

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра репрографії

«На правах рукопису»
УДК 004.032.6

До захисту допущено:
В. о. завідувача кафедри
_____ Олександр ПАЛЮХ
«__» _____ 2022 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Технології друкованих і електронних видань»
зі спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія»
на тему: «Студія зі створення мультимедійних продуктів з дослідженням
впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор»

Виконав:

студент II курсу, групи МВ-11мп
Сушко Денис Ростиславович

Науковий керівник:

доцент кафедри репрографії, к.т.н., доцент
Золотухіна Катерина Ігорівна

Консультанти з:

проектної частини

доцент кафедри репрографії, к.т.н., доцент
Скиба Василь Миколайович

розроблення старт-ап проекту

доцент кафедри репрографії, к.т.н., доцент
Розум Тетяна Володимирівна

Рецензент:

доцент кафедри МАПВ, к.т.н., доцент
Шостачук Юрій Олександрович

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2022 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра репрографії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 186 «Видавництво та поліграфія»

Освітньо-професійна програма «Технології друкованих і електронних видань»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Олександр ПАЛЮХ

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Сушку Денису Ростиславовичу

1. Тема дисертації «Студія зі створення мультимедійних продуктів з дослідженням впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор», науковий керівник дисертації Золотухіна Катерина Ігорівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «07» листопада 2022р. №4072-с.

2. Термін подання студентом дисертації «14» грудня 2022 р.

3. Об'єкт дослідження: технологічний процес створення мультимедійних продуктів, дослідження їх продуктивності.

4. Вихідні дані. Вихідними даними до магістерської дисертації має бути огляд сучасного стану та перспектив розвитку технологій, обладнання, програмного та апаратного забезпечення для виготовлення мультимедійних продуктів; науково-технічна література та патенти за темою дисертації. Результатом дисертації повинно бути: за результатами досліджень запроєктований ефективний технологічний процес створення мультимедійних продуктів і сучасне підприємство з їх випуску як самостійних продуктів, що оснащене відповідним обладнанням та забезпечене апаратно-програмними ресурсами. Підприємство повинно забезпечити продуктивність, оперативність, високу якість випуску продукції, що відповідає встановленим вимогам.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити. Провести аналіз сучасної спеціалізованої літератури, нормативної документації, патентів, а також проаналізувати сучасний стан і перспективи розвитку технології, обладнання, програмного забезпечення, мов програмування для виготовлення мультимедійних продуктів. Визначити чинники, що впливають на їх якість. На підставі об'єкту та предмету дослідження обрати методи та засоби експериментальних випробувань, визначити тестові об'єкти для їх проведення. Провести дослідження впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор, застосовуючи різні режими та параметри створення мультимедійних об'єктів. Виконати аналіз зміни продуктивності залежно від застосованих технологічних режимів створення мультимедійного додатку та його компонентів. Розробити рекомендації щодо створення мультимедійних продуктів. На основі проведеного дослідження змодельовати найбільш ефективний технологічний процес. За проведеним моделюванням технологічного процесу запроєктувати сучасне

підприємство з випуску мультимедійних продуктів, що оснащене сучасним обладнанням, програмним та апаратним забезпеченням, а також відповідає нормам проектування виробничих приміщень з відповідним інженерно-технічним забезпеченням та ефективною інфраструктурою.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: класифікації обладнання, технологій, програмних засобів – 1–3 рисунки (обов'язково); графіки експериментальних досліджень – 1–5 рисунки (обов'язково); тестові об'єкти – 1–3 рисунки (обов'язково); причинно-наслідкова діаграма – 1 рисунок (обов'язково); моделювання технологічного процесу з використанням евристичних методів – 1 рисунок (обов'язково); технологічна схема виробничого процесу – 1–2 рисунки (обов'язково); структурна схема комп'ютеризованої видавничої системи – 1 рисунок (обов'язково); плани ділянок підприємства – 1–3 рисунки (обов'язково).

7. Орієнтовний перелік публікацій. Опублікувати одну статтю за темою магістерської дисертації у фаховому виданні.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3. Проектна частина	Скиба В. М., доцент кафедри репрографії		
4. Розроблення старт-ап проекту	Розум Т. В., доцент кафедри репрографії		

9. Дата видачі завдання 10 вересня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Вступ	до 15.09.2022 р.	
1	Теоретична частина	до 01.10.2022 р.	
2	Експериментальна частина	до 15.10.2022 р.	
3	Проектна частина	до 01.11.2022 р.	
4	Розроблення старт-ап проекту	до 15.11.2022 р.	
	Висновки та список використаних джерел	до 01.12.2022 р.	
	Оформлення магістерської дисертації і графічного матеріалу	до 10.12.2022 р.	
	Здавання дисертації на кафедру для рецензування	до 14.12.2022 р.	

Студент

Денис СУШКО

Науковий керівник

Катерина ЗОЛОТУХІНА

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Студія зі створення мультимедійних продуктів з дослідженням впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор» складається зі 129 сторінок, що містять в собі 4 розділи та 19 підрозділів. Загальна кількість ілюстрацій становить 79, таблиць – 70, 8 плакатів формату А1, кількість джерел згідно з переліком посилань – 39.

Актуальність теми. Мультимедійні продукти мають високий попит на ринку, вони стрімко розвиваються та розширюються, бо складаються майже з усіх видів інформації, які доступні людям. Одним із таких мультимедійних продуктів є відеоігри, що вимагають чітко спланованого, організованого, забезпеченого виробничими площами, інфраструктурою, ресурсами та матеріалами для технологічного процесу. Окрім того, ще має бути присутня прибутковість. Проектування подібних підприємств є нетривіальним завданням, що зберігає свою актуальність і в наш час. Саме тому у роботі також представлено стартап проєкт. Будь-яке підприємство має на меті побудувати технологічний процес, що давав би якомога якісніший кінцевий продукт, що виражається у багатьох аспектах. Якість ігрового процесу залежить як від потужностей пристроїв, на яких відтворюється мультимедійний продукт (гра), так від програмної досконалості. Сучасний процес розробки 3D-ігор усе ще вимагає використовувати ігрові рушії, а у якості 3D-контенту використовувати полігональні моделі з текстурами. Саме тому дослідження впливу цих базових характеристик на продуктивність ігор не втрачає актуальності донині, оскільки потужності апаратного забезпечення зростають і технології обробки 3D-моделей та їх оптимізації також.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: 0119U103565 – «Розроблення і дослідження технологій репродукування високолінійними системами.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення мультимедійних продуктів.

Предмет дослідження – режими та параметри створення мультимедійних продуктів.

Мета роботи – визначення параметрів та режимів, що впливають на створення мультимедійних продуктів, визначення впливу характеристик об'єктів на продуктивність мультимедійних ігор.

Методи дослідження – аналітичні методи проведення досліджень з візуально-графічним представленням, проблемно-пошукові, пояснювально-ілюстративні методи за тематикою дослідження, методи системного аналізу, а також дослідницькі методи. Оцінка отриманих результатів.

Результат. Досліджено вплив характеристик геометрії на час її опрацювання. У випадку текстурних карт було отримано таблицю залежностей навантаження на 200 Мб виділеної пам'яті від розміру текстурних карт.

Практичне значення одержаних результатів: розроблено перелік рекомендацій щодо менеджменту розміру текстур та кількості полігонів геометрії в 3D-сцені, а також перелік дій та інструментів, що дозволять підвищити продуктивність мультимедійного продукту.

Апробація результатів дисертації:

1. Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Друкарство молоде». Тези на тему «Оптимізація мультимедійних продуктів в рушії Unreal Engine». (Київ, 2022).

2. Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених». Подано тези на тему «Фактори, що впливають на продуктивність мультимедійних продуктів» (Харків, 2023).

3. Подано статтю «Вплив базових характеристик 3D-об'єктів на продуктивність мультимедійних продуктів» для опублікування в журналі «Технологія і техніка друкарства» (Київ, 2022).

Ключові слова: МУЛЬТИМЕДІЙНІ ПРОДУКТИ, ІГРИ, ОБ'ЄКТИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, 3D-СЦЕНИ, ПІДПРИЄМСТВО, ПРОЄКТУВАННЯ, СТАРТ-АП ПРОЄКТ.

ABSTRACT

The master's dissertation on the theme "Study on the creation of multimedia products with a study of the influence of object characteristics on game performance" consists of 129 pages, containing 4 chapters and 19 subsections. The total number of illustrations is 79, tables - 70, 8 posters in A1 format, the number of sources according to the list of references - 39.

Actuality of theme. Multimedia products are in high demand in the market, they are rapidly developing and expanding, because they consist of almost all types of information that are available to people. One of these multimedia products is video games, which require a well-planned, organized, production space, infrastructure, resources and materials technological process, which, in addition, also had profitability. Designing such enterprises is a non-trivial task that remains relevant even today. That is why the work also presents a start-up project. Any enterprise aims to build a technological process that would give the best possible end product, which is expressed in many aspects. The quality of the gameplay depends on both the capabilities of the devices on which the game is played and the software perfection. The modern process of developing 3D games still requires the use of game engines, and the use of polygonal models with textures as 3D content. And that is why study of the effect of these basic parameters on the performance of games does not lose its relevance to this day, because the hardware capabilities are growing and the technologies for processing 3D models and their optimization are also increasing.

Connection of work with scientific programs, plans, topics: 0119U103565 - "Development and research of reproduction technologies by highly linear systems.

Object of research - technological process of multimedia products manufacturing.

Subject of research - modes and parameters of multimedia products creation.

Purpose of work - to determine the parameters and modes that affect the creation of multimedia products, to determine the impact of object characteristics on the performance of multimedia games.

Research methods - analytical methods of research with visual and graphic representation - generalization, classification, systematization, problem-search, explanatory and illustrative methods on the subject of research, methods of system analysis, as well as research methods, including the development of test fragments with different modes and parameters. Visual and instrumental evaluation of the results obtained.

Result. The influence of geometry characteristics on the processing time is investigated. In the case of texture maps, a table of load dependencies on the size of the maps at 200 MB of allocated memory was obtained.

Practical significance of the results: a list of recommendations for managing the size of textures and the number of geometry polygons in a 3D scene, as well as a list of actions and tools that will improve the performance of a multimedia product.

Approbation of the results of the dissertation:

1. The International Conference of young scientists in the publishing and printing industry 'Drukarstvo molode'. "Optimization of multimedia products in the Unreal Engine" (Kyiv, 2022).

