

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерних наук _____
(повна назва)

Кафедра _____ програмної інженерії _____
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Ігровий програмний застосунок у жанрі покрокової дуельної стратегії.
Геймдизайн та балансування, оптимізація ігрових процесів.
(тема)

Виконав:
здобувач 4 року навчання
групи ПЗП-21-5

_____ Лев ШАПОШНІКОВ _____
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Спеціальність 121 – Інженерія програмного
забезпечення _____
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
Освітня програма Програмна інженерія _____
(повна назва освітньої програми)

Керівник ст.викл. кафедри ПІ Юрій НОВІКОВ _____
(посада, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Допускається до захисту
Зав. кафедри

_____ Кирило СМЕЛЯКОВ _____
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерних наук _____
 Кафедра _____ програмної інженерії _____
 Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
 Спеціальність _____ 121 – Інженерія програмного забезпечення _____
 Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
 Освітня програма _____ Програмна Інженерія _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ


здобувачеві _____ Шапошнікову Леву Ігоровичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи _____ Ігровий програмний застосунок у жанрі покрокової дуельної стратегії. Геймдизайн та балансування, оптимізація ігрових процесів
 Затверджена наказом по університету від _____ 19.05.2025 р. № 397 Ст _____
- Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 06.06.2025 _____
- Вихідні дані до роботи Розробити ігровий застосунок у жанрі покрокової дуельної стратегії. Для якого розробити та розрахувати баланс систему, розробити економічну модель. Розрахунки документувати за використанням онлайн ресурсу Google Sheets. _____
- Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Вступ, аналіз предметної галузі, формування вимог до програмної системи, архітектура та проектування програмного забезпечення, опис прийнятих програмних рішень, тестування розробленого програмного забезпечення, висновки, додатки. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	17.04.2025	<i>виконано</i>
2	Створення специфікації ПЗ	21.04.2025	<i>виконано</i>
3	Проектування ПЗ	30.04.2025	<i>виконано</i>
4	Розробка ПЗ	10.04.2025	<i>виконано</i>
5	Тестування ПЗ	14.05.2025	<i>виконано</i>
6	Оформлення пояснювальної записки	22.05.2025	<i>виконано</i>
7	Підготовка презентації та доповіді	26.05.2025	<i>виконано</i>
8	Попередній захист	01.06.2025	<i>виконано</i>
9	Нормоконтроль, рецензування	03.06.2025	<i>виконано</i>
10	Здача роботи у електронний архів	04.06.2025	<i>виконано</i>
11	Допуск до захисту у зав. кафедри	05.06.2025	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання « 8 » « квітня » 2025р.

Здобувач 
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

ст.викл. кафедри ПІ Юрій НОВІКОВ
(посада, Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 111 стор., 67 рис., 12 джерел.

ГЕЙМДИЗАЙН, ІГРОВИЙ ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК, КОЛЕКЦІЙНА ПОКРОКОВА СТРАТЕГІЯ, БАЛАНС, ЕКОНОМІКА, PvP, ЛУТБОКСИ, ГЕНЕРАЦІЯ ЮНІТІВ, ПОКРАЩЕННЯ ЮНІТІВ, EXCEL.

Об'єктом розробки є ігровий програмний застосунок у жанрі колекційної покрокової PvP стратегії.

Метою роботи є проектування та реалізація систем балансу та ігрової економіки, які дозволяють підтримувати чесні умови гри, стимулювати розвиток гравця, а також забезпечити довготривалу зацікавленість у грі.

Метод рішення – середовище для документації та розрахунків у Excel таблиці, Google Documents та тестування в Unreal Engine 5.

У результаті виконаної роботи було створено і протестовано базову версію PvP-стратегії, були проведені розрахунки на основі яких була розроблена економічна систем гри, а також була розроблена система балансу поміж юнітами.

ABSTRACT

GAME DESIGN, GAME SOFTWARE APPLICATION, COLLECTIBLE TURN-BASED STRATEGY, BALANCE, ECONOMY, PVP, LOOTBOXES, UNIT GENERATION, UNIT UPGRADE SYSTEM, EXCEL.

The object of development is a game software application in the genre of collectible turn-based PvP strategy.

The purpose of the work is to design and implement balance and economic systems that ensure fair gameplay conditions, promote player progression, and maintain long-term engagement.

The solution method is an environment for documentation and calculations Excel, Google Documents and also Unreal Engine 5 for testing.

As a result of the work, a basic version of the PvP strategy game was created and tested. Calculations were conducted to develop the game's economic system, and a unit balance system was also designed.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної галузі.....	10
1.1 Аналіз предметної галузі.....	10
1.2 Аналіз жанрових характеристик.....	11
1.3 Аналіз конкурентів.....	12
1.4 Виявлення та вирішення проблем.....	17
1.5 Постановка задачі.....	18
2 Формування вимог до програмної системи.....	20
2.1 Постановка мети.....	20
2.2 Загальний опис.....	20
2.3 Загальні обмеження.....	23
2.4 Припущення та залежності.....	24
3 Архітектура та проектування програмного забезпечення.....	26
3.1 Ігровий цикл.....	26
3.2 Проведено балансування ігрового застосунку.....	26
3.3 Проведено розрахунок економічної систем.....	36
4 Опис прийнятих програмних рішень.....	40
4.1 Вибір інструментів для реалізації.....	40
4.2 Обґрунтування розміру ігрового поля.....	40
4.3 Проектування стратегічних перешкод.....	41
5 Тестування програмного забезпечення.....	48
5.1 Тестування ігрового застосунку.....	48

5.2	Виявлені помилки	51
6	Впровадження програмного забезпечення.....	53
6.1	Наукове впровадження проєкту	53
6.2	Практичне впровадження проєкту	53
6.3	Соціальне впровадження проєкту	53
	Висновки	55
	Перелік джерел посилання.....	57
	Додаток А Звіт результатів перевірки на унікальність тексту в базі ХНУРЕ	58
	Додаток Б Слайди презентації	60
	Додаток В Тези за темою кваліфікаційної роботи.....	68
	Додаток Г Концепт-документ до гри	73
	Додаток Д План тестування	83
	Додаток Е Фрагменти програмного коду	105
	Додаток Ж Фрагмент каталогу виставки технічної творчості.....	110

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

PvP – Player versus Player

TCG – Trading Card Game

UX – User Experience

F2P – Free to Play

ВСТУП

Сучасна ігрова індустрія є однією з найдинамічніших галузей цифрового середовища. З кожним роком зростає кількість як великих студійних релізів, так і незалежних проєктів, які експериментують із механіками, жанрами та візуальними стилями. Особливої популярності набувають ігри, що пропонують гравцям змагальний досвід, глибоку кастомізацію та елементи колекціонування — саме тому все більше уваги привертають PvP-ігри з економічними та тактичними складовими.

У межах кваліфікаційної роботи було створено ігровий застосунок *Legions of the Vault* — колекційну покрокову PvP-стратегію, яка поєднує елементи бойової гри, економічної системи та процедурної генерації юнітів. Основна ідея полягає у тому, що гравці збирають армії з унікальних юнітів, відкриваючи їх через систему лутбоксів, а потім змагаються між собою за допомогою стратегічно розрахованих дій у покроковому бою.

У грі реалізовано систему вартості та рідкості юнітів, налаштування характеристик (здоров'я, атака), а також можливість їх вдосконалення. Економічна модель гри включає геймплейну валюту, механіку розпилення непотрібних юнітів для отримання ресурсів, та системи прогресії гравця, що стимулюють регулярну взаємодію з грою.

Покрокові PvP-стратегії вирізняються тим, що вимагають від гравця не лише реакції, а й глибокого тактичного мислення. Ретельно побудований баланс дозволяє зробити гру чесною для обох сторін, а гнучка економіка — підтримувати інтерес гравців до відкриття нових комбінацій і збирання унікальних армій.

Метою цієї роботи є дослідження, проєктування та реалізація систем балансу й економіки в рамках проєкту *Legions of the Vault*, а також створення базової ігрової версії з реалізованою бойовою системою та підтримкою ключових геймплейних циклів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ

1.1 Аналіз предметної галузі

Жанр колекційних покрокових стратегій з PvP-елементами активно розвивається, поєднуючи тактичну глибину з системами збирання, покращення та адаптації. Подібні проекти орієнтовані на гравців, які цінують стратегічне планування, варіативність боїв та персоналізовані армії.

Історично основою для жанру стали варгейми — настільні військові симулятори, що моделювали бойові дії на ігровому полі з урахуванням численних тактичних параметрів. Ігри як Warhammer 40,000 [1], Warmachine та інші сформували у гравців мислення, засноване на побудові армій, зональному контролі та ефективному використанні ресурсів. Саме ця система мислення була закладена в основу боїв у Legions of the Vault — тут тактична перевага досягається не лише через характеристики, а й через правильне розміщення та взаємодію юнітів.

Водночас у цифровому середовищі суттєвого поширення набули колекційні ігри, що дають змогу збирати унікальні одиниці та будувати власну стратегію [8]. Такі ігри, як Hearthstone [2], Legends of Runeterra чи Gwent, показали, наскільки важливим є відчуття “відкриття” — нових карт, комбінацій і тактик. У Legions of the Vault ця механіка реалізована через систему лутбоксів.

Окрему роль у популяризації колекційного геймплею відіграли Pokémon-ігри в яких вперше була використана система процедурної генерації колекційних елементів, в тому випадку, “покемонів”. Зокрема, Pokémon GO [3] перенесла концепцію колекціонування у реальний світ, зробивши відкриття нових істот частиною щоденного досвіду. А Pokémon TCG Pocket — цифрова адаптація настільної карткової гри — акцентує увагу на збиранні, естетиці карт та простому геймплеї, доступному в будь-який момент [4]. Обидві гри демонструють важливість колекціонування як центральної ігрової мотивації, яка може тримати увагу гравця місяцями, а також надихнули нас на те, щоб реалізувати систему процедурної генерації юнітів у нашому проєкті.

Не менш важливим компонентом є ігрова економіка, що стимулює довготривалу зацікавленість. Успішні приклади, як AFK Arena, Clash Royale або Raid: Shadow Legends [5], демонструють ефективні системи винагород, балансу між безкоштовним і платним прогресом, а також постійне відчуття розвитку. У Legions of the Vault ігрова валюта використовується для покращення юнітів, зміни їхніх параметрів і створення нових бойових одиниць, забезпечуючи при цьому відчуття контролю над зростанням власної армії.

Таким чином, комбінація механік з варгеймів, TCG, класичних PvP-стратегій і сучасних моделей ігрової економіки дозволяє створити гру, що поєднує тактичну складність, азарт відкриття та довготривалий розвиток. Саме цим шляхом іде Legions of the Vault.

1.2 Аналіз жанрових характеристик

Основні риси жанру Turn-based Strategy [10]:

- Покроковий бойовий процес: Гравець та опонент діють по черзі, що дозволяє стратегічно планувати атаки, рух, використання здібностей і контроль позицій.

- Обмежена бойова арена: Карти невеликого або середнього розміру створюють умови для напружених сутичок, де позиціонування та зона контролю мають ключове значення.

- Контроль кількох юнітів: Замість одного персонажа гравець керує цілою армією, де кожен юніт має власні параметри, тип (файтер, хілер, танк тощо) і унікальні атаки.

