



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
Кафедра Медіасистем та технологій  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Видавничо-поліграфічна справа  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)  
«19» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Гарбузовій Дар'ї Сергіївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування інтерактивної ігрової мапи,  
як елементу віртуальної настільної гри

Затверджена наказом по університету від 19 травня 2025 р. № 385 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 9 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Вид – тривимірна сцена; Середовище розповсюдження – спеціалізовані цифрові платформи; Графічний матеріал – растрові зображення у форматах .png, .jpg; Призначення – використання для ігрових сесій, сфера розваг; Основні характеристики – невелика оптимізована тривимірна сцена з варіантами освітлення.

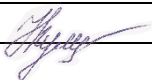
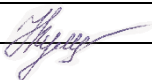
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ; Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; Аналітичний огляд досягнень у сфері віртуальних настільних ігор; Визначення етапів процесу проектування мапи; Вибір інструментальних засобів; Проектування мапи та елементів; Економічна частина; висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Мета та актуальність; Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; Аналітичний огляд досягнень у сфері віртуальних настільних ігор; Визначення етапів процесу проектування мапи; Вибір інструментальних засобів; Проектування мапи та елементів; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи (п. 6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п. 1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Кулішова Н.Є.		05.06.2025
Економічна частина	ас. Легеза О.М.		03.06.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.05.2025	виконано
2	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	14.05.2025	виконано
3	Аналітичний огляд досягнень у сфері віртуальних настільних ігор	16.05.2025	виконано
4	Визначення етапів процесу проектування мапи	18.05.2025	виконано
5	Вибір інструментальних засобів	20.05.2025	виконано
6	Проектування мапи та елементів	28.05.2025	виконано
7	Тестування	01.06.2025	виконано
8	Економічна частина	03.06.2025	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2025	виконано
9	Оформлення графічної частини	07.06.2025	виконано

Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач

  
(підпис)

Керівник роботи

  
(підпис)

проф. Нонна КУЛІШОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 60 с., 2 табл., 31 рис., 1 дод., 26 джерел.

3D МОДЕЛЮВАННЯ, VIRTUAL TABLETOP, BLENDER, UNITY, WORLD MACHINE, ІГРОВА МАПА, ПРОЦЕДУРНА ГЕНЕРАЦІЯ.

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню інтерактивної тривимірної ігрової мапи для віртуальної настільної гри. Робота включає аналіз особливостей віртуальних настільних ігор та сучасних тенденцій їх розвитку, дослідження цільової аудиторії та технічних вимог до продукту, аналіз існуючих аналогів для виявлення їх переваг та недоліків, огляд основних етапів створення мапи, вибір відповідних інструментальних засобів. У роботі використано сучасні технології процедурної генерації ландшафту в World Machine, полігонального моделювання та скульптингу в Blender, а також налаштування освітлення та візуальних ефектів в Unity.

Результатом роботи є інтерактивна мапа локації «Tower of Storms» з реалістичним рельєфом, архітектурними об'єктами (маяк, міст, уламки кораблів) та декількома варіантами освітлення для різних ігрових сценаріїв, що поєднує естетичну привабливість з практичною зручністю використання в ігровому процесі D&D.

## ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work contains: 60 p., 31 pic., 2 tab., 1 app., 26 sources.

3D MODELLING, VIRTUAL TABLETOP, BLENDER, UNITY, WORLD MACHINE, GAME MAP, PROCEDURAL GENERATION.

The qualification work is devoted to the design of an interactive three-dimensional game map for a virtual board game. The work includes analysis of the features of virtual board games and current trends in their development, research of the target audience and technical requirements for the product, analysis of existing analogues to identify their advantages and disadvantages, review of the main stages of map creation, selection of appropriate tools. The work uses modern technologies of procedural landscape generation in World Machine, polygonal modelling and sculpting in Blender, as well as setting up lighting and visual effects in Unity.

The result is an interactive map, Tower of Storms locations with realistic terrain, architectural objects (lighthouse, bridge, shipwrecks) and several lighting options for different game scenarios, combining aesthetic appeal with practical usability in the D&D gameplay.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ .....	10
1.1 Мета та задачі роботи.....	10
1.2 Аналіз цільової аудиторії.....	11
1.3 Технічні аспекти.....	11
1.4 Технології створення тримірних ландшафтних ігрових локацій.....	12
1.5 Аналіз аналогів .....	14
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЯГНЕНЬ.....	18
2.1 Настільні ігри у цифровому середовищі.....	18
2.2 Технології розробки ігрових полів та локацій .....	19
2.3 Тривимірні технології для створення ігрових локацій.....	20
2.4 Сучасні виклики та тенденції розвитку.....	21
3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ МАПИ .....	23
4 ВИБІР ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ.....	26
4.1 World Machine.....	26
4.2 Blender .....	27
4.3 Adobe Photoshop .....	29
4.4 Unity .....	30
5 ПРОЕКТУВАННЯ МАПИ ТА ЕЛЕМЕНТІВ .....	32
5.1 Створення концепції .....	32
5.2 Створення основного рельєфу .....	33
5.3 Моделювання елементів мапи у програмі Blender .....	35
5.4 Текстурування та оптимізація .....	42
5.5 Налаштування сцени .....	44
6 ТЕСТУВАННЯ .....	48

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	50
ВИСНОВКИ .....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	58
ДОДАТОК А Створена сцена з різними варіантами освітлення .....	61

## ВСТУП

Сучасна ігрова індустрія переживає епоху масштабної цифрової трансформації, яка кардинально змінює традиційні уявлення про настільні ігри та форми їх існування. Подібна трансформація настільних ігор стала одним із найбільш динамічних напрямків розвитку ігрової сфери, значно змінюючи культуру спільного ігрового досвіду. Якщо раніше настільні ігри були обмежені фізичним простором та присутністю всіх учасників в одному місці, то сьогодні технології руйнують ці бар'єри, створюючи принципово нові можливості для взаємодії гравців. Процес цифровізації настільних ігор охоплює не лише технічне переведення ігрових механік у віртуальне середовище, але й переосмислення самої природи ігрового досвіду. Цифрові платформи дозволяють зберегти емоційну складову та соціальний аспект традиційних настільних ігор, водночас надаючи учасникам нові інструменти для самовираження та творчості. Віртуальні аналоги настільних ігор забезпечують можливість грати з людьми з різних континентів, автоматизують складні розрахунки, надають доступ до величезних бібліотек ігрового контенту, зберігаючи саму концепцію гри. Віртуальні настільні ігри стали не просто альтернативою фізичним аналогам, а окремою сферою, що існує та розвивається паралельно. Світові тенденції у сфері розробки ігрового контенту демонструють постійну увагу до розробки різноманітних версій настільних ігор.

Мета індивідуального завдання полягає у проектуванні віртуальної ігрової мапи для платформи Tabletop Simulator. Основним завданням є створення інтерактивного ігрового середовища, яке максимально точно передаватиме атмосферу традиційної настільної гри, водночас використовуючи переваги цифрового формату. Створювана мапа є тривимірною сценою для проведення ігрових сесій у контексті рольової гри D&D.

Актуальність даної роботи обумовлена зростаючою популярністю віртуальних настільних ігор та загальним інтересом до створення подібного контенту. Пандемія значно прискорила перехід багатьох гравців до цифрових аналогів традиційних ігор, що створило стійкий попит, що і досі спостерігається, на професійно розроблені ігрові елементи для віртуальних настільних столів. Вибір тематики обумовлений значним інтересом до світу Dungeons & Dragons, який останнім часом активно з'являється в популярних серіалах, фільмах та медіа-проектах. Це призвело до масштабного зростання кількості гравців та створення численних онлайн-спільнот навколо гри. Водночас розвиток цифрових платформ зробив D&D більш доступним для широкої аудиторії по всьому світу. Таким чином, розробка якісної тривимірної мапи є важливим кроком у створенні сучасного ігрового контенту, що сприятиме поглибленню імерсивного досвіду та підвищенню рівня залученості гравців.

Застосування виконаної роботи охоплює сферу цифрових розваг, зокрема віртуальні настільні ігри. Розроблена мапа призначена для використання в рольових іграх формату Dungeons & Dragons у середовищі Tabletop Simulator. Потенційними користувачами є майстри гри та гравці, які організують та беруть участь у віртуальних ігрових сесіях. Крім безпосереднього використання, розроблена мапа може служити основою для створення серії тематичних локацій, що значно спростить підготовку до майбутніх ігрових сесій та сприятиме розвитку творчих можливостей майстрів гри.

У ході виконання роботи буде опрацьовано теоретичні відомості, що відповідають темі роботи, буде проведено аналіз наявних аналогів, визначено етапи створення тривимірної мапи, обрано інструментальні засоби для ефективного виконання завдання, розроблено концепцію, спроектовано та налаштовано сцену, яка стане ігровою мапою, яка буде як естетично привабливою так і функціональною.

# 1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

## 1.1 Мета та задачі роботи

2D-карти у Tabletop Simulator не забезпечують достатнього занурення гравців у вигаданий світ, оскільки вони не передають об'ємності та глибини простору, не дозволяють змінювати перспективу огляду та мають обмежені можливості для взаємодії. Плоске зображення не передає висоти, глибини та масштабу локацій, що критично важливо для повноцінного занурення у фантастичні світи. Це створює дисонанс між уявою гравців та представленням ігрового простору, зменшуючи ефект присутності. 3D мапа дозволяє гравцям краще відчувати масштаб та атмосферу локацій, а також більш ефективно керувати ігровим процесом, адаптуючи середовище під різні сценарії.

Метою роботи є проектування ігрової мапи, як елементу віртуальної настільної гри, яка поєднує: естетичну цілісність, що підтримує атмосферу пригоди, та функціональність для забезпечення комфортного ігрового досвіду, ефективного використання цифрового простору, за умови збереження атмосфери, що відчувається при реальній грі.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні задачі:

- провести аналіз особливостей віртуальних настільних ігор;
- провести аналіз цільової аудиторії та технічних аспектів розробки;
- вивчити існуючі підходи (провести аналіз аналогів);
- визначити основні етапи проектування сцени;
- вибрати інструментальні засоби;
- спроектувати тривимірну сцену;
- налаштувати мапу та її елементи, провести тестування.

## 1.2 Аналіз цільової аудиторії

До цільової аудиторії користувачів інтерактивної мапи належать гравці та майстри гри (Game Masters), які проводять ігрові сесії D&D у віртуальному середовищі. Це переважно молоді люди віком від 24 до 34 років. Вони мають середній або високий рівень технічної обізнаності, розуміються на правилах гри та механіках віртуальних настільних ігор. Більшість із них має досвід гри в D&D у традиційному форматі та шукає способи перенести цей досвід у віртуальне середовище, зберігаючи відчуття та атмосферу живої гри. Особливу цінність для цієї аудиторії представляє можливість грати в улюблені ігри, незважаючи на швидкий темп життя та брак часу для організації живих зустрічей. Віртуальний формат дозволяє їм приєднуватися до ігрових сесій у зручний час, без необхідності фізично переміщуватися до місця зустрічі, що є значною перевагою для людей з напруженим графіком роботи або навчання. Крім того, віртуальні ігри дають можливість об'єднувати гравців із різних міст та навіть країн, розширюючи соціальне коло та урізноманітнюючи ігровий досвід. Користувачі цінують як функціональність, так і естетичну привабливість ігрових елементів, розраховуючи на високу якість візуалізації та плавність взаємодії.

## 1.3 Технічні аспекти

Враховуючи, що технічне забезпечення в учасників різне, для створення інтерактивної мапи необхідно застосовувати оптимізовані технічні рішення, які забезпечать плавну роботу навіть на менш потужних комп'ютерах, та при не ідеальному інтернет-з'єднанні. Особлива увага має бути приділена оптимізації графічних елементів, щоб вони не створювали надмірного навантаження на систему, але при цьому зберігали високу якість та привабливий вигляд. Створювана мапа має залишатися цілісною композиційно: рельєф, архітектурні

об'єкти й дрібні деталі повинні органічно поєднуватися, щоб локація легко «читалася» з будь-якого ракурсу камери. Важливою залишається й атмосферна складова. Кольорова палітра, характер освітлення та текстурні рішення підсилюють загальне враження та мають відповідати тематиці.

#### 1.4 Технології створення тримірних ландшафтних ігрових локацій

У процесі розробки проекту буде застосовано комплекс сучасних технологій тривимірного моделювання та процедурної генерації контенту, які дозволять створити якісний та оптимізований продукт.

Процедурна генерація ландшафту є технологією автоматичного створення тривимірного рельєфу місцевості з використанням математичних алгоритмів. Основою методу є застосування алгоритму шуму Перліна для створення природних нерівностей та органічних форм рельєфу через генерацію карт висот, де кожен піксель відповідає висоті точки на поверхні терейну. Технологія передбачає багат шарове накладання різних типів шуму з різними параметрами частоти та амплітуди, включаючи фрактальний шум для створення деталізованих поверхонь, симплекс-шум для підвищення продуктивності, та комбінування різних октав шуму для створення складних ландшафтних форм від великих гірських масивів до дрібних деталей поверхні. Алгоритми дозволяють налаштовувати параметри генерації для створення різних типів ландшафту: гористої місцевості, рівнин, каньйонів та інших географічних формацій, з застосуванням методів ерозійного моделювання для симуляції природних процесів руйнування та формування рельєфу.