2. The International Conference of young scientists «Information technologies in modern world: the research of yang scientists». Theses were submitted on the topic "Factors affecting the productivity of multimedia products" (Kharkiv, 2023).

3. The article "Research influence of the basic parameters of 3D objects on the performance of multimedia products" Technology and Technique of Typography" (Kyiv, 2022).

Keywords: MULTIMEDIA PRODUCT; GAMES; PERFORMANCE; 3D-SCENES; ENTERPRISE; PROJECTING; START-UP PROJECT.

АНОТАЦІЯ

Сушко Д. Р. Студія зі створення мультимедійних продуктів з дослідженням впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор / Денис Сушко // Магістерська дисертація: рукопис. – 2022. – 129 с.

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра зі спеціальності 186 Видавництво та поліграфія – КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2022.

Магістерська дисертація присвячена проектуванню підприємства з виготовлення мультимедійних продуктів з дослідженням впливу характеристик об'єктів на продуктивність ігор.

Для вирішення поставленого завдання у роботі було виконано: аналіз науково-технічної літератури стосовно оптимізації і впливу характеристик 3D-контенту на мультимедійний продукт. Також проведено експериментальне дослідження залежності продуктивності сцени від кількості полігонів та розміру текстурних карт 3D-моделі. Запропоновано методику дослідження впливу параметрів об'єкту на 3D-сцену. Запроєктовано студію з виготовлення мультимедійних продуктів, яка включає в себе окремі технологічні рішення, що враховували висновки з отриманих результатів дослідження. Розроблено старт-ап проєкт, що відображав би характерні риси проєкту студії та лінійки мультимедійної продукції, яку вона виробляє.

Ключові слова: МУЛЬТИМЕДІЙНІ ПРОДУКТИ, ІГРИ, ОБ'ЄКТИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, 3D-СЦЕНИ, ПІДПРИЄМСТВО, ПРОЄКТУВАННЯ, СТАРТ-АП ПРОЄКТ.

SUMMARY

D. Sushko. Studio of creating multimedia with research influence of the basic parameters of 3D objects on the performance of multimedia products / Denis Sushko // Master's dissertation: manuscript. – 2022. – 129 p.

Master's dissertation for obtaining a master's degree in specialty 186 Publishing and printing - KPI named after Igor Sikorsky, Kyiv, 2022.

The master's dissertation is devoted to the design of an enterprise for the production of multimedia products with a study of the influence of object characteristics on game performance.

To solve this task, was performed the following: analysis of scientific and technical literature on optimization and influence of 3D content characteristics on multimedia product. Also, an experimental study of the dependence of scene performance on the number of polygons and the size of texture maps of the 3D model. A methodology for studying the influence of object parameters on a 3D scene is proposed. A studio for the production of multimedia products is proposed, which includes separate technological solutions that take into account the conclusions from the research results. A start-up project was developed that would reflect the characteristics of the studio project and the line of multimedia products it produces.

Keywords: MULTIMEDIA PRODUCT; GAMES; PERFORMANCE; 3D-SCENES; ENTERPRISE; PROJECTING; START-UP PROJECT.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАК ТА СКОРОЧЕНЬ	13
ВСТУП.....	14
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	17
1.1 Аналітичний огляд сучасного стану технологій створення мультимедійних продуктів.....	17
1.1.1 Аналіз технологій створення мультимедійних продуктів	17
1.1.1.1 Види та типи мультимедійних продуктів	17
1.1.1.2 Елементи та їх характеристики, що входять до складу мультимедійних продуктів	18
1.1.1.3 Огляд технологій створення мультимедійних продуктів	19
1.1.1.4 Апаратно-програмне забезпечення для створення мультимедійних продуктів	20
1.1.2 Методи та засоби контролю якості мультимедійних продуктів	21
1.2 Чинники, що впливають на якість мультимедійних продуктів	22
1.2.1 Аналіз чинників, що впливають на якість мультимедійного продукту	22
1.2.2 Порівняння факторів, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту.....	22
1.3 Предмет і регламент патентного пошуку за тематикою досліджень	24
1.4 Завдання дослідження	25
Висновки до першого розділу	26
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	27
2.1 Тенденції розвитку технологій створення мультимедійних продуктів	27
2.2 Об'єкт та предмет дослідження.....	31
2.3 Розроблення тестових фрагментів для проведення дослідження.....	31
2.4 Методика проведення експерименту та оцінювання результатів дослідження	36
2.5 Результати досліджень	38

2.6 Моделювання технологічного процесу з урахуванням результатів дослідження	47
Висновки до другого розділу	48
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	49
3.1 Проєктування інженерно-технічного забезпечення виробництва	49
3.1.1 Промислове завдання на розробку проєкту	49
3.1.2 Вибір технології та структури виробничих процесів	62
3.1.2.1 Вибір апаратно-програмного забезпечення, обладнання	66
3.1.2.2 Організаційна структура виробництва	74
3.1.2.3 Основні характеристики проєкту та його цілі	74
3.1.3 Розрахунок розгорнутого промислового завдання	75
3.1.4 Розрахунок обсягу виробництва, трудомісткості робіт, необхідної кількості устаткування та робочих місць, кількості працюючих	77
3.1.5 Виробничо-технологічні плани виробничих приміщень	81
3.2 Завдання на інженерно-технічне забезпечення виробництва	85
3.2.1 Проєктування конструкцій перекриття та шумоізоляції виробничих приміщень	85
3.2.2 Розроблення ескізних креслень і 3D-моделей генерального плану студії	86
3.2.3 Складання завдання на інженерно-технічне забезпечення виробництва	87
3.2.4 Завдання на комп'ютерне забезпечення виробництва	89
3.3 Техніко-економічні показники проєкту	91
3.4. Принципові рішення щодо розроблення технологічної системи	93
Висновки до третього розділу	94
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТ-АП ПРОЄКТУ	95
4.1 Опис ідеї старт-ап проєкту	95
4.2 Технологічний аудит ідеї проєкту	98
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску старт-ап проєкту	98
4.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту	103

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту.....	105
Висновки до четвертого розділу	107
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	109
ДОДАТОК А	115
ДОДАТОК Б	117
ДОДАТОК В	122

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАК ТА СКОРОЧЕНЬ

МД – магістерська дисертація

ЕК – екзаменаційна комісія

ЄСКД – єдина система конструкторської документації

КС – комп’ютеризована система

ЛОМ – локальна обчислювальна мережа

НЖМД – накопичувач на жорстких магнітних дисках

ОЗП – оперативна пам’ять

ОС – операційна система

ПК – персональний комп’ютер

РС – робоча станція

РЗ – роздільна здатність

СБ – системний блок

ВСТУП

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.

Розвиток інформаційних технологій спонукає до появи великої кількості мультимедійних продуктів. Електронні видання, різноманітний цифровий контент, мультимедійні додатки, мультимедійні ігри, поєднання цифрових продуктів різних форматів та жанрів – це далеко не повний перелік продуктів який є сьогодні. Окрему нішу займають мультимедійні продукти для організації дозвілля. 3D – гри, як різновид мультимедійних продуктів – найпопулярніший вид розваг в наш час. Нині вони стали прикладом найскладнішого мультимедійного продукту, комплексність яких складно переоцінити.

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Метою магістерської дисертації є визначення параметрів та режимів, що впливають на створення мультимедійних продуктів, визначення впливу характеристик об'єктів на продуктивність мультимедійних ігор.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз науково-технічної літератури щодо методів і засобів оптимізації, технічних рішень для збільшення продуктивності 3D-сцен, а також дослідження у напрямі навантаження 3D- об'єктів на мультимедійні ігри залежно від їх характеристик.

- проаналізувати нормативну документацію, виконати патентний пошук за напрямом дослідження, вивчити наявні технологічні інструкції щодо особливостей створення, оптимізації, а також засобів і методів контролю якості такого мультимедійного продукту, як 3D- гра.

- встановити режими та параметри з якими можуть створюватися відеоігри загалом з детальним розглядом специфіки 3D-ігор, що відображатиметься у експериментальному дослідженні впливу характеристик об'єктів на продуктивність.

- розробити стартап-проект студії зі створення мультимедійних продуктів.

- узагальнити результати у вигляді технологічної інструкції чи рекомендацій щодо підвищення продуктивності 3D-сцен.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – технологічний процес створення мультимедійних продуктів.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – режими та параметри створення мультимедійних продуктів.

ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ: 0119U103565 – «Розроблення і дослідження технологій репродукування високолінійними системами.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: аналітичні методи проведення досліджень з візуально-графічним представленням, проблемно-пошукові, пояснювально-ілюстративні методи за тематикою дослідження, емпіричний метод з експериментом, метод експертного оцінювання, класифікація, евристичний метод, патентний пошук, методологія «Чорна скринька», методи системного аналізу, а також дослідницькі методи. Оцінка отриманих результатів.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ: досліджено вплив характеристик геометрії на час її опрацювання. У випадку текстурних карт було отримано таблицю залежностей навантаження від розміру карт при 200 Мб виділеної пам'яті. На основі виконаного дослідження було отримано залежності впливу параметрів об'єктів на продуктивність мультимедійного проєкту.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ: виконане дослідження дозволяє зрозуміти, які технологічні операції потребують більшої уваги при проєктуванні технологічного процесу створення 3D-ігор. Розроблено перелік рекомендацій щодо менеджменту розміру текстур та кількості полігонів геометрії в 3D-сцені, а також перелік дій та інструментів, що дозволять підвищити продуктивність мультимедійного продукту.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ:

1. Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Друкарство молоде». Тези на тему «Оптимізація мультимедійних продуктів в рушії Unreal Engine». (Київ, 2022).

2. Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених». Подано тези на тему «Фактори, що впливають на продуктивність мультимедійних продуктів» (Харків, 2023).

3. Подано статтю «Вплив базових характеристик 3D-об'єктів на продуктивність мультимедійних продуктів» для опублікування в журналі «Технологія і техніка друкарства» (Київ, 2022).

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналітичний огляд сучасного стану технологій створення мультимедійних продуктів

1.1.1 Аналіз технологій створення мультимедійних продуктів

1.1.1.1 Види та типи мультимедійних продуктів

Прийнято вважати, що відеоігровій індустрії умовно близько 30-ти років. За цей час чітко прослідковувався взаємозв'язок розвитку технологій з точки зору апаратного та програмного забезпечення. Проте базиси розробки ігор кардинально не змінювались – в іграх завжди має бути рушій, як основа, на якій і відтворюються всі моделі, анімації, скрипти. Саме рушій створює простір, в якому відбувається ігровий процес. Отже основу будь-якого сучасного процесу створення такого мультимедійного продукту, як гра, складає ігровий рушій. Саме він є тією платформою, на якій поєднуються текстова, графічна, аудіо-, відеоінформація, 3D-моделі, анімації, а також різні програмні компоненти, що вибудовують базиси ігрового процесу гри та узгоджують їх.