- Тактична глибина: Важливу роль відіграє комбінування ефектів, чергування ініціативи, взаємодія між юнітами та правильне використання ресурсів.

Основні риси колекційних та варгейм-орієнтованих стратегій:

- Система колекціонування: Юніти здобуваються через лутбокси або створення. Вони мають рідкість, характеристики та іноді — унікальні здібності, що стимулює гравця збирати, покращувати та експериментувати з арміями.

– Варгейм-підхід до бою: Ідея армійного складу, комбінування сил, побудови тактичної стратегії з урахуванням фракції, витривалості та атаки — все це прямо запозичене з настільних варгеймів.

– Варіативність складів: Комбінації юнітів та фракцій дозволяють будувати різні архетипи армій — агресивні, контрольні, підтримуючі тощо.

Основні риси PvP-економічної моделі:

– Ігрова валюта та апгрейди: Гравець може покращувати юнітів (здоров'я, атаки), переробляти непотрібні одиниці на ресурси, створювати нові. Це дозволяє підтримувати довготривалий розвиток.

– Система випадіння: Впроваджена ймовірнісна система (як у лутбоксах), що визначає доступ до сильніших або рідкісніших юнітів. Разом із тим передбачено шляхи компенсації — наприклад, перетворення непотрібного в корисне через ресурсну переробку.

– Баланс між платним і безкоштовним прогресом: Економіка побудована так, щоб забезпечити чесні умови гри незалежно від способу участі (free-to-play чи з донатом).

Успішне поєднання цих жанрових характеристик дозволяє досягти ігрового процесу, який є одночасно тактично глибоким, змагальним і мотиваційно стійким. Кожен матч — це новий виклик, що вимагає від гравця аналізу, адаптації та стратегічного мислення. Це підтримує бажання грати знову, відкривати нові комбінації та вдосконалювати власну армію.

1.3 Аналіз конкурентів

Hearthstone (2014 рік випуску) – цифрова колекційна карткова гра від Blizzard, яка стала одним із найвідоміших прикладів вдалого поєднання геймплею, монетизації та візуальної простоти. Гравці будують колоди з карт, що мають вартість, ефекти, рідкість, і змагаються один з одним у дуелях. Отримання нових карт можливе через пакунки, що мають випадковий вміст (аналог лутбоксів).



Рисунок 1.1 – Hearthstone. Редактор колоди та доступна колекція (рисунок взято з відкритих ресурсів)

Сильні сторони:

- Високий рівень полірування, візуальної презентації та UX;
- Ефективна F2P-модель з багатьма способами отримати картки;
- Широкий вибір карт для колекціонування.

Слабкі сторони:

- Випадковість у основних механіках гри може фруструвати;
- Механіка створення карт обмежена для нових гравців.

Legions of the Vault використовує схожий принцип – гравці відкривають юнітів з лутбоксів, а небажаних можуть переробити в ресурс для створення або вдосконалення інших.

Warhammer 40,000: Tacticus (2022 рік випуску) – мобільна покрокова стратегія у всесвіті Warhammer 40k. Гравці збирають героїв, розвивають їх і використовують у тактичних боях на клітинковому полі. Юніти мають рідкість, рівень розвитку, роль (танк, атакер, сапорт) та здібності, що формують бойові комбінації.



Рисунок 1.2 – Warhammer 40,000: Tacticus. Покроковий бій (рисунок взято з відкритих ресурсів)

Сильні сторони:

- Варгейм-насліддя та бойова глибина;
- Яскраве візуальне оформлення та впізнавані персонажі;
- Регулярні оновлення та події.

Слабкі сторони:

- Прогрес сильно залежить від вкладень або довготривалої гри;
- PvP-режим з авто-боями зменшує тактичну складову.

Tacticus є прикладом успішної адаптації варгейм-дизайну під простіший PvP-формат, що також застосовується у Legions of the Vault.

Raid: Shadow Legends (2018 рік випуску) – відома гра у форматі "колекційну і бийся", яка активно просувається через рекламу. Гравець збирає сотні героїв із різних фракцій, вдосконалює їх і бере участь у боях, включаючи PvP-режими. В грі реалізовано багатшарову економіку з лутбоксами, ресурсами, подіями та різними способами прокачки.



Рисунок 1.3 – Raid: Shadow Legends. Редактор юніта (рисунок взято з відкритих ресурсів)

Сильні сторони:

- Потужна система прогресу;
- Великий вибір героїв і гнучкість у стратегії;
- Ефективна візуальна подача.

Слабкі сторони:

- Дуже сильна залежність від донату;
- Значна частина боїв проходить у авто-режимі.

В Legions of the Vault економіка та апгрейд юнітів місцями натхненні принципами Raid, проте зберігає контроль гравця над кожною битвою без авто-геймінгу.

Pokémon GO (2016 рік випуску) — мобільна AR-гра від компанії Niantic, яка перенесла класичну формулу "злови всіх" у реальний світ. Гравці досліджують навколишнє середовище, ловлять покемонів, беруть участь у боях, виконують завдання та взаємодіють із іншими гравцями. Одним з інноваційних рішень проєкту стала процедурна генерація покемонів, яка забезпечує унікальність кожного екземпляра навіть у межах одного виду.

Система генерує кожного покемона з такими параметрами, як: CP (бойова сила); IV (індивідуальні значення: атака, захист, витривалість); Вага, зріст, навіть колір у деяких випадках [7].

Це дозволяє гравцям ловити десятки одного й того ж виду, однак з різними характеристиками, й обирати найкращих для боїв або еволюції.

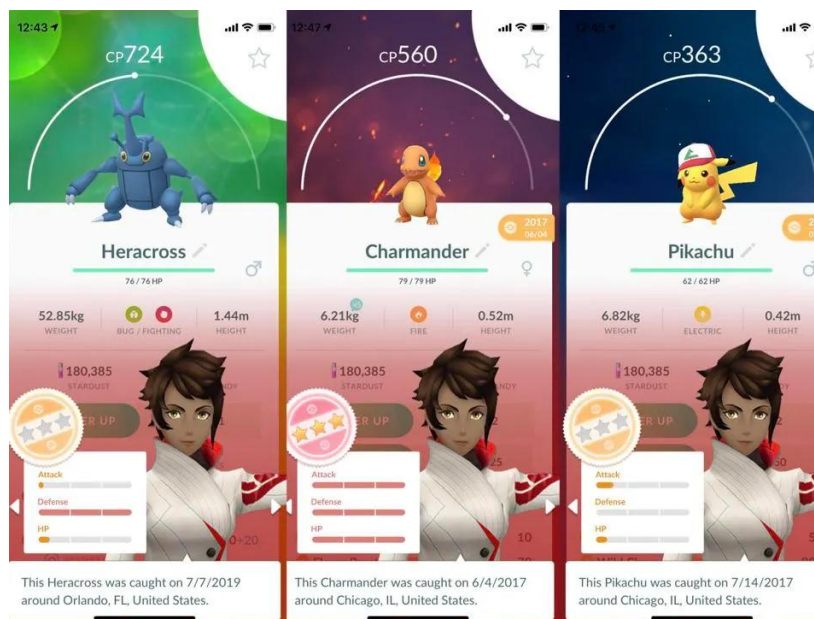


Рисунок 1.4 – Pokémon GO. Екрани з показниками згенерованих покемонів (рисунок взято з відкритих ресурсів)

Сильні сторони:

- Відчуття “колекціонерського азарту” завдяки унікальності кожного екземпляра;
- Глибока взаємодія з ігровим світом через GPS, події, реальний час доби;
- Простий вхідний поріг, але глибина для досвідчених гравців.

Слабкі сторони:

- Геймплей залежить від локації (у деяких регіонах менше доступних покемонів);
- Випадковість IV-параметрів іноді робить "улюблених" покемонів слабкими в боях.

У Legions of the Vault ця концепція була адаптована в систему процедурної генерації юнітів. Кожен юніт у грі має випадкову комбінацію здоров'я, атак і підтипів, що створює величезну кількість варіантів навіть у межах однієї фракції або класу. Це мотивує гравця продовжувати відкривати нових юнітів у пошуках “ідеального” екземпляра для своєї армії.

1.4 Виявлення та вирішення проблем

Legions of the Vault поєднує в собі елементи колекційної гри, покрокової тактичної стратегії та PvP-орієнтованої економіки. Таке змішання жанрів відкриває широкі можливості для геймдизайну, але водночас породжує низку викликів, які необхідно враховувати під час розробки.

У проєктах, де використовуються випадково згенеровані одиниці як, наприклад, у Pokémon GO, часто виникає проблема дисбалансу між екземплярами – деякі стають надто сильними, інші – непридатними для гри. Щоб уникнути цього, у Legions of the Vault було запроваджено систему контрольованої генерації, що обмежує екстремальні поєднання характеристик, а також дозволяє гравцеві покращувати або змінювати параметри юнітів за внутрішню валюту. Таким чином забезпечується збереження унікальності без шкоди для балансу [6]

Багато PvP-стратегій, наприклад, Raid: Shadow Legends страждають від різкого розриву між новими та досвідченими гравцями. У Legions of the Vault ця проблема вирішується через те, що у гравця більше шансів отримати корисних юнітів з самого початку і мати свій унікальний яксраивй шлях розвитку колекції.

Ігри з лутбоксами часто викликають невдоволення через надмірну випадковість і слабку віддачу за інвестиції часу. У Legions of the Vault цю проблему було пом'якшено завдяки системі ресурсного обміну: зайві або не вигідні юніти можна розпилити для отримання спеціального ресурсу, що витрачається на створення нових або вдосконалення існуючих. Також передбачено механізм “гарантованої якості” після певної кількості відкриттів.

Одна з типових проблем жанру Turn-based tactics – низька динаміка, що особливо критично для PvP-ігри, де важливо утримувати увагу гравця. У Legions of the Vault це вирішено кількома способами:

- Малий розмір арени: бої тривають кілька хвилин;
- Обмежена кількість юнітів: менше затягування, більше значення кожного ходу.

Багато ігор, особливо на мобільних платформах, грішать надмірною кількістю ресурсів, валют та механік прогресії. У *Legions of the Vault* було вирішено уніфікувати економічну систему, об'єднавши покращення, створення та зміну юнітів навколо єдиного ресурсу – кристалів. Це полегшує розуміння системи для новачків і не відволікає від основного – тактичної гри.

У настільних варгеймах нові гравці часто стикаються з жорсткими обмеженнями та високою ціною за помилки. Щоб уникнути цього у цифровому форматі, в *Legions of the Vault* була передбачена вбудована система підказок, а також поступове відкриття нових механік через навчальні матчі, що дозволяє гравцеві адаптуватися без перевантаження інформацією.

1.5 Постановка задачі

Для реалізації проєкту *Legions of the Vault* необхідно вирішити комплекс задач, спрямованих на створення повноцінної PvP-стратегії з елементами колекціонування, процедурної генерації бойових одиниць, системами балансу та економіки. Гра має поєднувати глибину стратегічного планування, змагальний характер боїв і мотиваційну складову, що стимулює гравця до довготривалої взаємодії з продуктом.

Необхідно створити параметри за якими будуть генеруватись юніти, такі як: клас, вартість, атаки, кількість здоров'я.

Юніти мають формуватися за заздалегідь визначеними правилами балансу, які не дозволяють з'являтися занадто сильним або занадто слабким комбінаціям. Генерація повинна враховувати ймовірності (розподіл за вартістю та рідкістю), а також адаптуватися до потреб гравця – наприклад, зростання шансів на певний тип юніта після тривалих сесій без корисних відкриттів.

