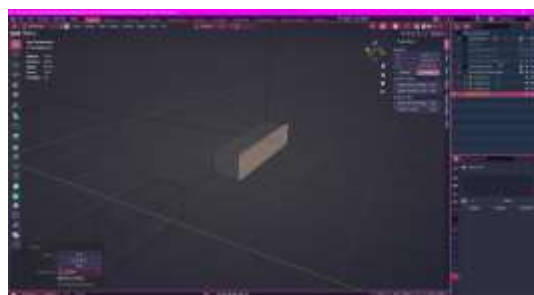


Рисунок 3.16 - Змінюємо розмір майбутнього каменю

Тепер ми починаємо формувати камінь навколо основи каркасу будівлі. Тобто, щоб не створювати щоразу новий примітив, ми дублюватимемо вже створені прямокутники, для цього ми вибираємо прямокутник і натискаємо на поєднання гарячих клавіш Shift+D, і можемо перемістити продубльований об'єкт, як зображено на (рис. 3.17).

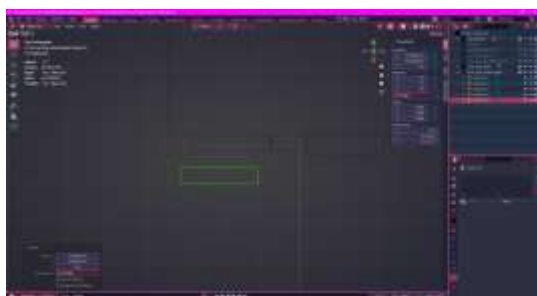


Рисунок 3.17 - Дублюємо об'єкт

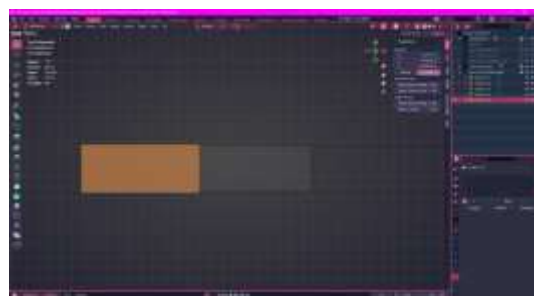


Рисунок 3.18 – Використовуємо інструмент Loop Cut

Після використання інструменту Loop Cut, ми вибираємо ліву частину об'єкта та видаляємо її, для цього натискаємо на гарячу клавішу X та вибираємо пункт Faces, як зображено на (рис. 3.19).

Тепер робимо екструд ребер по осі X, і повертаємо по осі Z на 90 градусів, як зображено на (рис. 3.20).

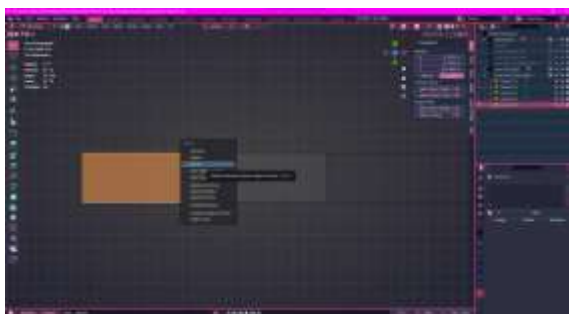


Рисунок 3.19 - Видаляємо грані



Рисунок 3.20 - Повертаємо об'єкт

І всі ці дії робимо з іншими об'єктами, тобто спочатку їх дублюємо і переносимо їх по осі Y, і потім обертаємо по осі Z на 90 градусів, як зображено на (рис. 3.21).

Після створення об'єктів по кутах основи будинку ми починаємо дублювати об'єкти вздовж будинку, і тим самим формуємо кам'яну кладку, як зображено на (рис. 3.22).

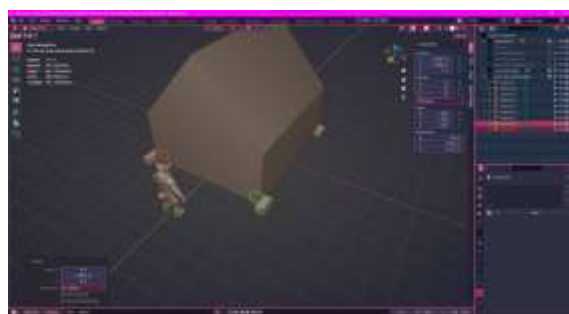


Рисунок 3.21 - Розміщуємо об'єкти

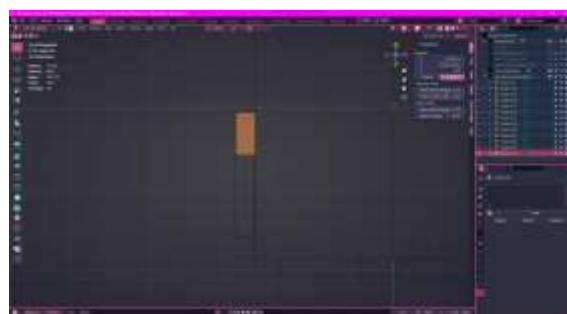


Рисунок 3.22 - Створення кам'яної кладки

І маємо такий результат, як зображено на (рис. 3.23).

Тепер після розташування кладки, їй потрібно надати індивідуальності, тобто змінити відстань каміння між собою, додати масштабування і надати унікальності, як зображено на (рис. 3.24).

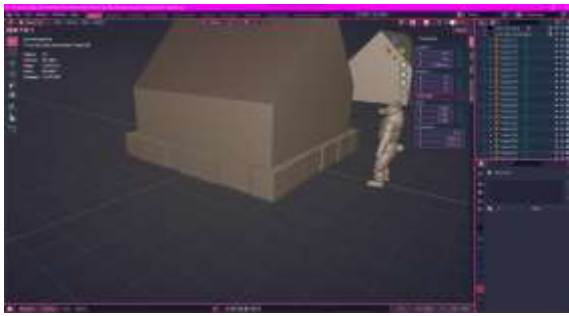


Рисунок 3.23 – Розташована кам'яна кладка

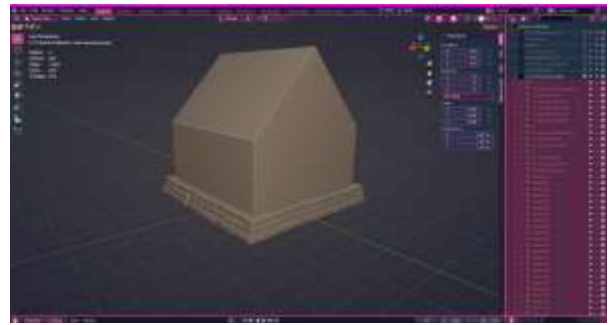


Рисунок 3.24 – Створена кам'яна кладка

3.3.2 Створення дерев'яних конструкцій

При створенні дерев'яних конструкцій, потрібно створити примітив куб, і розташувати в місцях де будуть дерев'яні конструкції як зображено на рисунку референса. Після чого потрібно виділити грань дерев'яної опори і витягнути по осі Z і використовувати примагнічування до найближчої вершини, як зображено на (рис. 3.25).

Після створення першої дерев'яної опори ми дублюємо інші опори по осі X та Y, та за допомогою інструменту Snap, як зображено на (рис. 3.26). примагнічуємо інші дерев'яні опори як зображено на рисунку референсу.

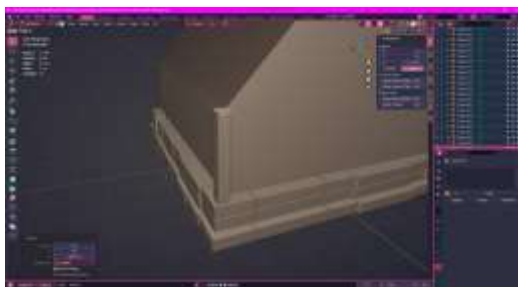


Рисунок 3.25 - Створення дерев'яної опори

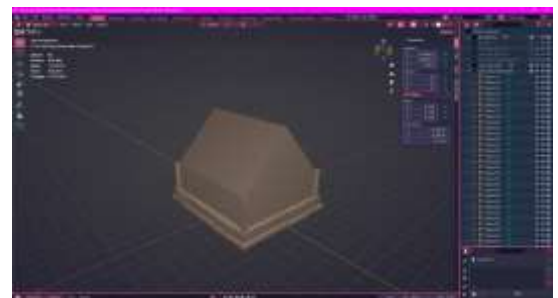


Рисунок 3.26 - Розташування дерев'яних опор

Таким чином, за таким алгоритмом дій були створені інші дерев'яні опори, а саме:

- вертикальні дерев'яні опори, як зображено на (рис. 3.27);
- горизонтальні дерев'яні опори, як зображено на (рис. 3.28);

- дерев'яні опори які створені під кутом 40 градусів, як зображено на (рис. 3.29).

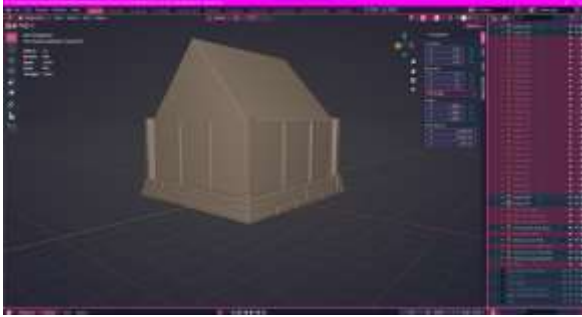


Рисунок 3.27 – Створенні вертикальні дерев'яні опори

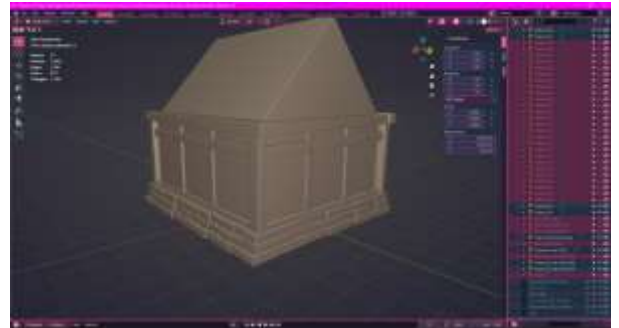


Рисунок 3.28 – Створенні горизонтальні дерев'яні опори

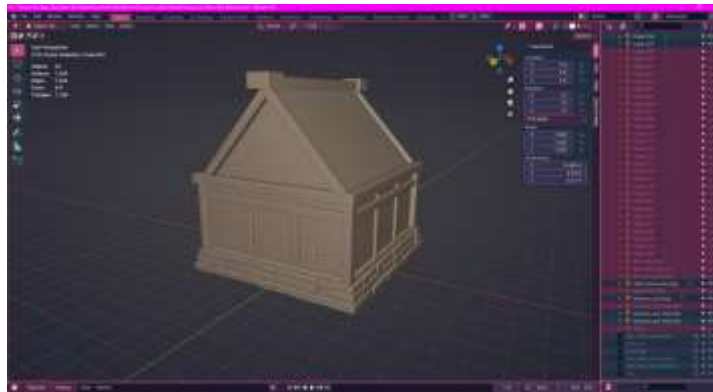


Рисунок 3.29 – Створенні дерев'яні опори під кутом 40 градусів

3.3.3 Створення горища та конструкцій опори

При створенні горища ми також використовуємо примітив куб, і переходимо в ортографічний вигляд спереду, і розміщуємо куб на місці майбутнього горища, як зображено на (рис. 3.30).

Після розміщення куба, потрібно виділити 2 ребра та екструдувати їх по осі Z, як зображено на (рис. 3.31).

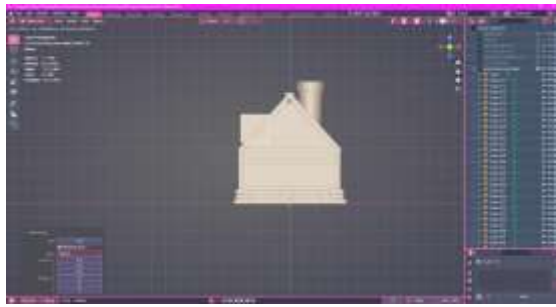


Рисунок 3.30 - Розміщуємо куб

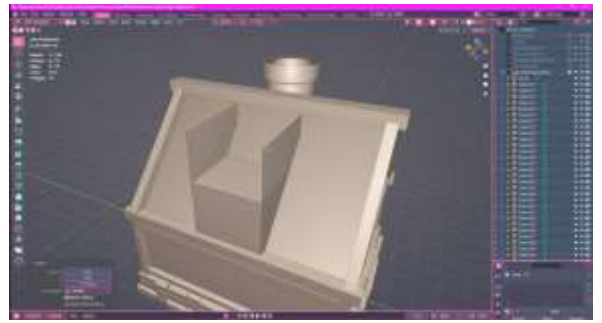


Рисунок 3.31 - Екструдуюємо ребра

Тепер коли ребра були екструдовані, потрібно перейти в режим виділення вершин, для цього потрібно натиснути 1 на клавіатурі, а потім виділити дві вершини і натиснути на гарячу клавішу M. Тим самим відкриється меню Merge і в ньому потрібно вибрати пункт At Center. І тоді ці дві вершини поєднуються по центру, так вони сформують загальний вигляд горища, як зображено на (рис. 3.32).

Тепер як побудована базова форма горища, нам потрібно трохи змінити розмір горища, для цього ми використовуємо інструменти Scale і Move як зображено на (рис. 3.33). І намагаємося повторити розмір базової форми, як зображено на рисунку референсу.

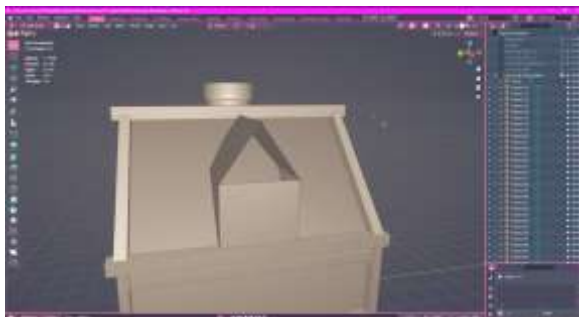


Рисунок 3.32 – Об'єднання вершин

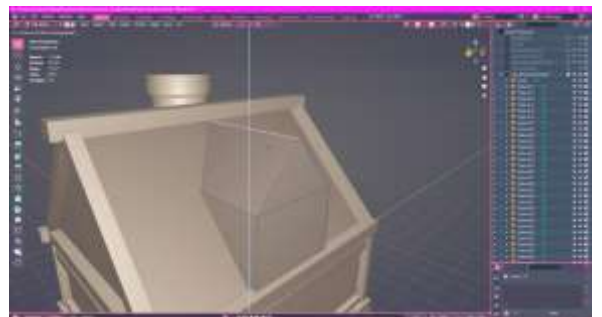


Рисунок 3.33 – Редагування горища

І тепер переходимо до створення дерев'яних конструкцій для горища, тут буде використовуватися такий же алгоритм дій, що й у попередньому створенні дерев'яних конструкцій, були створені такі дерев'яні опори, а саме:

- вертикальні дерев'яні опори, як зображено на (рис. 3.34);

- дерев'яні опори які створені під кутом, як зображено на (рис. 3.35);
- горизонтальні дерев'яні опори, як зображено на (рис. 3.36);
- дерев'яні опори які знаходяться по середині, як зображено на (рис. 3.37).

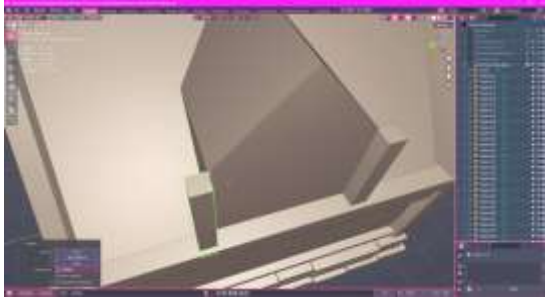


Рисунок 3.34 – Створенні вертикальні дерев'яні опори

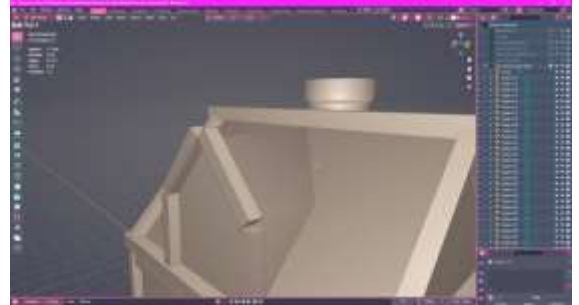


Рисунок 3.35 – Створенні дерев'яні опори під кутом



Рисунок 3.36 – Створенні горизонтальні дерев'яні опори

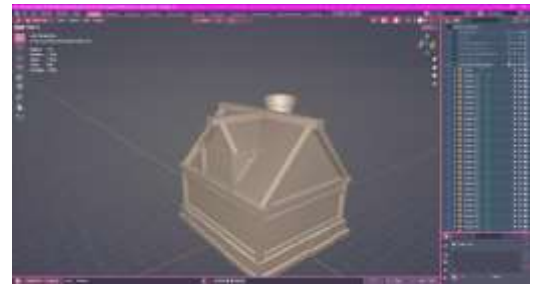


Рисунок 3.37 - Створенні дерев'яні опори які знаходяться по середині

Після того, як було створено перше горище, ми створюємо ще один але менше розміром, для цього ми просто дублюємо попереднє горище, і зменшуємо його в розмірах, і розміщуємо з іншого боку по середині, як зображено на (рис. 3.38).

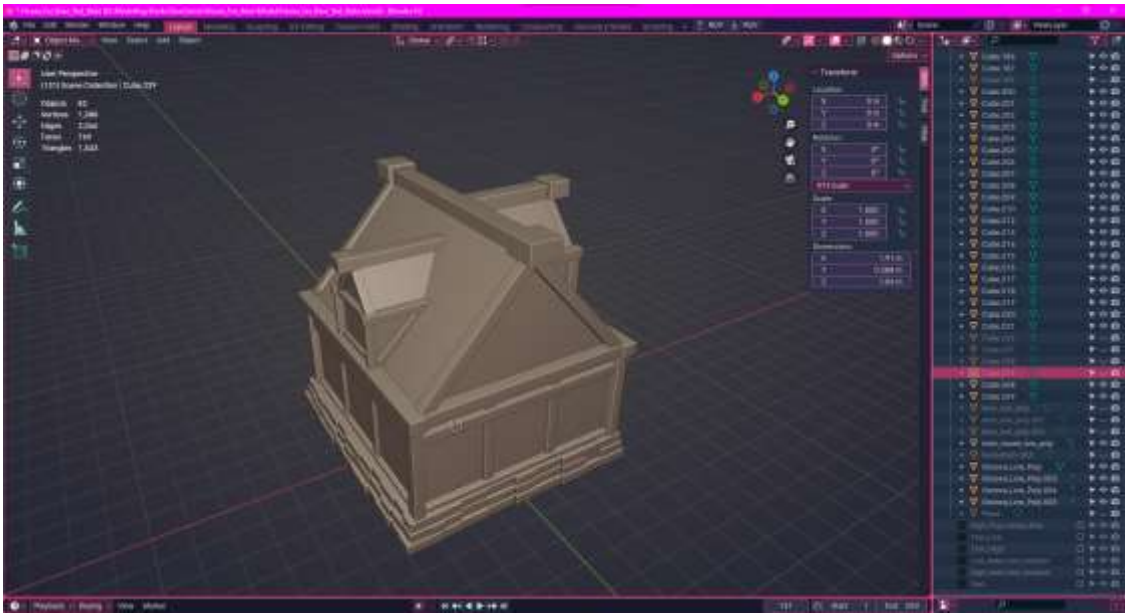


Рисунок 3.38 – Додаткове горище

3.3.4 Створення дверного отвору та кам'яного навісу

Створюємо примітив куба і активуємо модифікатор Mirror. Цей модифікатор використовується для створення дзеркальної копії об'єкта щодо вибраної площини. Mirror полегшує процес створення симетричних об'єктів, оскільки внесені зміни автоматично відбиваються на протилежному боці, як зображено на (рис. 3.39).

Зменшуємо розмір куба, за допомогою інструмента Scale, і після переходимо в ортогональний вигляд спереду, натиснувши на гарячу клавішу 1 на Numrad, як зображено на (рис. 3.40).



Рисунок 3.39 – Використовуємо модифікатор Mirror



Рисунок 3.40 - Зменшуємо розмір куба

Потім включаємо відображення моделі ведмедя і намагаємося зробити отвір майбутніх дверей за розміром ведмедя, як зображено на (рис. 3.41).

Для цього розмістимо модель ведмедя біля майбутнього входу до будинку, як зображено на (рис. 3.42).

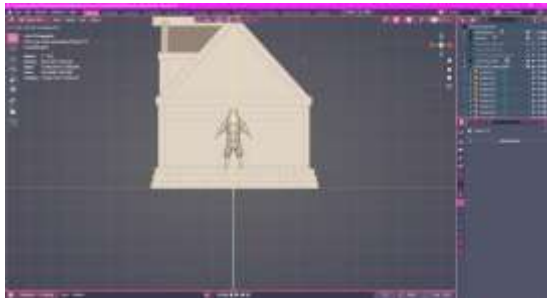


Рисунок 3.41 - Включаємо відображення моделі ведмедя

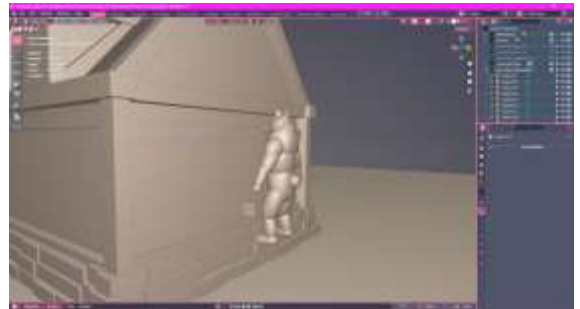


Рисунок 3.42 - Розміщуємо модель ведмедя

Виділимо верхню дерев'яну конструкцію, і використовуємо спочатку інструмент Loop Cut, щоб створювати додатковий розріз по середині об'єкта, а потім застосовуємо інструмент Bevel, при використанні даного інструменту, у нас з'явиться вже два розрізи, однакової довжини. Після чого ми виділяємо не потрібні грані посередині та видаляємо їх, як зображено на (рис. 3.43).