Як відомо, відеоігри характеризуються тим, що процес супроводжується постійними змінами кадрів, що розраховуються відповідно до об'єктів, світла, анімації, програмної логіки і власне дій гравця. Кожен кадр рендериться та, в середньому у 30-ти кадрах в секунду, як у відео, представляється гравцеві. Саме в цей момент з'являється фактор продуктивності сцен, рівнів та ігор загалом. Продуктивність залежить як від апаратного, так і від програмного забезпечення. Програмна продуктивність може полягати у швидкодії програмного коду, його оптимізованості. Також вона може залежати від 3D - об'єктів, їх характеристик, а також характеру компонування, розташування, організації їх в середині рівнів. Найбазовіші характерні риси об'єктів, подібно до рушія, теж залишились – геометрія та текстурні карти. Ці базові первинні фактори справедливі для всіх сучасних 3D – ігор. В їх дослідженні і полягає дана робота.

На основі аналізу літератури [1] було розроблено класифікацію мультимедійних продуктів (рис. 1.1). Основні класифікаційні ознаки, які можна

виділити для мультимедійних продуктів – це: жанри, види графіки, технології, категорії, кількість учасників, тощо.

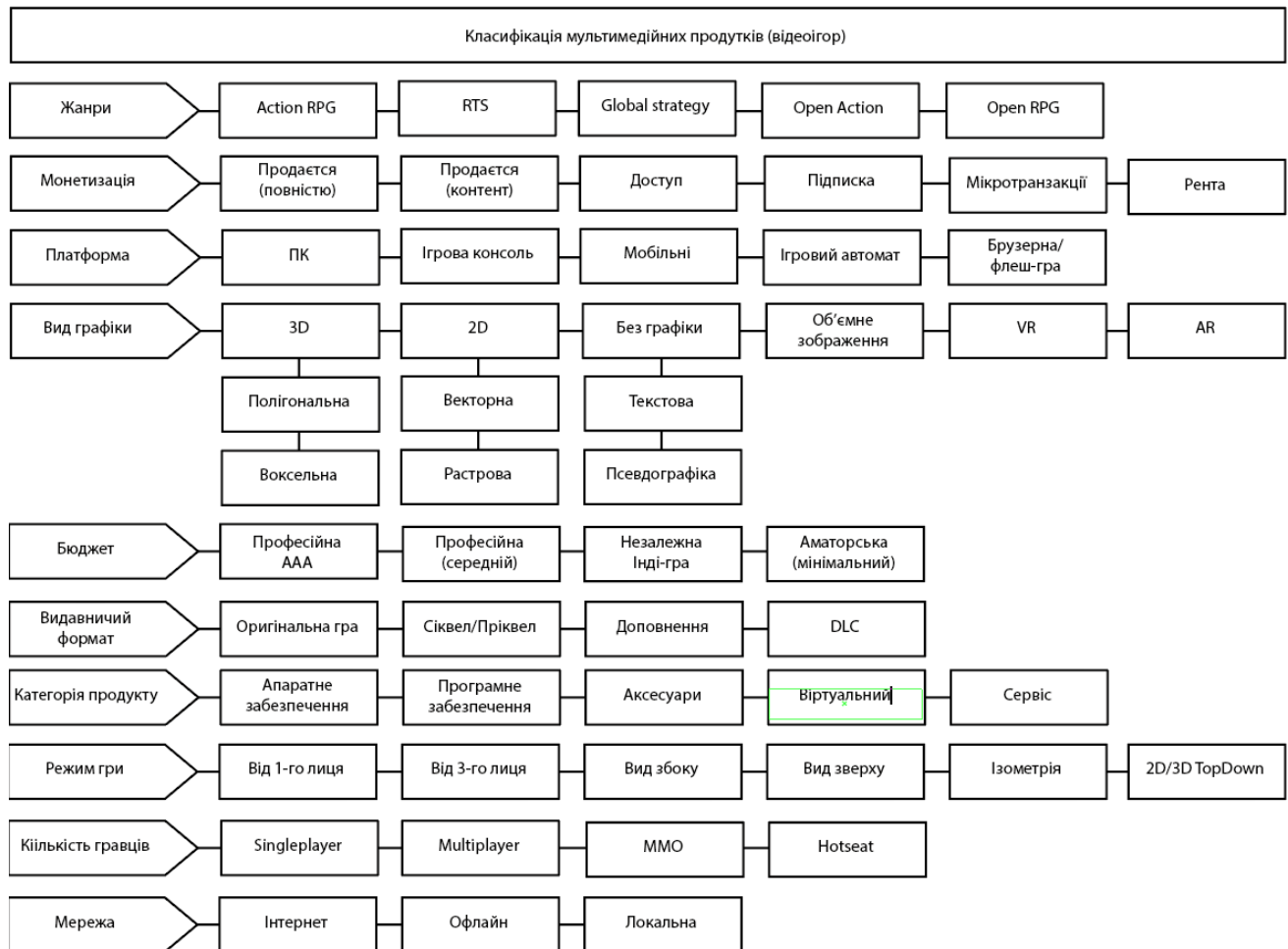


Рисунок 1.1 – Класифікація мультимедійних продуктів

1.1.1.2 Елементи та їх характеристики, що входять до складу мультимедійних продуктів

Такими елементами є практично вся мультимедійна інформація у поєднанні з інтерактивною складовою, що складає основу сутності такого мультимедійного продукту, як відеогра. Текстова інформація є постійним елементом, що характеризуються кеглем, гарнітурою та загальним компонуванням разом з іншими елементами. Також одними із основних елементів, що входять до складу мультимедійного продукту, є аудіо-, відеоінформація, яка характерна тривалістю, вагою, форматом, частотою кадрів. В деяких іграх наявні ще і 3D-моделі, які характеризуються деталізацією, яка

залежить від кількості полігонів, текстур, матеріалів та способів постобробки. Графічні матеріали елемент, що володіє параметрами розміру, ваги, способів тиснення, кількістю каналів і т.д. Останнім з елементів є анімація, що залежно від її виду, характеризується тривалістю, ключовими кадрами, системою кісток, у випадку 3D-анімації, та характеристиками окремих кадрів відповідно. Сукупність усіх цих видів інформації, а також інтерактивність, що виражається у ігрових механіках, ієрархічної структури меню, збереженні прогресу і т.д.

1.1.1.3 Огляд технологій створення мультимедійних продуктів

Технологічний процес складається з формування ідеї, створенні прототипу, зрізу ігрового процесу, а також поступового створення самої гри, що може тривати роки. У створенні гри необхідно оперувати великим об'ємом різноманітної мультимедійної інформації, що має бути узгоджена ще і з сюжетною складовою продукту. Через високу комплексність і складність процесу, необхідні окрім спеціалістів зі створення окремих аспектів гри, так і інженерно-технічних працівників, лідерів команд та продюсерів проєкту. Продюсер, у контексті відеоігрової індустрії, це також й арт-директор, дизайнер світу, тобто той, хто керує творчим процесом і поєднує різні елементи у єдине ціле, витримуючи певну лінію ідеї. Одним із фінальним етапів, як правило, є тестування закрите або відкрите.

Створити подібний мультимедійний продукт можна як у окремому рушії, так і на базі веб-рушія. Флеш-ігри вже не є актуальними, проте їх можна застосовувати в рекламній кампанії.

Існує велика кількість підходів до процесу створення відеоігор. Вони можуть бути створені на замовлення, і тоді технологічний режим буде вміщати в собі поетапне створення мультимедійного продукту, або ж у вигляді постійної підтримки контентом, що виражатиметься у чіткому алгоритмі дій, що дозволяє конвеєрним способом створювати доповнення до гри. У цьому процесі може бути залучена величезна кількість працівників, що на різних рівнях інтегровані у технологічний процес. На рівні підприємств можуть бути застосовані різні

способи взаємодії підрозділів, окремих спеціалістів або навіть дочірніх студій, що можуть брати частину роботи на аутсорс. Загалом практично усі аспекти, притаманні для ІТ індустрії, мають своє відображення у процесі створення мультимедійного продукту. Менеджмент, робота з аудиторією, зворотній зв'язок, тестування, локалізація і навіть цензурування – це далеко не єдині процеси, що враховуються при обранні того чи іншого технологічного режиму, що часто має індивідуальні особливості для окремої студії.

1.1.1.4 Апаратно-програмне забезпечення для створення мультимедійних продуктів

Серед обладнання завжди фігурують персональні комп'ютери, що є типовою складовою робочої станції для створення подібного мультимедійного продукту. Разом з тим, обладнанням зі сторони споживача виступає не лише ПК або Mac, але й ігрової консолі, портативні консолі, мобільні пристрої, планшети, а також велика кількість допоміжного обладнання, наприклад, для AR/VR ігор.

Основні платформи для відтворення ігор мають у собі процесор, SSD та відеокарту – саме ці складові відповідають за продуктивність гри і якість ігрового процесу. Також на ігровий процес впливає роздільна здатність монітора, глибина кольору, діагональ, форм-фактор. Окрім того, різні периферійні пристрої такі, як миші, клавіатури, джойстики і т.д. На прикладі джойстика від компанії SONY, можна прослідкувати як поєднуються ігровий процес та вібрації або супротив клавіш самого пристрою.

У випадку багато користувацьких ігор використовуються різні мережеві пристрої та сервери.

Матеріалом виступають як при розробці продукту, так і при використанні компоненти пристрою на якому відтворюється мультимедійний продукт. Нині у процесі гри за різних причин може, наприклад, згоріти відеокарта. Звичайно у контексті витрат велике значення має й електроенергія та інтернет, що також за різних ситуацій можуть бути відсутні і не дадуть користувачу використовувати продукт.

Фундаментальне значення для гри має архітектура відеокарти та 3D API, що зазвичай DirectX та OpenGL.