Полігональне моделювання як метод створення тривимірних об'єктів шляхом з'єднання вертексів у просторі лініями, які утворюють полігони, є основною технологією для створення детальних ігрових ассетів. Процес передбачає побудову моделей через поступове формування геометричних форм

з базових елементів до складних детальних об'єктів. Box modeling починається з простих геометричних форм як-от куби чи сфери, які потім трансформуються та деталізуються для створення потрібної форми через розтягування, стискання та додавання нових елементів. Edge modeling використовує підхід поступового нарощування моделі від базових ліній та контурів, дозволяючи художнику точно контролювати форму об'єкта на кожному етапі створення. Subdivision modeling дозволяє створювати гладкі органічні поверхні з кутастих базових форм через автоматичне згладжування та підрозділ поверхні на дрібніші елементи. Робочий процес включає планування топології моделі для забезпечення правильних деформацій, створення базової форми відповідно до концепт-арту, поступову деталізацію через додавання нових елементів геометрії, та фінальну оптимізацію для використання в ігровому движку. Кожен підхід має свої переваги залежно від типу об'єкта: box modeling ефективний для архітектурних елементів, edge modeling – для персонажів та органічних форм, а subdivision modeling – для створення гладких поверхонь та складних криволінійних об'єктів.

Цифрове скульптурування представляє технологію створення тривимірних моделей через пряму деформацію віртуальної поверхні, імітуючи процес ліплення з глини. Метод дозволяє художнику працювати з високодеталізованими мешами, додаючи чи віднімаючи матеріал, згладжуючи поверхні та створюючи складні рельєфи без обмежень традиційного полігонального моделювання. Процес скульптурування включає послідовні етапи: створення базової форми, поступове додавання деталізації та фінальне опрацювання дрібних елементів. Технологія особливо ефективна для створення органічних форм, персонажів та об'єктів з складною поверхнею, оскільки дозволяє інтуїтивно формувати геометрію через безпосередню взаємодію з моделлю. Робочий процес передбачає можливість роботи на різних рівнях деталізації – від загальних пропорцій до найдрібніших текстурних елементів. Результатом є високо деталізовані моделі,

які потребують подальшої оптимізації для використання в реальному часі через процедури спрощення геометрії та перенесення деталей у текстурі.

Текстурування тривимірних моделей включає два основні процеси: розгортку поверхні та створення текстурних зображень. UV-маппінг представляє метод перетворення тривимірної поверхні об'єкта у плоску двовимірну карту, яка дозволяє точно накласти текстуру на модель без спотворень. Процес передбачає розрізання моделі у стратегічних місцях та розкладання отриманих частин на плоскій поверхні, подібно до того, як глобус розгортається у плоску карту світу. Процедурна генерація текстур автоматично створює різноманітні матеріали через математичні алгоритми та функції шуму, що дозволяє отримувати унікальні поверхні без необхідності малювання кожної текстури вручну. Технологія створює повний набір карт, що визначають різні властивості матеріалу: колір поверхні, її шорсткість, металічні властивості, рельєф та затінення. Процес включає комбінування різних типів шуму для імітації природних матеріалів, створення ефектів старіння та зносу, а також забезпечення безшовного повторення текстур на великих поверхнях.

Система освітлення та роботи з террейном Unity об'єднує технології візуалізації тривимірної сцени та редагування ландшафтних областей, включаючи глобальне освітлення для симуляції непрямого освітлення. Підсистема терейну включає інструменти для скульптування рельєфу та додання елементів оточення.

## 1.5 Аналіз аналогів

Аналіз існуючих рішень є важливим етапом проектування, що дозволяє визначити поточний стан та виявити можливості для покращення. Для дослідження було обрано три приклади тривимірних мап для Tabletop Simulator, схожих за тематикою до створюваного продукту. Кожен з аналізованих проектів

має свої особливості в плані технічної реалізації, візуального стилю та функціональності, що дозволяє сформувавши розуміння вимог до продукту.

Першою було проаналізовано мапу «Ocean Cliff» (рис. 1.1) [1], яка представляє скелястий берег з невеликими будівлями. Основним елементом є високий утес, на якому розташовано декілька будинків різного типу та додано різноманітну рослинність у вигляді дерев, кущів та трави. На нижньому рівні відтворено піщаний пляж з детально опрацьованими уламками корабля, що створює додаткові можливості для ігрових сценаріїв. Водна частина має імітацію хвиль та відповідні матеріали, що створюють ефект руху води. Навколишнє середовище та стіл оформлені тематичними елементами для покращення занурення в ігровий процес. Серед переваг можна виділити гарну деталізацію всіх елементів, якісно опрацьовані матеріали та текстури з реалістичними ефектами, різноманітність об'єктів для взаємодії. Недоліками є занадто дрібні елементи, такі як печера на березі, які важко помітити під час гри, а також технічні проблеми з відображенням водної поверхні при завантаженні мапи.



Рисунок 1.1 – Мапа «Ocean Cliff»

Другою було проаналізовано мапу «DnD Island» (рис. 2.2) [2], яка є найбільшою за розміром серед досліджуваних. Мапа об'єднує декілька локацій в

одному просторі: село ельфів з характерною архітектурою, людське поселення з типовими будівлями, болотисту місцевість, густі ліси та сільськогосподарські поля. Така структура робить мапу придатною для проведення декількох ігрових сесій з різними сюжетними лініями. Оточення столу оформлено у вигляді тематичної кімнати з відповідними декоративними елементами. На мапі присутня велика кількість інтерактивних об'єктів різних типів: будівлі, природні елементи, декоративні деталі, що створює багато варіантів для ігрової взаємодії. Водна поверхня має імітацію хвиль з анімованими ефектами, але використовує занадто яскраві та насичені кольори. Основним недоліком є хаотична композиція та розрізненість елементів без чіткої організації, що ускладнює сприйняття загальної картини та може відволікати гравців від основного ігрового процесу.



Рисунок 1.2 – Мапа «DnD Island»

Третьою було розглянуто мапу «Islands Combat Map» (рис. 1.3) [3], яка призначена для тактичних бойових сцен та складається з декількох островів, з'єднаних мостами. Мапа має досить широкі габарити та зручну координатну сітку з чіткою розміткою, що полегшує переміщення фігурок та планування тактичних дій. Простір забезпечує достатньо місця для розміщення персонажів та додаткових елементів, необхідних для бойових сцен. Присутні різноманітні

платформи на різних рівнях, сходи, укріплення та оборонні споруди, що створює можливості для тактичних маневрів. Архітектурні елементи включають вежі, стіни та інші фортифікаційні споруди, що додає стратегічної глибини ігровому процесу. Недоліками є строкаті бокові частини платформ, що свідчить про помилки при текстуруванні. Навколишнє середовище має мінімальне оформлення без детального опрацювання фонових елементів, що знижує рівень атмосферності та занурення в ігровий процес.



Рисунок 1.3 – Мапа «Islands Combat map»

На основі аналізу аналогів сформовано основні вимоги до мапи. Вона повинна мати добру деталізацію елементів при збереженні їх достатнього розміру для зручності гри. Композиція має бути продуманою та цілісною, без хаотичного розташування об'єктів. Колірна палітра повинна бути збалансованою, без занадто яскравих елементів. Технічне виконання має бути якісним – текстури повинні накладатися правильно, без помилок відображення. Оформлення навколишнього середовища грає значну роль у створенні атмосфери та занурення гравців у гру. Враховуючи те, що проаналізовані аналоги не мають варіативності то значною перевагою для створюваної ігрової мапи стане саме наявність декількох різних опцій для сцени, виражених у відтворенні різного освітлення.

## 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЯГНЕНЬ

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімкою цифровізацією традиційних сфер діяльності, включаючи індустрію настільних ігор. Цифрова трансформація настільних ігор представляє собою комплексний процес, що охоплює як технологічні інновації, так і нові підходи до дизайну ігрового досвіду. Аналіз сучасного стану галузі показує, що віртуалізація настільних ігор не є простим перенесенням фізичних компонентів у цифрове середовище, а представляє собою створення принципово нових форм інтерактивності [4].

### 2.1 Настільні ігри у цифровому середовищі

Настільні ігри, які століттями були важливою частиною людської культури та розваг, зараз переживають значну трансформацію в цифрову епоху. Еволюція настільних ігор до віртуальних середовищ особливо прискорилося за останнє десятиліття, зокрема під час пандемії COVID-19, коли фізичні зустрічі стали обмеженими. Цей перехід відображає не лише цифровізацію існуючих ігор, але й створення нових форм інтерактивного досвіду, що поєднують традиційні механіки з можливостями цифрових технологій. Дослідження показують, що віртуальні настільні ігри стали важливим інструментом соціалізації та підтримки спільнот під час періодів ізоляції [5-6].

Цифрові адаптації дозволяють насолоджуватися грою, коли немає достатньо часу, місця або енергії для офлайн-гри. Це особливо актуально для складних ігор з багатьма компонентами. Цифровізація не витіснила традиційні фізичні ігри, а створила паралельну систему, де обидва формати можуть співіснувати і навіть посилювати один одного [7].

Центральним елементом віртуальних настільних ігор є спеціалізовані онлайн-платформи (Virtual Tabletops або VTTs), які створюють цифрове ігрове середовище. Віртуальний стіл (VTT) – це цифрова платформа, розроблена для відтворення захопливого досвіду традиційних настільних ігор, спеціально розроблена для рольових ігор (RPG) з киданням кубиків. Вона служить онлайн-ареною, де користувачі можуть відтворювати існуючі ігри або створювати власні пригоди, що сприяє спільному ігровому процесу з віддаленими учасниками. Ці платформи дозволяють гравцям взаємодіяти в режимі реального часу, долаючи географічні бар'єри та забезпечуючи багатший досвід у ігровій спільноті [8-9]. Вони пропонують динамічні ігрові простори з інтерактивними елементами, анімацією, звуковими ефектами та музичним супроводом. Важливим фактором є автоматизація ігрових процесів, що спрощує складні обчислення, відстежує характеристики персонажів та стани гри, контролює дотримання правил. Це значно знижує бар'єр входу для новачків і дозволяє зосередитись на творчих аспектах гри, а не на технічних деталях.

## 2.2 Технології розробки ігрових полів та локацій

Створення поля є одним із ключових аспектів розробки настільних ігор. Поля та мапи для ігор мають широкий ряд варіантів від простих абстрактних представлень до складних, деталізованих світів. Класичні стратегічні ігри, такі як шахи, використовують прості сітки, тоді як більш сучасні настільні ігри, особливо ті, що мають сюжетну та пригодницьку спрямованість, часто включають ретельно розроблені мапи з різноманітними географічними елементами, кожен з яких має свій вплив на ігровий процес. При розробці мап для настільних ігор особливу увагу варто приділяти балансу між реалізмом та ігровим абстрагуванням. Надто реалістичні карти можуть бути перевантажені

деталіями, що ускладнюють ігровий процес, тоді як надмірно спрощені можуть не забезпечувати достатньої іммерсивності та стратегічної глибини [10].

Колірна гама та візуальні елементи карт також відіграють важливу роль. Вони не лише створюють атмосферу, що відповідає темі гри, але й допомагають гравцям швидко ідентифікувати різні території, ресурси чи перешкоди. Контрастні кольори, чіткі межі та інтуїтивні позначення полегшують навігацію та розуміння ігрового поля, особливо для новачків. Процес створення карти для настільної гри починається з пошуку відповідних джерел і референсів, після чого відбувається адаптація та інтеграція різних елементів в єдиний дизайн [11].

### 2.3 Тривимірні технології для створення ігрових локацій

Використання тривимірних технологій для розробки локацій у настільних іграх є однією з найбільш перспективних тенденцій сучасного ігрового дизайну. Для створення 3D-локацій застосовуються різні технології: полігональне моделювання для базової геометрії ігрових елементів, процедурна генерація для автоматизованого створення локацій, фотограмметрія для відтворення реальних об'єктів та вокселі для моделювання ландшафтів. Ігрові локації мають створювати не лише естетичне задоволення, але й забезпечувати інтуїтивно зрозумілі просторові відносини, що допомагають гравцям орієнтуватися та приймати рішення. Ключовими аспектами якісного 3D-дизайну є організація простору, що спрямовує увагу гравця; інформативна візуальна мова, яка передає правила та можливості без текстових пояснень; та цілеспрямоване використання кожного елемента локації для підтримки ігрових механік. Ефективний дизайн враховує також психологічні аспекти сприйняття простору, технічні обмеження цільових платформ та специфіку взаємодії гравців із тривимірним середовищем. У контексті віртуальних настільних ігор такий інтегрований підхід особливо важливий, оскільки він дозволяє зберегти традиційний досвід настільної гри,

одночасно розширюючи його можливості через унікальні переваги цифрового середовища [12]. Переваги 3D-технологій включають підвищену іммерсивність, гнучкість модифікації, інтуїтивність навігації та візуальну привабливість.