Потім беремо раніше створений куб і за допомогою інструменту Snap, примагнічуємо куби до вершин верхньої балки, як зображено на (рис. 3.44).

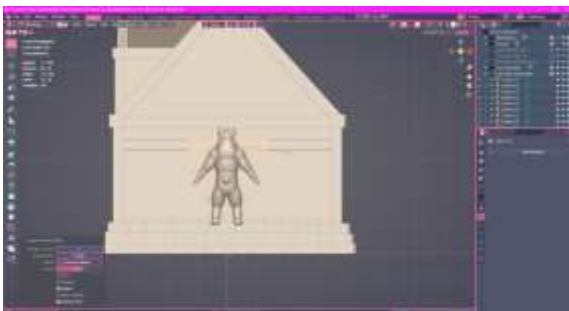


Рисунок 3.43 - Видалення граней



Рисунок 3.44 - Примагнічуємо куб до вершин верхньої балки

Після переходимо в режим Wireframe, виділяємо нижню грань, і за допомогою інструмента Move зрушуємо по осі Z, як зображено на (рис. 3.45).

Тепер створюємо додатковий розріз, і переміщаємо його в низ об'єкта. Виділяємо грані та застосовуємо інструмент Extrude Along Normals, даний інструмент зробить нарощування додаткової геометрії об'єкту, при цьому це буде пропорційно однаково на всі боки, як зображено на (рис. 3.46).

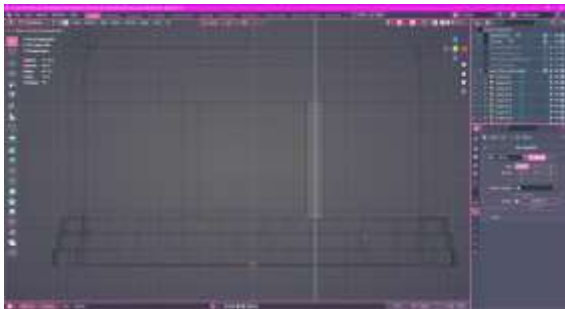


Рисунок 3.45 - Переміщуємо грань по осі Z



Рисунок 3.46 - Застосовуємо інструмент Extrude Along Normals

Внизу зліва відкриється додаткові налаштування інструменту Extrude, тут ми можемо регулювати розмір самого Extrude, а також увімкнути функцію Offset Even, яка зробить екструдування рівним, як зображено на (рис. 3.47).

При створенні кам'яного навісу ми створюємо примітив куба, і після його зменшуємо за допомогою інструмента Scale. Потім активуємо модифікатор Mirror та розміщуємо примітиви ближче до центру об'єкта, як зображено на (рис. 3.48).

Рисунок 3.47 - Включаємо функцію Offset Even





Рисунок 3.48 – Розміщуємо примітиви по центру об'єкта

Потім зрушуємо майбутній кам'яний навіс ближче до основного каркасу будівлі. За допомогою інструмента Move. І в налаштуваннях модифікатора Mirror вмикаємо функцію Clipping. Ця функція, об'єднає два об'єкти, які ми редагуємо, і другий який повторює дії зроблені першому об'єкті, як зображено на (рис. 3.49).

Зараз ми формуємо базовий вид навісу, для цього ми розміщували два куби посередині, і зараз при використанні інструменту Extrude формуємо вигляд навісу, як зображено на (рис. 3.50).

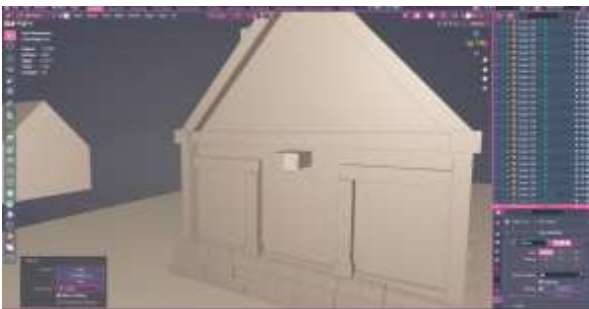


Рисунок 3.49 – Вмикаємо функцію Clipping

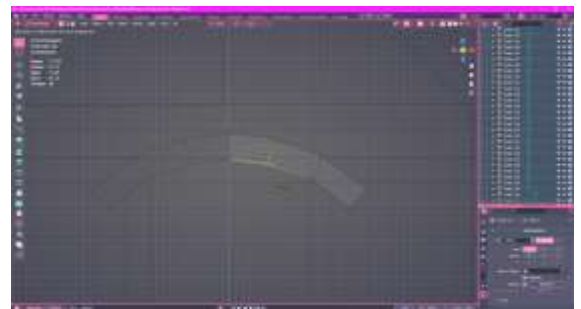


Рисунок 3.50 – Формуємо базовий вид навісу

Наступним кроком ми активуємо модифікатор Subdivision Surface. Цей модифікатор використовується для збільшення роздільної здатності та плавності на поверхні 3D моделі, як зображено на (рис. 3.51).

Для того щоб регулювати ступінь плавності та збільшення роздільної здатності даний модифікатор краще використовувати в парі з інструментом Bevel, як зображено на (рис. 3.52). Даний інструмент при виділенні певних ребер створює так звані ребра підтримки, які дозволяють зберегти плавність

об'єкта, при цьому об'єкт все також містить свою первинну форму. У нижньому лівому кутку відкриті параметри налаштувань інструменту Bevel, серед усіх цих параметрів нам потрібні параметри Shape і Width. Параметр Shape відповідає за форму згладжування країв. Цей параметр дозволяє вибирати різні профілі для згладжування, що дає більше гнучкості у створенні різноманітних ефектів. А параметр Width, який регулює ширину згладженої кромки довкола кута або ребра об'єкта. Цей параметр дозволяє контролювати, наскільки широко застосовується згладжування.



Рисунок 3.51 – Активуємо модифікатор Subdivision Surface

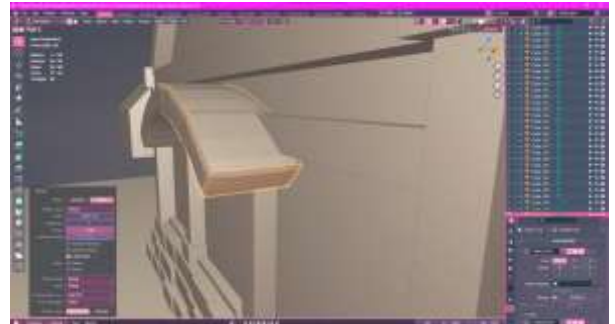


Рисунок 3.52 – Створення ребер підтримки

Після того, як створили кам'яний навіс, ми застосовуємо модифікатор Subdivision Surface, і на нашому об'єкті з'являється зайва додаткова геометрія. Щоб її видалити, потрібно вибрати всі потрібні ребра і натиснути на гарячу клавішу X і вибрати пункт Edge Loops, як зображено на (рис. 3.53).

І останнім кроком у створенні навісу буде використання інструменту Proportional Editing. Даний інструмент дозволяє редагувати вершини, ребра або грані об'єкта з урахуванням плавного впливу на сусідні області у заданому радіусі. Для того, щоб ним скористатися, потрібно виділити весь об'єкт при натисканні на гарячу клавішу A, а потім натиснути на гарячу клавішу O і тим самим увімкнеться інструмент Proportional Editing. Після вибираємо потрібну вісь у нашому випадку Z і потім натискаємо на клавішу F після з'являється область у вигляді кола, яка регулює пропорційне редагування, як зображено на (рис. 3.54).

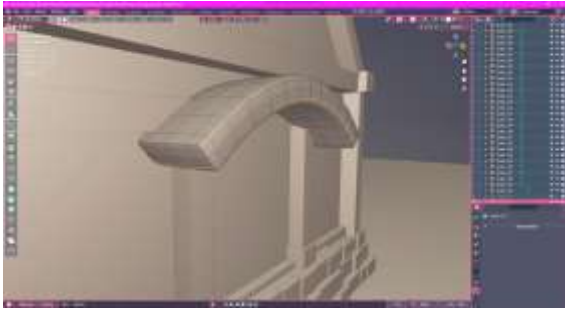


Рисунок 3.53 – Видалення зайвої геометрії

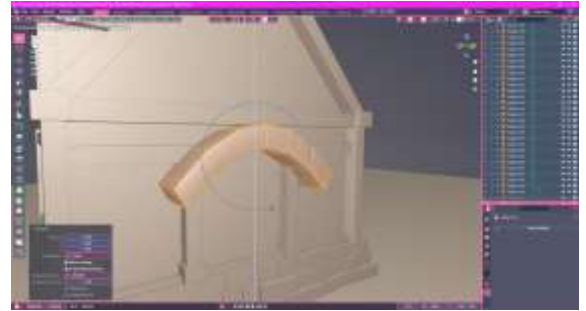


Рисунок 3.54 – Використання інструменту Proportional Editing

І виходить такий результат, як зображено на (рис. 3.55).

3.3.5 Створення кам'яних сходів

На цьому етапі ми створюємо кам'яні сходи для дому. Зараз ми створили примітив куб, і за допомогою інструменту Scale масштабуємо по осі Y, як зображено на (рис. 3.56).

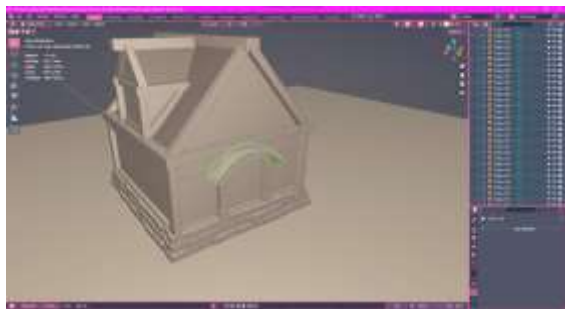


Рисунок 3.55 – Створений кам'яний навес



Рисунок 3.56 – Масштабуємо по осі Y

Після цього ми вибираємо першу сходинку і піднімаємо по осі Z використовуючи інструмент Move, і примагнічуємося до вершини, яка розташована на самому низу кам'яної кладки, як зображено на (рис. 3.57).

Зараз ми дублюємо сходи і зрушуємо їх по осі Y, використовуючи інструмент Move, як зображено на (рис. 3.58).

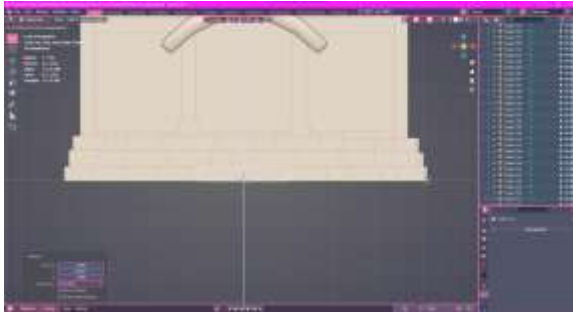


Рисунок 3.57 – Розташовуємо першу сходинку



Рисунок 3.58 - Зміщуємо сходи по осі Y

Потім виділяємо кам'яну кладку, яка знаходиться за сходами, і видаляємо її, використовуючи гарячу клавішу X, як зображено на (рис. 3.59).

І тепер вибираємо сходинки і примагнічуємо до вершини, яка розташована вгорі кам'яної кладки, як зображено на (рис. 3.60).

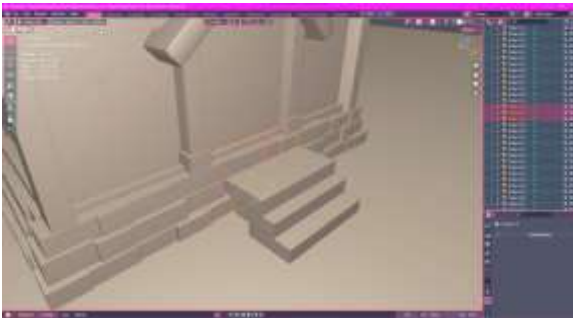


Рисунок 3.59 - Видаляємо зайву кам'яну кладку

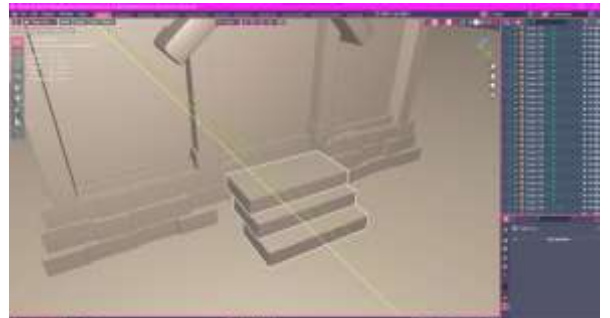


Рисунок 3.60 – Редагуємо положення сходів

Після того як були видалені не потрібні об'єкти кам'яної кладки, ми вибираємо ті, що залишилися, і переходимо в режим редагування, потім вибираємо грані по натисканню на гарячу клавішу Z, і примагнічуємо до вершин розташованим на сходах, тим самим ми закриваємо відкриту область після видалення, як зображено на (рис. 3.61).

І після виконаних дій маємо такий результат, як зображено на (рис. 3.62).

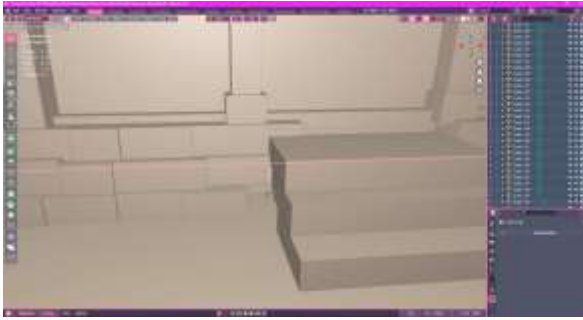


Рисунок 3.61 – Закриваємо відкриту область

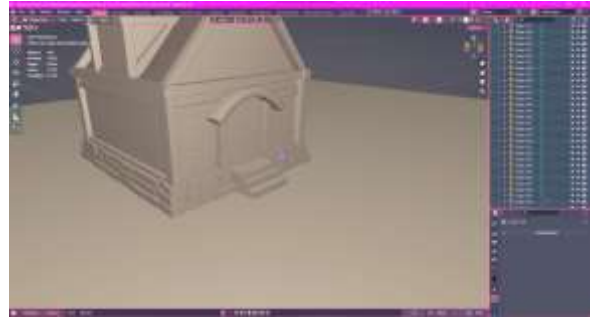


Рисунок 3.62 – Створені кам'яні сходи

3.3.6 Створення димоходу

Перед створенням димоходу, нам необхідно створити відповідний примітив. У нашому випадку ми будемо використовувати примітив Circle (коло), після створення в нижньому лівому куті відкриється параметри створення, нам потрібно вибрати параметр Vertices і встановити в ньому значення 8, як зображено на (рис. 3.63).

Потім ми його переміщаємо на місце, як зображено на рисунку референсу, і застосовуємо інструмент Extrude і зрушуємо по осі Z, як зображено на (рис. 3.64).

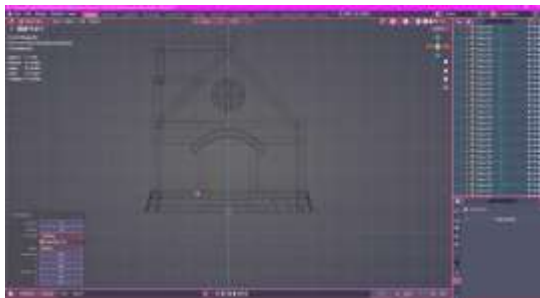


Рисунок 3.63 – Створення примітиву Circle



Рисунок 3.64 – Екструдуюємо по осі Z

Після цього починаємо знову екструдувати по осі Z і формувати форму димоходу, як зображено на (рис. 3.65).

Зшиваємо відкриту область полігонами, для цього переключаємося на режим роботи з ребрами, і виділяємо одне ребро і чотири рази натискаємо

гарячу клавішу F, тим самим зшиваємо цю область полігонами, як зображено на (рис. 3.66).

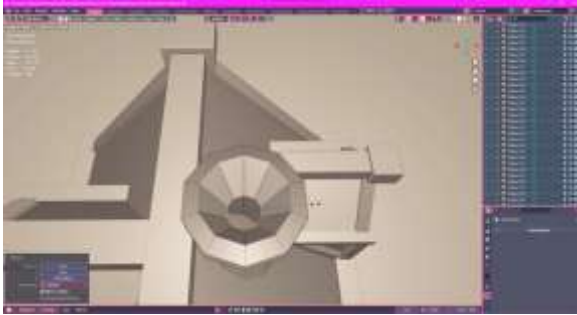


Рисунок 3.65 – Створюємо форму димоходу

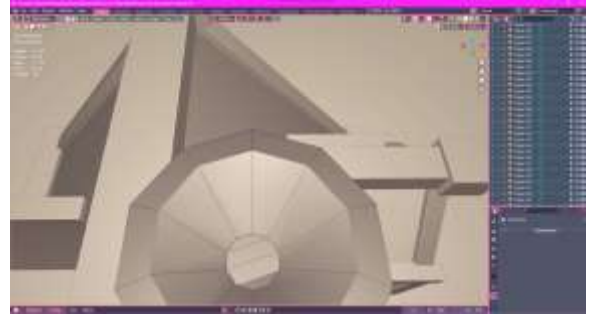


Рисунок 3.66 - Зшиваємо відкриту область полігонами

Активуємо модифікатор Subdivision Surface, і вибираємо ребра та застосовуємо інструмент Bevel для додавання ребер підтримки, як зображено на (рис. 3.67).

Тепер застосовуємо модифікатор, і вибираємо зайві ребра та видаляємо їх, як зображено на (рис. 3.68).

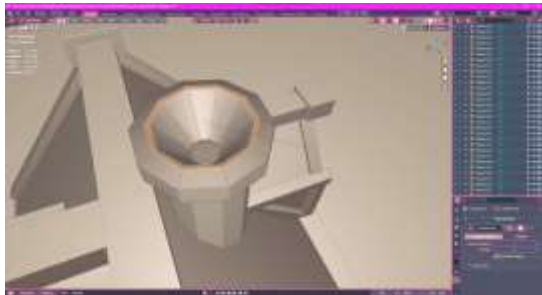


Рисунок 3.67 - Активуємо модифікатор Subdivision Surface

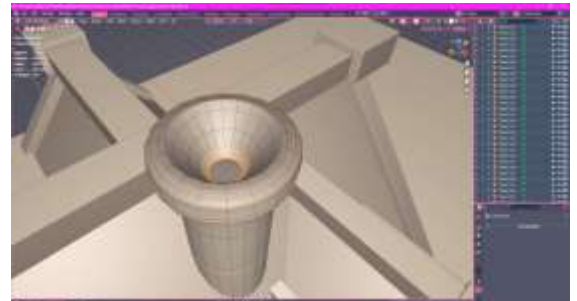


Рисунок 3.68 – Видаляємо зайві ребра

Після видалення зайвих ребер ми екструдуємо полігони, які нагадуватимуть цегляну кладку, як зображено на (рис. 3.69).

Потім в основі димоходу ми додаємо додаткові розрізи для екструдування цегли з труби димоходу, як зображено на (рис. 3.70).

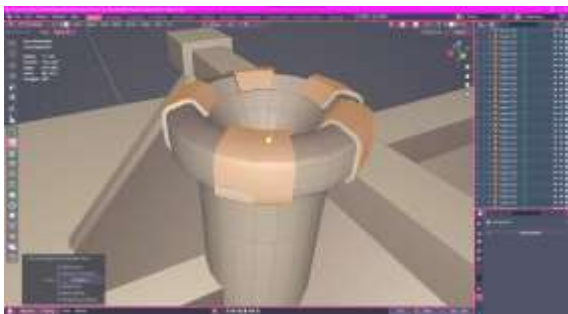


Рисунок 3.69 – Екструдуюемо полігони

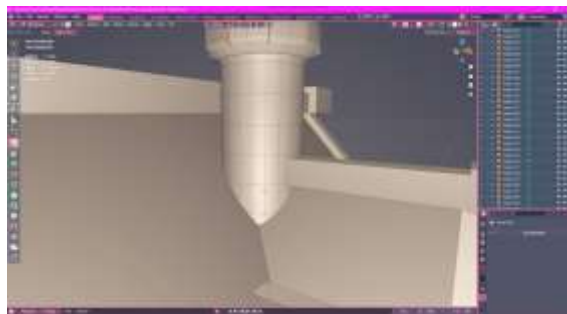


Рисунок 3.70 – Додаємо додаткові розрізи

Виходить такий результат, як зображено на (рис. 3.71).