При створенні подібного мультимедійного продукту застосовуються безліч окремих програмних продуктів, пакетів програм, плагінів і т.д. Вони використовуються практично на кожному етапі або при створенні кожного виду мультимедійної інформації. Варто зазначити, що витрати на програмні продукти є окремою статтею витрат студій, бо вони застосовуються не лише як інструменти розробки, але й зв'язку, планування та обліку. На прикладі створення 3D-контенту можна прослідкувати наступну особливість – такі програмні продукти як Maya, 3D Max, Blender, Goudini і т.д. мають у собі величезний інструментарій для покриття практично усіх потреб при створенні ігор. Проте усе одно часто виокремлюють процеси створення і заповнення текстур, скульптингу й анімування. Дуже часто використовують більш спеціалізовані програми для створення окремих компонентів. Подібна ситуація прослідковується і в інших технологічних операціях по створенні тої чи іншої мультимедійної інформації, що може призвести до появи величезного і неосяжного списку необхідних програмних продуктів.

1.1.2 Методи та засоби контролю якості мультимедійних продуктів

Для контролю якості відеоігор застосовуються різні інструменти всередині рушія, що дозволяють спостерігати навантаження окремого аспекту сцени на процесор, відеокарту та жорсткий диск. Найголовнішим показником якості є продуктивність гри, що виражається у витратах часу на виконання тої чи іншої операції, які у свою чергу конвертуються у певну кількість кадрів у секунду. Нормою вважається мінімум 30 кадрів у секунду, проте бажаним стандартом все ж є 60 кадрів у секунду. Рушій Unreal Engine, наприклад, дозволяє відслідковувати усі статистичні дані процесів, що навантажують сцену, а також дозволяє отримувати графі змін з плином часу. Окрім того, у ньому є режими перегляду сцен. Завдяки одному з них можна візуально спостерігати навантаження текстур, що для розробника виглядає як зафарбовування об'єктів

певним кольором, що дозволяє побачити наскільки раціонально використовуються розміри текстур відносно положення та розміру екрану.

Разом з тим, існують зовнішні способи тестування продуктів. Наприклад, використання автоматизованих програмних рішень, що відслідковують оптимізованість не лише візуальної частини, але й програмного коду. Також можна використовувати тестувальників та фокус-групу, що на фінальних стадіях розробки дозволить оцінити продукт загалом.

1.2 Чинники, що впливають на якість мультимедійних продуктів

1.2.1 Аналіз чинників, що впливають на якість мультимедійного продукту

Для аналізу чинників, що можуть вплинути на якість мультимедійних продуктів, було створено причинно-наслідкову діаграму, що досліджує аспекти: ігровий процес, персонал, контроль якості, контент, технологія, обладнання.

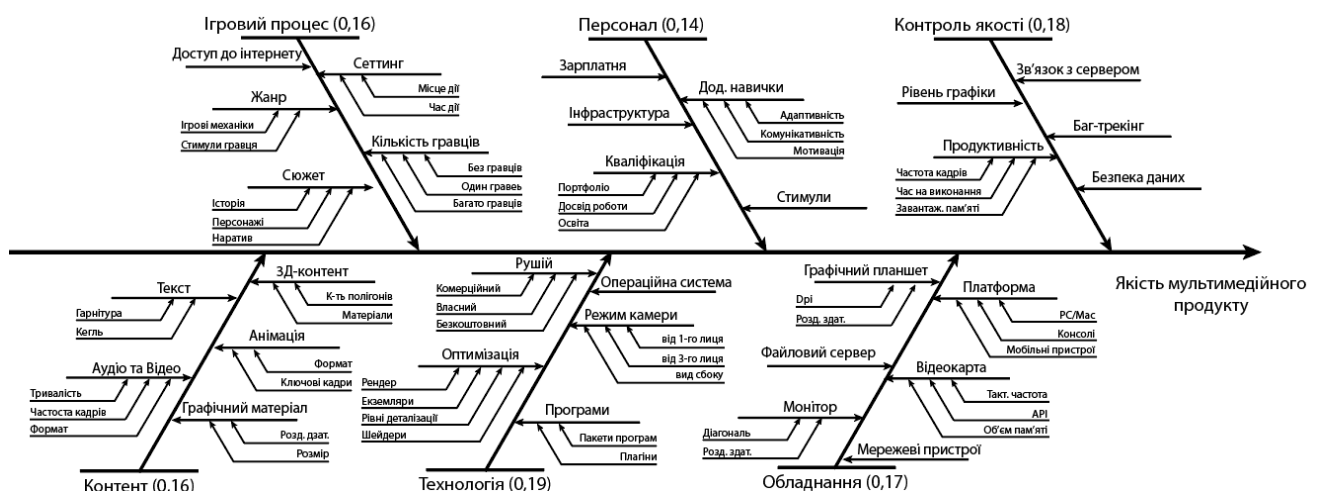


Рисунок 1.2 – Причинно-наслідкова діаграма

1.2.2 Порівняння факторів, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту

Стабільність можуть зумовлювати:

1. Технологія (Т);
2. Контроль якості (Я);
3. Персонал (П);
4. Ігровий процес (І);

5. Контент (К);

6. Обладнання (О).

Для визначення найбільш вагомого фактору, що впливає на стабільність роботи мультимедійного продукту було отримано та проаналізовано 5 експертних оцінок. Отримані дані скомпоновані в таблиці 1.1. Окрім того, на їх базі створено діаграму Парето (рисунок 1.3).

Таблиця 1.1 – Матриця експертних оцінок факторів, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту

Xi	Xi						Σa_j	Вага параметру
	(Т)	(Я)	(П)	(К)	(О)	(І)		
(Т)	5	7	5,5	6,5	4	6	34	0,19
(Я)	3	5	7	7,5	4,5	6	33	0,18
(П)	4,5	4	5	4	3,5	4,5	25,5	0,14
(К)	3,5	2,5	6	5	6,5	5,5	29	0,16
(О)	6	5,5	6,5	3,5	5	3,5	30	0,17
(І)	4	4	5,5	4,5	6,5	5	29,5	0,16
Σa_j							183	1

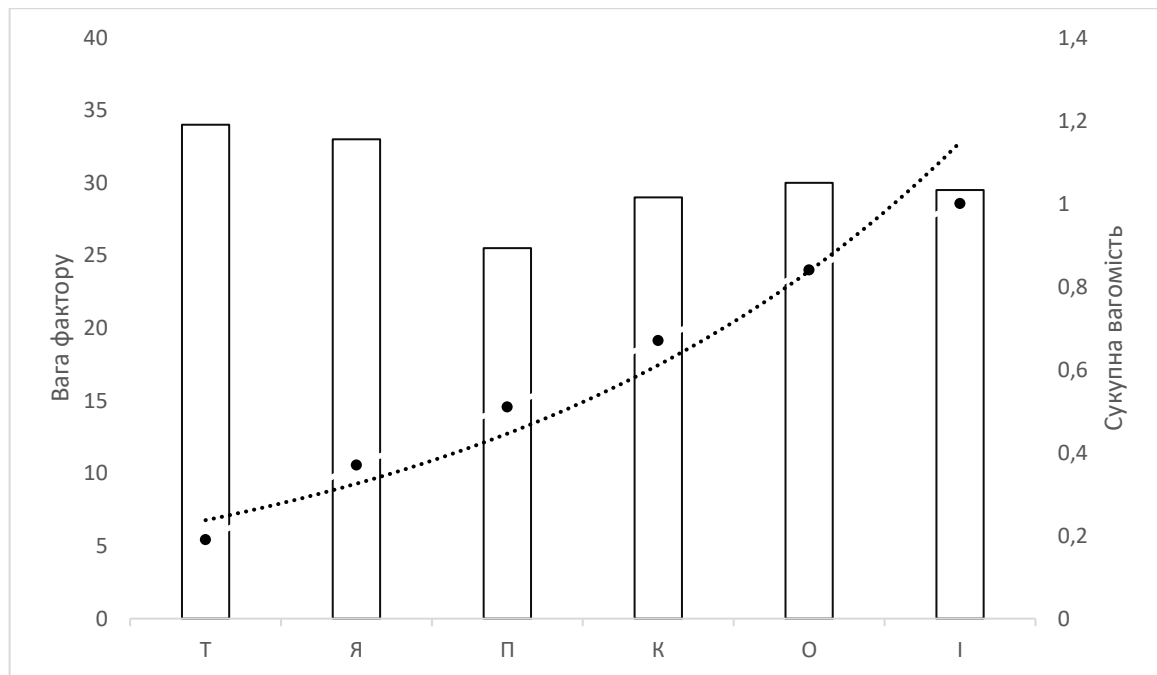


Рисунок 1.3 – Діаграма Парето для оцінки факторів, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту:

О – оптимізованість; П – потужність; М – мережа; С – структура; Р – рівень графіки.

З діаграми Парето, можна зробити висновок, що найбільш вагомим фактором є оптимізованість, а після нього потужність та рівень графіки. У свою чергу, найменш вагомими є структура та мережа.

1.3 Предмет і регламент патентного пошуку за тематикою досліджень

За результатами сформованої мети дослідження запропоновано регламент патентного пошуку, наведений в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Регламент патентного пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси:	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1. Продуктивність ігрового рушія 2. Оптимізація ігрового рушія 3. Характеристики 3D-об'єктів	Дослідження тенденцій патентування на тему продуктивності ігор	США, Китай, Німеччина, Японія, Великобританія, Канада, Франція	G06T15/00; G06T15/50; G06F11/30; A63F13/60; G06F9/50; A63F13/35; A63F13/44; A63F13/45;	2012-2021	Інтернет ресурс: Espacenet

В результаті проведеного патентного пошуку було знайдено 300 патентів. Аналіз найсуттєвіших з них здійснено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Патенти, відібрані в результаті пошуку

Країна, вид і номер охоронного документу, класифікаційний номер МКВ.	Заявник з вказівкою країни, номеру заявки, дати пріоритету, конвенційний пріоритет, дата публікації	Суть поданого технічного рішення і мета його здійснення за змістом опису винаходу
1	2	3
Корея: G06T15/00; G06T15/50; KR101526487B1; KR20150013975A.	Хюн, Хо-Джин; Сеонга Джин; Теен Чой; Сонхі Лі; Сунгхюн Мун. 2015-06-10	Спеціалізоване апаратно-програмне забезпечення для процесу рендерингу 3D-об'єктів [2].