Технічні виклики у проектуванні 3D-карт насамперед зводяться до оптимізації продуктивності: важливо зберегти яскраву візуальну складову, але не перевищити розумні межі полігонів, текстур і draw-calls, щоб сцена лишалася плавною у Tabletop Simulator. За даними галузевих опитувань, саме труднощі з оптимізацією найчастіше затримують публікацію готових 3D-локацій [13].

Таким чином, 3D-технології стають невід'ємною частиною сучасної розробки настільних ігор, дозволяючи створювати більш іммерсивні та інтуїтивно зрозумілі ігрові простори, що суттєво підвищують якість ігрового досвіду.

#### 2.4 Сучасні виклики та тенденції розвитку

Розробка настільних ігор сьогодні стикається з різноманітними викликами та можливостями. Згідно з дослідженнями, одним з найбільш популярних напрямів є інтеграція віртуальної реальності (VR). Віртуальна реальність стала провідним вектором для сучасних віртуальних настільних ігор.

У Tabletop Simulator уже реалізовано повноцінний VR-режим: користувач одягає гарнітуру, бачить тривимірний стіл у просторовому масштабі, підхоплює фігури жестами й може грати разом із тими, хто залишився за звичайним монітором, не втрачаючи відчуття спільної присутності. Галузеві огляди зазначають, що саме VR-геймплей залишається основною сферою інвестицій: понад половина опитаних студій та інвесторів називають його головним напрямом розвитку, а аналітики прогнозують стале зростання ринку VR-ігор із темпом понад 30% щороку у найближчі п'ять років [14].

Для віртуальних настільних платформ це означає можливість перенести класичний «стіл» у повноцінний тривимірний простір, де гравці оглядають мапу під будь-яким кутом, маніпулюють мініатюрами природними жестами та відчують присутність поруч із партнерами, навіть перебуваючи на відстані. Такий рівень занурення створює нові дизайнерські можливості – багатоповерхові сцени, інтерактивне освітлення, реалістичну вертикальну геометрію – але водночас підвищує вимоги до оптимізації моделей і текстур, аби зберегти стабільну частоту кадрів у VR-гарнітурах [15].

Паралельно формується ще один вагомий тренд – інтеграція штучного інтелекту. Перш за все AI слугує інструментом автоматизованого плейтесту: моделі проганяють сотні й тисячі симуляцій, виявляють дисбаланс, підраховують статистику перемог і програшів, аналізують крайові сценарії та пропонують дизайнерові корекції, скорочуючи час перевірки механік у разі [16].

Далі штучний інтелект переходить від допоміжної ролі до безпосередньої участі в розробці контенту: алгоритми формують варіації карт, генерують описи неігрових персонажів, добирають адекватний рівень складності для різних груп гравців і навіть моделюють поведінку супротивників, щоб бойові сцени залишалися динамічними й непередбачуваними. Крім того, неймережі дедалі частіше застосовують для створення адаптивного аудіосупроводу й автоматичної озвучки діалогів, що мінімізує потребу у великій команді. У результаті процес розробки стає більш ітеративним: автори отримують змогу оперативно вносити зміни, бачити їхній вплив у реальному часі та покращувати гру до релізу без тривалих пауз на традиційне тестування. У сесійному процесі з'являються «віртуальні ведучі», здатні описувати локації, керувати неігровими персонажами й адаптувати сюжет до дій гравців у реальному часі. Прикладом такої платформи є Friends & Fables, де AI-майстер забезпечує повний наративний супровід [17-18].

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ МАПИ

Процес створення тривимірної мапи для віртуальної настільної гри складається з декількох послідовних етапів, кожен з яких має своє призначення та вирішує конкретні завдання. Правильна організація робочого процесу забезпечує ефективне використання ресурсів та якість кінцевого продукту.

Загальна схема процесу наведена на рис. 3.1.



Рисунок 3.1– Загальна схема проектування віртуальної ігрової мапи

Аналіз оригінальної гри є початковим етапом проектування. На цьому етапі вивчаються ігрові механіки оригінальної настільної гри, включаючи правила переміщення та зони взаємодії. Досліджуються сюжетні елементи, тематичний контекст та компоненти. Аналізуються стилістичні особливості оригінального дизайну та колірна палітра. Визначаються технічні вимоги щодо масштабування та кількості гравців. Формується розуміння ключових локацій та об'єктів взаємодії, які необхідно відтворити у віртуальному середовищі.

Розробка концепції цифрової версії включає створення загального бачення майбутньої віртуальної мапи з урахуванням усіх технічних та художніх аспектів

проекту. На цьому етапі визначається загальна стилістика проекту, яка може бути фотореалістичною для максимального занурення або стилізованою для створення унікальної візуальної мови. Детально формується колірна палітра з урахуванням читабельності елементів під час гри та створення комфортного візуального сприйняття для користувачів. Визначається масштаб мапи відносно стандартних розмірів фігурок, що забезпечує правильні пропорції та зручність використання. Розробляється композиційне рішення з урахуванням зручності навігації та логічного розташування ігрових елементів. Створюються детальні концептуальні ескізи основних видів та планується структурна організація майбутньої мапи з урахуванням ігрового процесу.

Вибір інструментарію передбачає обґрунтований відбір програмного забезпечення для кожного етапу виробництва з урахуванням специфіки завдань та бюджетних обмежень проекту. Детально аналізуються можливості програм для процедурної генерації ландшафтів та їх здатність створювати реалістичні природні форми з мінімальними затратами часу. Ретельно досліджуються інструменти для тривимірного моделювання та їх функціональність для створення різних типів об'єктів. Оцінюються середовища збірки проекту та їх сумісність з цільовою платформою, включаючи продуктивність та стабільність роботи. Формується оптимальний технічний стек з урахуванням сумісності між різними програмами та вимог до кінцевої якості продукту. Додатково враховуються можливості інтеграції з існуючими ігровими платформами та системами управління проектами.

Розробка базових компонентів є найбільш об'ємним та технічно складним етапом створення мапи, що вимагає високого рівня професіоналізму та творчого підходу. Процес починається з генерації базового рельєфу за допомогою процедурних методів, що дозволяє створити природні та реалістичні форми ландшафту. Детально створюються висотні карти з урахуванням геологічних особливостей, проводиться симуляція природних процесів ерозії та формуються

географічні форми, що відповідають тематиці гри. Базовий рельєф ретельно доопрацьовується вручну для точної відповідності ігровим вимогам та створення зручних зон для розміщення фігурок різних розмірів.

Далі створюються архітектурні елементи, що включає детальне моделювання будівель різних епох та стилів, споруд, мостів та інших рукотворних об'єктів з урахуванням їх функціонального призначення. Кожен архітектурний елемент розробляється з дотриманням історичної достовірності та стилістичної єдності проекту. Природні об'єкти включають професійне моделювання рослинності різних видів з урахуванням їх біологічних особливостей. Створюються різноманітні типи дерев, кущів та трави з урахуванням їх природних форм, сезонних змін та тематики сцени. Детально моделюються каміння, скелі та інші геологічні утворення з використанням передових технік скульптингу та процедурного моделювання.

Всі елементи створюються з дотриманням принципів оптимізації полігональної геометрії для забезпечення стабільної продуктивності на різних пристроях. Активно використовується техніка ретопології для складних органічних форм, що дозволяє зберегти деталізацію при оптимальній кількості полігонів. Паралельно проводиться професійний UV-mapping всіх елементів для подальшого накладання текстур та створення реалістичних матеріалів.

На етапі налаштування сцени створюються складні системи освітлення з урахуванням часу доби та різноманітних погодних умов для досягнення максимального реалізму. Налаштовується глобальне освітлення для забезпечення реалістичного розсіювання світла та створення природних тіней. Детально розробляються атмосферні ефекти, включаючи туман, димку та інші погодні явища, що підсилюють занурення в ігровий світ. Створюються системи точкового освітлення для підкреслення важливих ігрових елементів та додаткові візуальні ефекти для покращення загального сприйняття сцени.

## 4 ВИБІР ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Створення тривимірної ігрової мапи потребує використання декількох спеціалізованих програм. Основними критеріями вибору програмного забезпечення стали: здатність створювати високоякісний візуальний контент, оптимізація для роботи в Tabletop Simulator та доступність для широкого кола користувачів. Кожна з обраних програм має свої унікальні переваги та призначена для виконання конкретних завдань у загальному процесі.

### 4.1 World Machine

Для створення базового рельєфу було обрано World Machine – спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене компанією Stephen Schmitt для створення реалістичних тривимірних рельєфів місцевості з використанням процедурних методів. Ця програма широко використовується в індустрії розваг, зокрема у виробництві відеоігор, фільмів та архітектурній візуалізації, що робить її вдалим рішенням для створення ландшафту мапи [19].

World Machine побудована на основі вузлової архітектури, де кожен вузол представляє окрему операцію або функцію обробки рельєфу. Принцип роботи програми базується на комбінуванні генераторних вузлів, таких як Perlin Noise Generator для створення базового шуму, Ridged Multifractal для формування горних хребтів, та Willow Noise для генерації м'яких пагорбів. Система фільтрів обробки дозволяє симулювати природні процеси, включаючи водну та температурну ерозію, формування берегових ліній та накопичення снігу на вершинах. Комбінаційні операції забезпечують можливість об'єднання різних шарів рельєфу та вибіркового застосування ефектів на основі заданих умов.

Вихідні модулі програми підтримують експорт карт висот у різних форматах, створення текстурних карт та генерацію тривимірних mesh-моделей.

Основними перевагами World Machine є професійна якість результатів, що досягається завдяки складним алгоритмам симуляції природних процесів, які створюють надзвичайно реалістичні рельєфи з геологічною точністю. Програма підтримує високу роздільну здатність до 8192×8192 пікселів та вище, що забезпечує детальну проробку ландшафту навіть при значному збільшенні. Гнучкість системи проявляється у параметричному управлінні, де кожен параметр може бути точно налаштований, а також у non-destructive workflow, що дозволяє вносити зміни на будь-якому етапі без втрати попередньої роботи. Програма надає можливість як повністю випадкової генерації, так і детального ручного контролю кожного аспекту рельєфу. Інтеграційні можливості включають широку підтримку форматів експорту, таких як raw, png, tiff, obj, fbx та інші, а також сумісність з провідними 3D-пакетами, включаючи Blender, 3ds Max, Maya, Unity та Unreal Engine. API підтримка забезпечує можливість автоматизації через командний рядок. Продуктивність програми досягається завдяки ефективному використанню багатоядерних процесорів, підтримці GPU прискорення для складних операцій та інтелектуальному кешуванню результатів, що значно прискорює робочий процес. Використання World Machine на початковому етапі дозволяє створити якісний ландшафт, який є центральним елементом при створенні мапи та безпосередньо впливає на кінцеву якість.

## 4.2 Blender

Для основної роботи з моделюванням було обрано Blender – комплексне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, розроблене фондом Blender Foundation, яке інтегрує повний спектр інструментів для тривимірного моделювання, анімації та рендерингу [20]. Програма забезпечує комплексний

підхід до створення тривимірних елементів завдяки розширеному функціоналу та гнучкій системі налаштувань, що робить її оптимальним вибором для розробки процедурного генератора рельєфу. Blender надає можливості моделювання через різноманітні методології: полігональне моделювання, скульптинг та процедурну генерацію засобами системи Geometry Nodes. Полігональне моделювання здійснюється шляхом маніпулювання основними компонентами mesh-структури – вершинами, ребрами та гранями, забезпечуючи контроль топології моделі. Система модифікаторів автоматизує повторювані операції – згладжування поверхонь, створення масивів, деформацію та булеві операції, реалізуючи робочий процес з можливістю внесення змін на будь-якому етапі розробки [21].

Blender підтримує режим скульптингу, який являє собою процес цифрового моделювання, що імітує роботу з віртуальною глиною через використання спеціалізованих інструментів та пензлів різної конфігурації. Технологія динамічної топології автоматично регулює щільність геометрії відповідно до рівня деталізації, забезпечуючи створення високо деталізованих моделей без попереднього планування структури полігональної сітки. Інструментарій скульптингу охоплює операції згладжування, вирізання, надування та маскування, що дозволяє формувати різноманітні форми

Програма також включає засоби текстурювання, базовані на принципах фізично коректного рендерингу, що забезпечує створення реалістичних матеріалів з точною передачею властивостей поверхонь. Нодовий редактор матеріалів функціонує як візуальна система програмування, де кожен вузол представляє математичну операцію або текстурну функцію, дозволяючи конструювати багат шарові поверхні з процедурними текстурами математичного походження. UV-редактор реалізує точне накладання текстур через процес розгортання тривимірних поверхонь, мінімізуючи спотворення та забезпечуючи рівномірний розподіл текстурних даних. Система запікання транслює деталі високо полігональних моделей на оптимізовані версії шляхом

рендерингу геометричної та освітлювальної інформації у текстурні карти, включаючи нормальні карти, карти зміщення для досягнення професійного рівня деталізації при збереженні продуктивності. Blender підтримує сучасні технології рендерингу, включаючи HDR-освітлення та глобальні ефекти розсіювання світла. Система Cycles використовує метод трасування променів для фотореалістичних результатів з точною симуляцією каустики та підповерхневого розсіювання, тоді як движок Eevee забезпечує інтерактивний режим роботи для оперативного попереднього перегляду Blender має активну спільноту користувачів та регулярні оновлення, що гарантує підтримку стандартів індустрії та створення ефективних інструментів. Важливою перевагою також є те, що Blender є безкоштовною програмою з відкритим вихідним кодом, що забезпечує доступність для всіх користувачів та можливість кастомізації під потреби проекту.