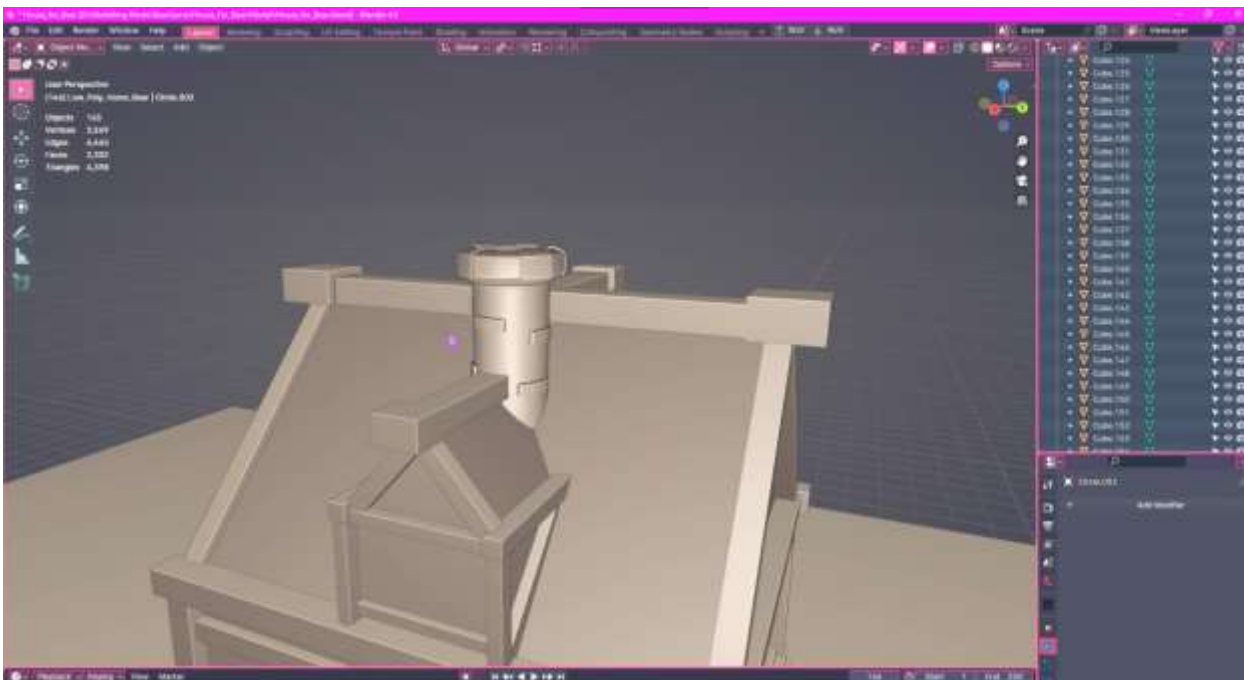


Рисунок 3.71 – Створений димохід

3.3.7 Створення вікон

Зараз ми приступаємо до створення вікон у будинку. Вікон буде 3 типи: круглі, напівкруглі та квадратні. На початку ми створюємо круглі вікна, для цього ми створюємо примітив Circle та встановлюємо значення у параметрі Vertices – 12. Тобто створюємо коло з дванадцятьма вершинами, як зображено на (рис. 3.72).

Тепер повертаємо коло використовуючи гарячу клавішу R, потім вибираємо вісь X та повертаємо на 90 градусів. Після цього переходимо в ортогональний вигляд спереду, і розміщуємо коло у верхній частині будинку, і використовуючи інструмент Scale зменшуємо масштаб, як зображено на (рис. 3.73).

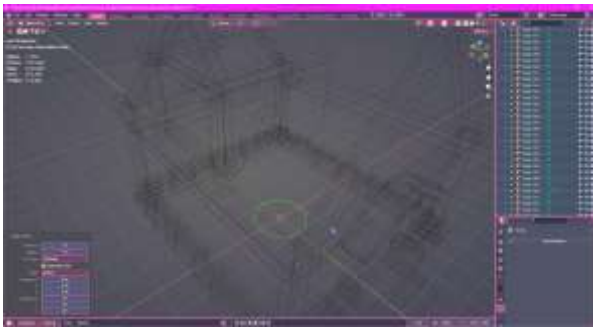


Рисунок 3.72 – Створюємо примітив Circle

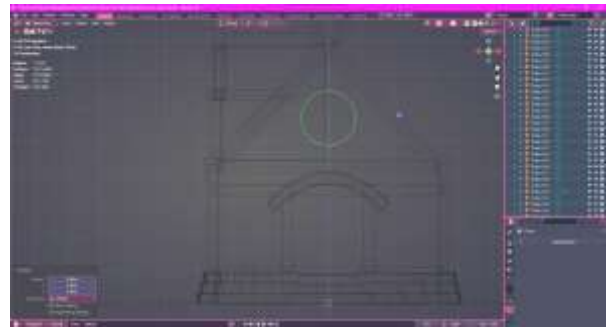


Рисунок 3.73 – Розміщуємо коло

Після розміщення кола ми виділяємо всі вершини при натисканні на гарячу клавішу A, а потім використовуємо інструмент Extrude та інструмент Scale. І масштабуємо новий створений сегмент із полігонами, як зображено на (рис. 3.74).

Знову виділяємо весь об'єкт використовуючи гарячу клавішу A. І потім екструдуюмо по осі Y, як зображено на (рис. 3.75).

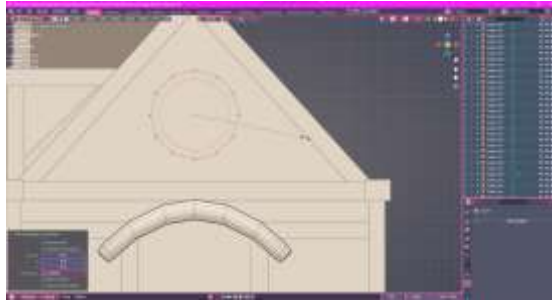


Рисунок 3.74 - Масштабуємо новий створений сегмент

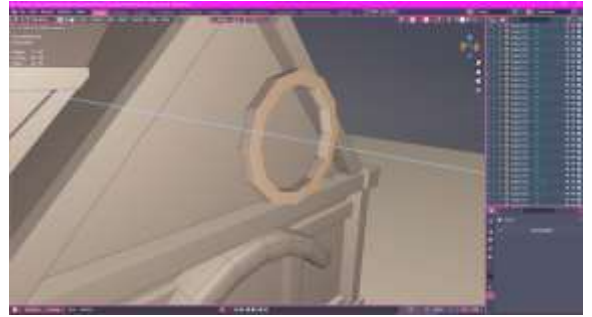


Рисунок 3.75 - Екструдуємо по осі Y

Виділяємо задні полігони та видаляємо їх, це потрібно зробити для того, щоб видалити зайві полігони та пошити центр самого вікна, як зображено на (рис. 3.76).

І тепер виділяємо верхнє ребро в центрі об'єкта та натискаємо на гарячу клавішу F, тим самим ми зшиваємо полігони в центрі об'єкта та формуємо вікно, як зображено на (рис. 3.77).

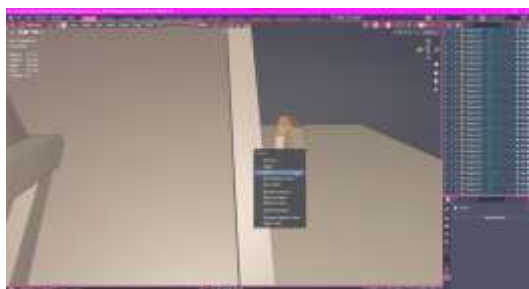


Рисунок 3.76 – Видаляємо задні полігони



Рисунок 3.77 – Зшиваємо полігони в центрі об'єкта

Тепер створюємо дерев'яну раму вікна, для цього створюємо примітив Plane і за допомогою інструмента Scale змінюємо масштаб об'єкта, як зображено на (рис. 3.78).

Потім повертаємо наш об'єкт по осі X на 90 градусів, і використовуємо інструмент екструдування та створюємо додаткову геометрію, яка утворюватиме дерев'яну рамку вікна, як зображено на (рис. 3.79).

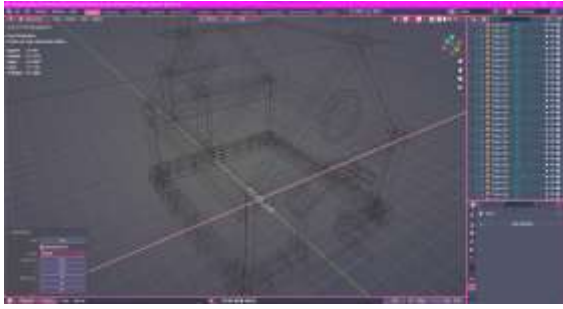


Рисунок 3.78 - Створюємо дерев'яну раму вікна



Рисунок 3.79 - Повертаємо об'єкт по осі X на 90 градусів

Тепер використовуємо поєднання клавіш Shift+D і дублюємо дерев'яну рамку та повертаємо на 90 градусів по осі Y, як зображено на (рис. 3.80).

Після того як створили дерев'яну рамку, ми використовуємо модифікатор Subdivision Surface, і вибираємо потрібні ребра і застосовуємо функцію Edge Crease утримуючи поєднання клавіш Shift+E, як зображено на (рис. 3.81). Edge Crease використовується для визначення гостроти чи згладженості кутів на поверхні 3D-моделі. Коли ви створюєте тривимірні об'єкти, деякі кути можуть бути гострими, інші - більш закругленими. Edge crease дозволяє контролювати, наскільки різкими краї між поверхнями.

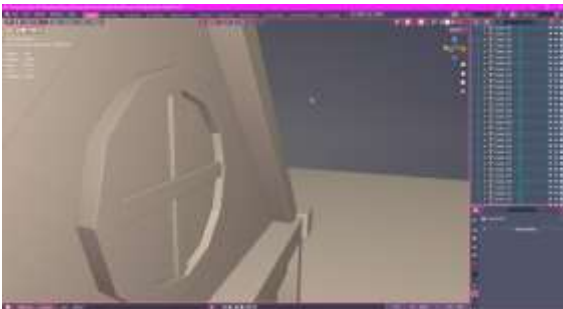


Рисунок 3.80 - Дублюємо дерев'яну рамку



Рисунок 3.81 - Застосовуємо функцію Edge Crease

І ми створили перший тип вікон – круглі, як зображено на (рис. 3.82).

І зі зворотного боку будинку також дублювалося це вікно, як зображено на (рис. 3.83).



Рисунок 3.82 – Створені круглі вікна



Рисунок 3.83 - Створене кругле вікно зі зворотного боку

На поточному етапі ми створюємо напівкруглі вікна. Для цього ми створюємо примітив із класу Curve (криві) - Path, як зображено на (рис. 3.84). Path (шлях) часто використовується для визначення шляху, яким об'єкт або камера може рухатися в анімації. Це може бути крива або лінія, по якій об'єкт слідуватиме, створюючи плавний рух. Але в нашому випадку дана крива формуватиме вигляд самого вікна і після перетворюватися на об'єкт.

Після того, як ми створили криву Path, переходимо в режим редагування та за допомогою гарячої клавіші A, виділяємо всю криву та зменшуємо в масштабі, як зображено на (рис. 3.85).

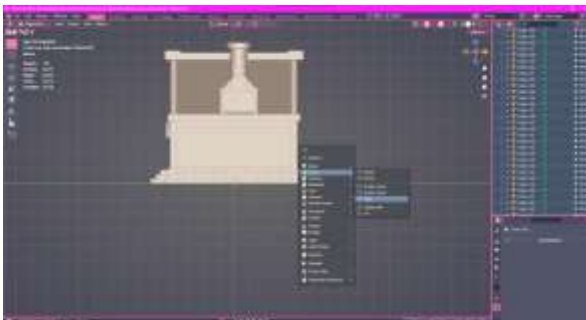


Рисунок 3.84 - Створюємо примітив Path

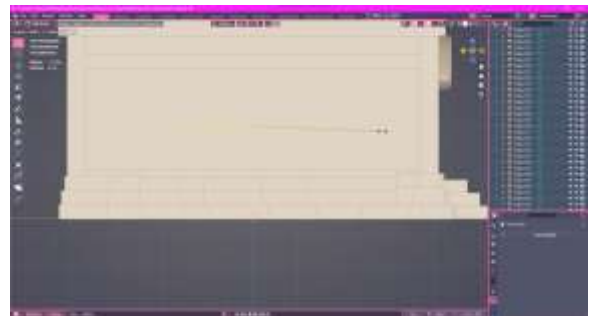


Рисунок 3.85 - Зменшуємо в масштабі криву

Тепер маємо криву в місці майбутнього вікна, і переходимо в режим редагування, і виділяючи крапки ми можемо взаємодіяти з кривою, і таким чином ми формуємо напівкруглий вигляд вікна, як зображено на (рис. 3.86).

І як перестали формувати вигляд вікна, натискаємо на праву кнопку мишки і знаходимо розділ Convert to - Mesh. Тепер ця крива стала об'єктом, у якого тепер доступно редагування полігонів та використання модифікаторів. При цьому сама форма об'єкта не змінилася, як зображено на (рис. 3.87).



Рисунок 3.86 - Формуємо напівкруглий вигляд вікна



Рисунок 3.87 - Конвертуємо криву в об'єкт

На цьому етапі ми виокремлюємо об'єкт і переходимо в режим редагування. Використовуючи гарячу клавішу A, ми виділяємо весь об'єкт і використовуємо інструмент екструдуювання, а потім інструмент Scale. Таким чином, ми регулюємо товщину майбутнього вікна, як зображено на (рис. 3.88).

Після цього ми виділяємо непотрібні ребра і видаляємо їх, щоб оптимізувати кількість полігонів, як зображено на (рис. 3.89).



Рисунок 3.88 – Створюємо товщину майбутнього вікна



Рисунок 3.89 – Видаляємо непотрібні ребра

Тепер знову виділяємо весь об'єкт, екструдуюємо його по осі X, і створюємо товщину вікна, як зображено на (рис. 3.90).

Видаляємо задню частину полігонів і зрушуємо по осі X внутрішню частину вікна, як зображено на (рис. 3.91).

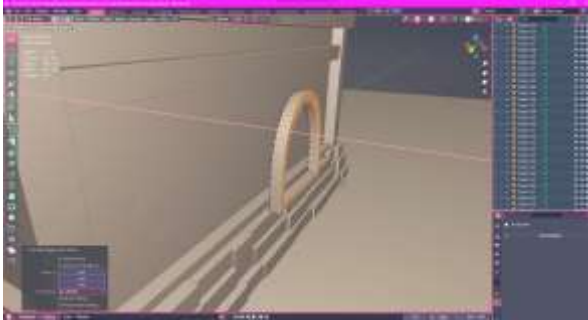


Рисунок 3.90 – Створюємо товщину вікна

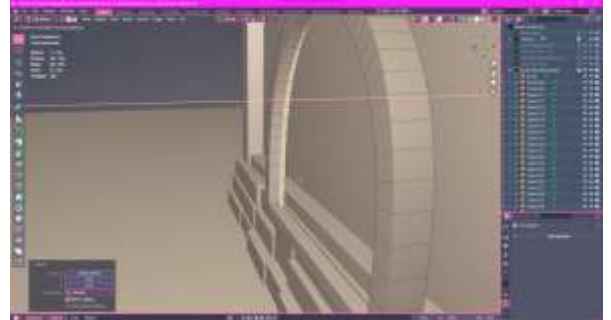


Рисунок 3.91 - Видаляємо задню частину полігонів

Вибираємо верхнє ребро і натискаємо на гарячу клавішу F. Тим самим ми зшиваємо відкриту область полігонів і формуємо вікно, як зображено на (рис. 3.92).

Додаємо дерев'яну рамку та переміщуємо вікно по осі Y, як зображено на (рис. 3.93).



Рисунок 3.92 - Зшиваємо відкриту область полігонів



Рисунок 3.93 - Додаємо дерев'яну рамку

Потім використовуємо модифікатор Array і створюємо ще вікна з різних боків будинку, як зображено на (рис. 3.94). Цей модифікатор використовується для створення повторюваних копій об'єкта або групи об'єктів уздовж певного напрямку або шляху. Цей модифікатор дозволяє швидко та легко створювати масиви об'єктів без необхідності ручного копіювання та розташування кожного елемента.

Зараз створюємо квадратний тип вікон, які розташовуватимуться біля горища. Квадратні вікна створюються за таким алгоритмом дій, спочатку створюється примітив куба, який розташовується біля горища і з нього майбутній вигляд вікна, шляхом використання інструменту Scale по осі X, як зображено на (рис. 3.95).

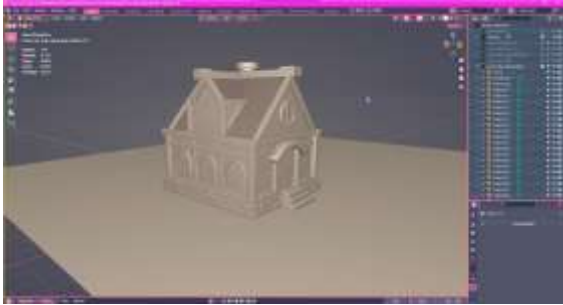


Рисунок 3.94 – Створення додаткових вікон

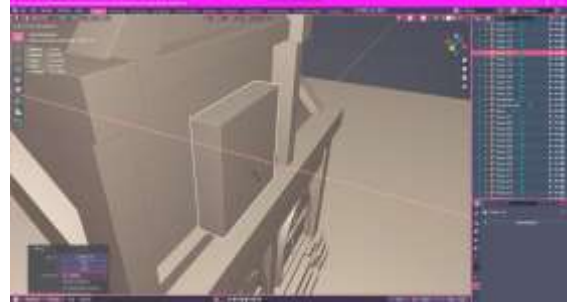


Рисунок 3.95 - Створюємо квадратний тип вікон

Після того, як створили базову форму вікна, використовуємо інструмент Insert для натискання на гарячу клавішу I, як зображено на (рис. 3.96). Цей інструмент використовується для створення нової петлі ребра в існуючу сітку моделі. Це корисно при налаштуванні топології об'єкта для більш детального контролю за формою.

Як було зроблено налаштування розміру майбутнього вікна, далі ми використовуємо інструмент Extrude, як зображено на (рис. 3.97).



Рисунок 3.96 - Використовуємо інструмент Insert



Рисунок 3.97 - Використовуємо інструмент Extrude

У цьому вікні також була створена дерев'яна рамка, як і в вище описаних вікнах, як зображено на (рис. 3.98).

І додатковим елементом прикраси вікна були створені віконниці. Для їх створення використовувався примітив куба, далі активуємо модифікатор Mirror, без використання функції Clipping. Так як у цьому випадку нам важливо зберегти відстань між об'єктами, як зображено на (рис. 3.99).

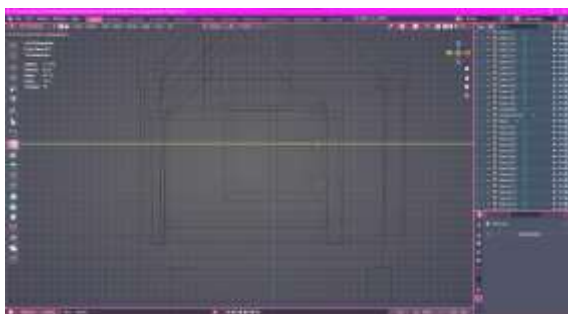


Рисунок 3.98 - Створена дерев'яна рамка



Рисунок 3.99 - Створення віконниць

Зараз ми використовуємо інструмент Loop Cut і створюємо на об'єкті дев'ять додаткових розрізів по горизонталі, як зображено на (рис. 3.100).

Після створюємо інструментом Loop Cut один розріз посередині, і використовуємо інший інструмент Bevel для того щоб рівномірно зрушити розрізи по об'єкту, як зображено на (рис. 3.101).



Рисунок 3.100 - Використовуємо інструмент Loop Cut



Рисунок 3.101 – Використовуємо інструменти Loop Cut та Bevel

Тепер виділяємо через одну грань, і видаляємо їх з обох боків, як зображено на (рис. 3.102).

Як видалили грані, зшиваємо внутрішні грані, використовуючи виділення вершин і гарячу клавішу F. І потім формуємо вид віконниць, як зображено на (рис. 3.103).

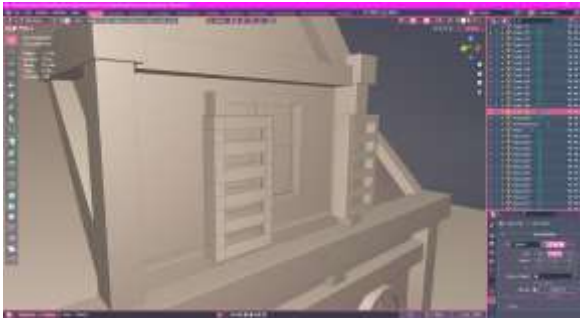


Рисунок 3.102 – Видаляємо зайві грані



Рисунок 3.103 – Зшиваємо внутрішні грані

З іншого боку також дублюємо віконниці, тільки робимо їх закритішими, як зображено на (рис. 3.104).

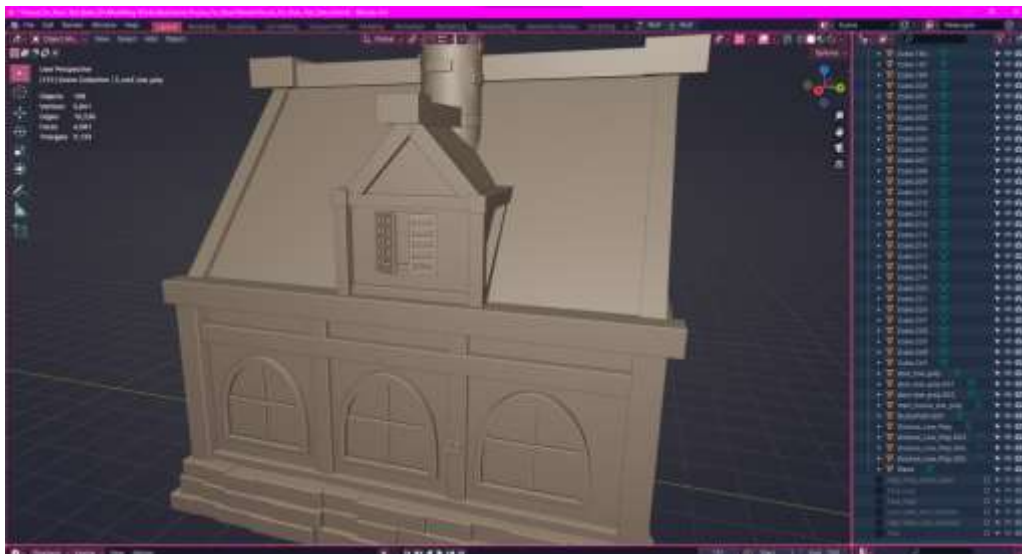


Рисунок 3.104 - Дублюємо віконниці з іншого боку

3.3.8 Створення арки та дверей

Насамперед ми створюємо арку в дверному отворі будинку. Для цього створюємо примітив кривої Path, і розміщуємо біля входу в будинок, як зображено на (рис. 3.105).

Видаляємо ліву частину кривої і застосовуємо модифікатор Mirror, як зображено на (рис. 3.106).