Одним із пріоритетних завдань є розрахунок системи, яка забезпечить справедливість бою. Для цього необхідно визначити співвідношення сил між класами, які їх слабкі та сильні сторони. Наступним встановити чіткі діапазони

показників для кожного рівня вартості. Система повинна бути відкритою для подальшого тестування та корекції.

Не менш важливим завданням є проєктування логічної й прозорої економічної моделі, яка враховує накопичення внутрішньоігрової валюти, ймовірності випадіння юнітів з лутбоксів. А на базі цієї економічної системи надбудувати економічну систему, яка базується на переробці непотрібних юнітів для покращення тих, що вже маютья, або для створення зовсім нових. Усі економічні процеси повинні бути побудовані таким чином, щоб гравець відчував прогрес і контроль, навіть без донату. Особливу увагу приділено питанню балансу шансів і вартості, щоб підтримувати чесний Free-to-Play-дизайн.

2 ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Постановка мети

Метою даної роботи є створення ігрового програмного застосунку *Legions of the Vault* у жанрі колекційної покрокової PvP-стратегії з елементами процедурної генерації та внутрішньоігрової економіки.

Проект має реалізовувати ключові особливості обраного жанру: покрокову бойову систему з керуванням арміями; процедурну генерацію юнітів; PvP-геймплей.

Особливо важливо грамотно розрахувати економічну модель гри, щоб гравець не мав негативних почуттів через випадкову натуру отримання нових юнітів і залишався у грі на якомога довше.

Окрему увагу приділено розробці математичної моделі балансу — вона повинна забезпечувати чесну конкуренцію між гравцями, незалежно від їхніх стартових умов, способів отримання юнітів чи прогресу. Кожна армія має можливість бути конкурентною за умови правильного тактичного використання ресурсів і бойових можливостей.

Загалом, мета полягає в створенні проекту, що поєднує глибину тактичного геймплею, варіативність бойових одиниць, змагальну динаміку PvP та економічну систему, здатну підтримувати довготривалу зацікавленість гравця.

2.2 Загальний опис

У *Legions of the Vault* реалізовано систему процедурної генерації бойових одиниць, економіку з елементами контролю та випадковості, а також базову структуру PvP-змагального режиму, де гравці змагаються арміями з унікально згенерованих юнітів.

Процедурна генерація юнітів одна з ключових систем гри. Кожен бойовий юніт формується за принципом комбінації параметрів:

а) Клас юніта: бійці, танки, цілителі, асасини

б) Вартість: від 1 до 5 (визначає загальну силу та рідкість)

в) Унікальний набір атак. Залежно від класа юніта і яка у нього вартість йому надається доступ списку можливих атак з різною шкодою та додатковими ефектами. Працює за такими правилами:

- 1 атака для юніта 1–3 вартості;
- 2 атаки для юніта 4–5;
- Атаки що зцілюють доступні лише цілителям;
- Найсильніша атак бійця завжди вбиває асасина з першого удару (за умови однакової вартості);
- Атаки цілителів мають мізерний або зовсім не завдають шкоди, але мають позитивні ефекти;
- Зцілення цілителя завжди може повністю покрити шкоду від атаки танка (за умови однакової вартості);
- Найсильніша атака танка не може дорівнювати та перевищувати шкоду найсильнішої атаки бійця, а також є шкідливою для танка (за умови однакової вартості);
- Найсильніша атака асасина завжди буде вбивати цілителя з найменшим можливим здоров'ям в діапазоні генерації (за умови однакової вартості);
- Всі значення шкоди завжди кратні 5.

г) Кількість здоров'я варіюється в діапазонах які залежать від комбінації класу та вартості, завжди кратні п'яти. Генерується воно за такими правилами:

- Бійці мають діапазон в 20-40 здоров'я на 1 вартість і їх діапазон збільшується на 30 одиниць за кожну наступну вартість;
- Хілери мають діапазон в 30-50 здоров'я на 1 вартість і їх діапазон збільшується на 30 одиниць за кожну наступну вартість;
- Танки мають діапазон в 40-60 здоров'я на 1 вартість і їх діапазон збільшується на 30 одиниць за кожну наступну вартість;
- Асасини мають діапазон в 10-20 здоров'я на 1 вартість і їх діапазон збільшується на 15 одиниць за кожну наступну вартість. Так відмінність

обумовлена тим, що їх набори атак мають значно більший приріст до шкоди із зміною вартості.

У грі економічна модель працює за такими принципами:

а) Валюта гравця:

- Окрема для відкриття лутбоксів;
- Окрема для покращення юнітів або створення нових.

б) Лутбоксы:

– Відкривають нових юнітів з розподілом шансів за вартістю (наприклад, 1 вартість – 40%, 5 вартість – 5%).

в) Переробка юніта:

– Гравець може "розпиляти" небажаного юніта й отримати певну кількість валюти для апгрейду або створення іншого юніта в залежності від вартості того, що було розпилено.

г) Покращення юнітів:

- Збільшення здоров'я на 5 одиниць (не більше вказаного максимуму в діапазоні);
- Зміна атаки (рандомно чи вибірково).

Бойова частина гри проводиться за такими правилами:

а) Вартість:

- Сумарна вартість юнітів в армії має не перевищувати 15.

б) Поле:

- Юніти розташовуються на симетричному полі з клітин;
- На полі можуть бути розташовані перешкоди, які заважають пересуванню юнітів.

в) Активації:

- За одну активацію юніт може зробити переміщення по клітинах за його показником і зробити атаку (за бажанням можна зробити лише щось одне);
- Якщо юніт має вартість 1 або 2, то за одну активацію він може зробити лише одну дію на вибір (атака чи переміщення);

– Кількість можливих активацій на пряму залежить від того, якого лідера собі обирає гравець.

г) Атака:

– Юніт може атакувати ворожого юніта за умови що між ними не має перешкод і вони знаходяться в рамках відстані, яка вказана в вимогах вибраної атаки;

– Спочатку завдається основна шкода, потім реалізуються додаткові ефекти від атаки.

д) Лідер:

– У кожній армії має бути рівно один юніт-лідер;

– Якщо лідер помирає – гравець що його контролює програє;

– Лідери мають додаткові унікальні здібності, які можуть впливати на будівництво армії та змінювати звичайний хід правил.

ж) Хід гравця:

– Гравець може закінчити свій хід не виконавши всі доступні дії.

Legions of the Vault не використовує фіксовані рівні чи кампанії. Усі механіки побудовані навколо повторюваних матчів, у яких гравець поступово вдосконалює армію, експериментує з комбінаціями та накопичує ресурси для створення більш ефективних тактик.

2.3 Загальні обмеження

Під час розробки ігрового програмного застосунку Legions of the Vault встановлено такі обмеження щодо технологій, функціональності та платформи:

– Технологічне середовище:

Розробка здійснюється в середовищі Unreal Engine 5.3, з використанням системи Blueprint-візуального скриптування для реалізації логіки боїв, процедурної генерації юнітів та економічних систем. Розрахунки документуються у Excel таблицях та їх веб аналогу Google Sheets.

– Графіка та дизайн:

Усі візуальні елементи, пов'язані з юнітами, бойовим полем та ефектами, використовуються у вигляді моделей базової якості або placeholder-графіки. Фінальна візуальна стилізація не є частиною цієї роботи, оскільки основний акцент зроблено на ігрових системах, балансі та економіці, а не на візуальній складовій.

– Мережева частина:

Хоча *Legions of the Vault* концептуально передбачає PvP-змагальний формат, у межах поточного етапу реалізації гра функціонує локально, без синхронізації через мережу. Протистояння реалізовано у форматі "Hotseat" (двоє гравці грають з одного пристрою по черзі забираючи контроль)[9], з подальшою можливістю розширення до повноцінної онлайн-гри.

– Платформа запуску:

Цільовою платформою проєкту є персональні комп'ютери під управлінням Windows 10 або 11 (64-bit). Тестування та оптимізація під інші платформи (мобільні пристрої, Linux, macOS) не входить у поточний обсяг роботи.

Тепер, коли обмеження обговорені, давайте зазначимо на що вони впливають.

2.4 Припущення та залежності

Під час розробки ігрового застосунку *Legions of the Vault* враховано такі припущення та технічні залежності:

– Гра розрахована на запуск під керуванням Windows 10 або Windows 11 (64-bit).

– Якщо гра запускається на комп'ютері, який не відповідає мінімальним технічним вимогам (насамперед — обсяг оперативної пам'яті, графічний адаптер з підтримкою DirectX 12), можливе: зниження продуктивності (низький FPS), подовжене завантаження боїв або юнітів, потенційні вильоти при генерації великої кількості об'єктів.

– Гра використовує Unreal Engine 5.3, який передбачає наявність актуальних драйверів відеокарти, оновлень системи та підтримки сучасних технологій

рендерингу. У разі запуску на старих версіях Windows (наприклад, Windows 7 чи 8.1), можливі критичні помилки.

– У межах цієї версії гри не реалізовано повноцінну PvP-мережеву взаємодію, тому багатокористувацький режим наразі імітується через локальну логіку. Подальше розширення функціональності передбачає впровадження онлайн-архітектури.

Ну а тепер, коли всі залежності відомі, варто безпосередньо поговорити про ігровий цикл та розрахунки.

3 АРХІТЕКТУРА ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Ігровий цикл

На діаграмі прецедентів (див. рис. 4.1) зображено дії, які гравець може виконати під час взаємодії з елементами інтерфейсу Legions of the Vault

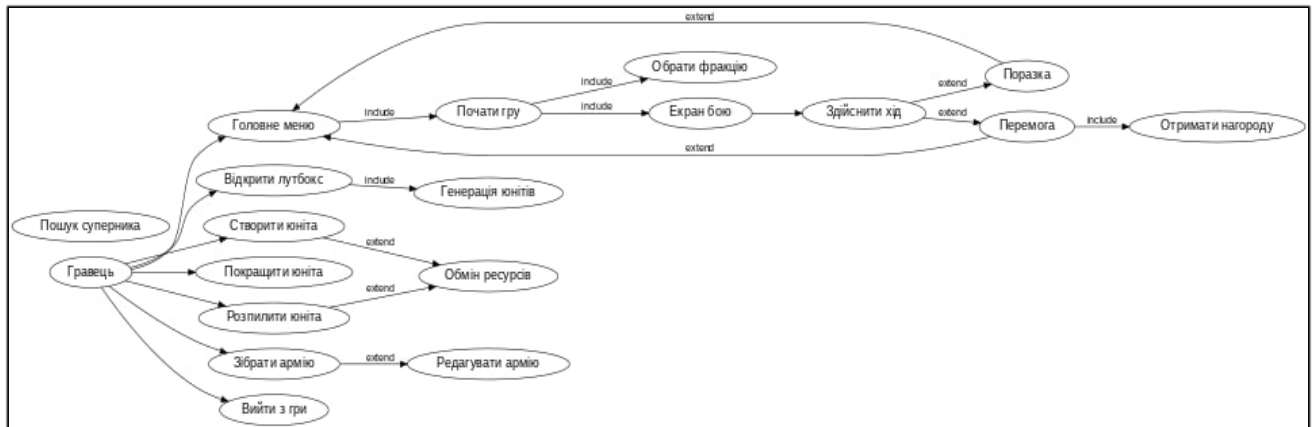


Рисунок 3.1 – Діаграма прецедентів гри Legions of the Vault (рисунок виконано самостійно)

Ця діаграма дозволяє візуалізувати логіку взаємодії гравця з ключовими ігровими системами, і була використана як основа для проєктування функціональних блоків гри.