### 4.3 Adobe Photoshop

У якості додаткового інструменту використовувався Adobe Photoshop. Це растровий редактор, що призначений для створення, редагування та обробки цифрових зображень. Photoshop працює з растровою графікою, яка складається з пікселів, що дозволяє працювати з фотографіями, текстурами та іншими типами зображень на піксельному рівні. Програма підтримує роботу з різними кольоровими моделями, включаючи RGB, CMYK, LAB та Grayscale, а також забезпечує точну роботу з 8-бітними, 16-бітними та 32-бітними зображеннями.

Основними перевагами Adobe Photoshop є широкі можливості в галузі обробки зображень та розширений набір професійних інструментів. Програма має розвинену систему шарів з підтримкою різних режимів змішування, що дозволяє створювати складні композиції без руйнування оригінальних даних. Photoshop включає інструменти для корекції кольору, контрастності та яскравості, включаючи криві, рівні та селективну корекцію кольору. Програма

забезпечує точне керування роботою з зображеннями завдяки інструментам виділення та маскування, має великий набір вбудованих фільтрів для різних типів обробки, підтримує розширення через плагіни та дозволяє створювати автоматизовані послідовності дій для оптимізації робочого процесу [22].

У графічному редакторі була проведена робота з такими елементами як карти висот та текстури. Була створена базова карта висот у форматі градацій сірого, де білі області відповідають найвищим точкам рельєфу, а чорні – найнижчим. Ця карта стала основою для подальшого створення основного рельєфу в World Machine, забезпечуючи початкову форму ландшафту та основні географічні особливості території. Також була проведена робота з текстурями для поверхні ландшафту та для текстур елементів сцени.

#### 4.4 Unity

Для фінальної збірки тривимірної сцени було обрано ігровий рушій Unity. Архітектура Unity базується на компонентно-орієнтованій системі, де кожен об'єкт сцени може містити множину компонентів, що визначають його поведінку та властивості. Редактор сцен надає інтуїтивний інтерфейс для розміщення та налаштування об'єктів у тривимірному просторі, дозволяючи здійснювати точне позиціонування елементів ландшафту, джерел освітлення та декоративних об'єктів. Система освітлення включає різноманітні типи джерел світла – направлені, точкові, прожекторні та площинні, з підтримкою глобального освітлення через технології Lightmapping та Progressive Lightmapper для створення реалістичного розподілу світла та тіней. Terrain система забезпечує ефективну роботу з великими ландшафтами, включаючи інструменти для текстурування, розміщення рослинності та створення водних поверхонь [23].

Ключовими перевагами Unity для даного проекту є універсальність платформи та розширені можливості імпорту контенту з різних джерел, що

дозволяє ефективно інтегрувати результати роботи World Machine та Blender в єдину сцену. Система Asset Pipeline автоматично обробляє імпортовані файли, оптимізуючи їх для використання в реальному часі та забезпечуючи сумісність різних форматів даних. Unity надає розвинену систему матеріалів з підтримкою Physically Based Rendering, що забезпечує реалістичну взаємодію світла з поверхнями та дозволяє створювати високоякісні візуальні ефекти. Вбудований Package Manager надає доступ до розширеної бібліотеки готових рішень, включаючи системи рослинності, водні шейдери та атмосферні ефекти, що значно прискорює процес розробки.

Така комбінація програмних засобів забезпечує оптимальний робочий процес, де кожен інструмент використовується відповідно до своїх переваг. World Machine створює природний базовий рельєф з геологічною правдоподібністю, Blender забезпечує детальне моделювання та професійне текстурування, Adobe Photoshop виступає у якості додаткового інструменту для роботи з зображеннями, а Unity здійснює фінальну підготовку з розширеними можливостями для створення ефектів та фінальної збірки сцени та ресурсів.

## 5 ПРОЕКТУВАННЯ МАПИ ТА ЕЛЕМЕНТІВ

### 5.1 Створення концепції

У якості вихідного сценарію обрано локацію Tower of Storms, представлену в офіційному пригодницькому модулі Dragon of Icespire Peak для п'ятого видання Dungeons & Dragons [24]. Такий вибір зумовлений поєднанням компактного масштабу, чіткої географічної структури та виразної сюжетної функції об'єкта; зазначені характеристики дають змогу створити самодостатню тривимірну карту без надмірного розширення меж, зберігаючи при цьому сюжетну складову. Ігрова мапа охоплює невеликий острів, ізольований ділянкою вузького кам'яного переходу, який слугує єдиним сухопутним шляхом у зону подій. Центральним елементом виступає старий маяк, що формує головний орієнтир для навігації гравців. Він представляє собою циліндричну кам'яну будівлю, з невеликими прибудовами, увінчану відкритим майданчиком із світловим механізмом, матеріал будівель відповідає місцевим ресурсам – переважно сірий камінь. Навколишній рельєф передбачає досить скелястий острів з хвилястим шляхом до маяку. Уздовж острова також передбачено різні варіанти уламків кораблів, що підкреслюють небезпечний характер локації. Частина материкового узбережжя включена у карту задля логічного з'єднання з основною ігровою мережею, водночас не виходячи за межі обраної тематичної рамки. Візуальна палітра обмежується стриманими сіро-коричневими тонами каменю і нейтральними відтінками об'єктів оточення, та безпосередньо самого ландшафту; це також доповнює загальну композицію та створює потрібну атмосферу. Обрана концепція дозволяє інтегрувати локацію у типову кампанію D&D без необхідності суттєвих змін, зберігаючи канонічний контекст першоджерела й забезпечуючи однорідність візуальної ідентичності віртуального середовища.

## 5.2 Створення основного рельєфу

На першому етапі створено основний ландшафт мапи у програмі World Machine. Створено декілька гілок для генерації самого рельєфу та його текстури. Для генерації ландшафту початковий контур острова передано через File Input – растровий силует, підготовлений у графічному редакторі Adobe Photoshop. Це умовна мапа висот для майбутнього ландшафту. Маска під'єднана до вузла Shapes, який окреслює основні межі берегової лінії та центрального плато. Далі контур підсилюється процедурним шумом, Advanced Perlin генерує макрорельєф (довгі гребені й заглиблення), а результати комбінуються з базовою формою через суматор Add. Параметр Constant з маскою задає висоту для перешийку між узбережжям та островом. Дана гілка створена для створення основної форми (рис. 5.1).

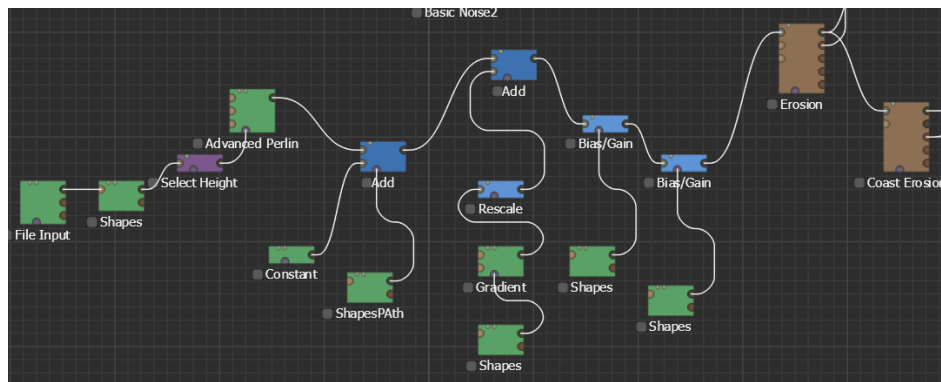


Рисунок 5.1 – Гілка нодів для створення основної форми

Сформований масив висот пропускається крізь вузол Rescale, який приводить абсолютні значення до заданого діапазону, після чого Bias/Gain корегує контраст між вершинами та долинами. Подвійний каскад ерозійних операцій – спершу Erosion, а потім Coast Erosion – моделює вплив атмосферних процесів і хвиль: перший фільтр формує водоносну сітку та осипи, другий «підрізає» берег, формуючи уступи й відкладення, характерні для прибережної

лінії. Для контролю крутизни застосовано Select Slope; отримана маска використовується як перемикач у вузлі Chooser, який дозволяє зберегти різкість схилів, не впливаючи на пологі ділянки.

Текстурування здійснюється паралельною гілкою кольорових карт. Кілька Basic Noise і Color-вузлів генерують базові відтінки скелі, ґрунту та прибережних осадів. Потім маски висоти й схилів послідовно підключаються до трьох Chooser-нодів. Фінальний колірний шар проходить крізь Blur з помірним радіусом, усуваючи різкі межі між матеріальними зонами. Для попереднього перегляду отриманий рельєф підключений до ноди Overlay View, де рельєф накладається на текстуру у режимі попереднього перегляду. На виході ландшафт розгалужується на чотири типи даних. Bitmap Output зберігає висотну карту у форматі PNG для можливого реімпорту, Height Output забезпечує виведення мапи висот, Meshify перетворює грейскейл-висоти на полігональну сітку, яка далі виводиться через Mesh Output у форматі OBJ, Material Output експортує колірну карту та супровідні маски для подальшої розкладки матеріалів у Blender. Загальний вигляд дерева нодів та отриманого рельєфу наведено на рисунках 5.2-5.3

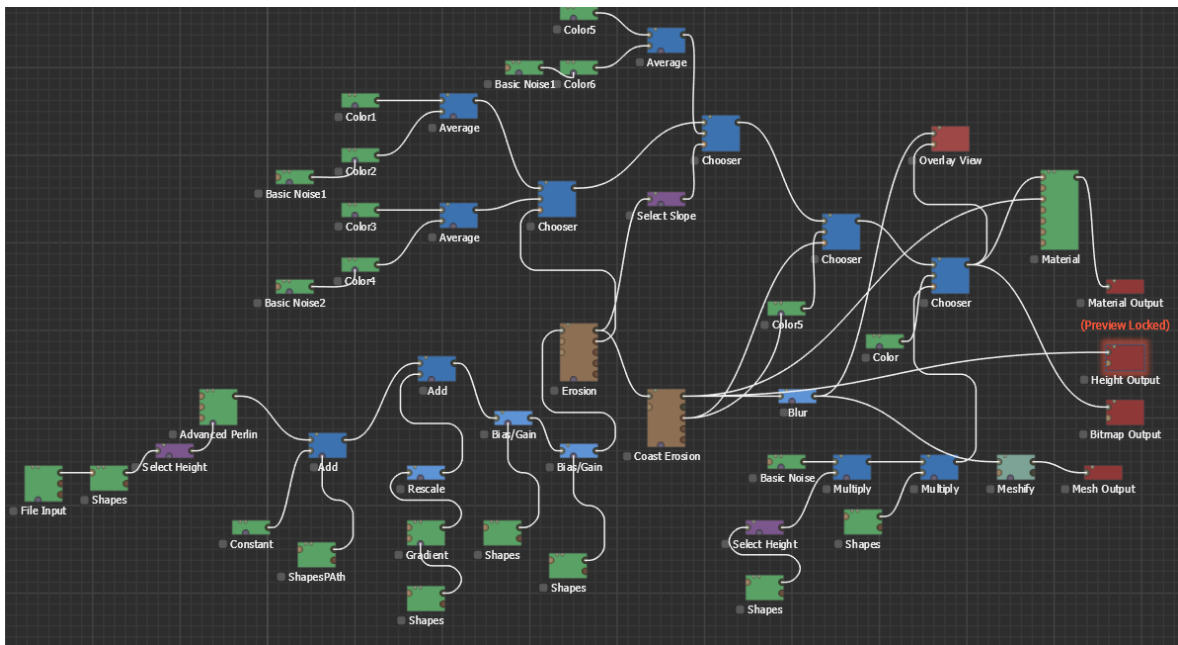


Рисунок 5.2 – Дерево нодів

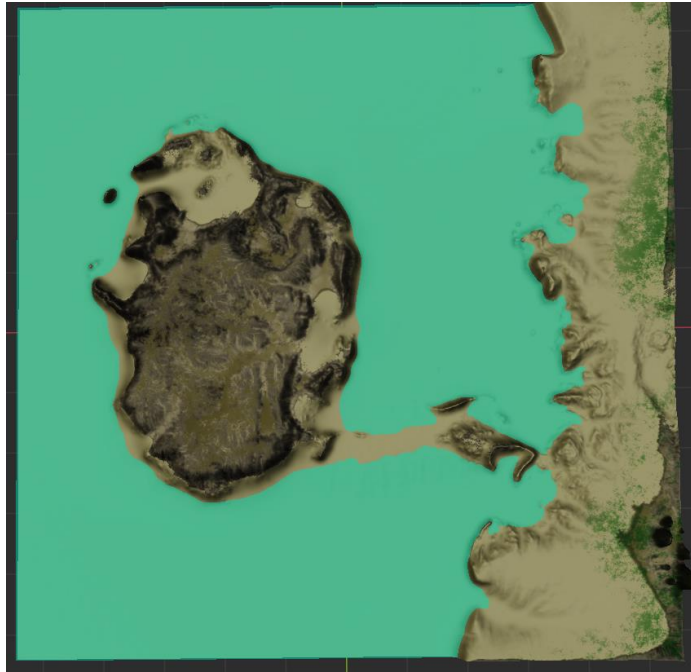


Рисунок 5.3 – Побудований рельєф

### 5.3 Моделювання елементів мапи у програмі Blender

У межах полігонального етапу окремі моделі, такі як маяк, міст, уламки кораблів, створювалися у Blender. Створення моделі починається з формування простої об'ємної форми з використанням базових геометричних фігур. Для маяку циліндр служить основою для головної башти, а кілька прямокутних блоків використовуються для визначення об'ємів прибудов. На цьому початковому етапі головна увага приділяється не деталям, а встановленню правильних співвідношень розмірів між різними частинами будівлі, що забезпечує переконливий вигляд кінцевого результату (рис. 5.4).