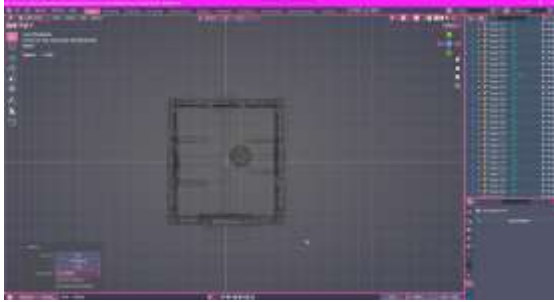


Рисунок 3.105 - Створюємо примітив кривої Path

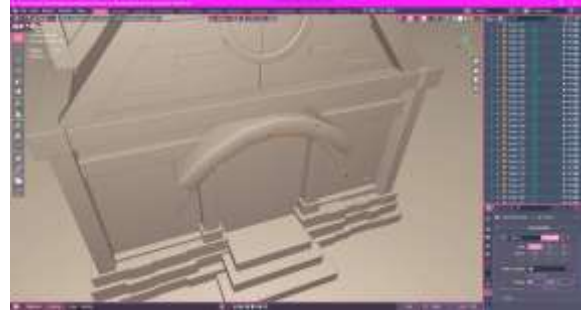


Рисунок 3.106 - Застосовуємо модифікатор Mirror

Тепер формуємо форму арки з кривої, і за допомогою інструменту Extrude створюємо нові вершини і зрушуємо їх по осі Z вниз вдома, як зображено на (рис. 3.107).

Надаємо округлості арки, як зображено на (рис. 3.108).



Рисунок 3.107 - Формуємо форму арки з кривої

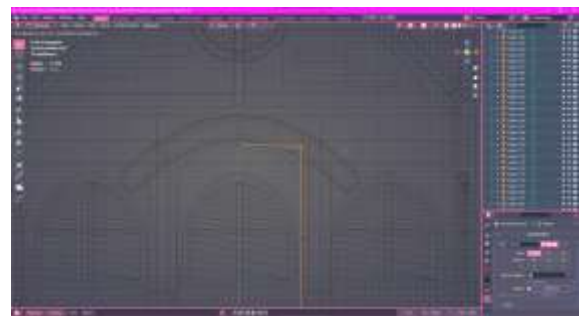


Рисунок 3.108 - Надаємо округлості арки

На даному етапі ми дублюємо арку і натискаємо на праву клавішу мишки і тим самим переносимо 3D Cursor з центру сцени в основу арки. Після цього натискаємо знову на праву клавішу мишки і відкриваємо пункт Set Origin - Origin to 3D Cursor. І тепер Origin об'єкта буде на основі продубльованої арки, і ми зможемо зручно для себе масштабувати розмір другої арки, як зображено на (рис. 3.109).

Після цього ми розміщуємо другий сегмент арки відносно першої, але тільки менше розміром, як зображено на (рис. 3.110).



Рисунок 3.109 - Дублюємо арку



Рисунок 3.110 - Розміщуємо другий сегмент арки

Потім конвертуємо криві в меш і об'єднуємо їх між собою, використовуючи гарячі клавіші Ctrl+J. Після цього вибираємо вершини і об'єднуємо їх у полігони, і вирівнюємо їх, як зображено на (рис. 3.111).

Після об'єднання полігонів вибираємо зайві ребра і натискаємо на гарячу клавішу X і видаляємо Edge Loops, як зображено на (рис. 3.112).



Рисунок 3.111 - Конвертуємо криві в меш



Рисунок 3.112 - Видаляємо Edge Loops

Тепер виділяємо всі вершини та використовуємо інструмент Extrude, для створення товщини об'єкта, як зображено на (рис. 3.113).

За допомогою інструмента Move, переміщуємо арку по осі Y, ближче до дверей будинку, як зображено на (рис. 3.114).

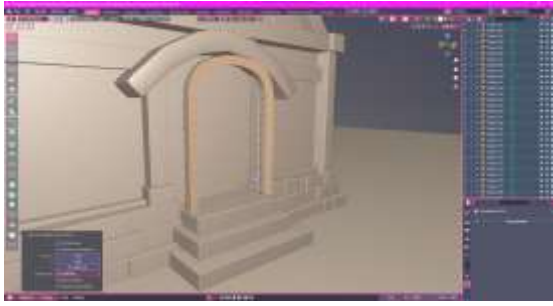


Рисунок 3.113 - Використовуємо інструмент Extrude

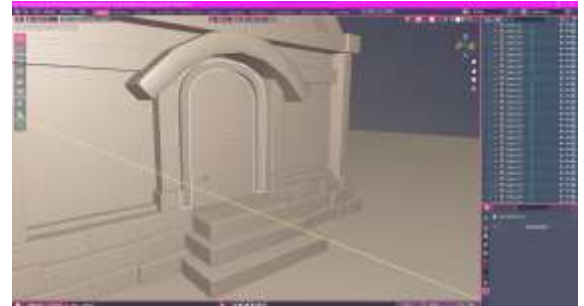


Рисунок 3.114 - Переміщуємо арку по осі Y

Тепер переходимо до створення дверей. При створенні дверей ми не створювали нових примітивів, а продублювали ребра вже створеної арки, і після використовували гарячу клавішу P, а потім вибрати функцію Separate, тим самим створили новий об'єкт. І потім зашили внутрішні полігони ребер, використовуючи гарячу клавішу F, як зображено на (рис. 3.115).

Зараз ми зробили екструдкування двері по осі Y, а потім додали додаткові розрізи по вертикалі, використовуючи інструмент Loop Cut, як зображено на (рис. 3.116).



Рисунок 3.115 - Створення дверей



Рисунок 3.116 - Екструдкування двері по осі Y

Потім переміщуємо двері використовуючи інструмент Move по осі Y. І переходимо в ортогональний режим спереду і переходимо в режим редагування. Вибираємо шість полігонів трохи вище за центр дверей, і натискаємо на праву клавішу мишки і знаходимо пункт LoopTools - Circle, як зображено на (рис. 3.117). LoopTools - набір інструментів, що дозволяє

перетворювати вибрані вершини або ребра у форму кола, що може бути корисно при створенні круглих деталей або згладжуванні кутів.

Створюємо коло і за допомогою інструмента Scale ми можемо регулювати розмір кола, далі використовуємо ще один інструмент під назвою Insert, як зображено на (рис. 3.118).



Рисунок 3.117 – Використовуємо набір інструментів LoopTools

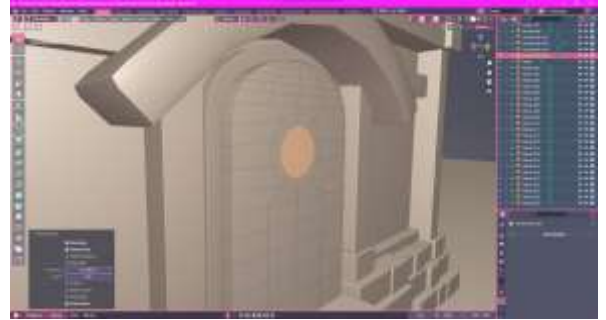


Рисунок 3.118 – Створюємо коло

Формуємо у центрі вікно, використовуючи інструмент Scale і потім активуємо модифікатор Subdivision Surface, та застосовує функцію Edge Crease на ребрах дверей, як зображено на (рис. 3.119).

Потім застосовуємо модифікатор Subdivision Surface, і переходимо в режим редагування, виділяємо непотрібні грані та видаляємо їх натисканням на клавішу X - Edge Loops, як зображено на (рис. 3.120).

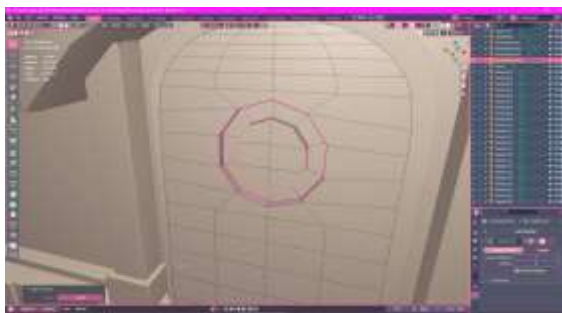


Рисунок 3.119 – Використовуємо функцію Edge Crease



Рисунок 3.120 – Видаляємо непотрібні грані

І заключним етапом у створенні дверей є створення дверної ручки. Для цього створюється перший помітивши куб, він буде у вигляді основи куди

входитиме дверна ручка. І потім створюється примітив коло, як зображено на (рис. 3.121).

І після створення примітиву, ми екструдуюмо коло і надаємо вигляду кола, тим самим створюючи дверну ручку, як зображено на (рис. 3.122).



Рисунок 3.121 – Створення примітива



Рисунок 3.122 – Створення дверної ручки

3.3.9 Створення даху

При створенні даху ми використовували примітив куба. Після ми формували окрему комірку даху при використанні інструменту Scale, як зображено на (рис. 3.123).

Після того, як створили базову форму, ми використовуємо інструмент Loop Cut і додаємо три розрізи посередині об'єкта і за допомогою інструмента Move піднімаємо по осі Z, як зображено на (рис. 3.124).

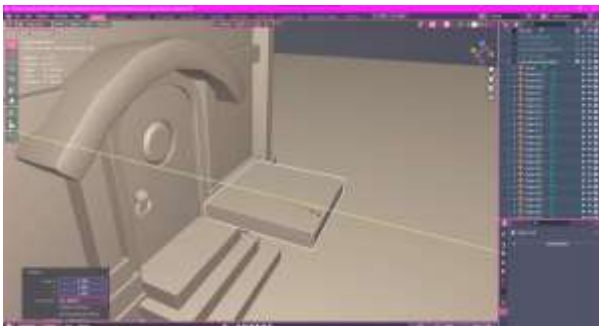


Рисунок 3.123 – Формуємо базову форму даху

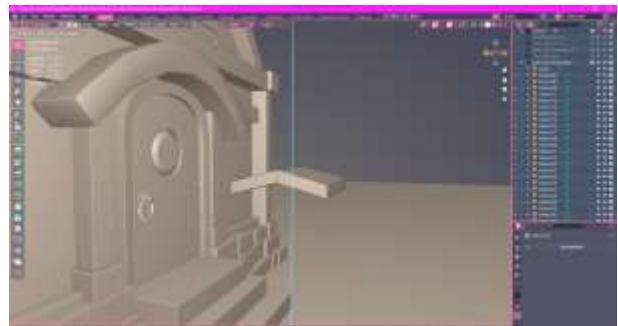


Рисунок 3.124 – Використовуємо інструмент Loop Cut

Потім переходимо в ортогональний вигляд спереду і переміщуємо об'єкт на рівень даху будинку. І повертаємо на 40 градусів по осі Y, як зображено на (рис. 3.125).

Тепер активуємо модифікатор Array і призначаємо такі параметри модифікаторі Count - 3, Factor Y - 1.030, як зображено на (рис. 3.126).



Рисунок 3.125 – Переміщуємо об'єкт

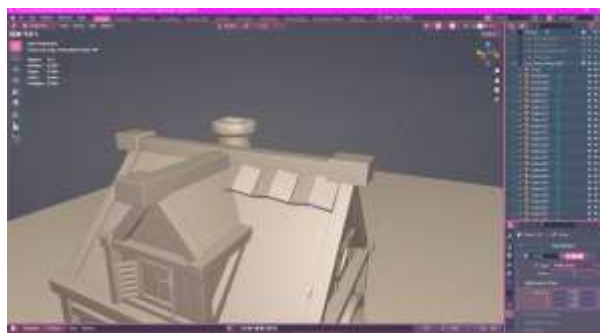


Рисунок 3.126 – Активуємо модифікатор Array

Потім використовуємо гарячі клавіші Shift+D та дублюємо об'єкти по всьому даху, як зображено на (рис. 3.127).

І таким чином, ми створили дах будинку, як зображено на (рис. 3.128).

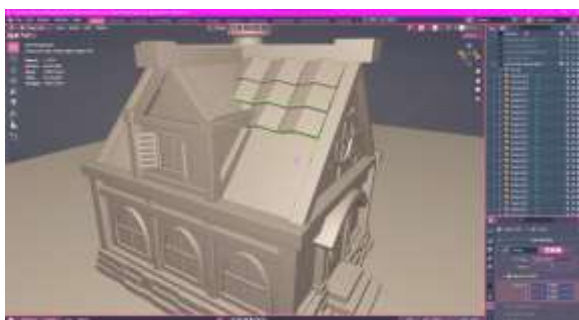


Рисунок 3.127 – Дублюємо об'єкти



Рисунок 3.128 – Створений дах

3.4 Створення груп згладжування

Після створення моделі тепер необхідно створити групи згладжування, для цього ми вибираємо модель і застосовуємо на ній Shade Smooth, тим самим його і створюємо. Згладжування працює від 30 градусів, тому, деякі

частини моделі, можуть неправильно спрацьовувати. І тому ми ставимо замість 30 градусів, 180 і починаємо вибирати всі гострі грані, потім натискаємо на праву кнопку мишки і вибираємо пункт Mark Sharp, як зображено на (рис. 3.129).

І такий результат виходить, тобто завдяки даному згладжуванню та вибірці певних граней згладжування, у нас є гострі місця, які зображені як на референсі, а гострих полігонів, що стирчать, більше не видно. І подібні дії робимо на всіх частинах моделі, як зображено на (рис. 3.130).

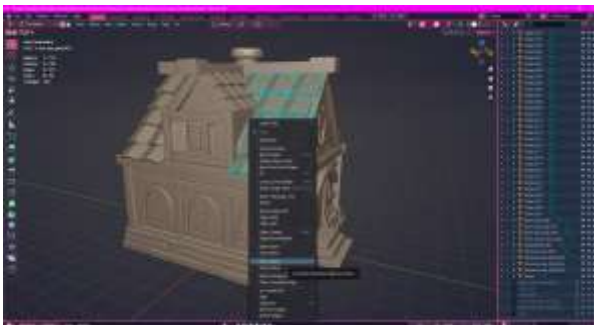


Рисунок 3.129 – Процес створення груп згладжування

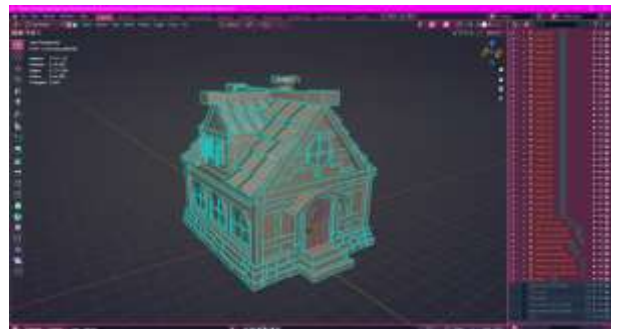


Рисунок 3.130 – Результат створення груп згладжування

3.4.1 Оптимізація моделі

Після створення груп згладжування ми переходимо до оптимізації моделі, тобто видаляємо зайві полігони, в тих місцях, де ми їх не бачимо. Для цього виділяємо ці полігони і видаляємо їх натискаючи на del або на x - faces. І таким чином, робимо всі ці дії на інших частинах моделі, як зображено на (рис. 3.131).

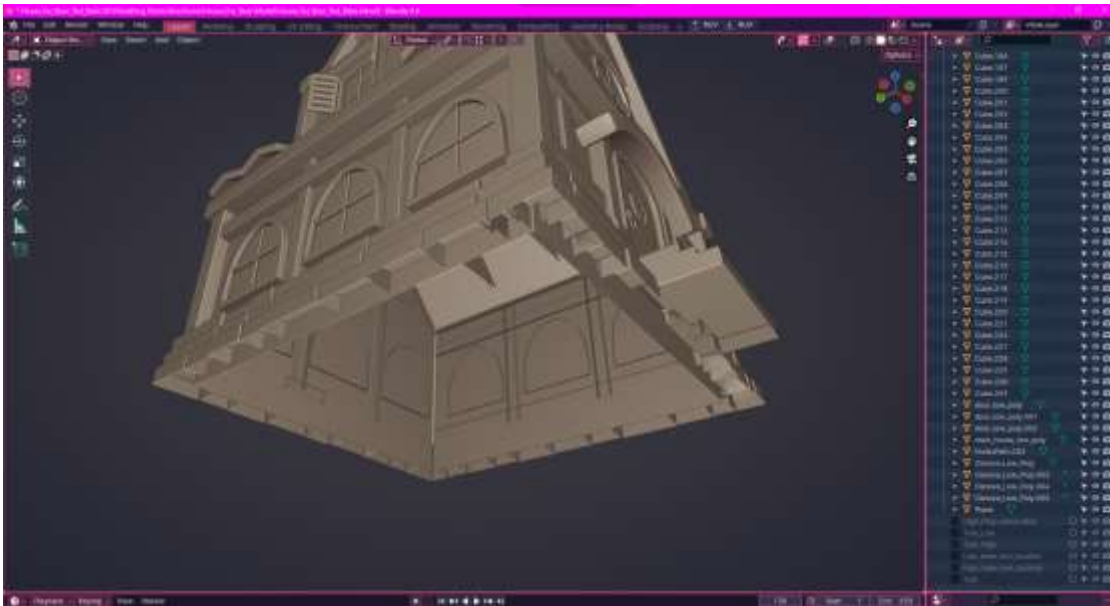


Рисунок 3.131 – Видалення зайвих полігонів

3.4.2 Скидання трансформацій

Після оптимізації моделі ми робимо скидання обертань, локації, масштабування. І повертаємо origin to geometry, як зображено на (рис. 3.132). Цей процес необхідно зробити для того, щоб коли ми надалі експортуватимемо модель в будь-яку програму, будь то створення скульптингу (Zbrush), UV розгортка (Rizom UV) тощо. Наша модель не вивертала нормалі, тобто полігони не виверталися задньою стороною, тому що в цих місцях будуть прозорі дірки, або навіть більшу частину моделі може бути не видно. Тому дані дії вкрай важливо зробити на даному етапі. Потім, після виконання скидання локації, масштабу та обертання моделі. Ми переходимо в режим редагування, переходимо в режим виділення вершин, натискаємо на гарячу клавішу A і виділяємо всі вершини, натискаємо на клавішу M і вибираємо пункт By Distance, як зображено на (рис. 3.133). Ця функція видаляє подвійні вершини, які могли залишитися після операцій інструменту extrude. І ці дії проробляємо, з іншими частинами моделі.

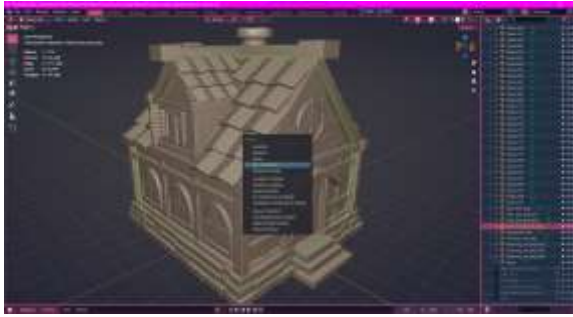


Рисунок 3.132 – Процес скидання трансформацій

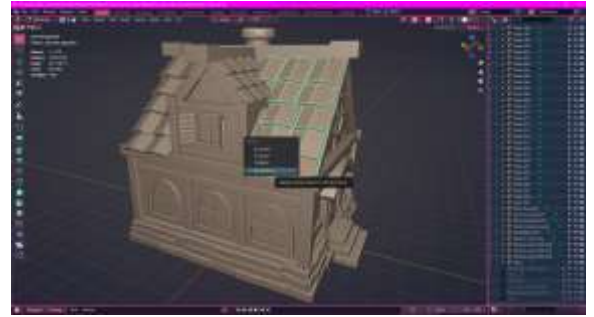


Рисунок 3.133 – Процес видалення подвійних вершин

3.4.3 Перевірка вивернення нормалей

Для перевірки ми натискаємо на клавішу Q і вибираємо пункт Face Orientation, або ще можна вибрати backface culling. Ті місця, які сині, в тих місцях полігони не вивернуті, і перебувають у нормальному положенні, де червоні – ні, як зображено на (рис. 3.134).

Для того, щоб їх повернути в нормальне положення, потрібно виділити всі полігони, натиснувши на клавішу A, після утримувати гарячі клавіші alt+n - recalculate outside, як зображено на (рис. 3.135).

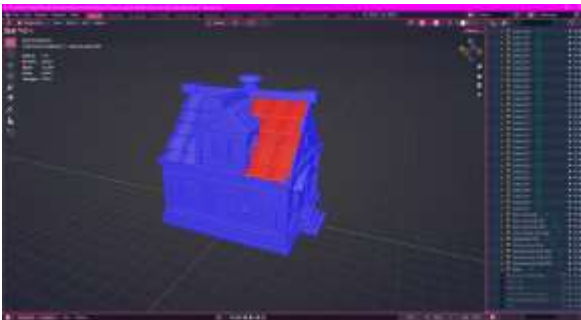


Рисунок 3.134 – Процес перевірки нормалей

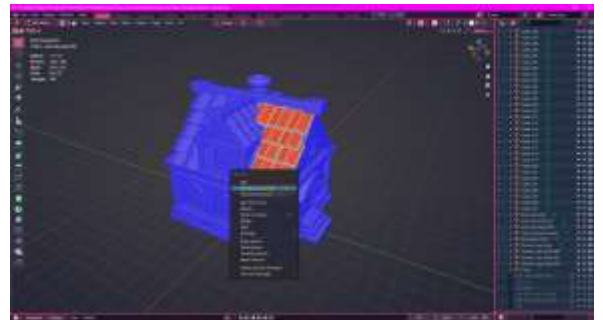


Рисунок 3.135 – Повернення в нормальне положення

І маємо такий результат, як зображено на (рис. 3.136).