Кінець таблиці 1.3

1	2	3
Китай: G06F11/30; CN111240930A	Яо Цзешен; Лю Мейчжі; Чжоу Чен; Хан Фей; Лю Дінсан. 2020-06-05	Метод і система для відслідковування та аналіз стану продуктивності рушія [3].
Китай: G06F11/30; G06F9/50; CN110389835A	Гао Чжіцян; Янь Мін; Ло Чжанлун; Хуан Бін; 2019-10-29	Моніторинг продуктивності гри у тому числі й за рахунок температури [4].
Китай: A63F13/60; G06F9/50; CN112121439A	Лін Руйці 2020-12-25	Оптимізація хмарного ігрового рушія [5].
Японія: A63F13/70; G06F9/50; JP2022516319A	Салаф, Суман; Пракаш, Раві. 2022-02-25	Метод і система для оптимізації використання ресурсів комп'ютерної системи [6].
Країна, вид і номер охоронного документу, класифікаційний номер МКВ.	Заявник з вказівкою країни, номеру заявки, дати пріоритету, конвекційний пріоритет, дата публікації	Суть поданого технічного рішення і мета його здійснення за змістом опису винаходу
Японія: A63F13/216; A63F13/358; G06F9/50; JP2022525880A	джофф нортон 2022-05-20	Метод і система для надання ресурсів для гри, що виконується хмарною ігровою системою [7].
Японія: A63F13/35; A63F13/44; A63F13/45; A63F13/814; A63F13/847; JP2021118839A; JP2021119976A; JP6802588B1	Нішіно Юто; Сакануе Ріна; Коно Масанори. 2021-08-12	Забезпечити ігрову систему, здатну підвищувати ефективність гри шляхом ефективного використання ігрової машини. [8].

1.4 Завдання дослідження

Створення мультимедійних ігор – це багатофакторний складний процес, як і процес їх відтворення на пристроях користувачів. Відомості щодо підбору режимів, параметрів при створенні типових мультимедійних ігор, вимоги щодо візуалізації, побудови тривимірних моделей, їх текстурування, компонування, розташування, тощо, методів і засобів тестування елементів дозволять їх уніфікувати та зробити більш зручними для гравців. Саме тому варто визначити параметри та режими, що впливають на створення мультимедійних ігор та дослідити вплив характеристик об'єктів на продуктивність мультимедійних ігор.

Для досягнення поставленої мети визначено такі основні задачі:

- здійснити аналіз літератури щодо різновидів мультимедійних ігор та технологій їх створення, залежно від застосованих апаратно-програмних засобів, особливостей підготовки 3D-моделей, формування сцен, методів тестування готових ігор тощо;

- проаналізувати знайдені патенти за тематикою дослідження, наявні технологічні відомості щодо особливостей створення мультимедійних ігор, їх наповнення об'єктами; розробити типові тестові зразки для проведення експерименту;

- визначити показники з якими можуть створюватися обрані для тестування типи мультимедійних ігор, встановити залежності часу обрахунку від рівнів деталізації, навантаження на пам'ять РС залежно від застосованих текстур тощо;

- за результатами розробити технологічні рекомендації.

При вирішенні поставлених задач застосувати аналітичні методи проведення досліджень з візуально-графічним представленням – узагальнення, класифікації, систематизації, проблемно-пошукові, пояснювально-ілюстративні методи за тематикою дослідження, методи системного аналізу, а також дослідницькі методи, в тому числі розроблення тестових фрагментів з різними режимами та параметрами. Здійснити візуальну та інструментальну оцінку отриманих результатів.

Висновки до першого розділу

1. Проаналізовано різновиди мультимедійних продуктів, зокрема ігор, виділено їх основні класифікаційні ознаки. Визначено набір апаратно-програмних засобів та технологій для створення мультимедійних ігор.

2. Визначено чинники, що впливають на якість мультимедійних ігор та фактори, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту.

3. Визначено на основі аналізу літературних джерел предмет патентного пошуку та регламент його проведення. Сформовано гіпотезу проведення експериментального дослідження.

РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Тенденції розвитку технологій створення мультимедійних продуктів

На сьогодні є достатньо багато опублікованого матеріалу, що так чи інакше торкається теми продуктивності та оптимізації ігор, мультимедійних продуктів. В першу чергу матеріал розглядається в контексті 3D-відеоігор. Так, наприклад, проводяться загальні дослідження кореляції продуктивності між рушіями [9], в яких відбувається дослідження впливу 3D-контенту з трьома рівнями якості за умови різних розмірів екрану. Також проводились подібні дослідження, але вже стосовно різних ігор та впливу на CPU в контексті вибірки моделей пристроїв та операційних систем [10]. Проте ці дослідження об'єднують не дуже великий прикладний аспект результатів.

Варто зазначити, що також відбувались і більш деталізовані дослідження саме апаратної складової, як наприклад в джерелі [11], де порівнювались GPU та CPU з точки зору навантаження на них різними відеоіграми, результати чого виражались у конкретних значеннях кадрів/с.

Продовжуючи тему GPU, є дуже цікаве дослідження внутрішньої архітектури відеокарти з метою поліпшити продуктивність ігор зі сторони програмного та апаратного забезпечення [12]. Разом з тим, воно є доволі вузько спеціалізованим, хоча і ґрунтовним.

Також існують аналітичні дослідження саме рушіїв, які торкаються теми класифікації у тому числі й за їхніми особливостями і оптимізованістю при вирішенні спеціалізованих завдань [13].

При аналізі попередніх досліджень стало зрозуміло, що досліджень, результати яких давали б практичну користь, небагато. Окрім того, більшість з них не стосуються дослідження характеристик об'єктів, що зумовлюють фактор навантаження при дослідіах. Як правило, цей аспект дослідження узагальнюється та подається умовним поділом на 2-3 рівні деталізації. Також проблемою є невиокремлені результати досліджень, тобто такі, в яких складно зрозуміти

вплив окремих параметрів на продуктивність. Самі ці аспекти у першу чергу будуть враховані при проведенні даного дослідження.

Проаналізовано патенти, тенденції яких зображені на рисунках 2.1-2.6.

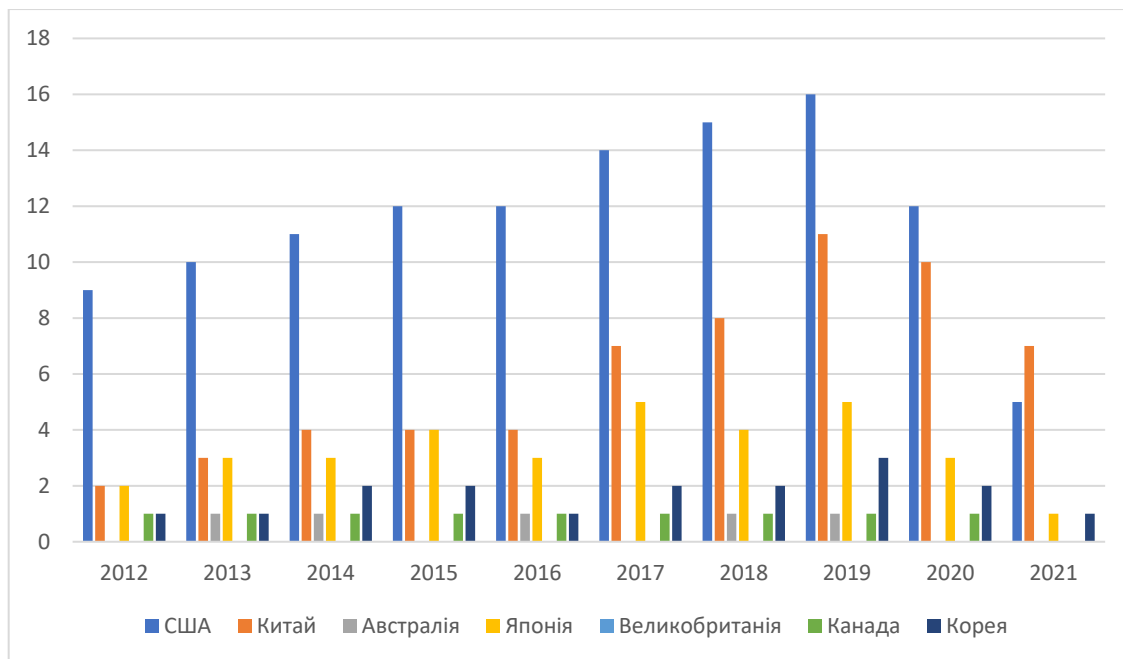


Рисунок 2.1 – Результати дослідження патентів за словами “Продуктивність ігрового рушія”

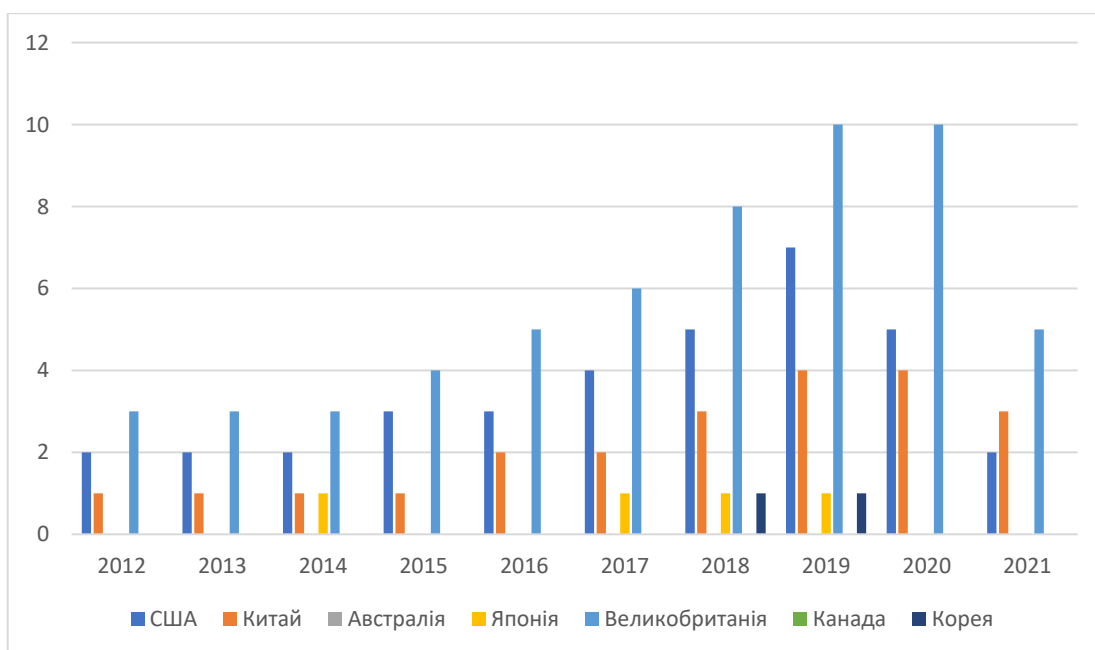


Рисунок 2.2 – Результати дослідження патентів за словами “Оптимізація ігрового рушія”