Після створення основної форми йде етап додавання деталей та ретельного уточнення форм, що включає в себе доопрацювання всіх архітектурних елементів та надання моделі більшої реалістичності. Застосовується модифікатор Bevel для створення фасок, щоб краще проробити форму (рис. 5.5). На вершині маяка створюється місце під розміщення освітлювального елемента.

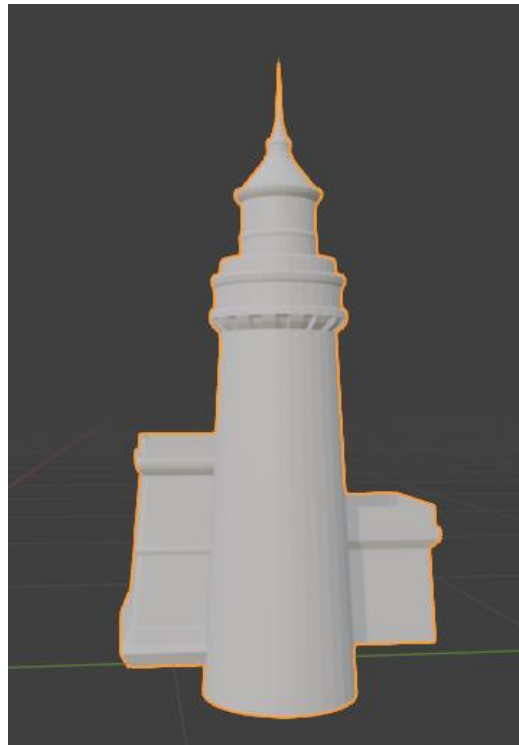


Рисунок 5.4 – Створення базової форми маяка

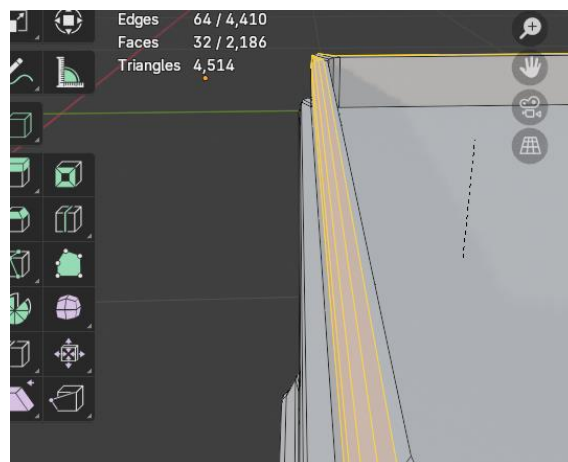


Рисунок 5.5 – Застосування інструменту Bevel

Створення функціональних елементів маяка, таких як дверні отвори, вікна та бійниці, здійснюється з використанням Boolean-операцій, які не руйнують основну модель та зберігають її цілісність (рис. 5.6-5.7). Цей метод передбачає віднімання однієї геометричної форми від іншої без безпосередньої зміни або деформації початкової структури моделі, що забезпечує збереження базової

архітектури об'єкта. Перевага такого підходу полягає у можливості багато разів змінювати розмір, форму та точне положення отворів без ризику пошкодження або порушення цілісності структури моделі. Це надає гнучкість у процесі моделювання та дозволяє експериментувати з різними варіантами розташування архітектурних елементів на етапі проектування, зберігаючи при цьому можливість швидкого повернення до попередніх варіантів або внесення коректив у будь-який момент роботи над проектом.

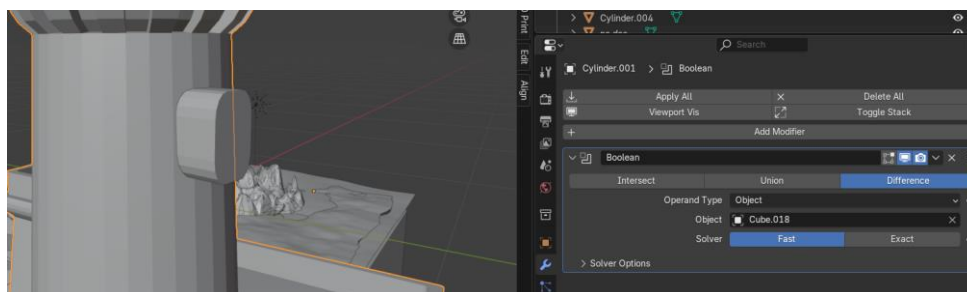


Рисунок 5.6 – Додання отвору за допомогою модифікатора Boolean

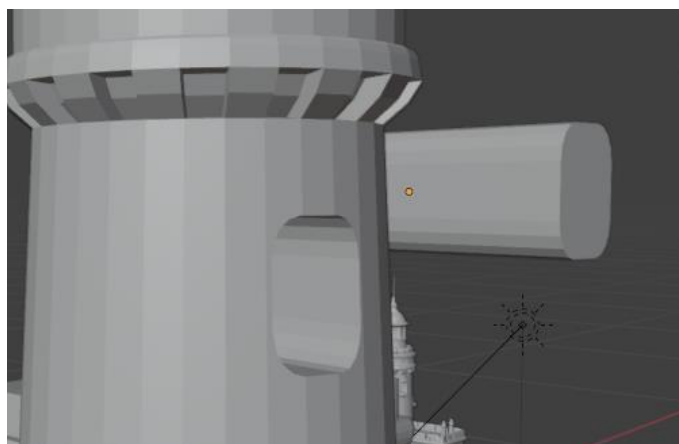


Рисунок 5.7 – Результат виконання операції Boolean

Після уточнення форми модель підрозділяється для збільшення кількості полігонів для створення високо полігонального мещу з більш детальною геометрією. Цей процес дозволяє перейти від базової форми до складнішої структури з високим рівнем деталізації. Подальше опрацювання проводилося

більшою мірою у режимі скульптинга (рис. 5.8) для створення більш цікавої та виразної моделі. Цей підхід надає можливість працювати з формою більш органічно, додаючи природності та складності геометрії. Для надання форм використовуються різноманітні вбудовані «пензлі», які дозволяють створювати більш складну форму та проводити уточнення вже наявних елементів.

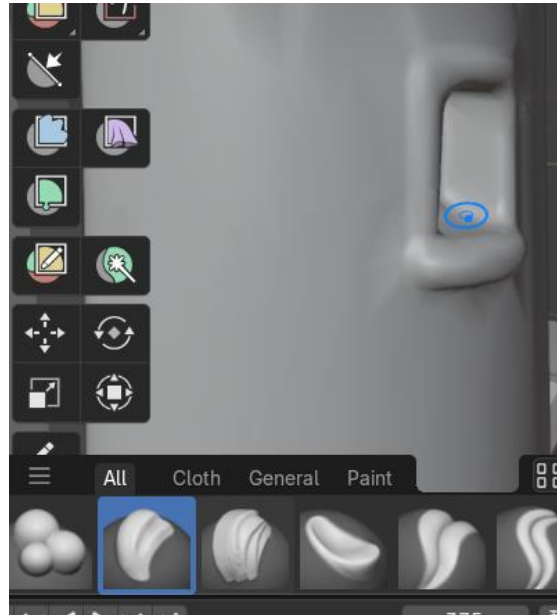


Рисунок 5.8 – Скульптинг

Для створення мосту було додано куб, який перетворено на основний масив з подальшим формуванням архітектурної конструкції. Також було додано спеціальну модель для імітації кам'яної брили для естетичного та реалістичного оформлення мосту, що надає йому автентичного вигляду. Для створення повторюваних архітектурних елементів застосовується метод модульного моделювання з використанням модифікатора Array, який значно спрощує процес роботи з однотипними деталями. Цей підхід передбачає детальне створення одного базового елемента з наступним автоматичним повторенням за заданою схемою та параметрами розташування. Даний спосіб застосовувався при створенні ланцюгу брил на краях мосту для формування декоративного обрамлення

конструкції. Також додатково використовувався модифікатор Curve для створення арок мосту, що дозволило сформувати плавні та природні вигини архітектурних елементів, характерні для класичної мостової архітектури. На рис. 5.9-5.11 наведено, як за допомогою модифікатора Array створюється арочна конструкція з базового сегмента, а потім формується повна структура мосту з декоративними елементами

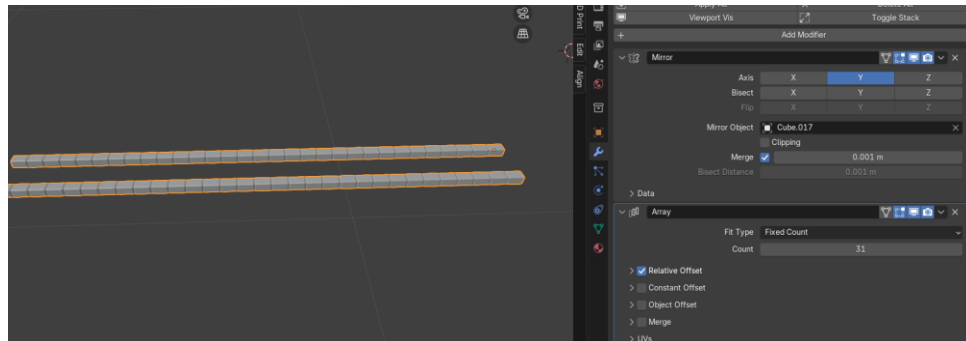


Рисунок 5.9 – Дублювання елемента через Array

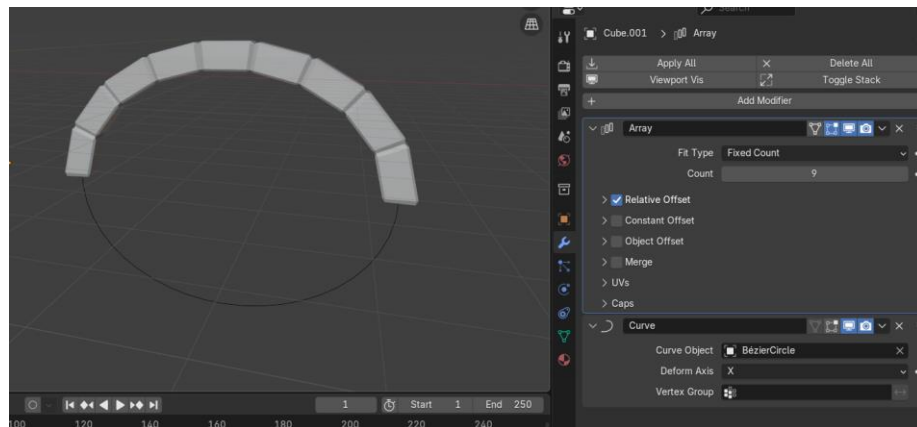


Рисунок 5.10 – Вигин через Curve

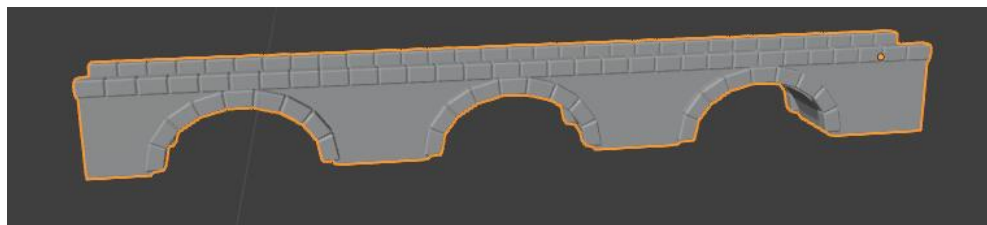


Рисунок 5.11 – Створена модель мосту

Також були створені моделі для уламків та інших невеликих фрагментів сцени. Вони виступають у якості декоративних елементів на мапі для створення цілісної картини. Для створення уламків було створено декілька дошок через трансформацію куба, дані моделі є додатковими тому було вирішено залишити їх у примітивному низько полігональному варіанті, з подальшим доопрацюванням на етапі текстурування (рис. 5.12). Також було створено кластер, який має імітувати залишки кораблетрощі, було відтворено фрагменти щогл, мотузок, планок, уламків, тощо (рис. 5.13).