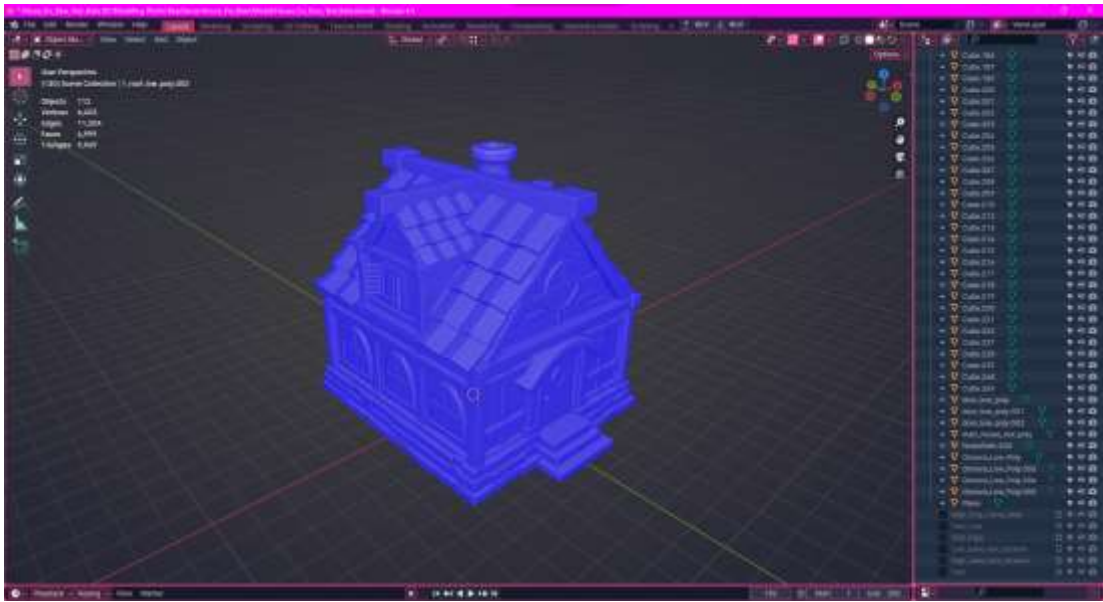


Рисунок 3.136 – Результат вивернення нормалей.

3.5 Створення скульптингу

Перш ніж почати створювати скульптинг, необхідно експортувати модель із редактора Blender, після чого ми вибираємо всю колекцію з моделлю будинку та натискаємо на гарячу клавішу F4 – Export – FBX, як зображено на (рис. 3.137). І переходимо до наступної програми для створення скульптингу – Zbrush.

Після цього відкриваємо програму Zbrush – Import – і відкриваємо наш файл з моделлю будинку та завантажуємо у програму, як зображено на (рис. 3.138). І всі ці дії з експортом та імпортом моделей, ідентичні для всіх програм.



Рисунок 3.137 – Експорт моделі

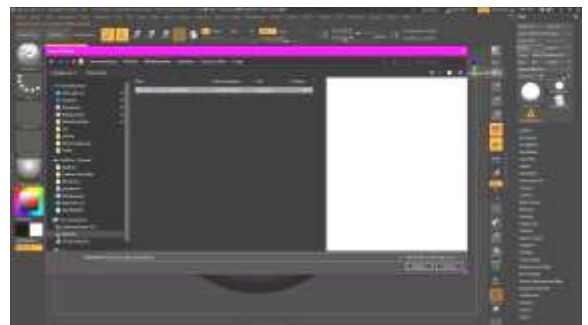


Рисунок 3.138 – Імпорт моделі

У даній моделі будинку ми будемо робити скульптинг для матеріалів дерева та каменю. Насамперед приступимо до створення скульптингу каменю. Для цього ми вибираємо кам'яну кладку у списку Subtool. І тепер ми відкриваємо вкладку Geometry – Dynamesh, встановлюємо параметр Resolution – 1152, як зображено на (рис. 3.139). І застосовуємо цю функцію.

Тепер додаємо додаткову геометрію при натисканні клавіші - Divide. І ще відкриваємо вкладку Transform - Active Symmetry, і активуємо симетрію по осі X. Використовуємо пензлик TrimDynamic і починаємо додавати деталізацію на фасках каменю, надаючи вигляду зношеності. І таким чином створюємо матеріал каменю, на всі кам'яні об'єкти будинку, а саме:

- кам'яна кладка, як зображено на (рис. 3.140);
- кам'яні сходи, як зображено на (рис. 3.141);
- арка, як зображено на (рис. 3.142).



Рисунок 3.139 - Використаємо функцію Dynamesh

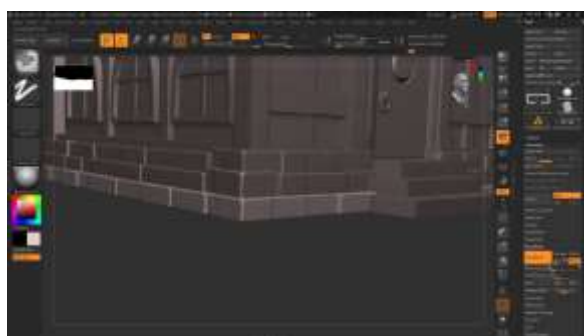


Рисунок 3.140 - Скульптинг кам'яної кладки

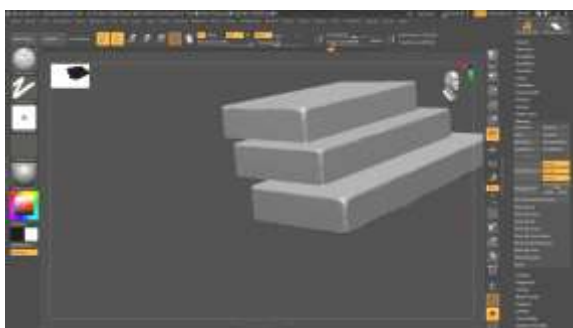


Рисунок 3.141 - Скульптинг кам'яних сходів

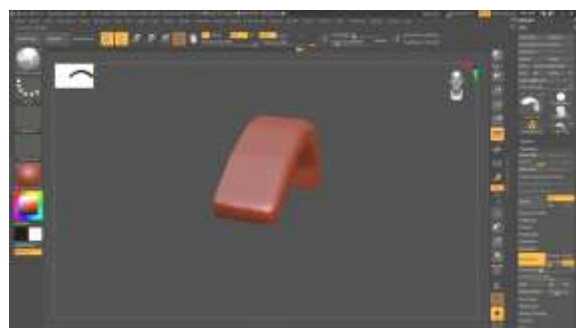


Рисунок 3.142 – Скульптинг арки

Після створення скульптингу на кам'яних частинах моделі ми переходимо до створення скульптингу дерева. Також застосовуємо функцію Dynamesh, встановлюємо параметр Resolution – 1176, як зображено на (рис. 3.143). І використовуємо пензлик TrimDynamic для створення скосів на фасці дерева.

Потім використовуємо пензель Orb_cracks2 для створення деревини фактури, як зображено на (рис. 3.144).

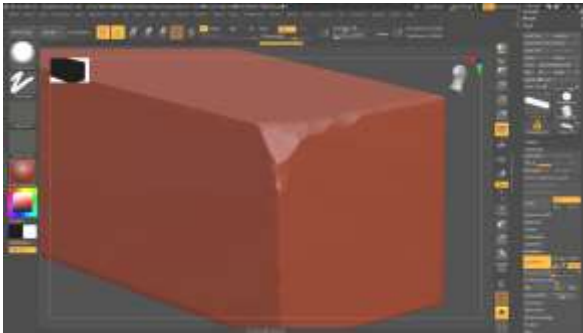


Рисунок 3.143 – Створюємо скоси на фасці дерева

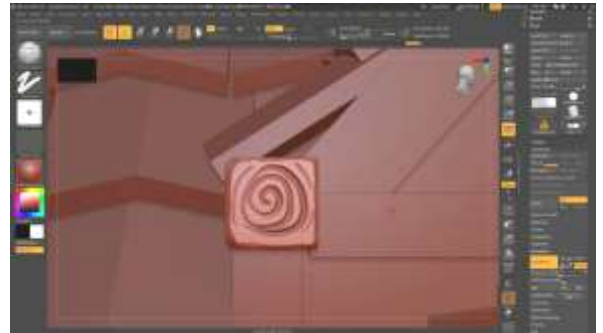


Рисунок 3.144 – Створення фактури дерева

І переходимо до іншого боку об'єкта, і продовжуємо створювати фактуру, але використовуємо вже інший пензель DamStandard, як зображено на (рис. 3.145).

Виходить такий скульптинг, створений на кам'яних і дерев'яних частинах моделі. Наразі наша високополігональна модель містить близько п'ятнадцяти мільйонів полігонів і її необхідно оптимізувати для подальшого використання у програмі Substance Painter, як зображено на (рис. 3.146).

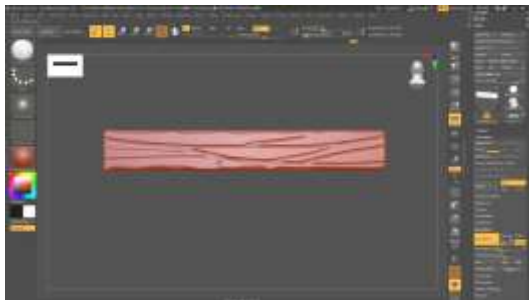


Рисунок 3.145 – Створення фактури дерева з іншого боку

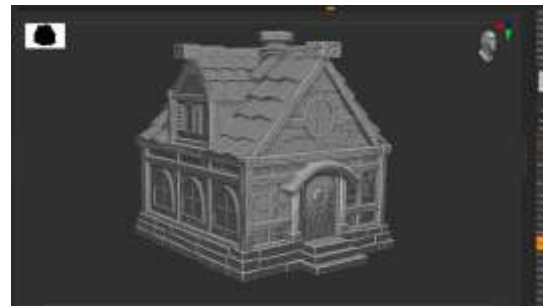


Рисунок 3.146 – Результат скульптингу

Для того, щоб оптимізувати високополігональну модель, ми вибираємо кожну частину моделі, і відкриваємо вкладку Zplugin - Decimation Master - Pre-Process Current, очікуємо коли пройде прорахунок полігонів цієї частини моделі та натискаємо на Decimate Current, як зображено на (рис. 3.147). Такі дії робимо з усіма частинами моделі, на яких створювався скульптинг.

Після оптимізації високополігональної моделі маємо такий результат. Модель була п'ятнадцять мільйонів полігонів, а зараз – п'ять мільйонів полігонів, як зображено на (рис. 3.148).

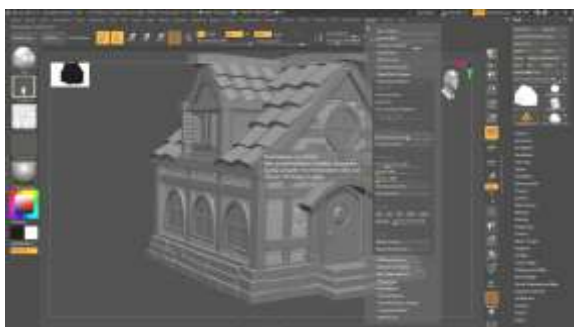


Рисунок 3.147 – Процес оптимізації високополігональної моделі

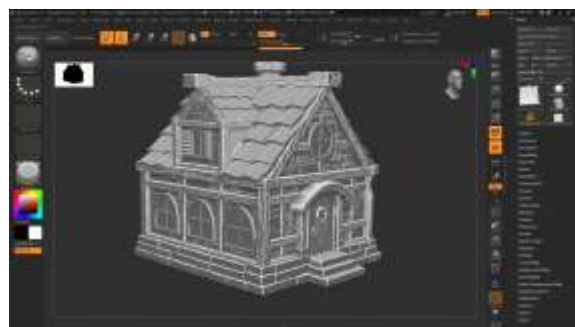


Рисунок 3.148 – Результат оптимізації високополігональної моделі

3.6 Створення UV розгортки

Після створення скульптингу, ми переходимо до наступного етапу – UV розгортка. На поточному етапі ми вже робили експорт моделі, тому одразу відкриваємо модель у програмі Rizom UV. І тепер ми натискаємо на клавішу F4, тобто тепер ми можемо вибирати вершини, ребра, грані чи повністю частини моделі, як зображено на (рис. 3.149).

Тепер вибираємо кам'яні сходи та натискаємо на гарячу клавішу I. Після цього ми відокремили ці сходи, від усієї моделі, для зручності. Вибираємо всі гострі ребра, в яких робитимемо розріз, як зображено на (рис. 3.150), щоб розмістити цю частину моделі на UV просторі.

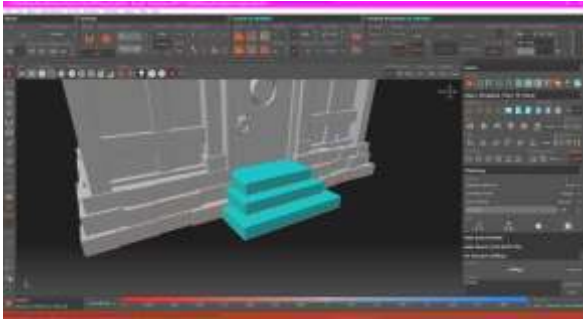


Рисунок 3.149 – Виділення частин моделі

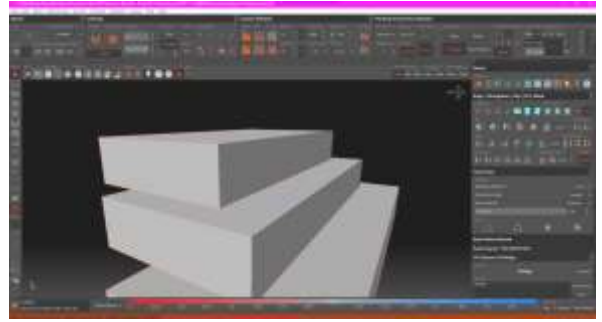


Рисунок 3.150 – Відокремлюємо об'єкт від основної моделі

Натискаємо на клавішу F2 і вибираємо ребра, потім починаємо ребра сходинок та натискаємо на гарячу клавішу C. Таким чином ми створили розріз у цьому місці, як зображено на (рис. 3.151).

Зараз виділяємо всі наші сходи при натисканні клавіш Ctrl+A. і натискаємо на функцію Unfold, тобто відкриваємо модель на UV просторі, як зображено на (рис. 3.152).

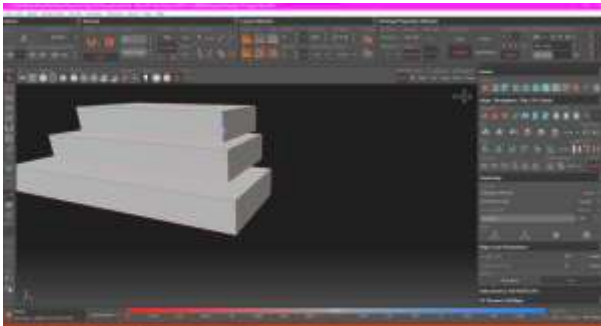


Рисунок 3.151 – Процес розрізу моделі

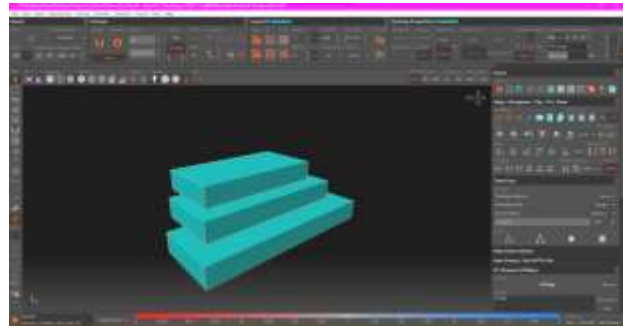


Рисунок 3.152 – Виділяємо сходи

І виходить такий результат. Тепер потрібно зробити всі ці дії з іншими частинами моделі, і розмістити їх на одній UV розгортці, як зображено на (рис. 3.153).

Після виконаної роботи виходить таке скупчення полігонів, тому виділяємо всі острови при натисканні на гарячі клавіші Ctrl+A. І натискаємо на функцію, яка знаходиться в розділі Layout - Pack Translate, як зображено на (рис. 3.154).

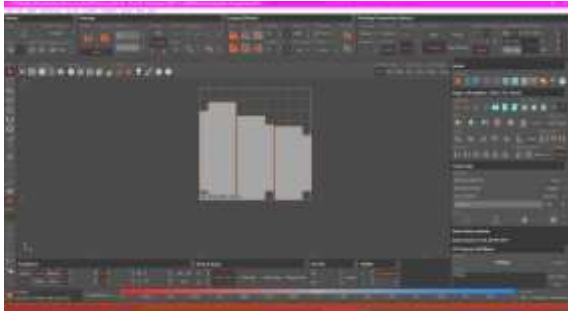


Рисунок 3.153 – Зроблена розгортка сходинок

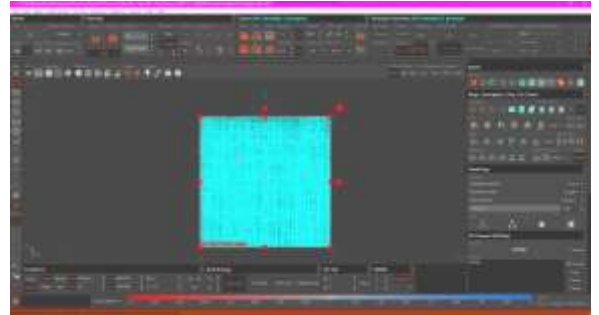


Рисунок 3.154 – Розміщення островів у квадраті розгортки

Виходить такий результат створеної UV розгортки, як зображено на (рис. 3.155). Ми зберігаємо цю модель і переходимо до наступного етапу – запікання у програмі Substance Painter.

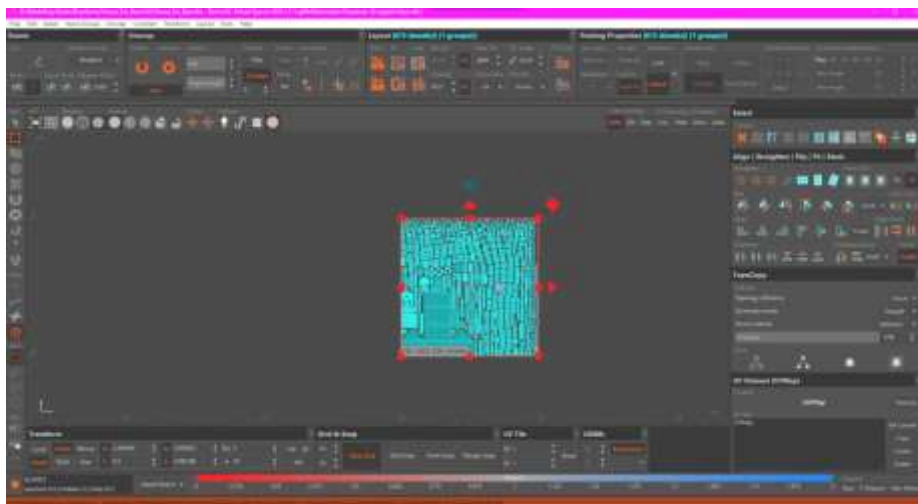


Рисунок 3.155 – Результат UV розгортки

3.7 Створення запікання

Переходимо в програму Substance Painter, натискаємо на File - New Project, знаходимо пункт File - і завантажуємо нашу низькополігональну модель зі створеною UV розгорткою, як зображено на (рис. 3.156).

Відкриваємо пункт Texture Set Settings – Bake Mesh Maps. І після цього у вікні Baking, однією з найважливіших налаштувань буде високополігональна модель у розділі High Definition Meshes, після чого

потрібно виставити роздільну здатність текстур, не варто ставити занадто багато, тому що процес буде досить тривалий час оброблятися. Також можна увімкнути antialiasing - Subsampling 2x2. І виключати карту ID, тому що ми її не використовуватимемо. І натискаємо кнопку Bake selected textures. І виконується процес запікання, як зображено на (рис. 3.157). Після запікання є результат, як зображено на (рис. 3.158).

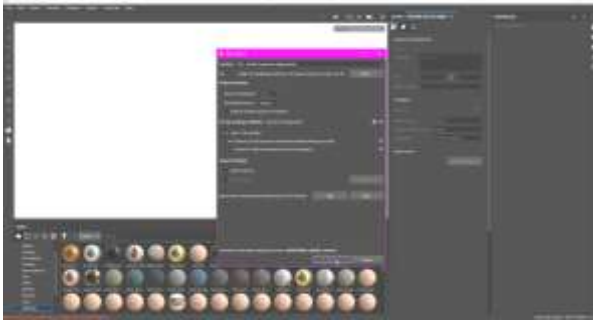


Рисунок 3.156 – Імпорт моделі в програму Substance Painter

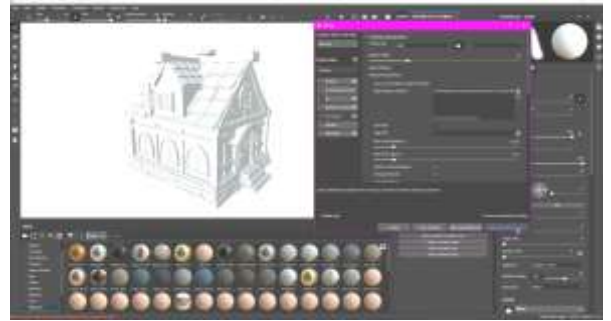


Рисунок 3.157 – Процес запікання моделі

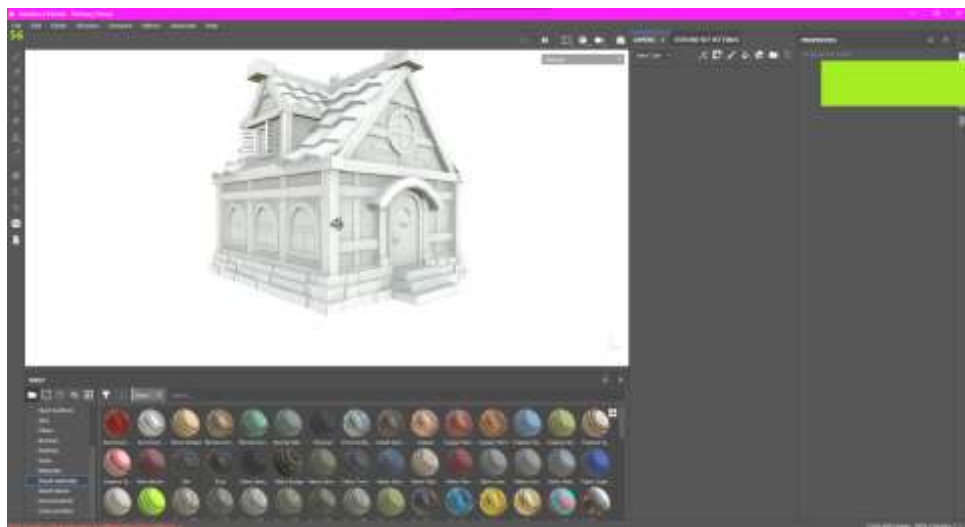


Рисунок 3.158 – Результат запікання

3.8 Створення текстур

Створюємо текстури у тій самій програмі Substance Painter. Зараз ми створюватимемо текстури для дерев'яних частин моделі. Для початку створимо перший Layer (шар) і відкриємо налаштування матеріалу та

змінимо параметр Color, як зображено на (рис. 3.159). Також в установках за замовчуванням містяться такі матеріали: color, height, roughness, metal, normal. Ми вимикаємо матеріали height, metal тому що у відображенні матеріалу дерева ці налаштування використовуватися не будуть.