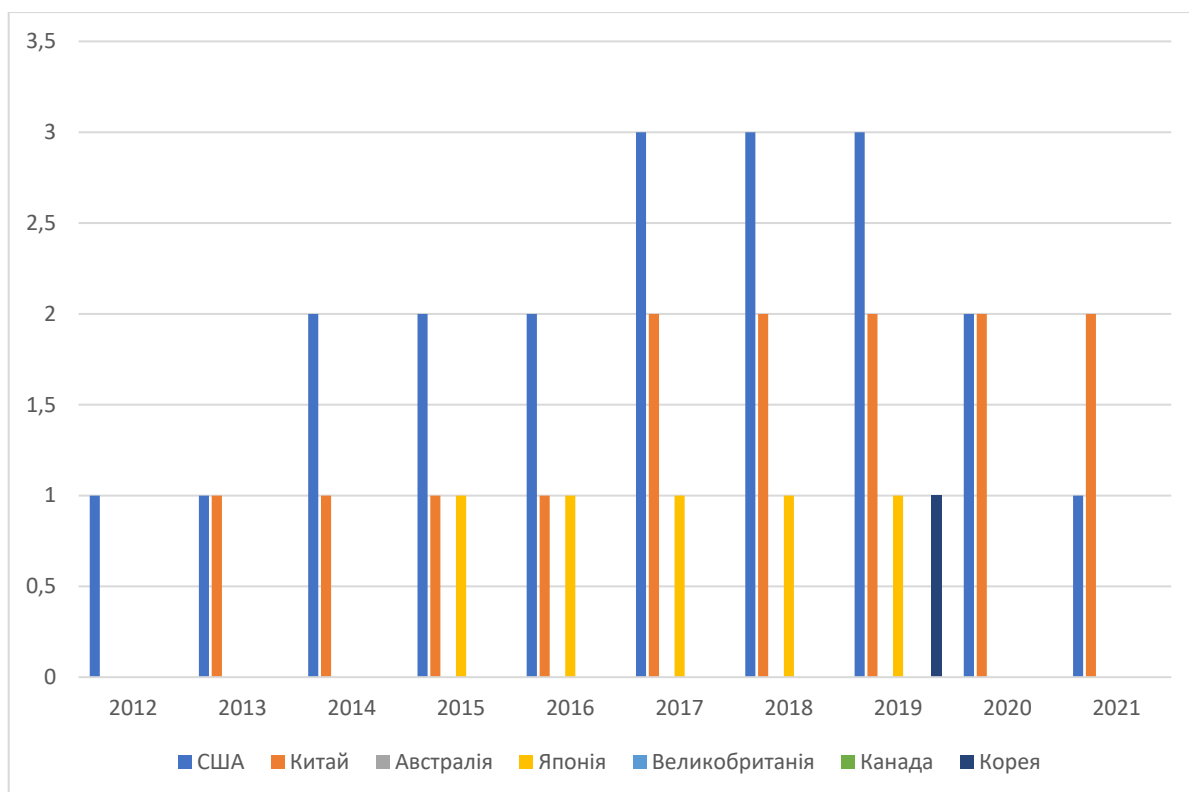


Рисунок 2.3 – Результати дослідження патентів за словами “Характеристики 3D-об’єктів”