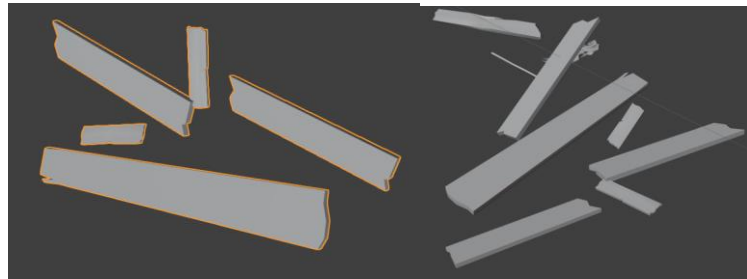


Рисунок 5.12 – Поламані дошки

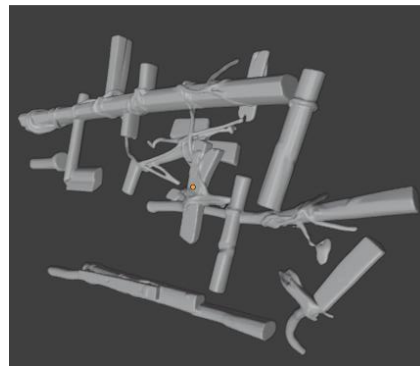


Рисунок 5.13 – Уламки з кораблетрощі

Також було створено розбитий човен та фрагмент корабля для доповнення сцени та підвищення її реалістичності. Для моделювання човна використовувалась базова форма, за допомогою поєднання декількох примітивів в один масив, яка була деформована для створення характерного корпусу з

внутрішніми перегородками та сидіннями. Додатково було змодельовано пошкодження для відповідності сцені (рис. 5.14). Фрагмент корабля створювався шляхом моделювання частини палуби з характерними елементами корабельної конструкції, включаючи поручні та структурні деталі, аналогічно до човна спочатку було створено базову форму а потім доопрацьовано її у режимі скульптингу (рис. 5.15).

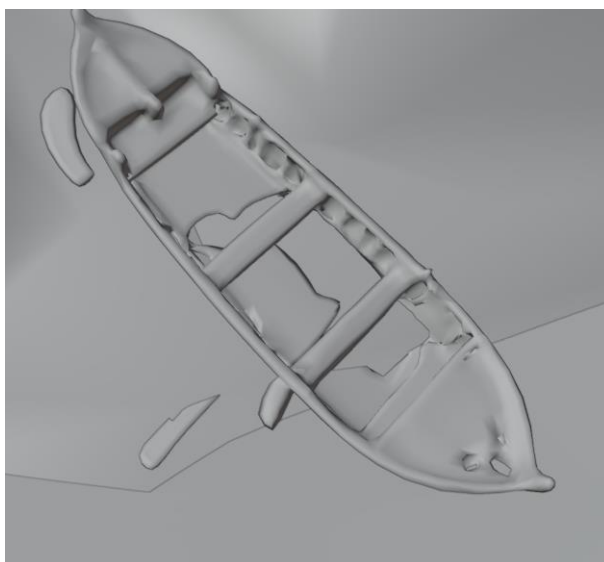


Рисунок 5.14 – Розбитий човен

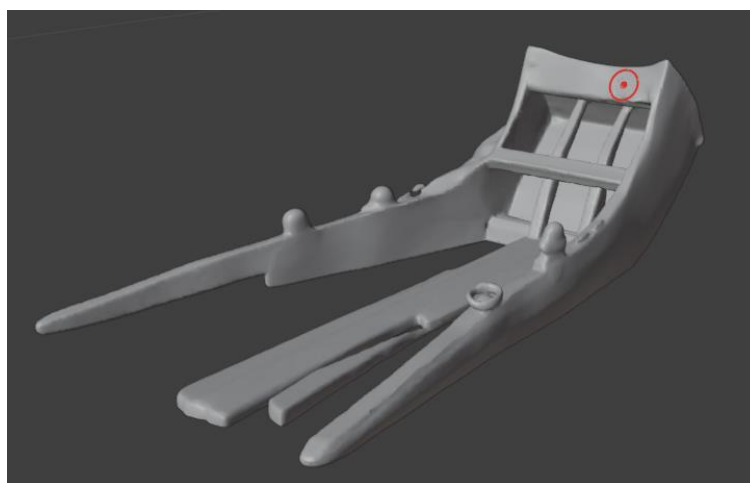


Рисунок 5.15 – Фрагмент корабля

## 5.4 Текстурування та оптимізація

Високо полігональні моделі спочатку детально опрацьовувалися з усіма необхідними архітектурними елементами, фактурами поверхонь та пошкодженнями, властивими старовинним спорудам. Після створення високо деталізованих моделей, було виконано ретопологію – процес створення низько полігональної версії з оптимізованою геометрією, яка зберігає лише основні форми об'єктів. На основі високо полігональних моделей були запечені мапи нормалей, які зберігають інформацію про дрібні деталі оригінальної моделі. Це дозволило значно зменшити кількість полігонів без видимої втрати деталізації. Приклад зміни кількості полігонів через зміну геометрії наведено на рис. 5.16.

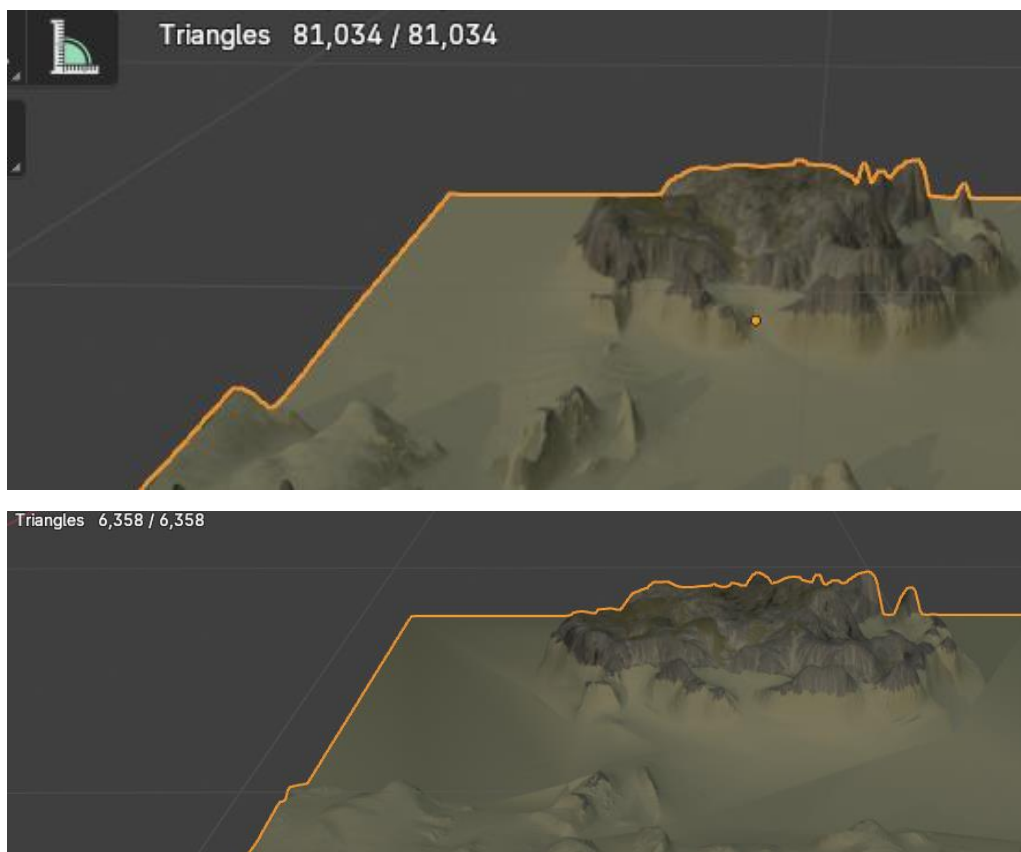


Рисунок 5.16 – Зміна кількості полігонів, через спрощення геометрії

Після моделювання було виконано створення UV-розгортки для всіх елементів сцени. Цей процес передбачає позначення швів на моделі у стратегічно важливих місцях та подальше розгортання тривимірної поверхні у двовимірну площину. Шви розміщувалися переважно у малопомітних зонах або вздовж природних переходів геометрії для мінімізації видимих артефактів. Після автоматичного розгортання проводилося ручне коригування UV-островів для оптимального використання текстурного простору.

Робота з матеріалами здійснювалася у Shader Editor з використанням системи нодів для створення реалістичних поверхонь. При створенні текстури зістареного каменю використовувалися такі ноди: базовий Noise Texture, Voronoi Texture та Math, для створення строкатої поверхні, ColorRamp, для регулювання кольору, Normal Map node для детальності через запечені карти нормалей, а також зв'язка нодів для позиціонування текстури (рис. 5.17). Додатково у моделях використовувалися Roughness та Metallic карти для контролю відбивних властивостей, що дозволяло досягти реалістичного вигляду старовинних матеріалів з характерними ознаками вивітрування та зносу.

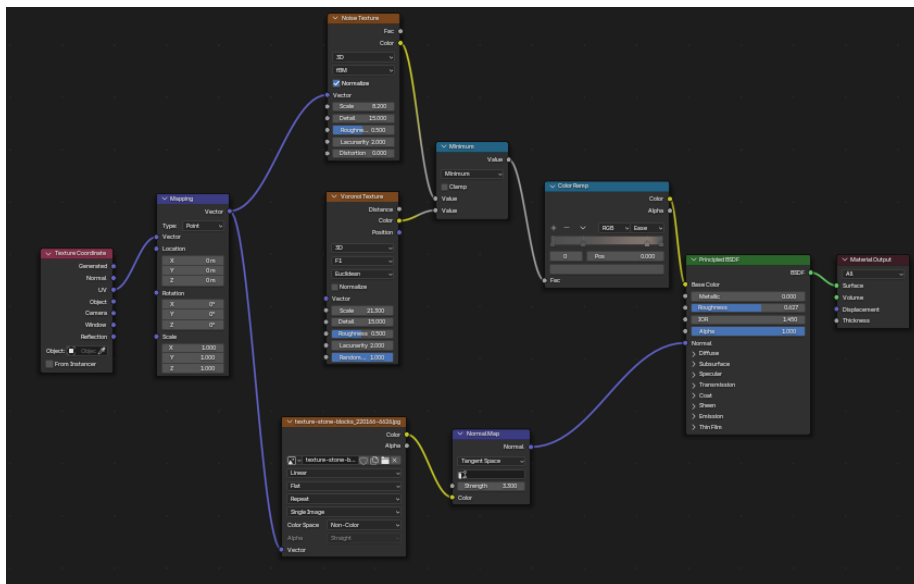


Рисунок 5.17 – Приклад процедурної текстури

Процедурні текстури також були запечені для кращої оптимізації. Приклад наведено на рис. 5.18. Текстури для рельєфу створені окремо під час формування самого рельєфу у програмі World Machine, і тому безпосередньо імпортувалися на фінальному етапі.

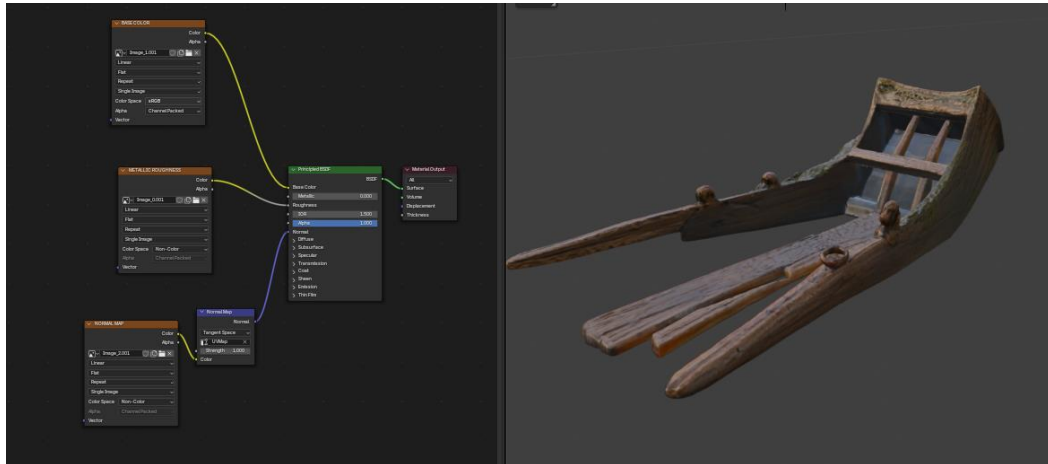


Рисунок 5.18 – Приклад використання запечених текстур

## 5.5 Налаштування сцени

Після завершення етапу моделювання та текстурювання в Blender, моделі були експортовані в формат FBX та імпортовані в ігровий рушій Unity для подальшої роботи над освітленням та візуальними ефектами. Після імпорту усіх елементів сцени було налаштовано та повторно призначено матеріали. Далі було налаштовано глобальне освітлення сцени. Це дозволило досягти реалістичного поширення світла, включаючи непряме освітлення та відбиття кольору між об'єктами. Для мапи було створено кілька варіантів освітлення: денне освітлення, що імітує сонячне світло з м'якими тінями, вечірнє освітлення з теплими відтінками, нічне освітлення у двох варіантах: стандартний варіант з світлом від вікон та додаванням вогників на березі, та варіант з «активним» маяком та сяянням з локацій кораблетрощі, а також світінням мосту. Приклади доданого

освітлення наведено на рисунках 5.19-5.22. Також у Unity було додано рослинність та налаштовано поверхню води для більш привабливого вигляду сцени. Для цього було додано додаткові пензлі для терейну з використанням моделей кущів різних розмірів. Через регулювання параметрів пензля було створено невеликі природні галявини у місцях, що попередньо були позначені на текстурі, створеній у World Machine (рис. 5.23-5.24). Для води було створено окремий матеріал з налаштованими властивостями, а також застосовано асет «AQUAS-Lite» для денного та вечірнього варіантів (рис. 5.25). Загальний вигляд сцени при денному освітленні наведено на рис. 5.26.