Тепер ми створюємо новий Layer – Ambient Occlusion. Для цього створюємо шар і натискаємо на значок матеріалу і вибираємо пункт Black Mask. Після створення чорної маски ми натискаємо знову на значок, але вже чорної маски і створюємо генератор - Ambient Occlusion, як зображено на (рис. 3.160). Даний генератор Ambient Occlusion - це інструмент, який створює тіні та затемнені області в кутах та прихованих місцях об'єкта. І після того як ми активували даний генератор, ми можемо включити відображення маски, і почати регулювання параметрів даного генератора.

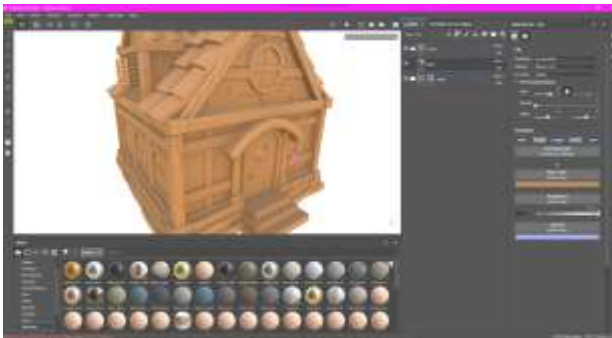


Рисунок 3.159 – Налаштування матеріалу Color

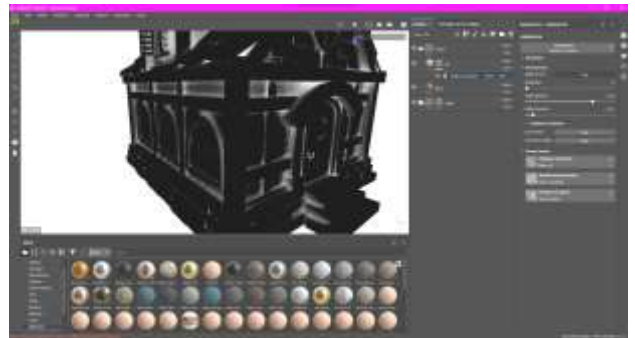


Рисунок 3.160 – Використання генератора Ambient Occlusion

Створюємо новий Layer – Light. Тут ми створюємо новий шар і використовуємо фільтр - Baked Lighting Stylized, як зображено на (рис. 3.161). Цей фільтр зазвичай використовується в графічних програмах та ігрових двигунах для стилізації освітлення та візуалізації сцен. Процес baked lighting передбачає розрахунок та збереження освітлення сцени заздалегідь, що дозволяє покращити продуктивність у реальному часі. І після активації цього фільтра налаштовуємо такі параметри:

- Cavity Smoothness;
- Edges Intensity;

- Dielectric Reflectance.

Тепер створюємо шар із опрацюванням фактурних частин дерева. Для цього також створюємо новий Layer, додаємо чорну маску та активуємо новий генератор – Mask Editor. Відкриваємо пункт Curvature - Mode і списку, що випадає, включаємо функцію - Cavities. Тепер генератор працюватиме не за фасками об'єкта, а за фактурою. Після цього продовжуємо налаштовувати параметри генератора, як зображено на (рис. 3.162).

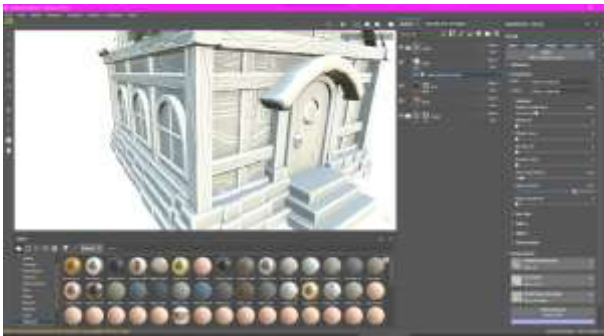


Рисунок 3.161 – Використання фільтра Baked Lighting Stylized

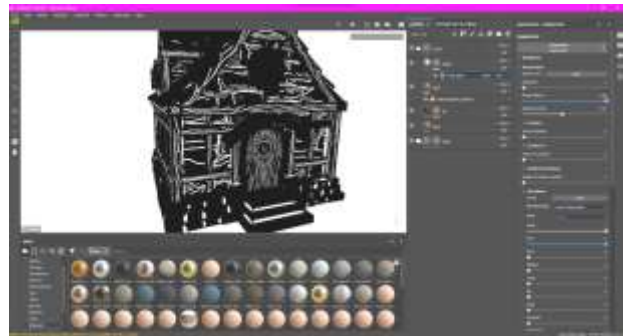


Рисунок 3.162 – Використання генератора Mask Editor

Після створення необхідних шарів та налаштування самих матеріалів, ми створюємо папку та додаємо всі шари туди, потім застосовуємо чорну маску на папку текстури дерева, включаємо інструмент Polygon Fill та застосовуємо текстуру на дерев'яні частини будинку, як зображено на (рис. 3.163).

І за таким алгоритмом дій були створені текстури для всього будинку, як зображено на (рис. 3.164), різниця полягає лише в тому, що по-різному регулювалися налаштування самих матеріалів, а саме колір матеріалів, шорсткість та налаштування генераторів.



Рисунок 3.163 – Застосовуємо створену текстуру дерева

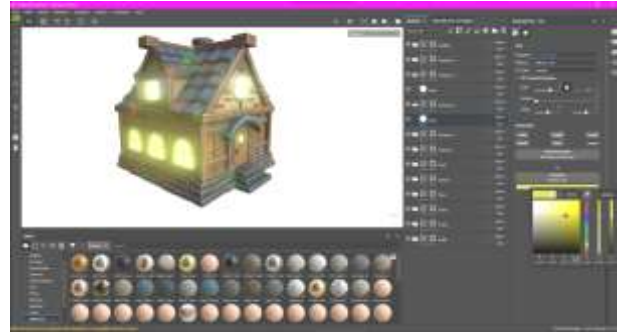


Рисунок 3.164 – Результат створених текстур

3.9 Висновок до розділу

У цьому розділі було створено 3D модель стилізованого будинку. Ми детально розглянули кожен етап, починаючи зі створення полігональних частин моделі та закінчуючи створенням стилізованих текстур. Також були налаштовані групи згладжування, та проведена оптимізація моделі, для ефективності та високої якості відображення моделі. З увагою до деталей були створені елементи скульптингу, надаючи дерев'яним і кам'яним частинам моделі свій стиль відображення. Створена UV розгортка стала важливим етапом, забезпечуючи правильне розподілення текстурних даних моделі. Створена 3D модель будинку може використовуватись у різних сферах, включаючи сфери розваг, дизайну, науки та виробництва.

4 АНАЛІЗ ЕКСПОРТУ СТВОРЕНОЇ 3D-МОДЕЛІ В РІЗНІ ІГРОВІ РУШІЇ

У цьому розділі буде розроблено 3D модель стилізованого будинку та досліджено імпорт цієї моделі в такі ігрові рушії: Unreal Engine, Unity Engine, Godot Engine. Також ми розглянемо ключові параметри налаштування якості відображення 3D моделей в ігрових рушіях. Та розглянемо ще додаткові параметри які включають управління тіннями, світлом і глибиною поля, що дозволяє досягти високого стандарту візуального відображення.

4.1 Експорт створеної 3D-моделі в Unreal Engine

Перед тим як імпортувати модель в ігровий рушій Unreal, нам потрібно визначити які формати експорту підтримує рушій Unreal, і вибрати найкращий файл експорту. Ігровий рушій Unreal підтримує такі файли експорту як FBX, OBJ, DAE (Collada), 3DS, ASE. Але саме FBX (Filmbox) є кращим форматом для 3D-моделей в ігровій індустрії і широко використовується в таких ігрових двигунах, як Unreal Engine та Unity. Ось кілька причин, чому FBX є кращим:

- підтримка анімації та скелетної анімації. FBX забезпечує високоякісну підтримку анімацій та скелетної анімації. Це важливо для ігрових проєктів, особливо для тих, де потрібна складна анімація персонажів;
- перенесення даних між додатками. FBX розроблений компанією Autodesk і підтримується багатьма додатками для тривимірного моделювання. Це забезпечує легкість обміну даними між різними програмами, що спрощує робочий процес у разі використання кількох інструментів;
- підтримка різних типів даних. FBX здатний зберігати різні типи даних, включаючи геометрію, матеріали, камери, анімації та інші аспекти

сцени. Це дозволяє передавати комплексні сцени та моделі в єдиному форматі файлу.

Тепер, коли ми визначилися з файлом експорту, ми переходимо в редактор Blender і за допомогою гарячої клавіші F4 викликаємо меню експорту і вибираємо файл FBX, як зображено на (рис. 4.1).

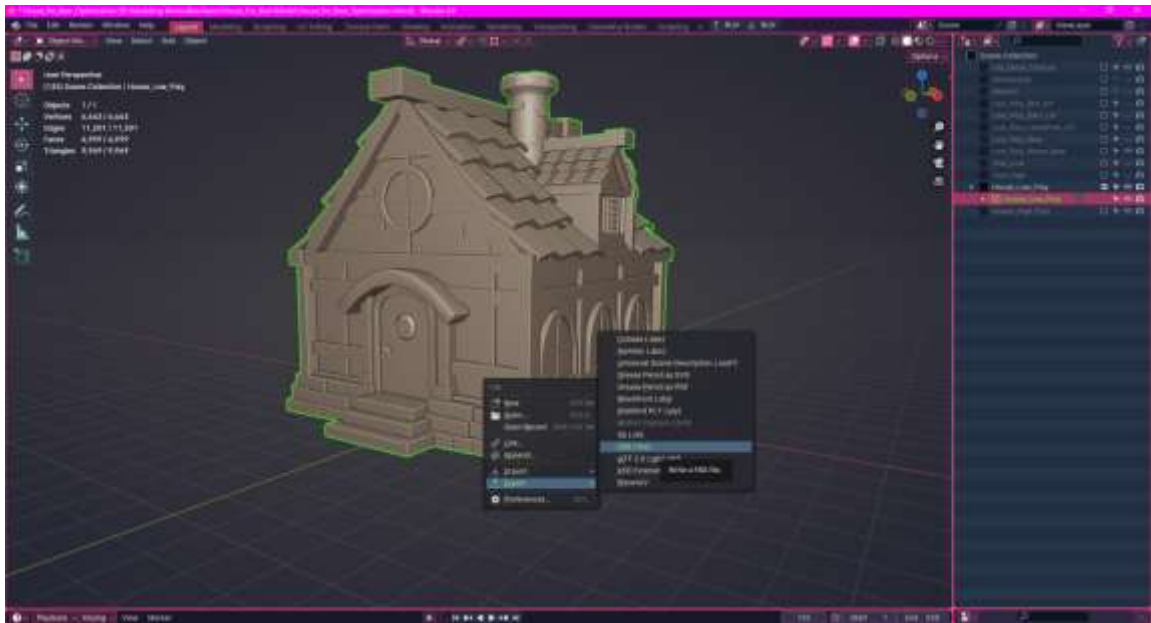


Рисунок 4.1 – Процес експорту моделі

Налаштовуємо такі параметри експорту та створюємо окрему папку, як зображено на (рис. 4.2):

- Limited to - Selected Objects;
- Objects Types – Mesh;
- Apply Transform.

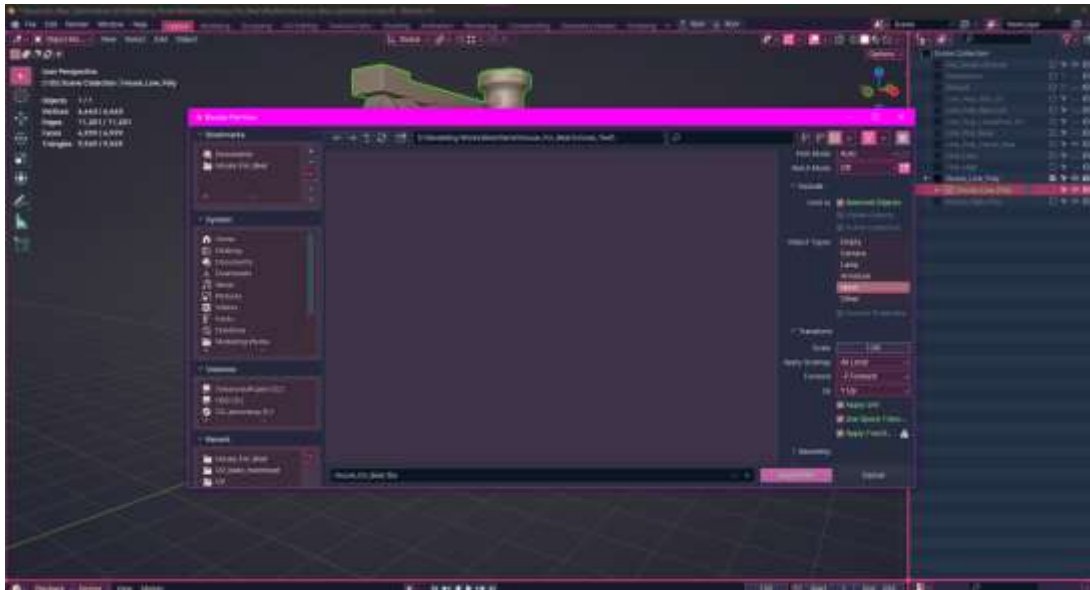


Рисунок 4.2 – Налаштовуємо параметри експорту

Створюємо новий проект в ігровому рушії Unreal Engine та обираємо категорію Games і натискаємо на кнопку Next, як зображено на (рис. 4.3).

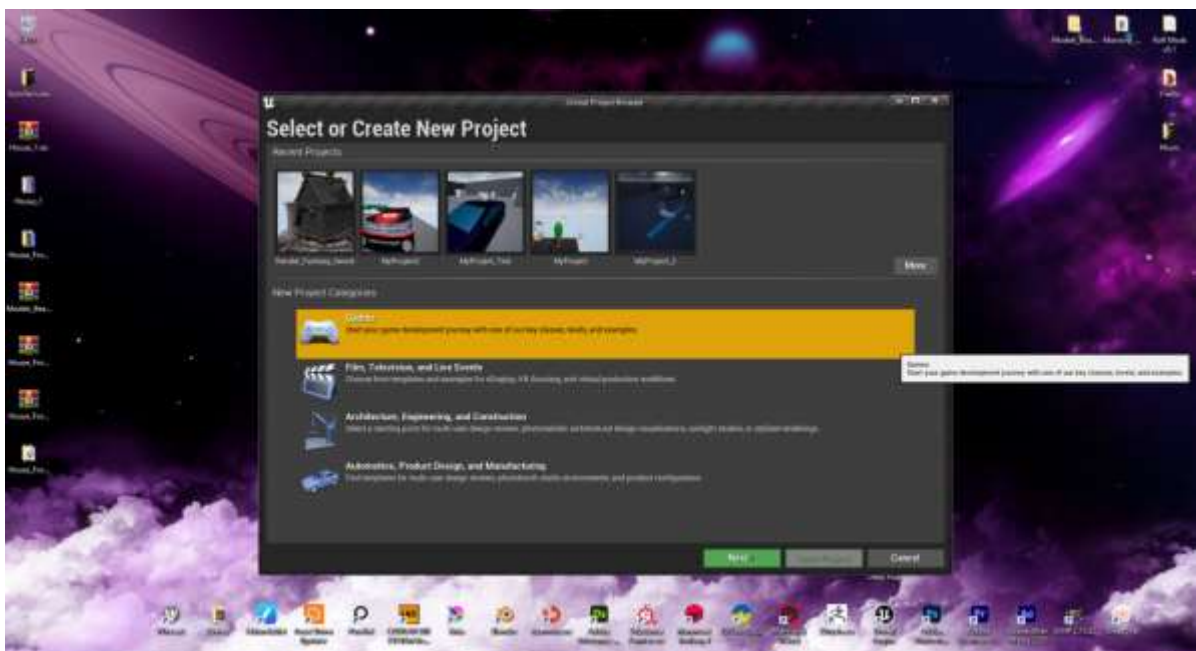


Рисунок 4.3 – Процес створення нового проекту

Тепер вибираємо шаблон Blank і натискаємо на клавішу Next, як зображено на (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Процес вибору шаблону

Зараз ми перейшли до налаштувань проекту, тут ми вибираємо місце на диску, де буде зберігатися наш проект, і вигадуємо назву для нашого проекту. Далі натискаємо на кнопку Create Project, та створюємо проект, як зображено на (рис. 4.5).

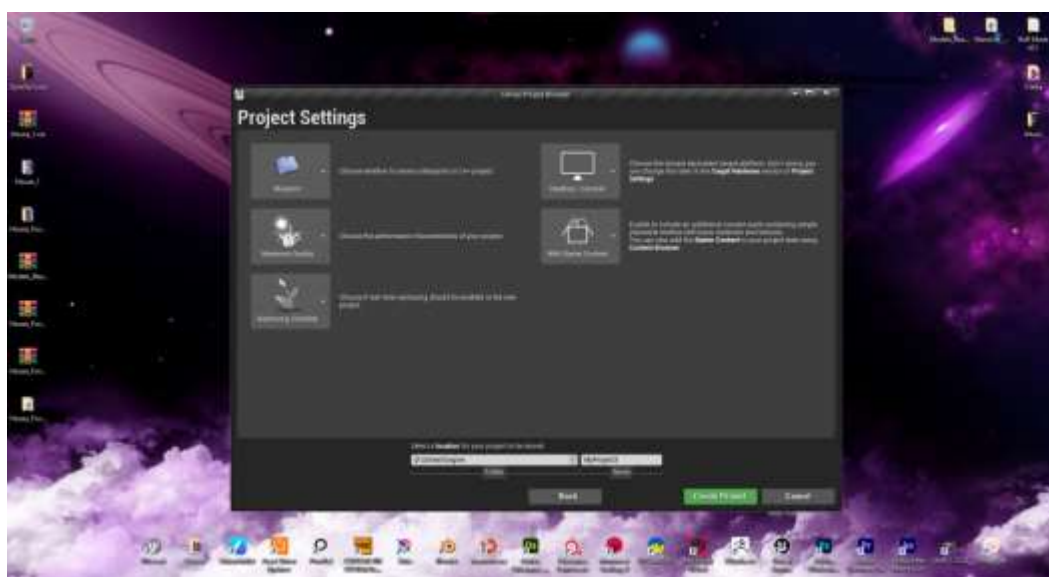


Рисунок 4.5 – Процес налаштування проекту

Створюємо нову папку в якій зберігатиметься модель та текстури будинку, як зображено на (рис. 4.6).

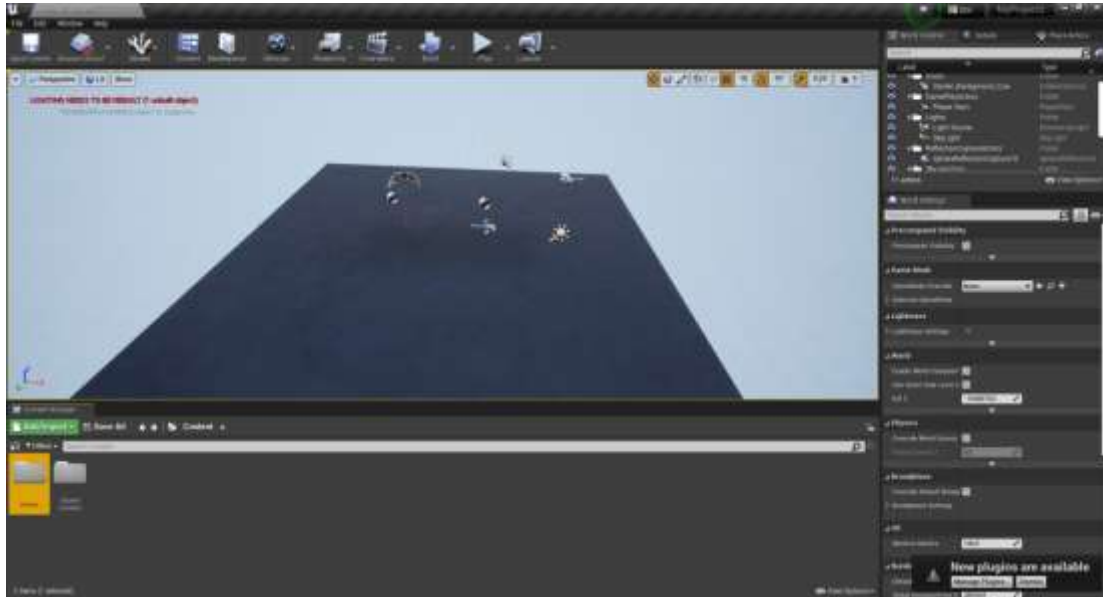


Рисунок 4.6 – Створення нової папки

Після створення папки, відкриваємо папку та в неї імпортуємо модель, для цього натиснемо на праву кнопку мишки та виберемо пункт Import/Game/House, як зображено на (рис. 4.7).