3.2 Проведено балансування ігрового застосунку

Після визначення основних напрямків і правил, які були приведені у загальному описі, я надав числові значення юнітам вартості від 1 до 5, та додав пару лідерів. Давайте розглянемо це все в таблицях.

У таблиці 3.1 наведено балансування юнітів вартості 1. Вони є найслабкішими юнітами і мають не тільки менші характеристики, а й обмеження у активаціях на хід. Тому вони мають меншу кількість варіацій і здебільшого будуть іти на переробку.

Таблиця 3.1 – Балансування юнітів вартості 1

Ім'я	Діапазон Здоров'я	Можлива атака (1)		Пересування
		Шкода	Опис	
Файтер	20-40	15	Ближній бій [1]	2
		20	Ближній бій [1], завдає 15 шкоди собі	
		10	Ближній бій [1], Руйнівна (10)	
Цілитель	30-50	0	Ремонт [1] (30)	3
		0	Зцілення [1] (10)	
		0	Руйнівна [1] (30)	
Танк	40-60	10	Ближній бій [1]	1
		5	Блок (10)	
		15	Ближній бій [1], завдає 10 шкоди собі	
Асасин	10-20	20	Ближній бій [1]	2
		30	Ближній бій [1], завдає 10 шкоди собі	
		10	Дальній бій [3]	

У таблиці 3.2 наведена легенда до певних елементів таблиць балансування. Тут можна побачити за яким принципом визначається коректність атаки та її можливі наслідки. Серед ключових слів є деякі які співпрацюють з перешкодами на полі, які на момент написання прийшлося зробити невразливими, але суто концептуально воно має право на існування.

Але файтер є єдиним, хто немає “свого” ключового слова і компенсує то своїми характеристиками.

Таблиця 3.2 – Легенда до таблиці балансування

Легенда	
[X] та (X)	Число в [] дужках визначає дальність дії, а число в () дужках визначає числовий показник
Ближній бій [X]	атакує ворога або стіни на відстані X, зазвичай не далі однієї або двох клітин
Дальній бій [X]	атакує ворога або стіни на відстані X
Руйнівна (X)	додатково завдає X шкоди конструкціям
Ремонт [X] (X)	Відновлює міцність стіни на дальності [X] на значення (X)
Зцілення [X] (X)	Відновлює здоров'я юніта на дальності [X] на значення (X)
Блок (X)	Віднімає X шкоди від наступних входящих атак та ворожих здібностей
Отрута	Якщо атака з цим ключовим словом завдала шкоди юніту противника, той отримає статус "отруений" і буде втрачати 10 хп на початку кожного ходу його власника

Юніти 2 вартості не сильно відрізняються від юнітів 1 вартості, мають ті самі обмеження, тільки трохи краще характеристики. Та вже тут можна побачити, як стає ширшим вибір можливих атак.

У таблиці 3.3 наведено балансування юнітів вартості 2.

Таблиця 3.3 – Балансування юнітів вартості 2

Ім'я	Діапазон Здоров'я	Можлива атака (1)		Пересування
		Шкода	Опис	
Файтер	50-70	30	Ближній бій [1]	2
		35	Ближній бій [1], завдає 20 шкоди собі	
		15	Ближній бій [1], Руйнівна (25)	
		25	Ближній бій [1], Руйнівна (10)	
		20	Дальній бій [3]	

Продовження таблиці 3.3

Цілитель	60-80	15	Ремонт [1] (30)	3
		15	Зцілення [1] (20)	
		10	Руйнівна [1] (30)	
		5	Ремонт [1] (45)	
		0	Руйнівна [1] (45)	
		5	Зцілення [1] (25)	
Танк	70-90	25	Ближній бій [1]	1
		5	Блок (25)	
		30	Ближній бій [1], завдає 15 шкоди собі	
		20	Блок [1] (10)	
		15	Дальній бій [3]	
Асасин	25-35	35	Ближній бій [1]	2
		60	Ближній бій [1], завдає 25 шкоди собі	
		40	Ближній бій [1], завдає 15 шкоди собі	
		25	Дальній бій [3]	
		10	Дальній бій [3], Отрута	
		20	Ближній бій [1], Отрута	

Юніти 3 вартості стоять поміж недоліками та перевагами і, в принципі, отримують нічого з того. Вони не мають обмежень на активації як юніти 1 та 2 вартості, але так само вони не можуть мати аж дві атаки як юніти 4 та 5 вартості. Очікується, що саме цими юнітами будуть заповнюватись більшість армій гравців, так як вони є оптимальні по своєму дизайну.

І вже починаючи з 3 вартості всі юніти, а з окрема цілитель, можуть постояти за себе. Вони ще не дають такої переваги, що змінює хід гри на столі, але якщо поставити їх правильну кількість в правильне місце – це кінець.

У таблиці 3.4 наведено балансування юнітів вартості 3.

Таблиця 3.4 – Балансування юнітів вартості 3

Ім'я	Діапазон Здоров'я	Можлива атака (1)		Пересування
		Шкода	Опис	
Файтер	80-100	45	Ближній бій [1]	3
		50	Ближній бій [1], завдає 30 шкоди собі	
		30	Ближній бій [1], Руйнівна (25)	
		40	Ближній бій [1], Руйнівна (10)	
		40	Ближній бій [2]	
		35	Дальній бій [3]	
Цілитель	90-110	25	Ремонт [1] (45)	4
		25	Зцілення [1] (35)	
		20	Руйнівна [1] (45)	
		15	Ремонт [1] (60)	
		5	Руйнівна [2] (60)	
		15	Зцілення [1] (40)	
Танк	100-120	40	Ближній бій [1]	2
		20	Блок (25)	
		45	Ближній бій [1], завдає 20 шкоди собі	
		35	Блок [1] (10)	
		35	Ближній бій [2]	
		30	Дальній бій [3]	

Продовження таблиці 3.4

Асасин	40-50	50	Ближній бій [1]	3
		90	Ближній бій [1], завдає 40 шкоди собі	
		70	Ближній бій [1], завдає 30 шкоди собі	
		55	Ближній бій [1], завдає 20 шкоди собі	
		40	Дальній бій [3]	
		25	Дальній бій [3], Отрута	
		35	Ближній бій [1], Отрута	

Починаючи з 4 вартості юніти здатні поодинці домінувати на полі.

У таблиці 3.5 наведено балансування юнітів вартості 4.

Таблиця 3.5 – Балансування юнітів вартості 4

Ім'я	Діапазон Здоров'я	Можлива атака (2)		Пересування
		Шкода	Опис	
Файтер	110-130	60	Ближній бій [1]	3
		65	Ближній бій [1], завдає 40 шкоди собі	
		45	Ближній бій [1], Руйнівна (25)	
		55	Ближній бій [1], Руйнівна (10)	
		40	Ближній бій [2] Руйнівна (15)	
		50	Ближній бій [2]	
		50	Дальній бій [3]	

Продовження таблиці 3.5

Цілитель	120-140	35	Ремонт [1] (60)	4
		35	Зцілення [1] (50)	
		30	Руйнівна [1] (60)	
		25	Ремонт [1] (75)	
		10	Руйнівна [2] (75)	
		20	Зцілення [1] (55)	
Танк	130-150	55	Ближній бій [1]	2
		35	Блок (25)	
		60	Ближній бій [1], завдає 25 шкоди собі	
		50	Блок [1] (10)	
		40	Ближній бій [2] Блок (25)	
		50	Ближній бій [2]	
		45	Дальній бій [3]	
Асасин	55-65	65	Ближній бій [1]	3
		120	Ближній бій [1], завдає 55 шкоди собі	
		85	Ближній бій [1], завдає 35 шкоди собі	
		70	Ближній бій [1], завдає 25 шкоди собі	
		55	Дальній бій [3]	
		40	Дальній бій [3], Отрута	
		45	Ближній бій [2], Отрута	
		50	Ближній бій [1], Отрута	

Ось ми і дійшли до найсильнішого звичайного юніта.

У таблиці 3.6 наведено балансування юнітів вартості 5.

Таблиця 3.6 – Балансування юнітів вартості 5

Ім'я	Діапазон Здоров'я	Можлива атака (2)		Пересування
		Шкода	Опис	
Файтер	140-160	75	Ближній бій [1]	4
		80	Ближній бій [1], завдає 50 шкоди собі	
		60	Ближній бій [1], Руйнівна (25)	
		70	Ближній бій [1], Руйнівна (10)	
		55	Ближній бій [2] Руйнівна (15)	
		65	Ближній бій [2]	
		65	Дальній бій [3]	
Цілитель	150-170	45	Ремонт [1] (75)	5
		45	Зцілення [1] (65)	
		40	Руйнівна [1] (75)	
		35	Ремонт [1] (90)	
		15	Руйнівна [2] (90)	
		25	Зцілення [1] (70)	
Танк	160-180	70	Ближній бій [1]	3
		50	Блок (25)	
		75	Ближній бій [1], завдає 30 шкоди собі	
		65	Блок [1] (10)	
		55	Ближній бій [2] Блок (25)	
		65	Ближній бій [2]	
		60	Дальній бій [3]	

Продовження таблиці 3.6

Асасин	85-95	80	Ближній бій [1]	4
		150	Ближній бій [1], завдає 55 шкоди собі	
		100	Ближній бій [1], завдає 35 шкоди собі	
		85	Ближній бій [1], завдає 25 шкоди собі	
		70	Дальній бій [3]	
		55	Дальній бій [3], Отрута	
		60	Ближній бій [2], Отрута	
		65	Ближній бій [1], Отрута	

І останніми в таблиці будуть два лідери. Навколо них будуються всі стратегії і під них збираються юніти. Вони випадають доволі рідко, тому кожен для гравця буде особливо цінний. Варто підмітити, що серед всіх юнітів тільки лідери не генеруються і мають чітко встановлені характеристики.

У таблиці 3.7 наведено перших юнітів-лідерів.

Таблиця 3.7 – Перші юніти-лідери

Ім'я	Здоров'я	Атака		Пересування	Пасивна Здібність	Ультимативна здібність	Очки активації юнітів	Вартість Лідера
		Шкода	Опис					
Майстер легіонів	200	40	Ближній бій [2]	3	Юніти 1 та 2 вартості можуть бути активовані двічі	До кінця ходу дальність атак всіх юнітів збільшується на [1] а шкода на (10)	6	5
		35	Дальній бій [3]					

Продовження таблиці 3.7

Забутий Король	250	50	Ближній бій [2] Блок (25)	4	Коли помирає юніт противника відновить 20 здоров'я всім своїм юнітам	До кінця ходу подвійте шкоду від ваших атак	2	5
		0	Ближній бій [1], Руйнівна (70)					

На прикладі цих же лідерів можна побачити як вони впливають на баланс гри та складання армій. “Майстер легіонів” має пасивну здібність яка нівелює одну із слабкостей юнітів 1 та 2 вартості, а також достатньо багато очок активації щоб просувати всю армію за один хід, або просувати малих юнітів глибше у сторону суперника. Подібний лідер хоче мати армію з великої кількості юнітів, особливо з малими вартостями.