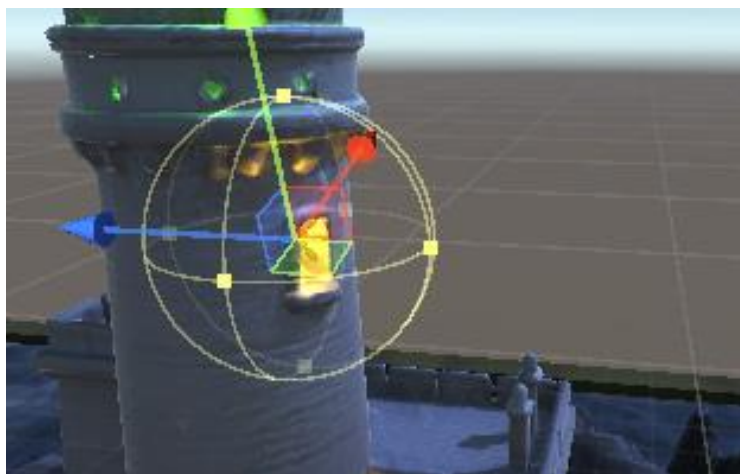


Рисунок 5.19 – Додання точкового світіння для вікна



Рисунок 5.20 – Налаштування світла з місць кораблетрощі

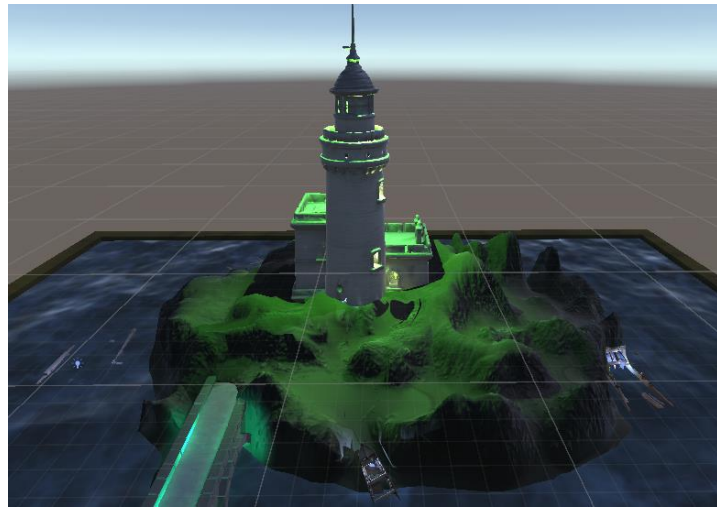


Рисунок 5.21 – Створення освітлення фази «активного» маяка

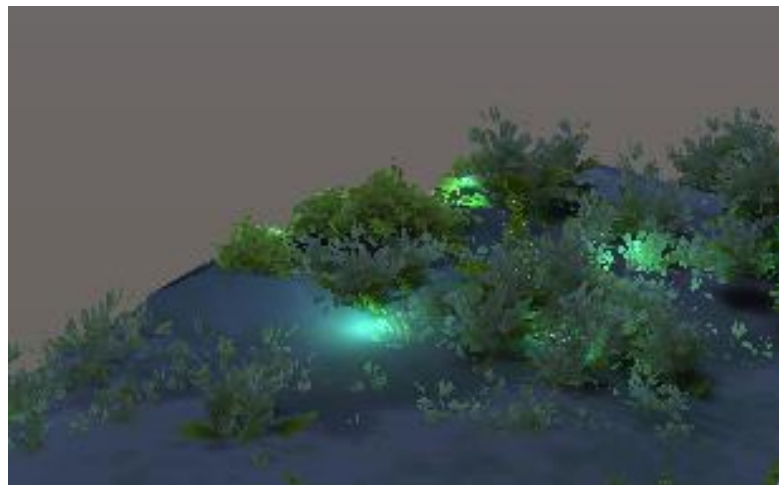


Рисунок 5.22 – Додавання вогників на березі

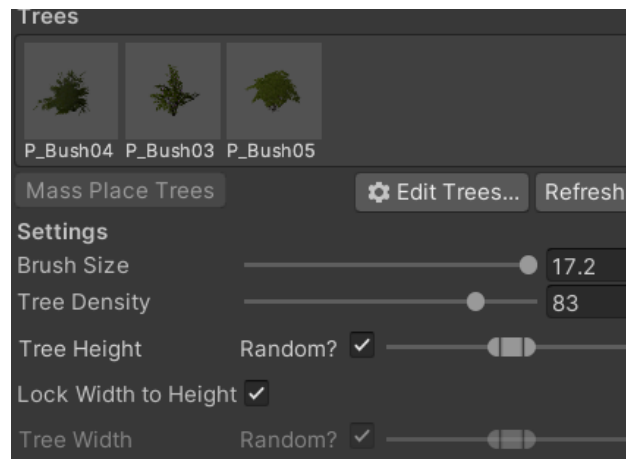


Рисунок 5.23 – Створення додаткових пензлів-кущів



Рисунок 5.24 – Додавання рослинності

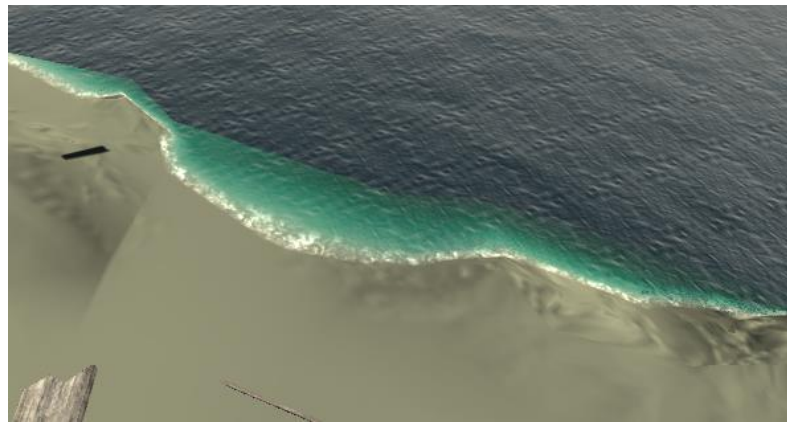


Рисунок 5.25 – Додавання води через асет «AQUAS-Lite»



Рисунок 5.26 – Сцена при денному освітленні

Варіанти створеної сцени з різним освітленням наведено у додатку А.

## 6 ТЕСТУВАННЯ

Тестування інтерактивної ігрової мапи проводилося в умовах середовища Unity з метою перевірки функціональності та візуальної якості мапи. Для проведення тестування було створено спеціальну тестову сцену, на яку додано ігрові фігурки для імітації ігрового процесу (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Створена сцена для імітації ігрового процесу

Основні елементи сцени, а саме: рельєф, маяк, міст, уламки кораблів, гармонійно поєднуються в єдину композицію, мають співрозмірні розміри. Колірна гама та стилістика є цілісною в усій сцені, елементи добре розпізнаються. Було перевірено коректність геометрії тривимірних моделей: дефектів у вигляді дірок, перекриттів або неправильних нормалей не було виявлено. Кількість полігонів для кожного елемента сцени оптимізована відповідно до його важливості та розміру: основні об'єкти, такі як маяк та міст, мають достатню деталізацію для якісного відображення, в той час як менші декоративні елементи використовують більш примітивну архітектуру. Усі текстурні матеріали

коректно накладені на геометрію моделей без видимих швів або спотворень, текстури представлені у вигляді готових зображень та карт висот.

Мапа надає достатньо місця для розміщення ігрових фігурок різних розмірів, основні шляхи переміщення мають відповідну ширину для комфортного переміщення декількох персонажів. Рельєф, створені елементи реквізиту та архітектурні об'єкти надають можливості для тактичного використання в ігровому процесі, різноманітні рівні висоти створюють додаткові стратегічні можливості, а уламки кораблів та декоративні елементи можуть слугувати укриттям або перешкодами залежно від ігрового сценарію. Мапа забезпечує достатньо простору для розміщення додаткових ігрових компонентів, таких як жетони, фігурки істот, додаткові моделі. Усі створені варіанти освітлення – денний, вечірній та нічні режими – успішно протестовані на предмет функціональності та візуальної привабливості, кожен режим створює відповідну атмосферу для різних типів ігрових сценаріїв, зберігаючи при цьому читабельність ігрових елементів.

## 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Результатом виконання кваліфікаційної роботи стала інтерактивна ігрова тривимірна мапа для віртуальної настільної гри.

Економічна ефективність проекту розраховується для визначення доцільності створення та комерціалізації розробленого продукту. Спочатку здійснюється розрахунок собівартості розробки, потім визначається потенційна ринкова ціна продукту.

Основними перевагами розробленої ігрової мапи є стильний та сучасний дизайн, створений в реалістичному стилі, що відповідає актуальним тенденціям сучасної ігрової індустрії. Тривимірна сцена має зрозумілу композицію та логічно побудовану структуру, що дозволяє гравцям швидко орієнтуватися в ігровому просторі. Чітке групування об'єктів, послідовне розміщення елементів і гармонійна композиція сприяють зручному користуванню ресурсом, підвищуючи ефективність сприйняття ігрового середовища та зменшуючи час на адаптацію до нового контенту. Мапа містить детальну та високоякісну геометрію об'єктів, що дозволяє гравцям краще занурюватися в ігровий процес. Користувачі можуть взаємодіяти з різноманітними елементами ландшафту, використовувати маяк, мости та інші об'єкти для розвитку сюжету своїх ігрових сесій.

Важливою перевагою є наявність декількох варіантів освітлення, включаючи денні, вечірні та нічні сцени, що дозволяє створювати різноманітні атмосферні умови для різних типів ігрових сценаріїв. Реалізована анімація хвиль додає динамічності та реалістичності водним поверхням, що підвищує візуальну привабливість карти та створює більш захоплюючий ігровий досвід.

Перелік переваг наведено з урахуванням аналізу основних аналогічних проектів на платформі Tabletop Simulator та Steam Workshop, після дослідження особливостей яких було визначено основні аспекти проектування тривимірної

моделі ігрової мапи з урахуванням основних недоліків конкурентів та запозичення ефективних візуальних рішень.

Технологічний процес розробки тривимірної моделі сцени для віртуальної настільної гри включає декілька послідовних етапів, кожен з яких вимагає специфічних навичок та інструментів. Початковий етап передбачає аналіз існуючих аналогів та формування концепції продукту з урахуванням потреб цільової аудиторії. Наступний етап є основним та найбільшим. Цей етап складається зі створення основної сцени, її елементів а також їх оптимізації. Перш за все це передбачає створення тривимірної моделі сцени майбутньої мапи. Основний рельєф проектується у програмі World Machine, для досягнення більш реалістичного вигляду, за умови ефективної роботи. Далі моделюються окремі елементи сцени, як маяк, міст, уламки в програмі Blender з детальним опрацюванням окремих об'єктів. Також на цьому етапі відбувається оптимізація геометрії як ландшафту так і моделей. Це відбувається через стандартні операції ретопології. Етап текстурювання включає створення та накладання матеріалів для забезпечення реалістичного зовнішнього вигляду всіх елементів мапи, також на цьому етапі відбувається запікання текстур та їх підготовка. Етап налаштування сцени виконується в середовищі Unity для додання освітлення та візуальних ефектів.

У собівартість розробки моделі сцени входять основна та додаткова заробітна плата, єдиний соціальний внесок, витрати на обслуговування обчислювальної техніки, витрати на електроенергію і додаткові витрати на програмне забезпечення.

Орієнтовна тривалість реалізації проекту зі створення мапи для віртуальної настільної гри становить 2,5 тижні (13 робочих днів, робочий день становить стандартні 8 годин). Склад команди та погодинні ставки: 3D-художник, відповідальний за моделювання та текстурювання (57,00 грн/год), технічний художник, відповідальний за налаштування сцени (50,00 грн/год).