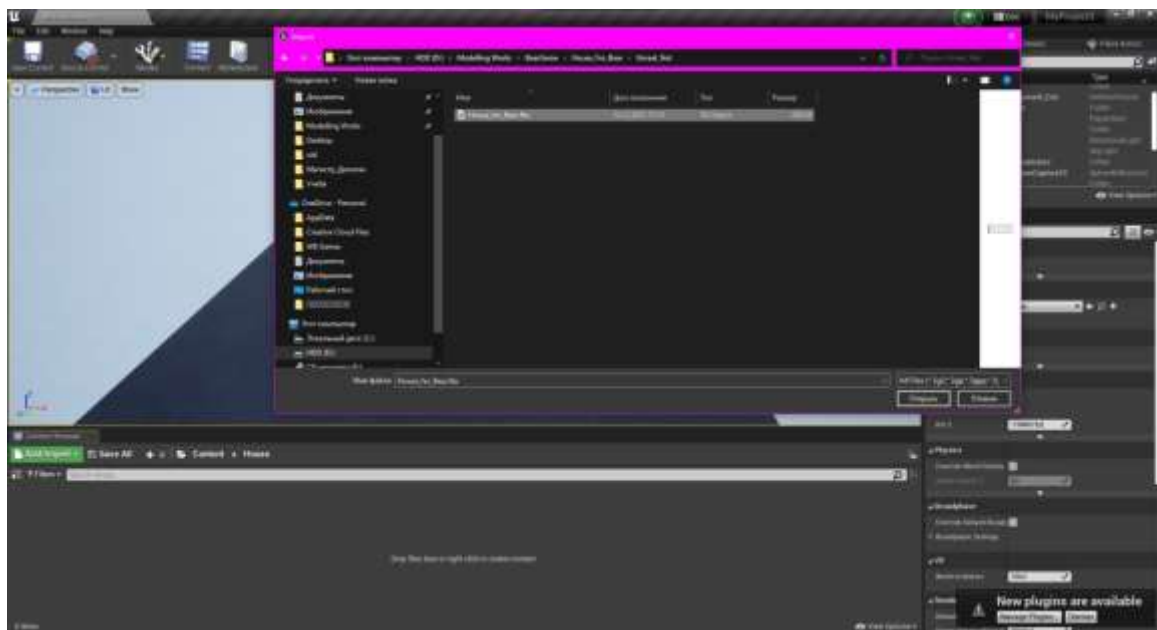


Рисунок 4.7 – Імпортуємо модель будинку

Після імпорту моделі ми натискаємо на праву кнопку мишки і вибираємо пункт - Material, як зображено на (рис. 4.8).

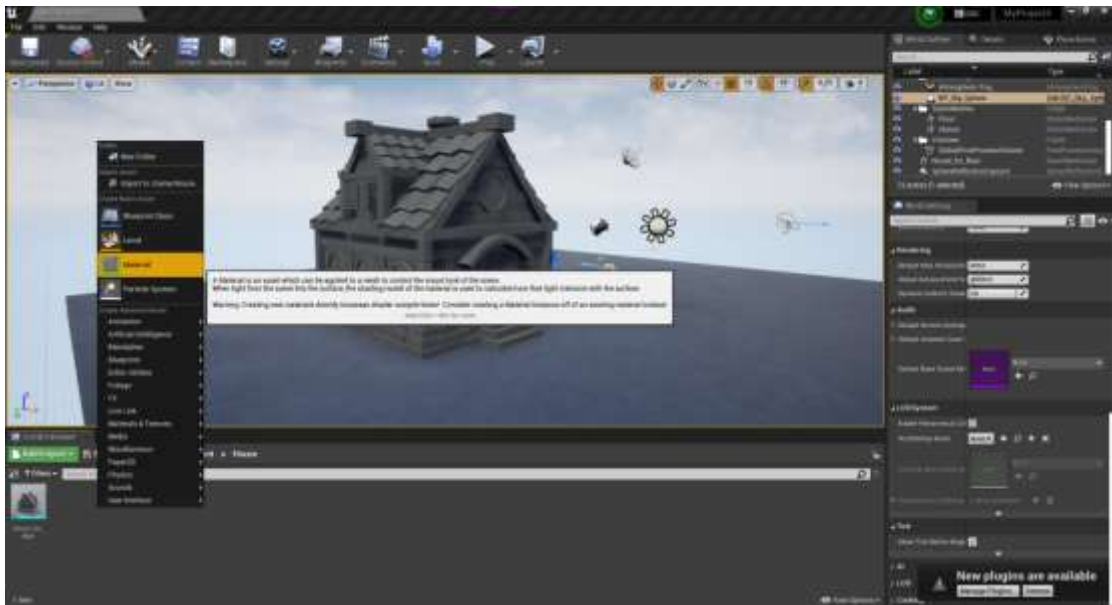


Рисунок 4.8 – Процес створення матеріалу

Після створення ми відкриваємо сам матеріал, і бачимо ноду з назвою New Material, зараз потрібно відкрити папку в якій зберігаються експортовані текстури з програми Substance Painter. Тепер ми виділяємо всі шість текстур і переносимо їх у папку з моделлю та створеним матеріалом, як зображено на (рис. 4.9).

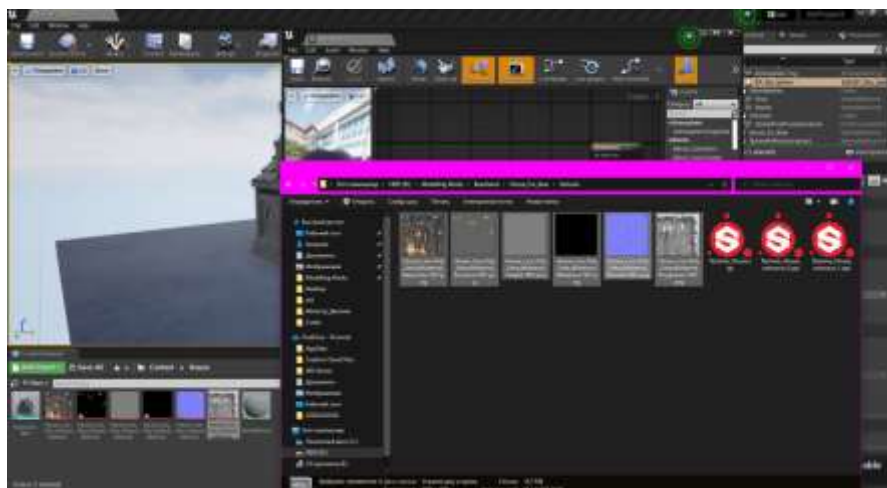


Рисунок 4.9 – Імпорт текстур

Тепер як були імпортовані текстури, щоб вони почали коректно відображатись на моделі, потрібно брати певні текстурні карти та підключати їх до матеріалу. Тобто ми беремо карту Base Color і підключаємо до ноди New Material, і ці дії робимо з іншими текстурними картами, як зображено на (рис. 4.10).

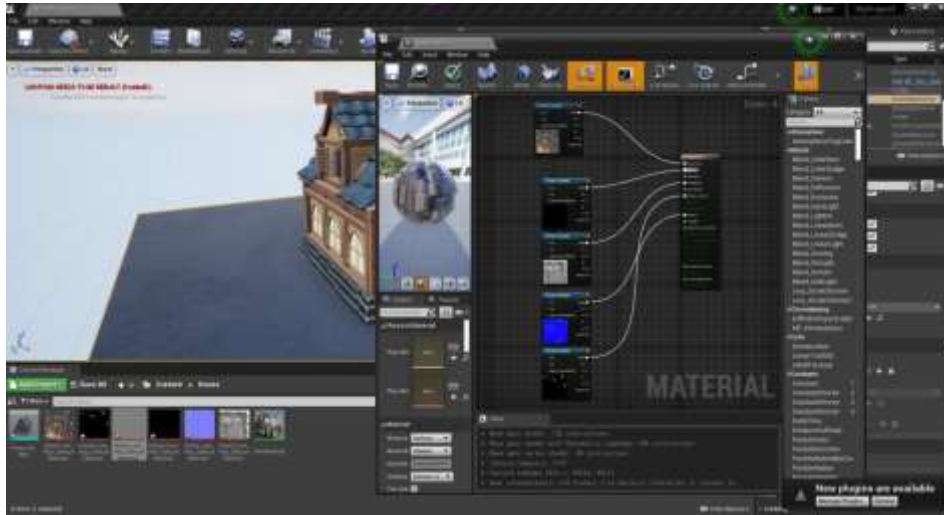


Рисунок 4.10 – Підключення текстур до моделі

Вибираємо відповідний матеріал та застосовуємо його до моделі будинку. Отримуємо виразний та деталізований результат, як зображено на (рис. 4.11). Однак, час завантаження проекту складав приблизно 4 хвилини. Також налаштування матеріалів потребує значного часу, особливо за наявності безлічі текстурних карт і великої кількості полігонів у моделі (у даному випадку близько 9500 трикутників). Незважаючи на те, що модель вважається низькополігональною, не спостерігалось зниження продуктивності як під час імпорту, так і при відображенні. Це свідчить про хорошу оптимізацію моделі та ефективну роботу рушія.



Рисунок 4.11 – Результат підключених матеріалів

4.2 Експорт створеної 3D-моделі Unity Engine

Тепер переходимо до ігрового рушія Unity. Цей рушій підтримує також формат FBX, тому етап з експортом моделі ми можемо пропустити. Зараз ми відкриваємо Unity Hub, та створюємо шаблон 3D Core і натискаємо на кнопку Create Project, як зображено на (рис. 4.12).

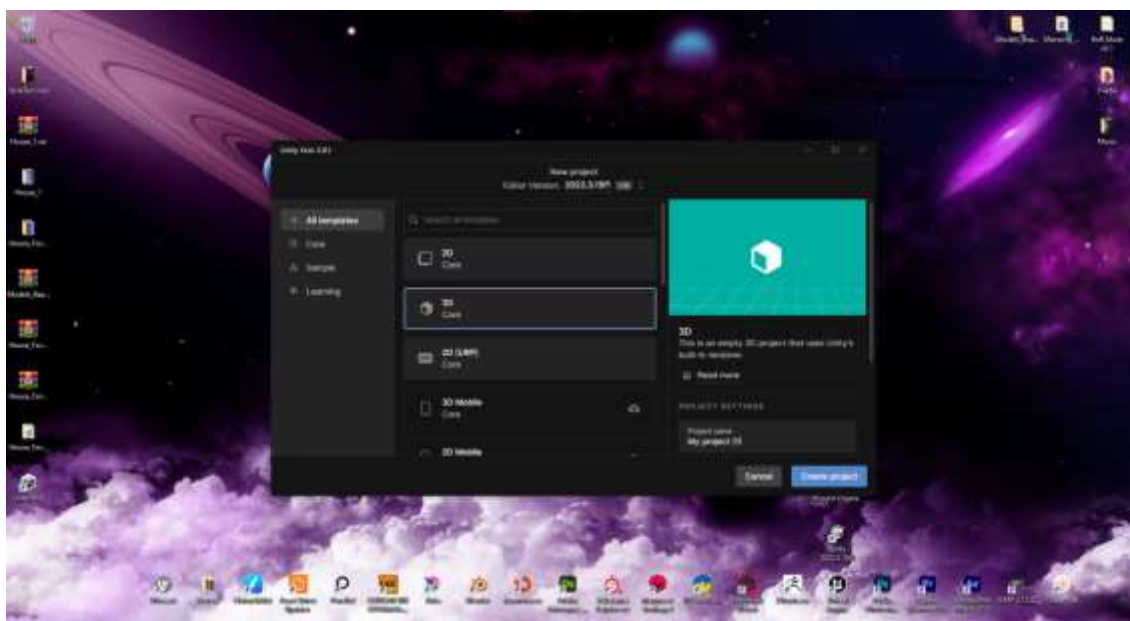


Рисунок 4.12 – Процес створення нового проекту

Після створення нового проекту ми переходимо в нижню область в якій знаходиться вкладка assets, тут ми створюємо нову папку і імпортуємо модель будинку, як зображено на (рис. 4.13).

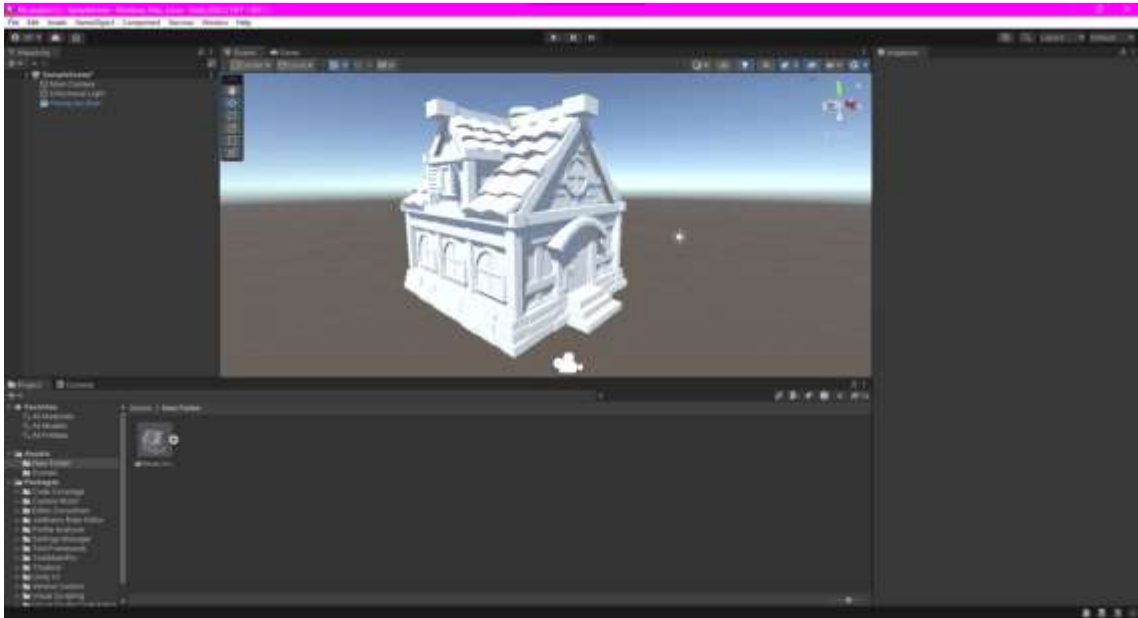


Рисунок 4.13 – Імпортуємо модель будинку

Тепер ми відкриваємо папку, в якій зберігаються наші текстури і переходимо в нижню вкладку assets. Вибираємо всі шість текстурних карт і переносимо у створену папку рушія Unity, як зображено на (рис. 4.14).

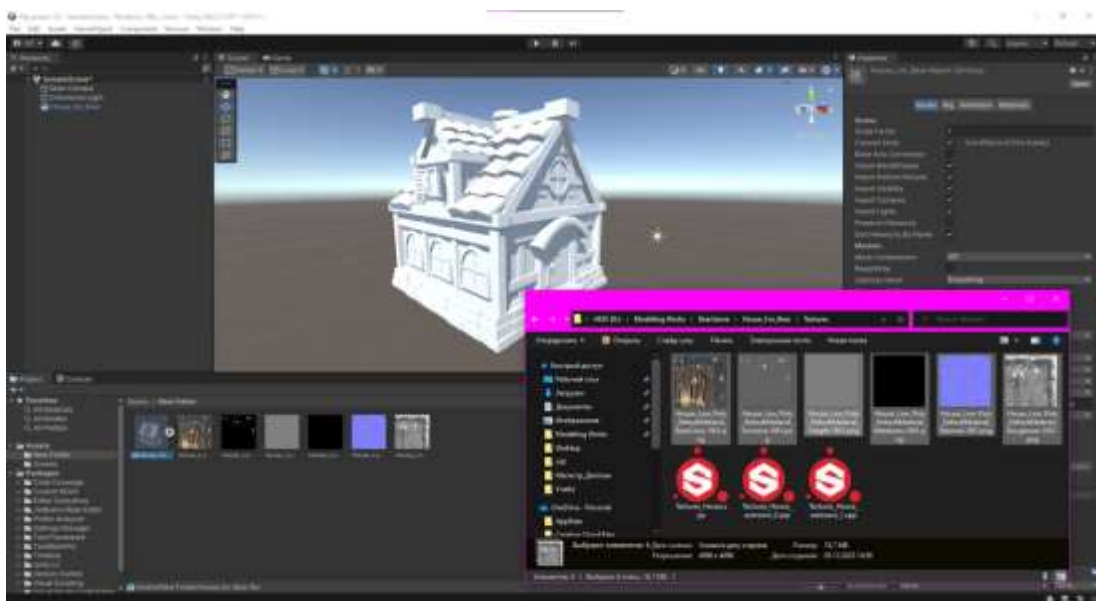


Рисунок 4.14 – Імпортуємо текстури в рушій Unity

Зараз ми підключаємо текстури, дотримуючись певного алгоритму: тобто, карту Base Color ми підключаємо до основного осередку Albedo, Metallness підключаємо до осередку Metallic, а Emissive — до Emission, як зображено на (рис. 4.15). Цей процес дозволяє нам досягти високої деталізації та якісного відображення текстур. Час, що витрачається на імпорт і налаштування матеріалів, істотно менше, ніж у випадку використання ігрового двигуна Unreal Engine.

Зокрема створення самого проекту в Unity займає приблизно 1 хвилину. Це зумовлено ефективною системою оптимізації. Порівнюючи цей процес з аналогічним у Unreal Engine, можна відзначити перевагу Unity у швидкості виконання даних операцій.

Ефективність Unity у створенні та оптимізації проектів підкреслює його перевагу в порівнянні зі схожими ігровими двигунами, роблячи його кращим вибором для швидкого та ефективного створення проектів, а також якісного відображення текстур та моделей.

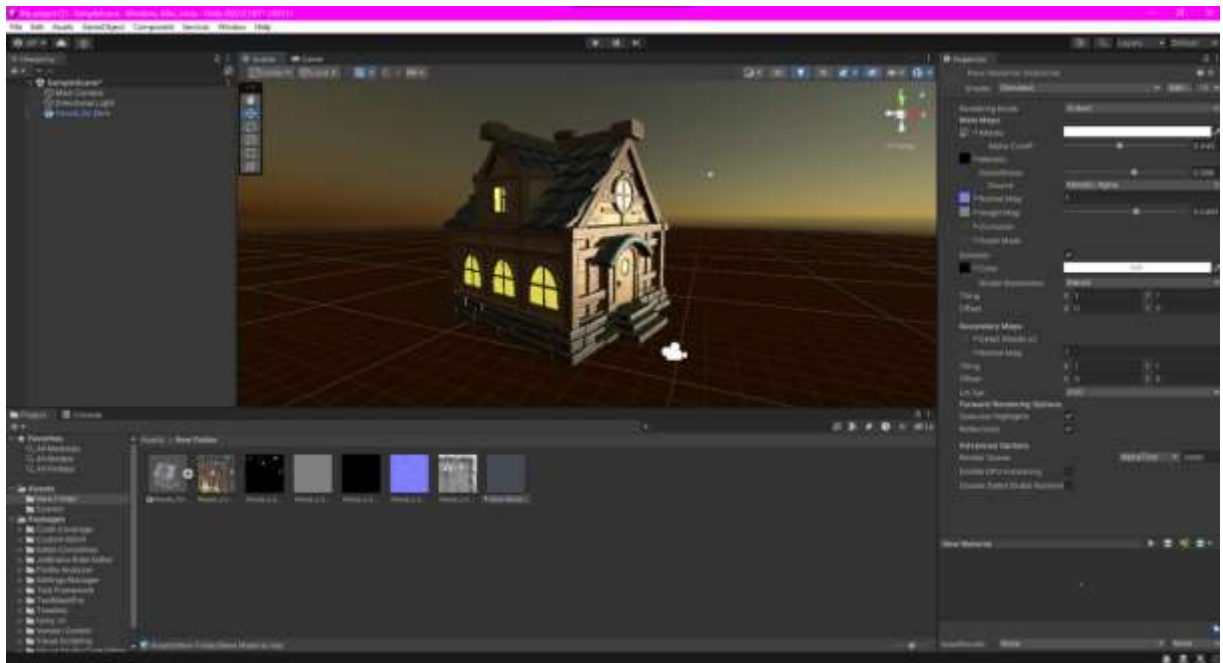


Рисунок 4.15 – Результат підключених матеріалів

4.3 Експорт створеної 3D-моделі Godot Engine

Тепер ми переходимо до ігрового рушія Godot Engine. Але перед тим як почати створювати проект, нам потрібно зробити експорт моделі з редактора Blender, тому що цей двигун не підтримує формат FBX. І зараз ми робитимемо експорт у форматі GLTF, як зображено на (рис. 4.16).

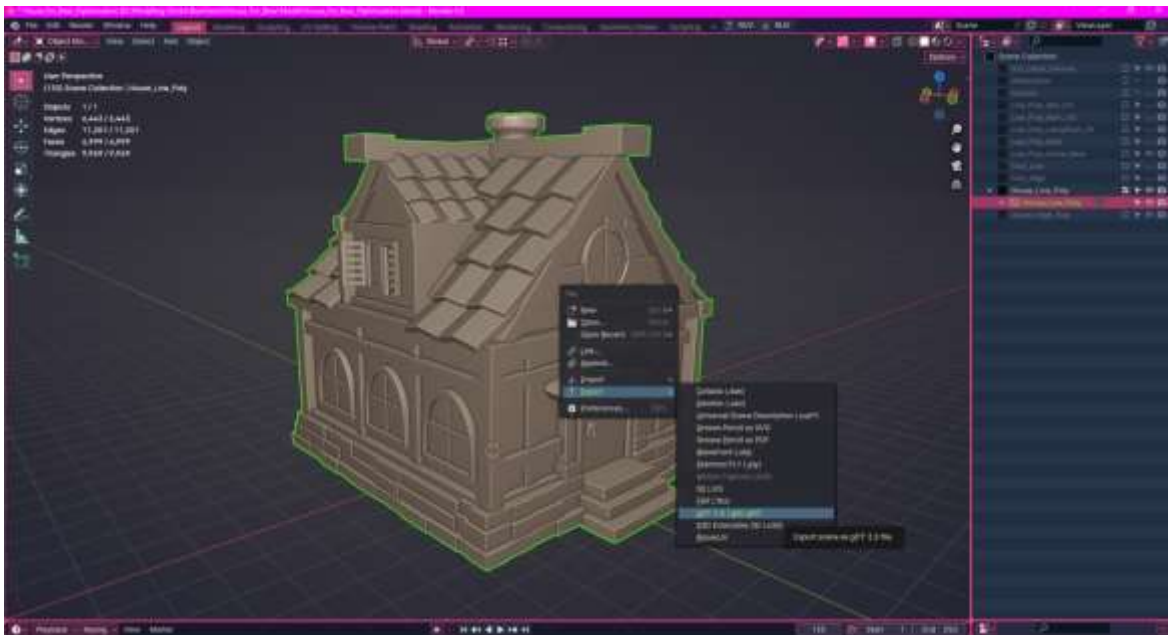


Рисунок 4.16 – Експорт моделі у форматі GLTF

Після експорту моделі у форматі GLTF. Ми відкриваємо ігровий рушій Godot і створюємо новий проект, як зображено на (рис. 4.17).