В свою ж чергу лідер “Забутий король” буди виступати його повною протилежністю. Він має лише два очки активації для всієї армії, що змушує збирати з ним якомога менші армії, переважно, з юнітами високої вартості. А його пасивна здібність має карати тих, хто намагається будувати великі армії.

Загалом, якщо придивитись до деяких показників в атаках у звичайних юнітів, то можна помітити, що всі величини є “транзитивними”, тобто можна переводити одну в одну, щоб зберігати баланс. За таким приципом кожні 15 руйнівної шкоди дорівнюють 10 звичайних шкод. Чи кожна додаткова клітина до довжини атаки має еквівалент в 5 шкод.

Зокрема варто звернути увагу й на ультимативні здібності лідерів. “Майстер легіонів” робить велику армію стратегічно сильнішою, а “Забутий король” має план моментального вбивства лідера противника.

За рахунок цієї системи та системи зв'язку класів між собою, як описано в загальному описі ми отримуємо стабільну модель балансу нашої гри на різних її рівнях.

3.3 Проведено розрахунок економічної систем

Економічна система нашого проекту має ціль, яка полягає у тому, що з кожним відкритим лутбоксом і кожним новим юнітом у гравця було б все більше причин продовжувати грати в гру.

Почнемо розрахунки з лутбоксів. Гравець зможе відкривати по одному лутбоксу кожін 2-3 дні та додатково ще один кожні 8-12 днів. Ця інформація є важливою для розрахунків того, скільки в середньому часу гравець має витрати для отримання або покращення бажаного юніта.

В кожному лутбоксі гравцю випадає 5 юнітів і, з малою окремою ймовірністю, може випасти 6-й юніт-лідер. Ймовірність випадання юнітів ми можемо побачити у цій таблиці:

Таблиця 3.8 – Ймовірність випадання юнітів певної вартості в певному слоті лутбоксу

Вартість	1 слот	2 слот	3 слот	4 слот	5 слот	Лідер слот
1	100%	100%	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	78,5%	59,5%	0%	0%
3	0%	0%	20%	30%	50%	0%
4	0%	0%	1,5%	10%	30%	0%
5	0%	0%	0%	0,5%	20%	0%
Лідер	0%	0%	0%	0%	0%	5%

Так в середньому виходить, що за один лутбокс гравець отримує: 2.0 юніта вартості 1; 1.38 юніта вартості 2; 1.0 юніта вартості 3; 0.415 юніта вартості 4; 0.205 юніта вартості 5; 0.05 лідера.

Тоді за формулою ми можемо розрахувати скільки в середньому треба відкрити лутбоксів, щоб отримати хоча б одного юніта певної вартості:

$$L = \frac{1}{P_x} \quad (1)$$

де L – кількість лутбоксів яку необхідно відкрити;

P_x – середня кількість юнітів вартості X за один лутбокс.

Що виводить нас на такі результати:

- 1 лутбокс на юніта 1 вартості;
- 1.45 лутбоксів на юніта 2 вартості;
- 1 лутбокс на юніта 3 вартості;
- 2.41 лутбоксів на юніта 4 вартості;
- 4.88 лутбоксів на юніта 5 вартості;
- 20 лутбоксів на юніта-лідера.

Таким чином у нас є економічна система для коротко-часової утримки гравця. Для ж довгострокової утримки я додав механіку покращення юнітів, яка також має свою економічну складову.

В моєму проекті юнітам можна покращувати здоров'я та змінювати атаки. Вартість цих послуг можна розрахувати за такими формулами:

$$C_{hp}(v, u) = B_v \times f(u) \quad (2)$$

де $C_{hp}(v, u)$ – вартість покращення здоров'я юніта вартості (v) на покращення номер (u);

B_v – базова вартість покращення здоров'я для юніта вартості (v);

$f(u)$ – множник залежно від раза покращення.

А вартість зміни атаки вираховується за формулою:

$$C_{atk}(v) = k_v \times D \quad (3)$$

де $C_{atk}(v)$ – вартість зміни атаки юніта вартості (v);

D – базова вартість зміни атаки;

k_v – коефіцієнт вартості для кожного рівня юніта.

Зазвичай повне покращення юніта буде включати в себе чотири покращення здоров'я і приблизно одну зміну атаки. Для встановлення економічної системи на покращення необхідно ввести окрему валюту. В випадку мого проекту я ввів валюту, яку можна отримувати лише за видалення юнітів зі своєї колекції. Назвемо для зручності цю валюту “кристалами”.

Так я вирішив встановити такий курс конвертації:

- за юніта 1 вартості – 1 кристал;
- за 2 вартості – 3 кристали;
- за 3 вартості – 6 кристалів;
- за 4 вартості – 15 кристалів;
- за 5 вартість – 30 кристалів.

Ця інформація необхідна, щоб вирахувати приблизну кількість часу, для повного покращення одного юніта.

Для прикладу припустимо, що сума всіх апгрейдів здоров'я для юніта 5 вартості = 48 кристалів за формулою:

$$C_{hptot}(5) = C_{hp}(5,1) + C_{hp}(5,2) + C_{hp}(5,3) + C_{hp}(5,4) = 48 \quad (4)$$

де $C_{hptot}(v)$ – вартість зміни атаки юніта вартості (v);

C_{hp} – вартість покращення здоров'я юніта.

А нехай $C_{atk}(5) = 30$ кристалів.

Таким чином:

$$C_{total}(C_{hptot} + C_{atk}) = 78 \text{ кристалів} \quad (5)$$

де C_{total} – загальна сума повного покращення юніта;

C_{hptot} – вартість зміни атаки юніта;

C_{atk} – вартість повної заміни атак.

Далі на основі того, скільки юнітів випадає та скільки кристалів отримуємо таку середню кількість кристалів за один лутбокс.

$$K_{\text{серед}} = N_1 \times K_1 + N_2 \times K_2 + N_3 \times K_3 + N_4 \times K_4 + N_5 \times K_5 = 24.515 \quad (6)$$

де $K_{\text{серед}}$ – середня кількість кристалів з одного лутбокса;

N_1 – середня кількість юнітів (1) вартості в одному лутбоксі;

K_1 – кількість кристалів, які отримуються за конвертацію юніта (1) вартості.

Що на період в 2-3 дні можна оцінити як проміжок 8.17 - 12.26 кристалів в день. І якщо поділити C_{atk} (5) вартості на отримані значення, то отримаємо, що на одне повне покращення юніта 5 вартості піде приблизно 6-9.5 днів.

Таким чином ми отримуємо довгострокову утримку гравця, бо з відкриттям кожного лутбоксу гравець отримує все більше і більше можливостей витратити свій час та ресурси. І все за завдяки грамотній економічній системі та конвертації одного прогресу в інший.

4 ОПИС ПРИЙНЯТИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Вибір інструментів для реалізації

Так як під час роботи над проектом моєю відповідальністю було створення математичної складової гри, яке включає системи балансу, економіки та інших нюансів, то для реалізації обчислень, побудови моделей і документації даних було використано Google Sheets. Бо вона дозволяє оптимізувати розрахунки завдяки формулам і наглядніше презентувати відомі данні.

4.2 Обґрунтування розміру ігрового поля

В рамках реалізації математичної моделі гри було також проведено розрахунок оптимального розміру ігрового поля. Згідно з дизайном, максимальна кількість юнітів на полі — 22, по 11 на гравця (10 юнітів мінімальної вартості та один лідер). А загальне пересування юнітів по полю знаходиться в проміжку від 1 до 5 клітин за хід.

Основною вимогою стало забезпечення достатньої маневреності та простору для тактичних рішень, бо бійки будуть надто хаотичні у вузькому полі і не обґрунтовано довгі у занадто великому полі.

Для цього спочатку треба визначити мінімальну «площу комфорту» юніта, тобто, кількість клітин які дозволять юніту бути необхідно мобільним. Враховуючи, що юніти не можуть рухатись по діагоналі, я вирішив встановити мінімальну «площу комфорту» як 4 клітини.

Після цього я просто помножив кількість юнітів на кількість клітин і отримав, що потрібно мати мінімум 88 клітин на полі. Звісно, таке поле зовсім не оптимізоване і неймовірно щільне, але ця інформація є фундаментальною у тому, щоб визначити розміри поля.

Наступним кроком краще відштовхнутись від швидкості пересування юнітів по полю. В першу чергу, беремо до уваги юнітів які можуть пересуватись на 3-5 клітин за хід. Нехай вони будуть зіштовхуватись на 2-3 хід після початку гри, тому

візьмемо що відстань від стартових позицій до центру поля становить десь 6-8 клітин. Таким чином у нас в середньому більшість юнітів зможуть швидко дістатись один одного, а ті хто мають швидкість пересування 5 отримають перевагу.

Загалом, я дуже довго тестував різні варіації масштабів з прив'язкою до квадратної форми поля і мені завжди здавалось, що простору або забагато, або замало. Таким чином я став пробувати прямокутні форми і все встало на свої місця, бо гравці зазвичай будуть просуватись вперед і лише зовсім трохи по сторонах.

Так я взяв ширину в 13 клітин, щоб можна було розгорнути армію в перших двох рядах і мати трохи запасу на випадок, якщо всіх одинадцять юнітів розмістять в одному ряді. А далі взяв розраховану раніше дистанцію між арміям і додав по два стартових ряди на кожную сторону і отримав довжину у 16-18 клітин. Хоча для кінцевого варіанту, я поки залишив довжину у 16 клітин, так як вона мені здається більш динамічною. І таким чином ми отримуємо поле розмірами 13×16 клітин.

Також я окремо розглянув і більші варіації поля, зокрема варто зазначити поле 16×20 клітин, так як його можна було б використовувати в майбутньому для варіантів гри де можуть бути альтернативні способи перемоги безпосередньо на самому полі, наприклад, захват територій і т.д.

4.3 Проектування стратегічних перешкод

У тактичних іграх наявність елементів, що блокують переміщення (перешкод, стін), значною мірою впливає на стратегічну глибину. Вони змінюють маршрути пересування, створюють вузькі проходи, дозволяють реалізовувати пастки, флангові обходи, оборону тилу, а також додають варіативності розіграваних ситуацій.

Для визначення оптимальної кількості та розміщення клітин з перешкодами було проведено розрахунки, які я наведу далі.

Як ми вже знаємо з минулого розділу, наше оптимальне поле складається з 208 клітин, а максимальна кількість юнітів на полі одночасно становить 22. Виходить що для пересування та розташування перешкод у нас є всього 186 клітин.

Далі визначимо допустимий обсяг перешкод. Загалом, у іграх подібного жанру вважається, що площа, зайнята непрохідними об'єктами, не повинна перевищувати 10–15% від доступної площі. За цією логікою отримуємо, що в середньому у площі на 186 клітин з них заставлено перешкодами може бути клітин 19-28.

Щоби далі визначити як краще розташовувати перешкоди, я опрацював те, як до цього підходять інші представники жанру і визначив такі найпопулярніші сценарії:

- Вузький прохід;
- Симетричні фланги;
- Лабіринт;
- Фронтальні укріплення;
- Контроль зони.

Давайте розглянемо кожний сценарій та його особливості окремо.