Погодинна ставка розрахована на основі даних по медіанних зарплатах для junior-спеціалістів ігрової індустрії з відкритих джерел та з урахуванням специфіки українського ринку праці.

Розрахунок основної заробітної плати представлено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Етап	Вид робіт	Виконавець		Годинна ставка, грн	Тривалість виконання, дні	Заробітна плата, грн
		к-сть, ос.	посада			
1. Аналіз та планування	Аналіз оригінальної гри та розробка концепції	1	3D-художник	57,00	1	456,00
2. 3D моделювання	Створення базової геометрії мапи	1	3D-художник	57,00	2	912,00
	Моделювання деталей та об'єктів	1	3D-художник	57,00	3	1368,00
	Оптимізація моделей	1	3D-художник	57,00	2	912,00
4. Текстурування	Створення матеріалів та текстур	1	3D-художник	57,00	3	1368,00
5. Налаштування сцени	Налаштування освітлення та сцени	1	Технічний художник	50,00	2	800,00
Разом					13	5816,00
Додаткова заробітна плата (20 %)						1163,20
Усього						6979,20

Додаткова заробітна плата являє собою винагороду за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість і за особливі умови праці. Вона включає доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством, а також премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій. Розмір додаткової заробітної плати приймається на рівні 20 відсотків від основної заробітної плати та становить 1163,20 грн:

$$5816,00 \times 0,2 = 1163,20 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок в Україні розраховується як 22 % від загальної суми основної та додаткової зарплати та становить:

$$(5816,00 + 1163,20) \times 0,22 = 6679,20 \times 0,22 = 1535,42 \text{ грн.}$$

Наступним кроком розглянуто інші типи витрат: електроенергія, обслуговування техніки та придбання програмного забезпечення, необхідного для реалізації проекту.

Витрати на обслуговування техніки включають витрати на підтримку працездатності комп'ютерного обладнання, необхідного для розробки, та становлять 682,41 грн.

$$\frac{40000}{3 \times 8 \times 254} \times 104 = 682,41 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію розраховуються, виходячи зі споживаної потужності обладнання та діючого тарифу на електроенергію. У процесі розробки використовуються комп'ютери із загальною потужністю споживання 0,8 кВт/год. Вартість одного кВт електроенергії становить 4,32 грн кВт/год. Час використання електроенергії в процесі розробки становить 104 години:

$$0,8 \times 4,32 \times 104 = 359,42 \text{ грн.}$$

Додаткові витрати включають оплату програмного забезпечення, необхідного для розробки тривимірної мапи, для цього проекту використовувались програми з безкоштовним доступом, тому витрати передбачають покупку додаткових елементів та становлять 415,00 грн.

Проект розробляється для комерційної реалізації, тому собівартість визначена на основі повного розрахунку витрат та становить:

$$5816,00 + 1163,20 + 1535,42 + 682,41 + 359,42 + 415,00 = 9971,46 \text{ грн.}$$

Розрахунок прибутку від реалізації здійснюється, виходячи з рівня рентабельності 20 %, та становить:

$$9974,46 \times 0,2 = 1994,29 \text{ грн.}$$

Ціна без ПДВ складає:

$$9974,46 + 1994,29 = 11965,76 \text{ грн.}$$

Сума ПДВ, що дорівнює 20 % від ціни без ПДВ, становить 2393,15 грн.

Ціна з урахуванням податку на додану вартість становить:

$$11965,76 + 2393,15 = 14358,91 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – План витрат на проектування тривимірної моделі мапи для віртуальної настільної гри

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн
1	Основна заробітна плата	5816,00
2	Додаткова заробітна плата	1163,20
3	Єдиний соціальний внесок	1535,42
4	Витрати на обслуговування техніки	682,41
5	Витрати на електроенергію	359,42
6	Додаткові витрати	415,00
7	Собівартість проектування мапи	9971,46
8	Прибуток	1994,29
9	Ціна без ПДВ	11965,76
10	Податок на додану вартість (ПДВ)	2393,15
11	Ціна з урахуванням ПДВ	14358,91

Таким чином, загальна вартість розробки тривимірної мапи для віртуальної настільної гри, виконаної командою з двох спеціалістів протягом 13 робочих днів по 8 годин щоденно, становить 14358,91 грн з урахуванням ПДВ. Очікувана сума прибутку складає 1994,29 грн, що підтверджує доцільність впровадження запропонованого продукту на ринку цифрового ігрового контенту.

У перспективі після успішної реалізації проекту можливе зростання обсягів продажів завдяки створенню серії подібних продуктів, розширенню цільової аудиторії та встановленню партнерських відносин з розробниками настільних ігор та ігровими спільнотами.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано інтерактивну ігрову мапу для віртуальної настільної гри. Створена мапа є ігровим середовищем для проведення ігрових сесій рольової гри D&D, яка поєднує естетичну цілісність та комфортний ігровий досвід в умовах цифрового простору. Для досягнення цього результату було виконанні наступні задачі: аналіз особливостей віртуальних настільних ігор; аналіз цільової аудиторії та технічних аспектів; вивчення існуючих підходів (аналіз аналогів); визначення основних етапів проектування; вибір інструментальних засобів; проектування тривимірної сцени; налаштування мапи та її елементів.

Було проаналізовано поточний стан у сфері віртуальних настільних ігор. Сучасні настільні ігри переживають глибоку цифрову трансформацію, що охоплює як технології, так і сам ігровий досвід. Віртуальні платформи, 3D-дизайн, автоматизація процесів і розвиток VR та AI відкривають нові можливості для імерсивності, соціалізації й адаптивності ігор. При цьому цифровізація не витісняє традиційні формати, а створює нову екосистему співіснування фізичного та віртуального. Ці зміни задають напрям сучасному геймдизайну та формують майбутнє настільних ігор у цифрову епоху.

Проведено аналіз цільової аудиторії та визначено технічні аспекти. Цільова аудиторія проекту – це гравці та майстри D&D віком 24–34 років із середнім або високим рівнем технічної обізнаності, які прагнуть перенести атмосферу живих сесій у зручне віртуальне середовище. Тому розробка зберігає баланс між візуальною привабливістю та технічною оптимізацією забезпечуючи стабільну роботу мапи.

Аналіз існуючих ігрових мап показав, що найуспішніші приклади поєднують візуальну деталізацію з функціональністю. Основними перевагами є

реалістичні текстури, інтерактивні елементи та тематичне оформлення. Водночас, слабкими місцями залишаються перевантаженість деталями, складність орієнтації через хаотичну композицію або технічні проблеми (наприклад, з водною поверхнею). Тому при розробці було приділено особливу увагу створенню гармонійної тривимірної сцени з коректними текстурами. Також, на відміну від аналогів, для мапи було створено різні варіанти освітлення.

Було визначено основні етапи процесу проектування мапи. Ними є аналіз оригінальної гри; розробка концепції цифрової версії; вибір інструментарію; розробка компонентів; налаштування сцен.

Наступним кроком було визначено інструментальні засоби для створення тривимірної ігрової мапи. Було обрано World Machine для створення базового рельєфу процедурним методом через його зручність та ефективність використання за умови невеликої вимогливості до обладнання. Для основної роботи з моделювання обрано безкоштовною програму Blender, через її комплексність та наявність широкого вибору інструментів для забезпечення повного циклу роботи з моделями. Фінальний етап проводився у середовищі Unity з попередньо імпортованими створеними компонентами, де була зібрана повноцінна тривимірна сцена та налаштовані варіанти освітлення.

Також в роботі проведено економічне обґрунтування проекту. Загальна вартість розробки тривимірної мапи для віртуальної настільної гри становить 14358,91 грн з урахуванням ПДВ, очікувана сума прибутку складає 1994,29 грн, що підтверджує доцільність впровадження запропонованого продукту на ринку цифрового ігрового контенту.

Таким чином, спроектовано ігрову мапу, яка поєднує візуально привабливий тривимірний ландшафт з достатнім рівнем деталізації та освітлення, оптимізацією для стабільної роботи та є повноцінним інструментом для проведення ігрових сесій.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Steam Workshop: One World DnD Ocean Cliff Scene // Steam Community. URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=1442269367&searchtext=Ocean+Cliff> (дата звернення: 15.05.2025).
2. Steam Workshop: DnD Island // Steam Community. URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=3086153756&searchtext=DnD+Island> (дата звернення: 16.05.2025).
3. Steam Workshop: Islands Combat map DnD // Steam Community. URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=2539003534&searchtext=DnD+Island> (дата звернення: 16.05.2025).
4. Woods S. Digital Transformation in Tabletop Gaming: A Comprehensive Analysis // Journal of Game Studies. 2022. Vol. 15, № 3. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:787344/FULLTEXT01.pdf> (дата доступу: 11.05.2025).
5. Covid's impact on the board game & gaming industry // Tabletop Simulator Blog. URL: <https://blog.tabletopsimulator.com/blog/one-year-later-covid-and-the-future-of-virtual-gaming> (дата доступу: 11.05.2025).
6. Scriven P. From tabletop to screen: playing dungeons and dragons during COVID-19 // Societies. 2021. Vol. 11, no. 4. P. 125. URL: <https://doi.org/10.3390/soc11040125> (date of access: 14.05.2025).
7. Benford S., Magerkurth C., Ljungstrand P. Bridging the physical and digital in pervasive gaming // Communications of the ACM. 2005. Vol. 48, no. 3. P. 54–57. URL: <https://doi.org/10.1145/1047671.1047704> (date of access: 14.05.2025).
8. The Evolution of Role-Playing Game Mechanics: From Tabletop to Virtual Worlds. URL: <https://dndpodcast.org/blog/the-evolution-of-role-playing-game-mechanics-from-tabletop-to-virtual-worlds> (дата звернення 12.05.2025).

9. Harbuzova D., Kulishova N. Virtual tabletop games: features and capabilities // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті*. Т. 6. С. 562-563.
10. Гарбузова Д.С., Кулішова Н.Є., Технології реалізації елементів віртуальних настільних ігор // *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*. 2025. Т. 2. С. 49-51.
11. Making maps for board games or illustrations. Ancient Worlds. URL: <https://ancworlds.wordpress.com/2016/12/16/making-maps-for-board-games-or-illustrations/> (дата звернення: 12.05.2025).
12. What is level design. The Level Design Book. URL: <https://book.leveldesignbook.com/introduction> (дата звернення: 12.05.2025).
13. Crudu A. Optimize 3D assets for cross-platform performance in the metaverse – essential tips & strategies. MoldStud. URL: <https://moldstud.com/articles/p-optimize-3d-assets-for-cross-platform-performance-in-the-metaverse-essential-tips-strategies> (дата звернення: 14.05.2025).
14. VR in gaming market size | mordor intelligence. Mordor Intelligence. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/virtual-reality-in-gaming-market> (дата звернення: 14.05.2025).
15. VR games – the future of board games? D6.lt. URL: <https://d6.lt/en/vr-games-table-games-access/> (дата звернення: 15.05.2025).
16. Berezovskyi O. AI content generation in game development | pingle studio. Pingle Studio. URL: <https://pinglestudio.com/blog/full-cycle-development/ai-content-generation-in-game-development> (дата звернення: 16.05.2025).
17. Knezovic A. AI in game development: how studios are using it today. Udonis Mobile Marketing Agency. URL: <https://www.blog.udonis.co/mobile-marketing/mobile-games/ai-game-development> (дата звернення: 17.05.2025).
18. Liu W., Melnychuk D. AI Game Master for DnD inspired text adventure RPGs // *Friends & Fables*. URL: <https://fables.gg/> (дата звернення: 17.05.2025).

19. World machine: the leading 3D terrain generation software. World Machine: The Leading 3D Terrain Generation Software. URL: <https://www.world-machine.com/> (дата звернення: 20.05.2025).

20. Blender.org – Home of the blender project – free and open 3D creation software // blender.org. URL: <https://www.blender.org/> (дата звернення: 20.05.2025).

21. Modifiers – Blender 4.4 manual. Blender Documentation // blender.org. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/4.4/modeling/modifiers/index.html> (дата звернення: 21.05.2025).

22. Adobe Help Center // Adobe Photoshop Help. URL: <https://www.infobooks.org/pdfview/adobe-photoshop-help-adobe-help-center-578/> (дата звернення: 21.05.2025).

23. Unity – manual: world building. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/CreatingEnvironments.html> (дата звернення: 21.05.2025).

24. Wizards RPG Team. Dragon of Icespire peak. Renton: Wizards of the Coast. 64 p.

25. Garbuzova D., Gubareva O. Developing interactive game map as virtual tabletop element // Issues on innovative approaches to science and education. 2025.

26. Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи для студентів денної та заочної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 186 "Видавництво та поліграфія" за освітньою програмою "Видавничо-поліграфічна справа" / В.П. Ткаченко, А.В. Бізюк, О.В. Вовк, І.М. Єгорова, В.Ф. Челомбійко. Харків: ХНУРЕ, 2020. 68 с.