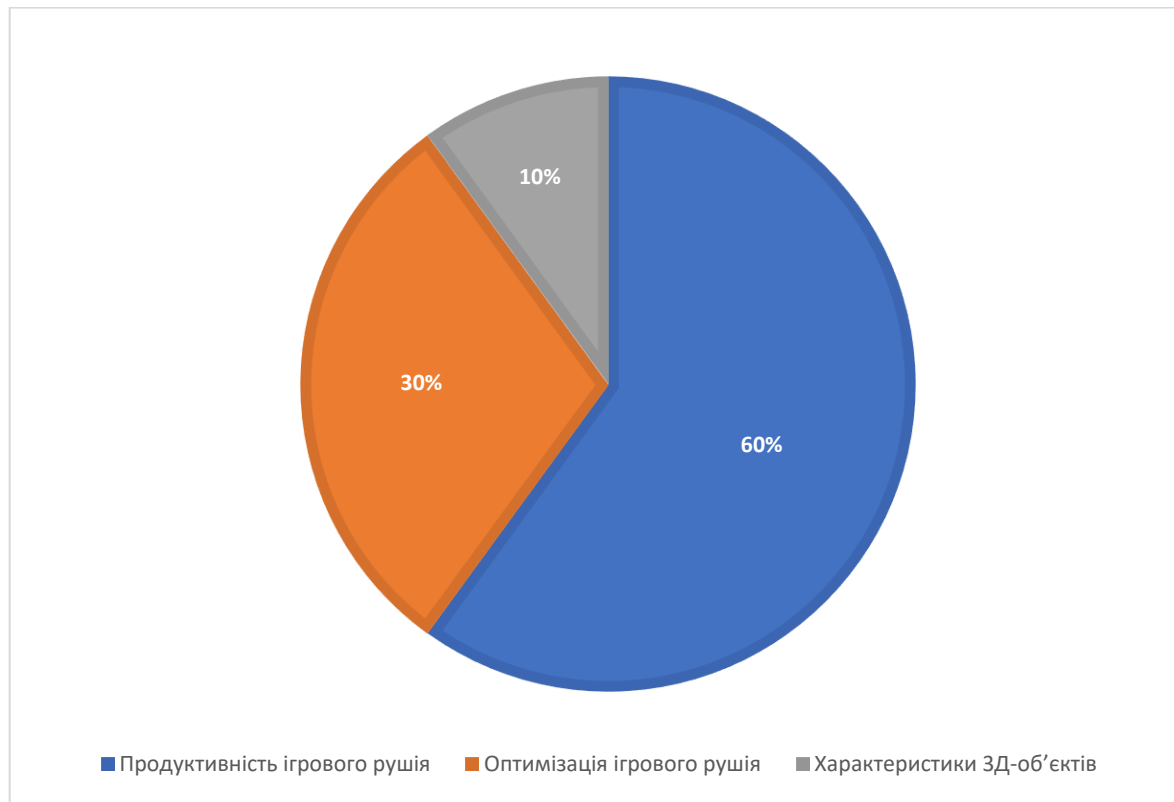


Рисунок 2.4 – Результати дослідження патентів за тематикою патентування

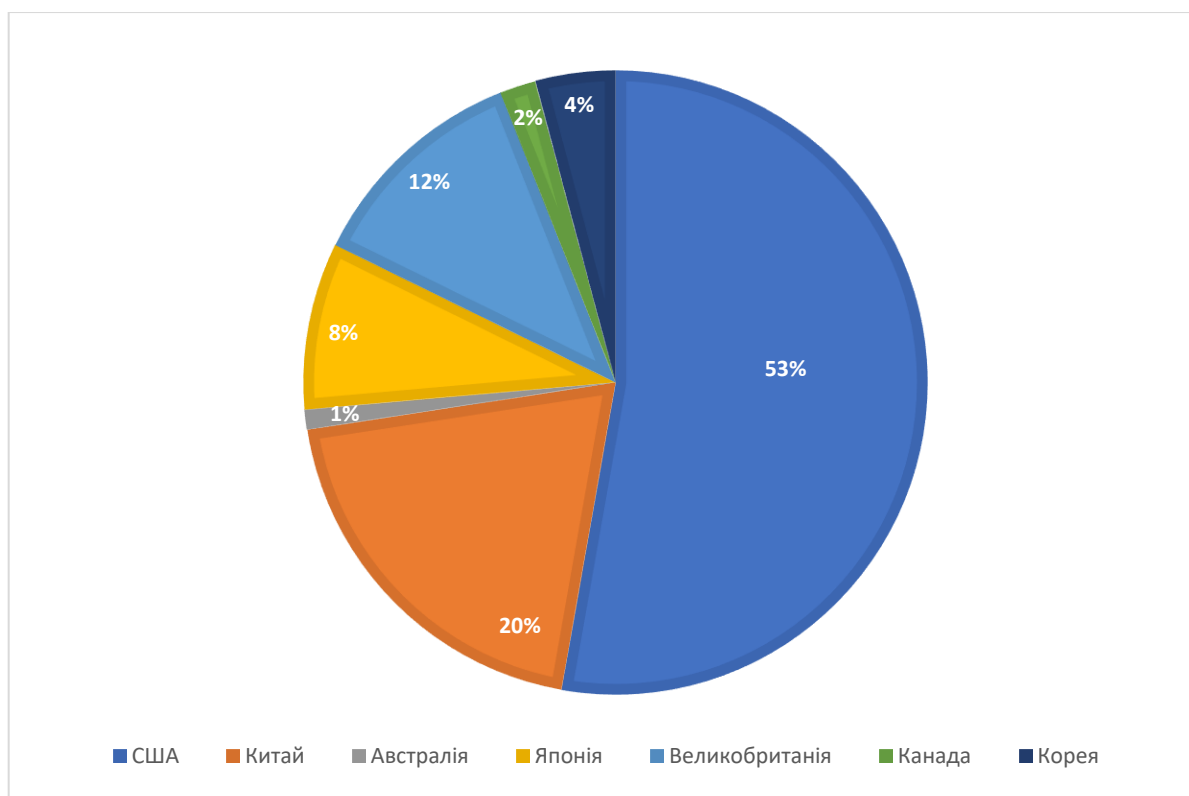


Рисунок 2.5 – Результати дослідження патентів за країнами

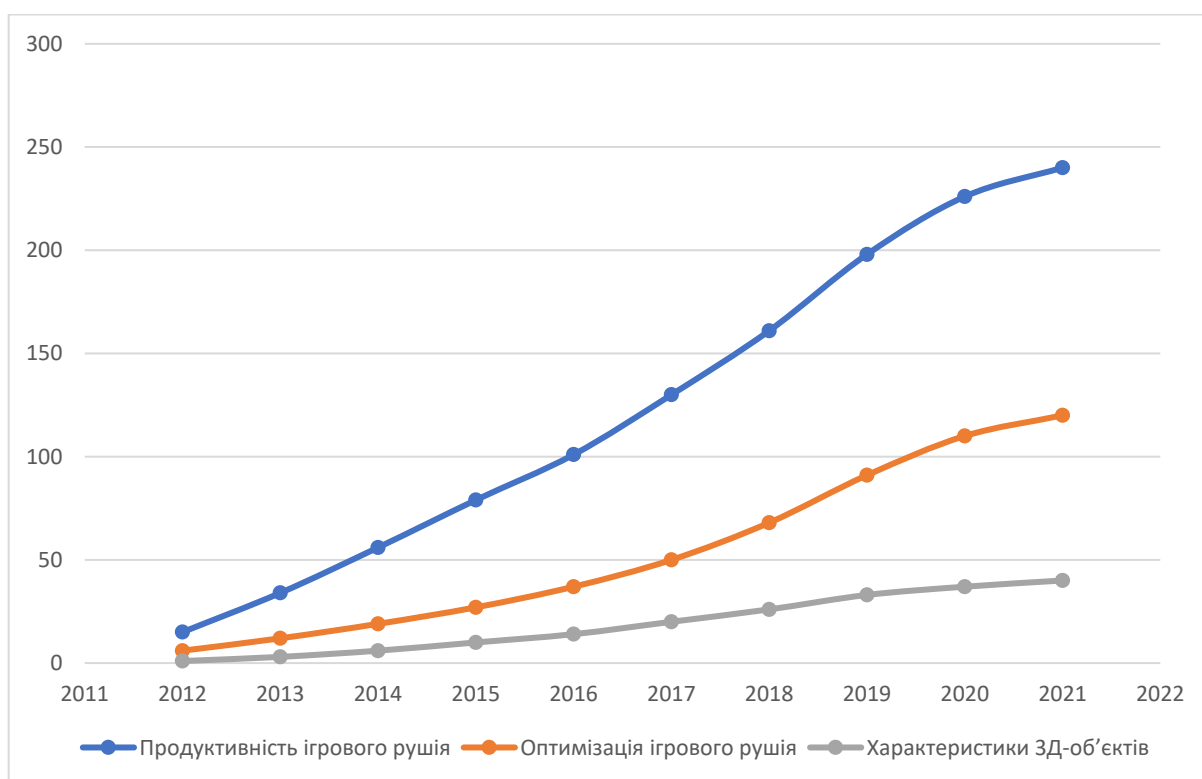


Рисунок 2.6 – Кумулятивна крива

2.2. Об'єкт та предмет дослідження

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення мультимедійних продуктів (ігор).

В якості мультимедійних продуктів розглядаються мультимедійні ігри, як найбільш складний різновид, що потребує поглибленого дослідження.

Предмет дослідження – режими та параметри створення мультимедійних продуктів.

Серед параметрів детальніше розглянуто кількість полігонів та розмір текстур створеної тестової тривимірної моделі на продуктивність у рушії при створенні мультимедійного продукту.

Експериментальне дослідження проводилось на базі рушія Unreal Engine 4.26.2. При цьому підібрані оптимальні характеристики відеокарти, що і є одним і найголовнішим фактором дослідження.

2.3 Розроблення тестових фрагментів для проведення дослідження

В роботі проведено експериментальне дослідження, в якому визначено вплив базових характеристик моделі на продуктивність сцени. З цією метою було створено тестову модель, що мала бути високо деталізованою і повинна відповідати усім актуальним вимогам. У процесі стояла ціль створити таку полігональну модель, яка б дозволила проводити на її базі дослідження на декількох рівнях деталізації. У якості тестового зразка створено об'єкт на прикладі ігрового елементу – меча з усіма додатковими елементами, етапи створення якого включали б ретопологію та створення п'яти основних текстурних карт (рис. 2.7). При виконанні дослідження було використано джерела [14-16], в яких містяться документація та вказівки по використанню окремих інструментів Unreal Engine.

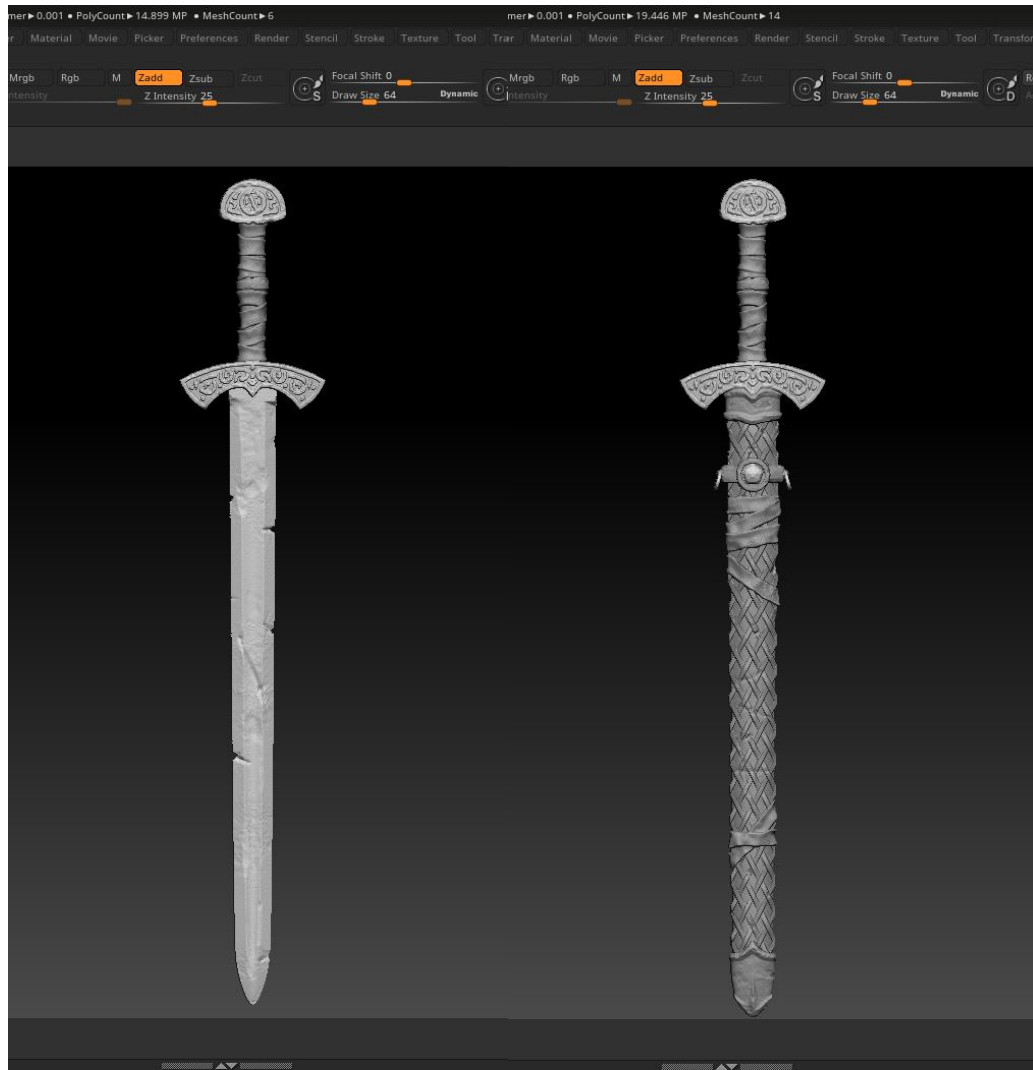


Рисунок 2.7 – Високополігональна модель у Zbrush.

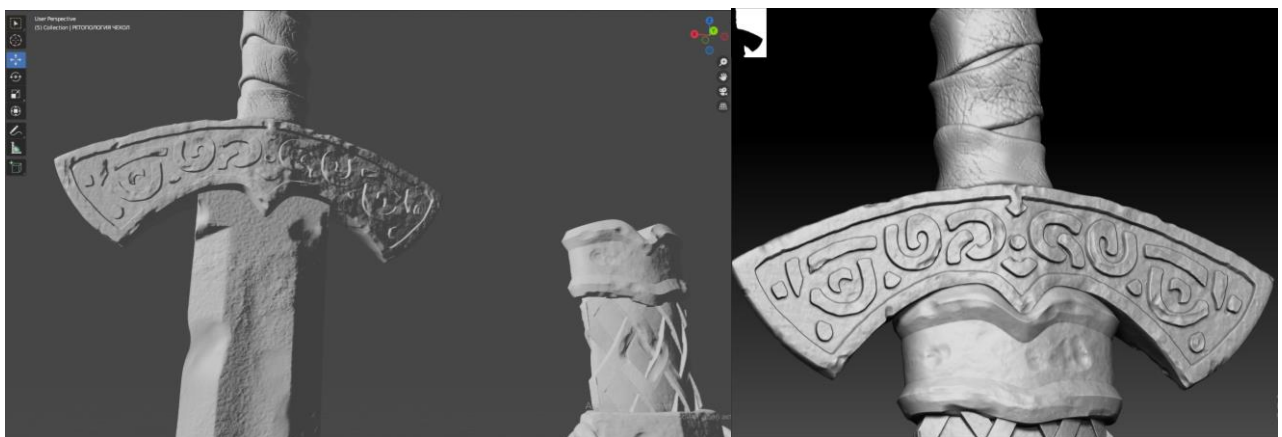


Рисунок 2.8 – Деталізація високополігональної моделі.

У процесі ретопології було зменшено полігонаж з 33 мільйонів до 16 280 трикутників, при цьому збарігаючи загальні форми, аби потім перенести деталізацію завдяки текстурним картам. Ретопологію видно на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Результат ретопології

Після ретопології відбулось розгортання моделі в межах одного Udim, тобто однієї карти, незважаючи на комплексність моделі, аби сформувати кращі початкові дані для дослідження. Розгортка виконувалась у програмі UVLayout рис. 2.10.

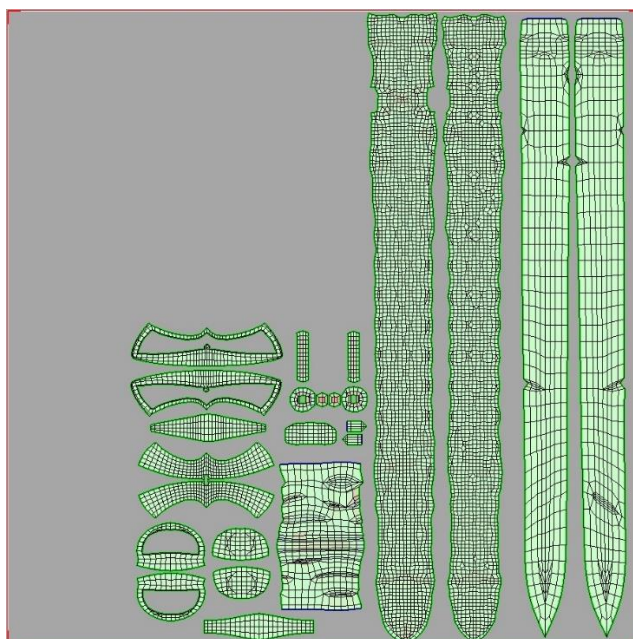


Рисунок 2.10 – Розгортка моделі

Завдяки розгортці можна переходити до етапу текстурювання у програмному продукті Substance Painter, що зображено на рисунку 2.11.