Вузький прохід (також відомий як Choke-point), відомий тим, що центральна або флангова ділянка карти блокується стінами так, що між сторонами залишається лише один або кілька вузьких проходів. Таким чином гравців примушують боротися за контроль над конкретною точкою, також це стимулює використання юнітів з високим захистом у вузьких місцях і може трохи сповільнити темп гри, але додати більше напруги.

У розробленому шаблоні центральна частина мапи розділена вертикальною лінією стін, яка залишає лише 2-3 вузьких проходи з боків або ближче до центру. Решта карти відкрита, однак більшість шляхів сходяться саме до цих точок. Таким чином, мапа спрямовує гравців у зони прямого зіткнення, де вирішується доля бою.

Приклад цього сценарію можна побачити на рисунку 4.1:

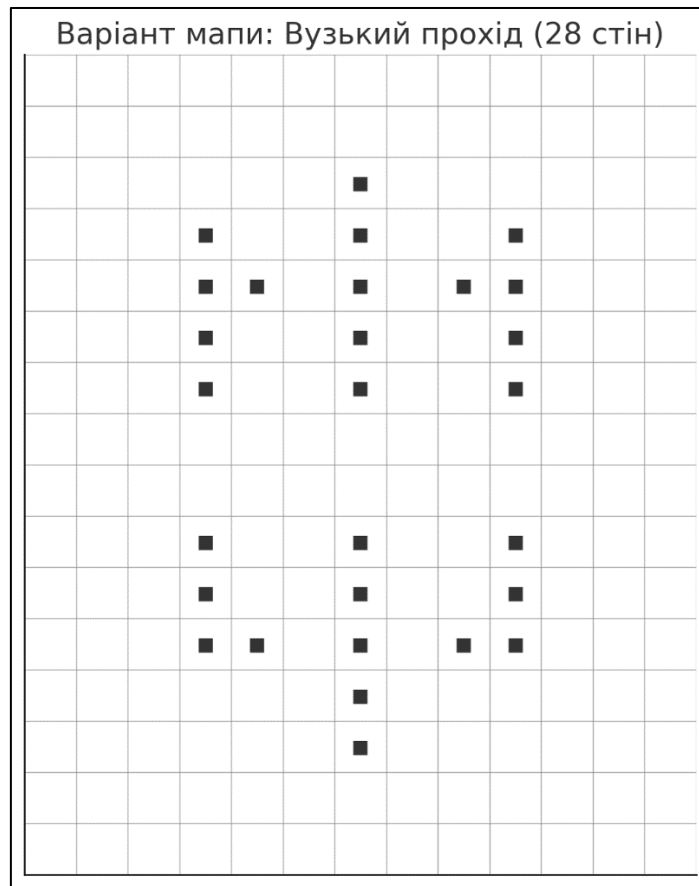


Рисунок 4.1 – мапа за сценарієм «вузький прохід»

Далі розглянемо симетричні фланги. У цьому сценарії сенс в тому, що стіни розміщуються симетрично з обох сторін поля – наприклад, по 5 стін зліва і справа. Центр залишається відносно відкритим. Таким чином створюється дзеркальна ситуація, де гравці можуть мати рівні умови, але зовсім різну реалізацію тактик. Також це стимулює боротьбу за центр, або обхід через фланг.

Як наведено далі в рисунку 4.2, перешкоди (стіни) розміщуються по 14 клітин зліва та справа, створюючи дві флангові «парасольки», за якими можна сховатись або розгорнути обхід. Центральна частина поля залишається переважно відкритою, що дозволяє застосовувати швидкі прориви чи провокаційні дії.

Під час тестування було виявлено, що «Симетричні фланги» створюють найстабільнішу ситуацію для змагання гравців однакового рівня. Завдяки повній симетрії, жодна зі сторін не отримує початкової позиційної переваги. Це дозволяє сфокусувати увагу саме на виборі тактики та порядку дій, а не на стартових умовах.

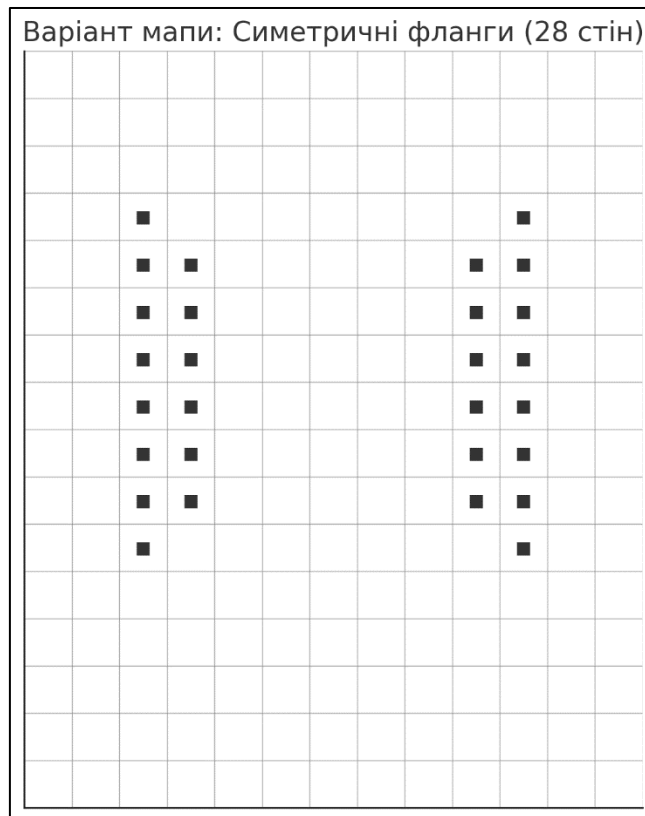


Рисунок 4.2 – мапа за сценарієм «симетричні фланги»

Наступним буде мій особистий фаворит – лабіринти. В цьому випадку перешкоди формують складну структуру, що змушує гравців планувати маршрути, обходи та можливі пастки. Подібні мапи нагороджують за використання юнітів з високою мобільністю, ускладнює прямі атаки, дозволяє приховувати юнітів або робити засідки та вимагає довготривалого планування пересування.

Під час тестування було виявлено, що лабіринт ускладнює гру для новачків, але значно підвищує глибину для досвідчених гравців. Також він зменшує кількість перших ударів, бо замість прямих атак гравці розгортають позиційну боротьбу. В принципі цей сценарій вимагає сильнішого планування, що позитивно впливає на реіграбельність мапи.

Для генерації таких мап у майбутньому планується розробка алгоритму побудови “розумного лабіринту”, який створює шлях із декількома маршрутами, але завжди зберігає гарантовану досяжність кожної точки карти.

Приклад цього сценарію можна побачити на рисунку 4.3:

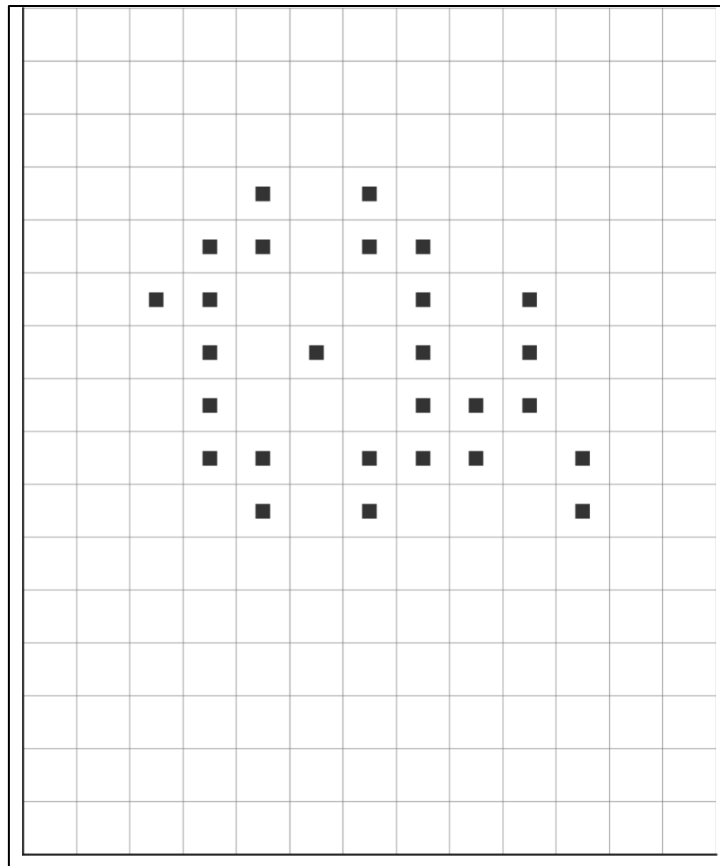


Рисунок 4.3 – мапа за сценарієм «лабіринт»

Далі будуть фронтальні укріплення. Їх сценарій в тому, що перед базою або стартовою позицією розміщуються бар'єри, що формують оборонні точки. Це дає гравцеві більше часу на розгортання юнітів, створює ситуації «атака/оборона» в динамічному PvP, а також може бути важелем при нерівності в силі сторін.

У даній мапі кожен гравець має перед своєю стартовою лінією укріплений бастион, що складається зі стін, розміщених у П- або L-подібній формі. Укриття створюють напіввідкриту безпечну зону, де можна сховати важливого юніта, наприклад, лідера, підтримку чи дальнобійника.

В центрі карти залишено відносно відкритий простір, що контрастує з укріпленими зонами по флангах. Така структура підкреслює різницю в стилях гри: агресивні гравці можуть одразу прориватись по центру, обережні — тримати фланг і чекати на зручну нагоду для удару.

Приклад цього сценарію можна побачити на рисунку 4.4:

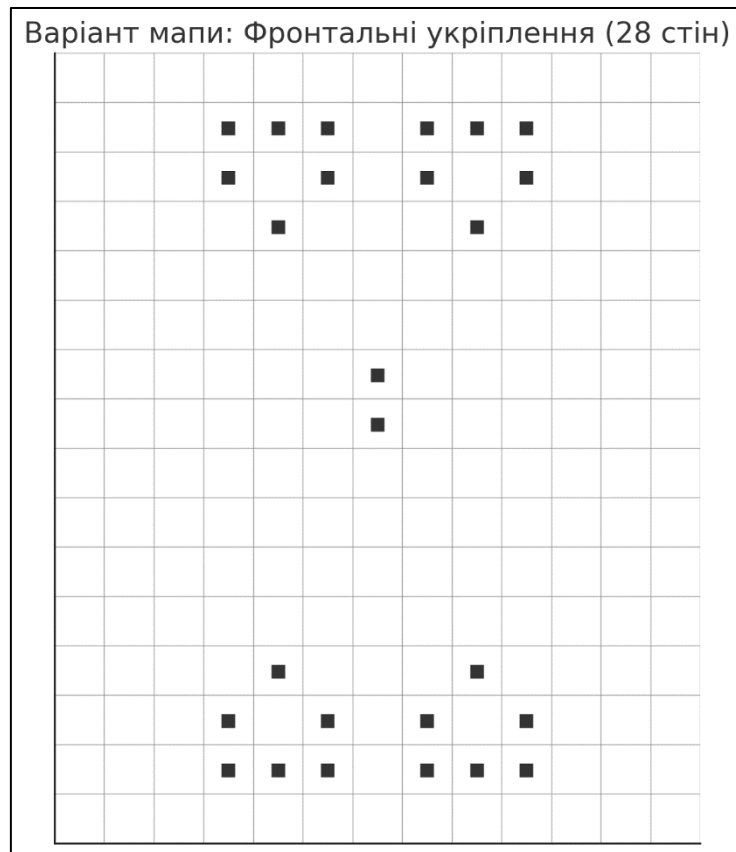


Рисунок 4.4 – мапа за сценарієм «фронтальні укріплення»

І останнім розглянемо зони контролю. За цим сценарієм стіни формують проходи, через які проходить більшість дій – контроль таких точок дає перевагу. Завдяки цьому виникають «зони впливу» – місця, які важливо тримати під контролем, та дає більше можливостей для цікава розташування лідерів.