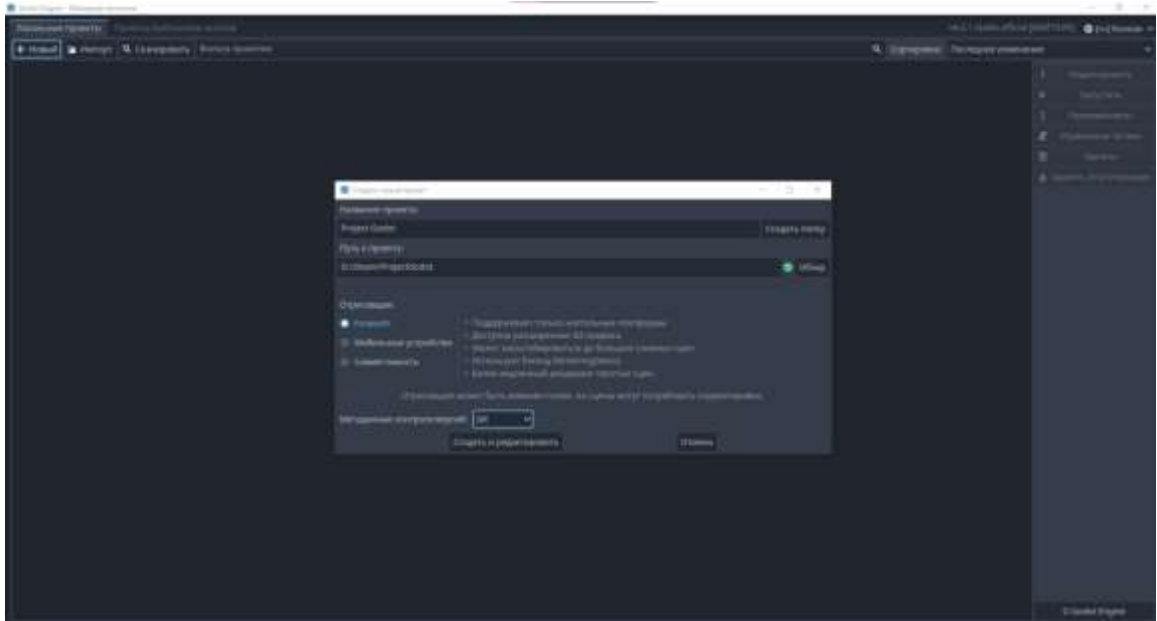


Рисунок 4.17 – Створення нового проекту

Після створення нового проекту ми переходимо в ліву область, де знаходиться вкладка Node3D, тут ми створюємо нову папку та імпортуємо модель будинку, як зображено на (рис. 4.18).

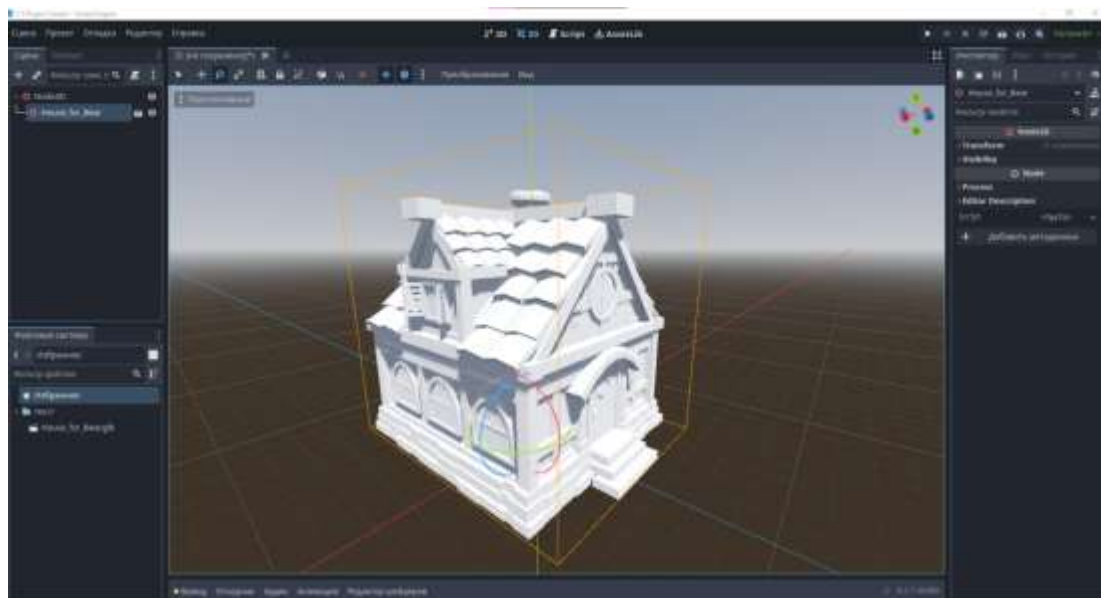


Рисунок 4.18 – Імпортуємо модель будинку

Тепер ми імпортуємо текстури в рушій Godot і починаємо робити налаштування матеріалу. Але перед цим потрібно у вкладці Scene, вибрати

Такі проблеми не відзначалися при використанні інших ігрових рушіїв. Godot може мати деякі обмеження порівняно з Unity та Unreal Engine. Відсутність підтримки формату FBX у Godot може спричинити труднощі у роботі з іншими інструментами та ресурсами, оскільки FBX широко використовується в індустрії. У порівнянні з Unity та Unreal Engine, Godot може показати менш просунуті графічні можливості, особливо при створенні складних візуальних ефектів. Також варто відзначити, що продуктивність Godot може бути нижчою у разі складних сцен та високих графічних вимог. Більше того, створення нового проекту в Godot може зайняти більше часу в порівнянні з Unity та Unreal Engine. Важливо врахувати ці фактори при виборі рушія, щоб адаптувати його до конкретних потреб та цілей проекту.

4.4 Висновок до розділу

Проведені дослідження в області трьох ігрових рушіїв, а саме: Unreal Engine, Unity Engine та Godot Engine, виявили деякі ключові аспекти, що впливають на їхню перевагу в різних сценаріях створення. Рушієм Godot виявився менш кращим через виявлені проблеми з відображенням моделі, що ставить його в невідгідне становище в порівнянні з Unity Engine.

У той час як Unity Engine продемонстрував хорошу продуктивність та відносну стабільність у відображенні моделей, Unreal Engine, хоча має широкі графічні можливості, зіткнувся з недоліком у продуктивності, особливо в порівнянні з Unity. Ця обставина робить Unity кращим варіантом для проектів, де акцент робиться на зручності та ефективності розробки.

Щодо форматів файлів, варто відзначити, що FBX кращий у порівнянні з GLTF у контексті ігрових рушіїв. FBX забезпечує більш широку сумісність з різними додатками для тривимірного моделювання та дозволяє гнучкіше передавати складні структури даних, що є важливим фактором при роботі з різноманітними ресурсами в ігровій індустрії.

Таким чином, вибір ігрового рушія залишається індивідуальним і безпосередньо пов'язаним з характеристиками виконуваної роботи. У цій роботі, враховуючи створення стилізованої 3D-моделі будинку, Unity постає як оптимальний вибір. Його можливості та інструменти забезпечують ефективно та зручно створення проектів даного типу, що робить його кращим вибором у даній роботі.

ВИСНОВКИ

У ході цієї атестаційної роботи було проведено аналіз дев'яти різних програм для 3D моделювання, виявивши їх унікальні інструменти та можливості. Від індустріальних стандартів, таких як Autodesk Maya, до популярних рішень на кшталт Blender, розглянуті програми, які підходять для різних галузей творчості та професійної діяльності.

Аналіз процесу створення тривимірних моделей дозволило поринути у технології та методології, від початкової ідеї до фінального продукту. Аналіз інструментів, таких як Blender, ZBrush, RizomUV та Substance Painter, розкрив їх унікальні можливості у створенні якісних тривимірних моделей. Сучасний процес вимагає як технічної компетентності, а й творчого підходу. Взаємодія з різноманітними інструментами програм дозволяє досягати високого рівня опрацювання та деталізації у 3D моделях.

Створена 3D модель стилізованого будинку докладно розглянута, починаючи із створення полігональних частин та закінчуючи стилізованими текстурами. Ефективність та висока якість відображення моделі були забезпечені оптимізацією та налаштуванням груп згладжування. З урахуванням деталей, елементи скульптингу додали свій стиль дерев'яним та кам'яним частинам моделі. UV-розгортка забезпечила правильне розподілення текстурних даних, роблячи модель придатною для різних областей використання.

Дослідження трьох ігрових рушіїв - Unreal Engine, Unity Engine і Godot Engine - виявило ключові аспекти їх переваг та недоліків. Unity виділяється своєю продуктивністю та стабільністю, що робить його оптимальним вибором для проектів, де акцент робиться на зручності та ефективності розробки.

Також були розглянуті файлові формати, FBX показав більш широкую сумісність із різними додатками для тривимірного моделювання та кращу

гнучкість при передачі складних структур даних, що важливо в ігровій індустрії.

Таким чином, дана робота наголошує на важливості вибору правильних інструментів та програмного забезпечення в процесі створення тривимірних моделей, а також акцентує вплив вибору ігрового рушія на успішність проекту. Unity був виділений як оптимальний вибір для даної роботи, забезпечуючи ефективність та зручність у створенні стилізованої 3D-моделі будинку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт по пошуку референсів. [Електронний ресурс] URL: <https://ua.pinterest.com/search/pins/?q=reference%20stylized%20house&rs=typed> (дата звернення: 23.11.2023)
2. Офіційний сайт редактора MODO. [Електронний ресурс] URL: <https://www.foundry.com/products/modo> (дата звернення: 24.11.2023)
3. Офіційний сайт редактора Autodesk 3ds Max. [Електронний ресурс] URL: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 24.11.2023)
4. Офіційний сайт редактора Blender. [Електронний ресурс] URL: <https://www.blender.org/> (дата звернення: 24.11.2023)
5. Офіційний сайт редактора Maxon Cinema 4D. [Електронний ресурс] URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d> (дата звернення: 24.11.2023)
6. Офіційний сайт редактора Maya. [Електронний ресурс] URL: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 24.11.2023)
7. Офіційний сайт редактора Houdini. [Електронний ресурс] URL: <https://www.sidefx.com/> (дата звернення: 25.11.2023)
8. Офіційний сайт програми Zbrush. [Електронний ресурс] URL: <https://www.maxon.net/en/zbrush> (дата звернення: 25.11.2023)
9. Офіційний сайт програми Substance Painter. [Електронний ресурс] URL: <https://www.adobe.com/products/substance3d-painter.html> (дата звернення: 25.11.2023)
10. Офіційний сайт програми Rizom UV. [Електронний ресурс] URL: <https://www.rizom-lab.com/> (дата звернення: 26.11.2023)
11. V. M. Kartashov, V. N. Oleynikov, S. A. Sheyko, I. V. Koryttsev, S. I. Babkin, O. V. Zubkov, "Peculiarities of small unmanned aerial vehicles detection and recognition," Telecommunications and Radio Engineering,

- 2019, V. 78, Iss. 9, pp. 771–781. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v78.i9.30.
12. V. N. Oleynikov, O. V. Zubkov, V. M. Kartashov, I. V. Korytsev, S. I. Babkin, S.A. Sheiko, "Investigation of detection and recognition efficiency of small unmanned aerial vehicles on their acoustic radiation," *Telecommunications and Radio Engineering*, 2019, V. 78, Iss. 9, pp. 759–770. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v78.i9.20.
13. Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovska, M.M., Sergienko O.Yu. Principles of Construction and Assessment of technical Characteristics of multi-Frequency atmospheric Sodar in the Humidity Measurement Mode / *Telecommunications and Radio Engineering*.- New York. - 2020.- Vol. 79, №4.- P.323-333. (стаття). DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50.
14. Kartashov, V.M., Oleynikov V.N, Zubkov, O.V., Korytsev I.V., Babkin, S. I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M. Spatial-temporal Processing of acoustic Signals of Unmanned Aerial Vehicles; *Telecommunications and Radio Engineering*, 2020. Vol. 79, Iss, 9, pp.769-780.
15. V.M. Semenets, V.M. Kartashov, V.I. Leonidov. Features of Acoustic Noise of Small Unmanned Aerial Vehicles // *Telecommunications and Radio Engineering*.- New York. - 2020.- Vol. 79, №11.- P. 985-995. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i11.80 (стаття).
16. Oleynikov V.N., Kartashov, V.M., Babkin, S. I., Zubkov, O.V., Korytsev I.V., Sheiko, S.A., Seleznov I.S. Structure and Parameter Unmanned Aerial Vehicles Sound Fields/ *Telecommunications and Radio Engineering*.- New York. - 2020.- Vol. 79, №17.- P.1539-1550. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i17.50 (стаття).
17. В.А. Тихонов, В.М. Карташов, В.М. Олейников, В.І. Леонідів, Л.П. Тимошенко, І.С. Селезньов, Н.В. Рибніков. Виявлення-розпізнавання безпілотних літальних апаратів з використанням складової моделі авторегресії їхнього акустичного випромінювання// *Вісник НТУУ «КПІ». Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. – 2020. – Вип. №81. -

- C.38-46. (Web of Science) Карташов В.М., Коритцев І.В., Олійников В.М., Зубков О.В., Шейко С.А., Бабкін С.І., Левський Н.А., Селезньов І.С. Алгоритми пеленгації безпілотних літальних апаратів з їхнього акустичного випромінювання// Радіотехніка. (Харків). - 2019. - Вип. 196. - С. 22-31. Карташов В.М., Харченко О.І., Чумаков В.І. Використання ефекту стохастичного резонансу аналізу спектрів акустичного випромінювання малих безпілотних літальних апаратів // Радіотехніка. (Харьков). — 2019. — Вып. 197. — С. 100-106.
18. Карташов В.М., Сидоров Г.І., Толстих Є.Г., Шаповалов С.В. Акустичний вимірювач швидкості вітру в атмосферному прикордонному шарі// Радіотехніка. (Харьков). — 2019. — Вып. 199. — С. 54-58.
19. A Comparative Example Between The Use Of Pca And Mds For Image Classification / Hernandez, W., Mendez, A., Flor-Unda, O., Camejo, I.M., Kolendovska, M. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152565, Pages 1353-1358
20. Algorithm For Generating Refined Frequency Estimates In Atmospheric Radio Sounding Systems / Kartashov V., Hernandez W., Hernandez-Balbuena D., M. Kolendovska, Konovalenko O., Melnyk V. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152562, Pages 79-82
21. Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M. Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.

22. Avalos-Gonzalez, D., Sergiyenko, O., Hernandez-Balbuena, D., Tyrsa, V., Kartashov V.M., V., Rivas-Lopes, M., Murrieta-Rico, F.N. Constraints definition and application optimization based on geometric analysis of the frequency measurement method by pulse coincidence// Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (USA). 2018, V.126. P. 184-193.
23. Book "Control and Signal Processing Applications for Mobile and Aerial Robotic Systems", Hardback - Advances in Computational Intelligence and Robotics English. Edited by Oleg Sergiyenko, Moises Rivas-Lopez, Wendy Flores-Fuentes, Julio Cesar Rodríguez-Quiñonez, Lars Lindner. Editorial IGI Global, Hershey, United States, January 2020, 340 páginas. ISBN10 152259924X, ISBN13 9781522599241
24. Cesar Sepulveda-Valdez ; Oleg Sergiyenko ; Vera Tyrsa ; Wendy Flores-Fuentes ; Julio César Rodríguez-Quiñonez ; Fabian Natanael Murrieta-Rico ; Jesús Elías Miranda-Vega ; Paolo Mercorelli ; Marina Kolendovska. "Geometric analysis of a laser scanner functioning based on dynamic triangulation," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1398-1403, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152268.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152268>
25. Cuauhtémoc Mariscal-García; Wendy Flores-Fuentes; Daniel Hernández-Balbuena; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Oleg Sergiyenko. "Classification of Vehicle Images through Deep Neural Networks for Camera View Position Selection," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1376-1380, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152440.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152440>
26. Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision/ O. Sergiyenko, J.C. Rodriguez-Quiñonez, IGI Global, 2016; 341p.

27. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission, /Oleynikov, V., Zubkov, O., Kartashov, V., ...Sheiko, S., Babkin, S.//2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, стр. 175-178, 9061337
28. Features of acoustic noise of small unmanned aerial vehicles / Semenets, V.V., Kartashov, V.M., Leonidov, V.I. //Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz* and *Radiotekhnika*), 2020, 79(11), стр. 985-995
29. Geometric Analysis Of A Laser Scanner Functioning Based On Dynamic Triangulation /Sepulveda-Valdez, C., Sergiyenko, O., Tyrsa, V, Mercorelli, P., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152268, Pages 1398-1403
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152255>
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9161870>
30. I. Y. A. Corpus, L.Lindner, O.Sergiyenko. "Transimpedance Amplifier for Laser Scanning System Range Extension," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1421-1426, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152487.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152487>
31. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.
32. Jonathan J. Sanchez-Castro ; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Luis R. Ramírez-Hernández ; Guillermo Galaviz ; Daniel Hernández-Balbuena ;

- Gabriel Trujillo-Hernández ; Wendy Flores-Fuentes ; Paolo Mercorelli ; Wilmar Hernández-Perdomo ; Oleg Sergiyenko ; Félix Fernando González-Navarro. "A Lean Convolutional Neural Network for Vehicle Classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1365-1369, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152274.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152274>
- 33.Lindner, L., Sergiyenko, O., Rivas-López, M., (...), Gurko, A., Kartashov, V.M. Machine vision system for UAV navigation; IEEE, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC, 2016; pp.1–6. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841356.
- 34.M. Ivanov, O. Sergiyenko, V. Tyrsa, P. Mercorelli, V. Kartashov, W. Hernandez, S. Sheiko, M. Kolendovska. Individual scans fusion in virtual knowledge base for navigation of mobile robotic group with 3D TVS // Proceedings of 44th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON).. -2018. – Washington DC, USA. -S. 3187-3192. . ISBN 978-1-5090-6683-4/18/.
- 35.Murrieta-Rico, F.N., Petranovskii, V., Galvan, D.H., Sergiyenko, O., Yocupicio-Gaxiola, R.I., De Dios Sanchez-Lopez, J. Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 185-190, 9152255, DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152255
- 36.Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16// Machine Vision and Navigation; Springer, Cham. pp.537–578.

- Editors: Sergiyenko, Oleg, Flores-Fuentes, Wendy, Mercorelli, Paolo.
DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2_16.
37. Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time /Kartashov, V., Oleynikov, V., Zubkov, O., Sheiko, S.// 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165362/
38. Principles Of Construction And Assessment Of Technical Characteristics Of Multi-Frequency Atmospheric Sodar In The Humidity Measurement Mode / Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M., Sergienko, O.Yu. // Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50, p. 323-333/
39. Research Of The Uncertainty Of Measurement Frequencies And Definitions Of The Frequency Signal In The Waveguide With Respect To Power / Semenets, V.Zakharov, I. Serhienko, M., Kartashov, V.M., Kolendovska, M., Hernandez, W., Hipolito, J.I.N., Tyrsa, V.// 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2019; Lisbon Congress CenterLisbon; Portugal; 14 October 2019 до 17 October 2019; CFP19IEC-ART; Код 155980, Volume 2019-October, October 2019, № 8927203, Pages 4674-4679
40. Spatial-Temporal Processing Of Acoustic Signals Of Unmanned Aerial Vehicles /Kartashov V.M., Oleinikov V.N., Zubkov O.V., Sheiko S.A., Kolendovska M.M.// Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/Telecomradeng.v79.i9.40, p. 769-780
41. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter)/ Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-

- Quiñonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N.// Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265
42. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 16. // Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quíñonez. (341p.), IGI Global, 2017; pp. 361-381. DOI: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch016.
43. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 6// Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quíñonez. (341p.) – USA, Herhey, IGI Global, 2016; pp.180-205.
44. Sytnik O., Kartashov V. Methods and Algorithms for Technical Vision in Radar Introspection. Chapter 13// Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications. IGI Global, 2019; pp. 373-391.
45. The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal/Semaphors, V., Kartashov, V., Sergiyenko, O., ...Rodriguez-Quinonez, J.C., Flores-Fuentes, W.//IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2020, 2020-June, p. 215-219
46. Unda, O.F., Hernandez, W., Vargas, O., Mendez, A., Sergiyenko, O., Tyrsa, V. Construction of a robotic platform of differential type for first-year students of electronic engineering, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, 24-26 de junio de 2020, Sorrento, Italia, pp. 538-543, 9161870, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161870
47. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles/Kartashov, V., Oleynikov, V., Koryttsev, I., ...Babkin, S., Selieznov, I.//Proceedings - 15th

International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, 2020, p. 377-380/

48. V. Semenets; Vladimir Kartashov ; Oleg Sergiyenko; Vyacheslav Tikhonov ; Paolo Mercorelli ; Sergiy Sheiko ; Nataliya Chmelarova. "The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 215-219, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152238.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152238>

49. Wilmar Hernandez ; Alfredo Mendez ; Omar Flor-Unda ; Vicente Gonzalez-Posada ; Jose Luis Jimenez ; Oleg Sergiyenko ; Julio C. Rodriguez-Quiñonez ; Mykhailo Ivanov ; Ivan Menes Camejo ; Marina Kolendovska. "A comparative example between the use of PCA and MDS for image classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1353-1358, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152565.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152565>