Загалом, цей формат мап, на мою думку, є оптимальним для цікавого геймплюю, і саме подібних мап має бути більшість.

У реалізованій мапі на рисунку 4.5 використано 28 перешкод, розміщених так, щоб створити три чітко виражені напрямки наступу у вигляді центрального коридору, обрамленого щільними перешкодами, а також лівий і правий фланги з вертикальними лініями стін, які змушують атакуючого маневрувати.

Кожен коридор достатньо широкий, щоб у ньому могли розміститись кілька юнітів, але в той самий час проходи вузькі, що дозволяє одному юніту повністю блокувати рух ворожої групи.

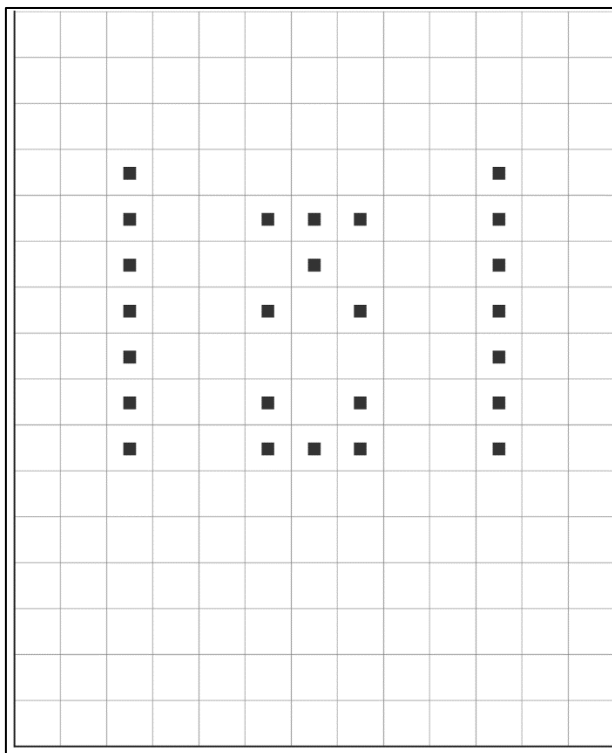


Рисунок 4.5 – мапа за сценарієм «контроль зони»

Таким чином, пропрацювавши всі данні нашого геймдизайну, провівши аналіз інших представників жанру та зробивши певні розрахунки мені вдалось вирішити питання з тим, які оптимальні параметри має мати мапа для нашої гри і які варіації вони можуть мати.

5 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Тестування ігрового застосунку

Ігровий програмний застосунок був перевірений згідно з попередньо складеним командою тест-планом, наведеному у додатку Б. Для розробки цього плану була використана Mind Map, або «карта думок» (див. рис. 5.1 - 5.3). Тестування здійснювалося за методологією «чорної скриньки» (Blackbox).

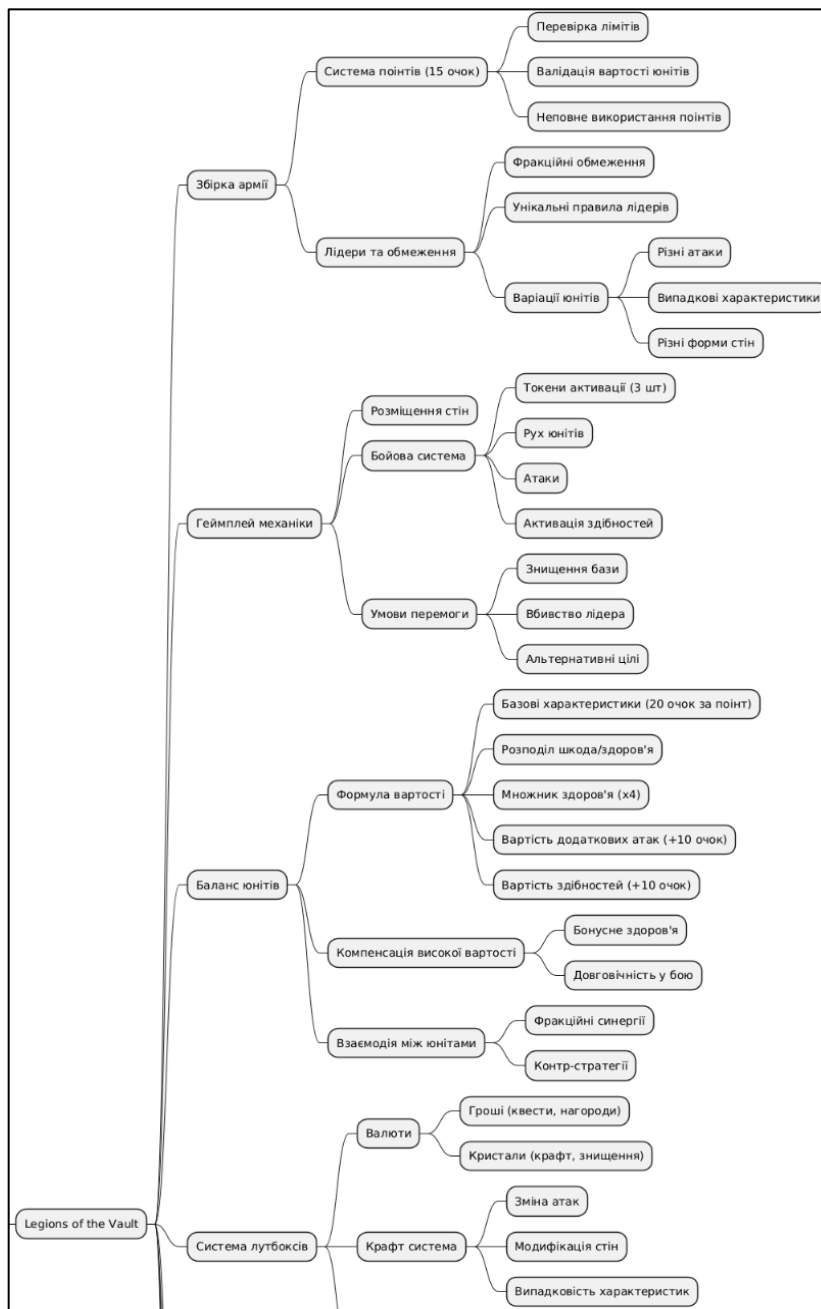


Рисунок 5.1 – Mind Map для гри «Legions Of The Vault» (частина 1)

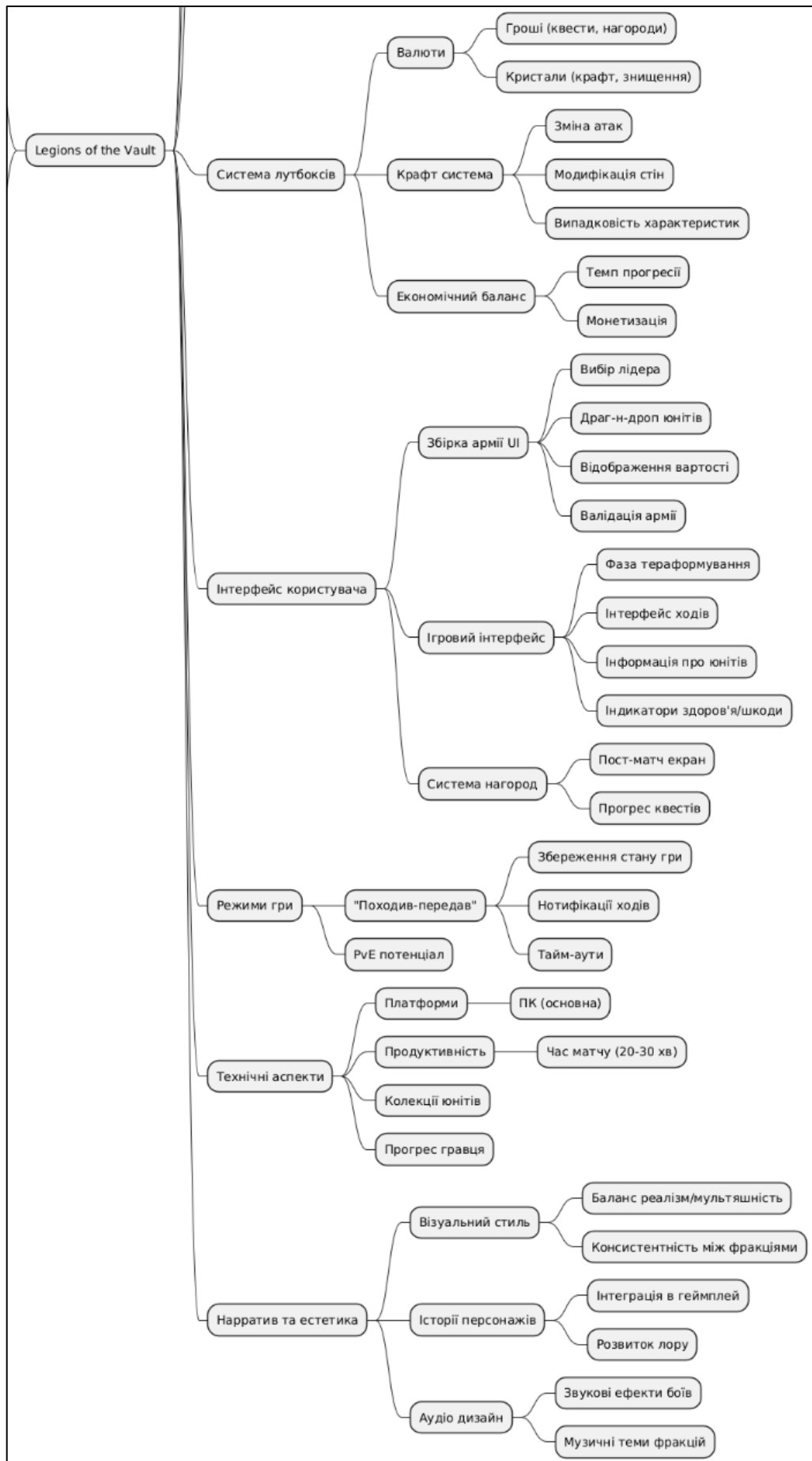


Рисунок 5.2 – Mind Map для гри «Legions Of The Vault» (частина 2)

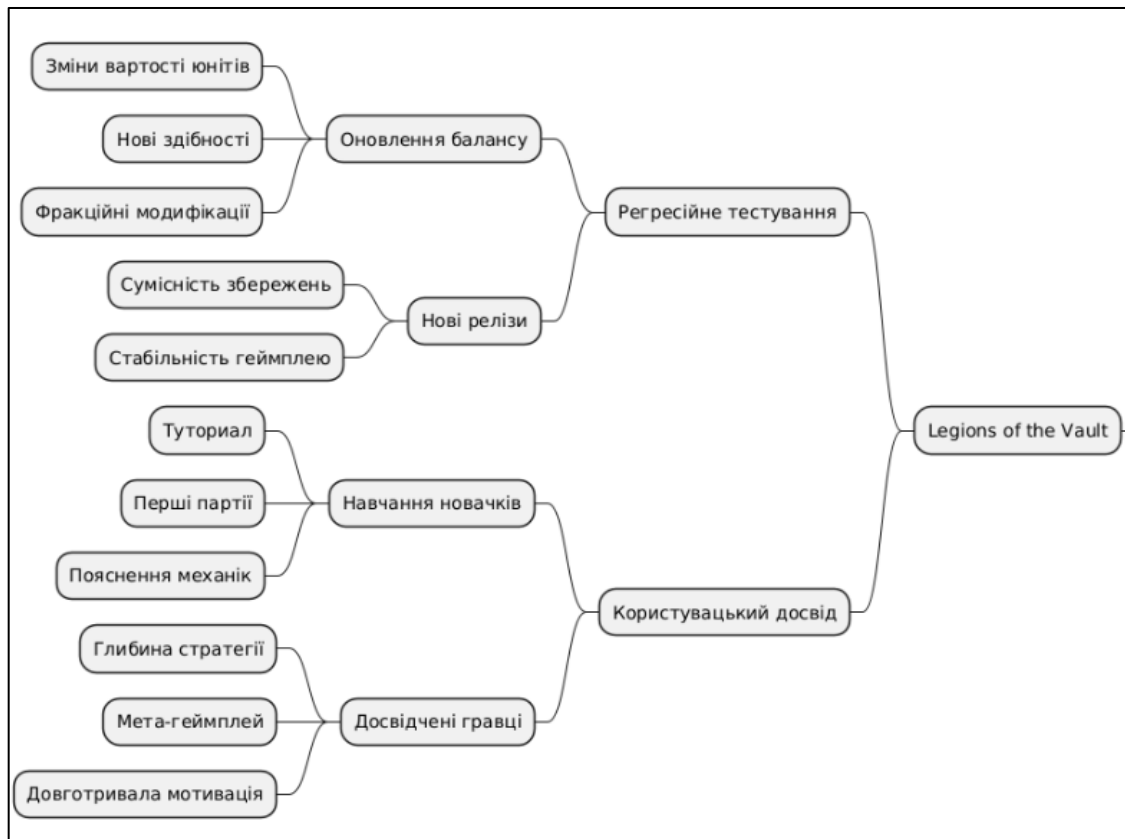


Рисунок 5.3 – Mind Map для гри «Legions Of The Vault» (частина 3)

Наведена карта дозволяє нам розділити тестування проекту на окремі частини:

- Збірка армії;
- Геймплей механіки;
- Баланс юнітів;
- Система лутбоксів;
- Інтерфейс користувача;
- Режими гри;
- Технічні аспекти;
- Нарратив та естетика;
- Регресійне тестування;
- Користувацький досвід.

В процесі розробки було проведено тестування збірки армії, геймплей механік та інтерфейсу користувача. Особлива увага приділялась перевірці системи

поінтів на 15 очок, валідації розміщення стін та функціонування токенів активації в бойовій системі.

5.2 Виявлені помилки

В процесі тестування було виявлено 12 помилок. Ці помилки було задокументовано у вигляді баг-репортів, що мають таку структуру:

- а) Назва помилки;
- б) Короткий опис проблеми, що явно вказує на причину і тип помилкової ситуації;
- в) Компонент гри, що тестується (збірка армії, бойова система, інтерфейс тощо);
- г) Серйозність:
 - 1) S1 Блокуючий - повністю перешкоджає грі;
 - 2) S2 Критичний - порушує основні механіки гри;
 - 3) S3 Значний - впливає на баланс або користувацький досвід;
 - 4) S4 Незначний - косметичні проблеми або мінорні недоліки;
 - 5) S5 Тривіальний - дрібні текстові або візуальні помилки.
- д) Пріоритет:
 - 1) P1 Високий - потребує негайного виправлення;
 - 2) P2 Середній - має бути виправлено до релізу;
 - 3) P3 Низький - може бути відкладено на майбутні оновлення.
- е) Кроки відтворення, якими можна легко відтворити ситуацію, що призвела до помилки;
- ж) Фактичний результат;
- з) Очікуваний результат;
- и) Прикріплений файл, який може допомогти прояснити причину помилки або вказати на спосіб вирішення проблеми.

Усі баг-репорти наведено у додатку В.

Тестування проводилося у процесі написання програмного коду з особливим

фокусом на унікальних механіках гри. Окрема увага приділялась перевірці формули вартості юнітів, де кожен поїнт дає 20 очок характеристик з множителем здоров'я $\times 4$, а також системі розміщення стін.

Усі баги з серйозністю «S2 Критична» та вище були виправлені, включаючи проблеми з валідацією армії на 15 поїнтів та некоректними розрахунками. Особливо важливими виявились тести взаємодії між обмеженнями лідерів та варіаціями юнітів з різними атаками.

6 ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1 Наукове впровадження проєкту

За тематикою дипломної роботи було підготовлено наукову статтю у вигляді тез для XXIX Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті», який відбувся 16-19 квітня 2025 року у Харкові. Матеріал опубліковано у збірнику заходу під назвою «Математичне моделювання економічної системи у free-to-play грі: балансування витрат і прогресу гравця» [11]. У публікації розглядається те, як грамотно склавши економічну модель гри можна змусити гравця все більше і більше вкладатись у геймплей та знову повертатись до гри. Повний текст можна розглянути у додатку В.

6.2 Практичне впровадження проєкту

Проєкт *Legions of the Vault* було представлено на виставці молодіжних проєктів у рамках форуму, присвяченого ігровій індустрії. Демонстрація проходила у секції «Інновації в геймдизайні», де команда презентувала гру як PvP-стратегію з елементами колекційної механіки. Основну увагу було приділено таким особливостям:

- Ігровий формат, що поєднує дуельне протистояння та варіативність армій;
- Математично вивірена система балансу з алгоритмами випадкової генерації;
- Вплив обраного лідера на склад та тактичні можливості підконтрольних юнітів.

Гру було відзначено за її оригінальний підхід до поєднання механік колекційної карткової гри та тактичної стратегії, що суттєво підвищує реіграбельність ігрового процесу.

6.3 Соціальне впровадження проєкту

Під час розробки команда активно працювала над інформаційним

супроводом проекту у соціальних мережах, щоб сформувати зацікавлену аудиторію ще до завершення розробки. Для цього було створено акаунти на таких платформах:

- Instagram
- TikTok
- YouTube
- Discord

Найвищу ефективність показав Instagram, що дозволило швидко зібрати початкову аудиторію завдяки активності нашої цільової групи на цій платформі. Пости зі скетчами, короткими анонсами та кадрами з гри викликали жвавий інтерес.

Також позитивні результати дали TikTok і YouTube, але я прийшов до висновку, що співвідношення витрачених сил на кількість отриманого позитиву зазвичай того не варте.

Натомість Discord виявився менш ефективними: наша аудиторія виявляла нижчу залученість на цих платформах, що зробило їх менш пріоритетними для комунікації.

У майбутньому основну маркетингову активність доцільно спрямовувати саме на Instagram, а також розглянути створення сторінки проекту на itch.io, щоб охопити ще більше гравців через профільні ігрові платформи.

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було проаналізовано жанрові особливості колекційних покрокових PvP-стратегій, а також ігри, які стали джерелом натхнення для Legions of the Vault — зокрема, Hearthstone, Warhammer Tacticus, Pokémon GO та інші. У результаті було виявлено ключові виклики, характерні для цього типу проєктів: надмірна випадковість при генерації, складність утримання балансу між юнітами, економічна непрозорість і висока залежність від донату в багатьох аналогах.

На основі цього було сформульовано вимоги до програмного застосунку Legions of the Vault. Основна увага була зосереджена на побудові системи процедурної генерації юнітів, яка поєднує елемент випадковості з жорсткими межами для збереження ігрового балансу. Кожен юніт має унікальну комбінацію характеристик (клас, здоров'я, атаки), що формуються на основі контрольованого набору правил, з урахуванням вартості й ролі в бою.

Було реалізовано економічну систему, що базується на відкритті юнітів через лутбокси з імовірнісним розподілом, механіці переробки непотрібних юнітів у валюту, можливості вдосконалення характеристик (здоров'я, атаки). При цьому збережено принцип балансу між платним і безкоштовним прогресом.

Також було закладено PvP-бойову структуру, де гравці керують арміями з юнітів у покроковому бою на клітинковому полі.

Були прийняті рішення по оптимізації ігрового поля та розширенню його варіативності

Розробку здійснено в середовищі Unreal Engine 5.3 з використанням Blueprint-візуального скриптування. Графіка реалізована за допомогою базових моделей, оскільки в межах роботи основний акцент було зроблено саме на ігрових системах.

У результаті було створено працездатний система, яка поєднує процедурну генерацію юнітів, збалансовану економіку та PvP-механіку, та різноманітні мапи,

що може слугувати фундаментом для подальшого розвитку повноцінного багатокористувацького проекту.

Я впевнений, що при залучені більшої команди професіоналів та розширенню функціоналу проекту більшою кількістю нестандартних рішень зі сторони геймдизайну проект може мати справді яскраве майбутнє. Теоретично подібний проект можна було б реалізувати і в настільному варіанті, але в електронному варіанті він має значно більше можливостей для реалізації цікавих ідей, та менші кошти розробки нових юнітів, за рахунок економії на матеріалах та поставках, відносно фізичного варіанту гри.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Офіційний сайт гри Warhammer 40,000: Tacticus [Електронний ресурс] URL: <https://tacticusgame.com/> (дата звернення: 04.05.2025).
2. Офіційний сайт гри Hearthstone [Електронний ресурс] URL: <https://hearthstone.blizzard.com/> (дата звернення: 04.05.2025).
3. Офіційний сайт гри Pokemon GO [Електронний ресурс] URL: <https://pokemongo.com/> (дата звернення: 04.05.2025).
4. Офіційний сайт гри Pokemon TCG Pocket [Електронний ресурс] URL: <https://tcgpocket.pokemon.com/en-us> (дата звернення: 04.05.2025).
5. Офіційний сайт гри RAID: Shadow Legends [Електронний ресурс] URL: <https://raidshadowlegends.com/> (дата звернення: 04.05.2025).
6. The Art of Game Design: A Book of Lenses. Jesse Schell, 2021.
7. Game Rant. Pokemon: Everything You Need To Know About IVs [Електронний ресурс] URL: <https://gamerant.com/pokemon-iv-guide-tips/> (дата звернення: 10.05.2025)
8. Straits Research. Collectible Card Games Market Size, Share & Growth [Електронний ресурс] URL: <https://straitsresearch.com/report/collectible-card-games-market> (дата звернення: 10.05.2025)
9. Wikipedia. Hotseat [Електронний ресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Hotseat> (дата звернення: 12.05.2025)
10. Wikipedia. Turn-based tactics [Електронний ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Turn-based_tactics (дата звернення: 12.05.2025)
11. XXIX Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Каталог виставки технічної творчості молоді. – Харків: ХНУРЕ. 2025. – 57 с.
12. GitHub. 3 файлами проєкту [Електронний ресурс] URL: <https://github.com/NureShaposhnikovLev/legions>