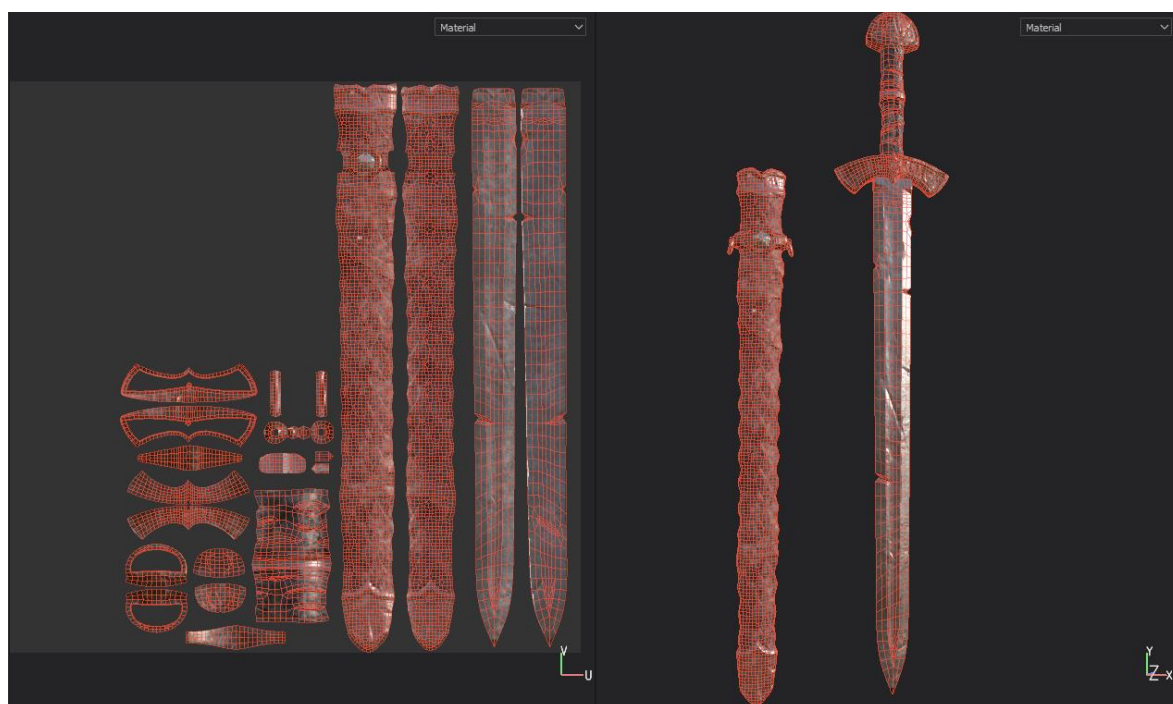


Рисунок 2.11– Текстурювання моделі

На рисунку 2.12 зображено, які саме шари застосовувались при текстурюванні та власне їх кількість.

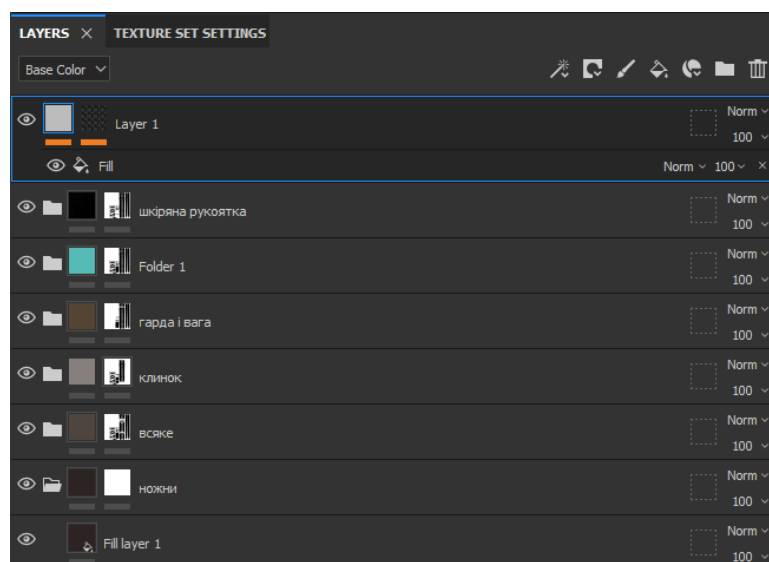


Рисунок 2.12 – Шари при текстуруванні

Загалом після попередньо описаних етапів модель готова для експериментальних досліджень. Фінальний вигляд її наведений на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 – Візуалізація у Substance Painter

2.4 Методика проведення експерименту та оцінювання результатів дослідження

На рисунку 2.14 наведено алгоритм створення 3D-сцени, за яким відбувалося формування тестових об'єктів для проведення дослідження.

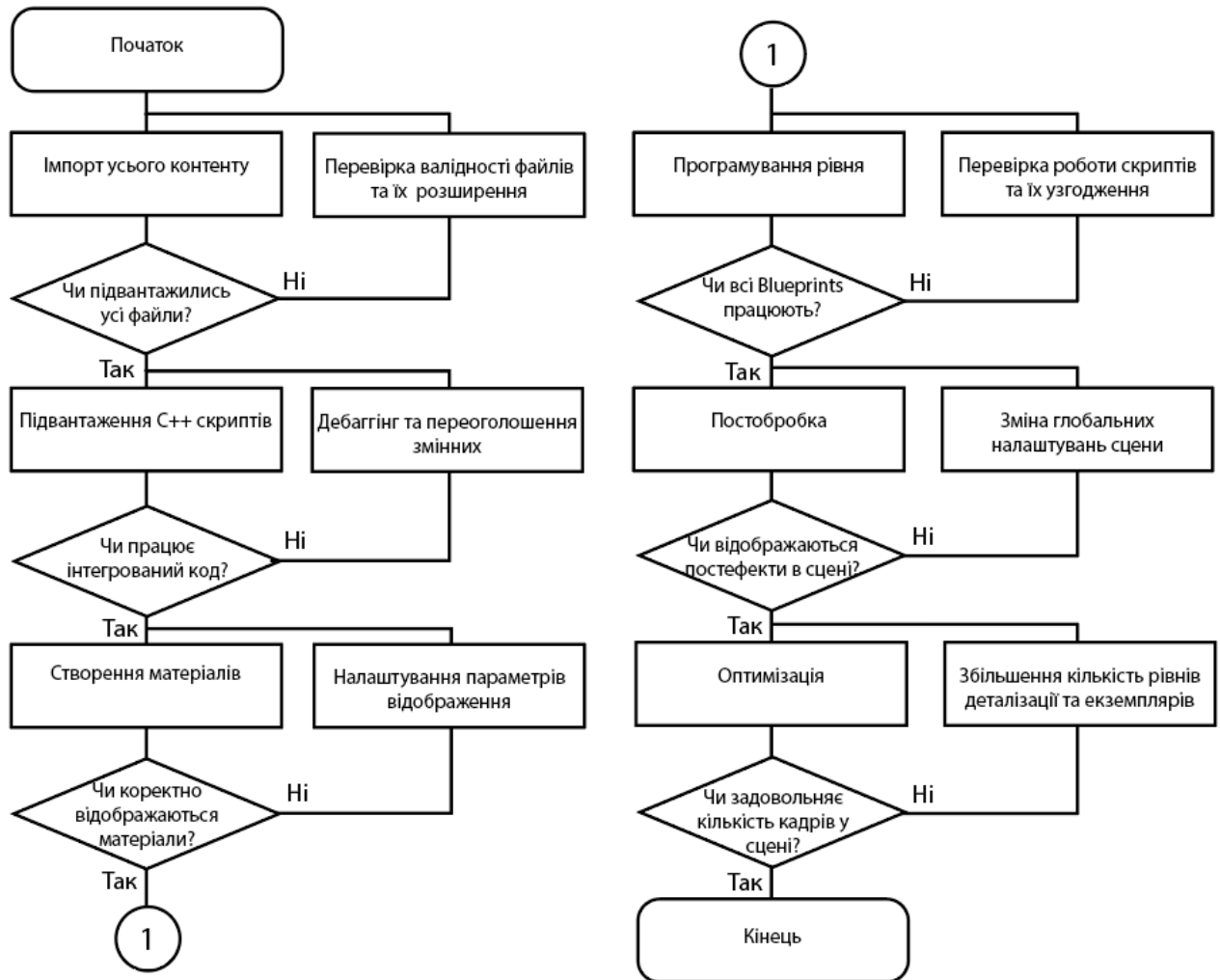


Рисунок 2.14 - Алгоритм створення 3D-сцени

Алгоритм і маршрутну-технологічну карту побудовано відповідно до інформації з джерел [17-19].

Таблиця 2.1 – Маршрутно-технологічна карта створення однієї ігрової 3D-сцени для гри.

№ з/п	Назва Технологічної операції	Необхідне Устаткування	Витратні матеріали	Технологічні режими в рушії Unreal Engine	Допуски та засоби контролю	Технологічні роз-ки
1.	Імпорт контенту	СБ: Vinga Barbarian 0022 з відеокартою Geforce 3080Ti Монітор: ASUS VZ27AQ,	ОЗП, Мб: 8192 НЖМД, Мб: 51200 ВП, Мб: 48192	Режими: “Content browser”,	До 15 тис. полігонів. одна модель	0,5 год
2.	Підвантаження C++ скриптів			Режим: “Ufunctions”	C++ скрипти з усіма бібліотеками для Blueprint, Дебаггер	0,5 год
3.	Створення матеріалів			Режим: “Material functions”	Viewport контроль коректності відображення	1 год
4.	Постобробка			Режим: “Lightmass”, “Importance Volume”, “Player Start”, “Fog” Постпроцесинг	Viewport контроль коректності відображення	1,5 год
5.	Програмування			Режими: “Blueprint”	Дебаггер	1,5 год
6.	Оптимізація			Режими: “LOD”, “Occlusion Culling”, “Forward / Deferred”, “Каскадні карти”, “Екземпляри”	FPS не менше 30 кадрів у секунду на середньоринкових потужностях ПК. Profiler, GPU Visualizer, Intel GPA та Editor	1 год

2.5 Результати досліджень

Для кращої репрезентативності було проведено більш варіативний процес збереження текстур таблиці 2.2-2.4. А самі текстури наведені на рис. 2.15.

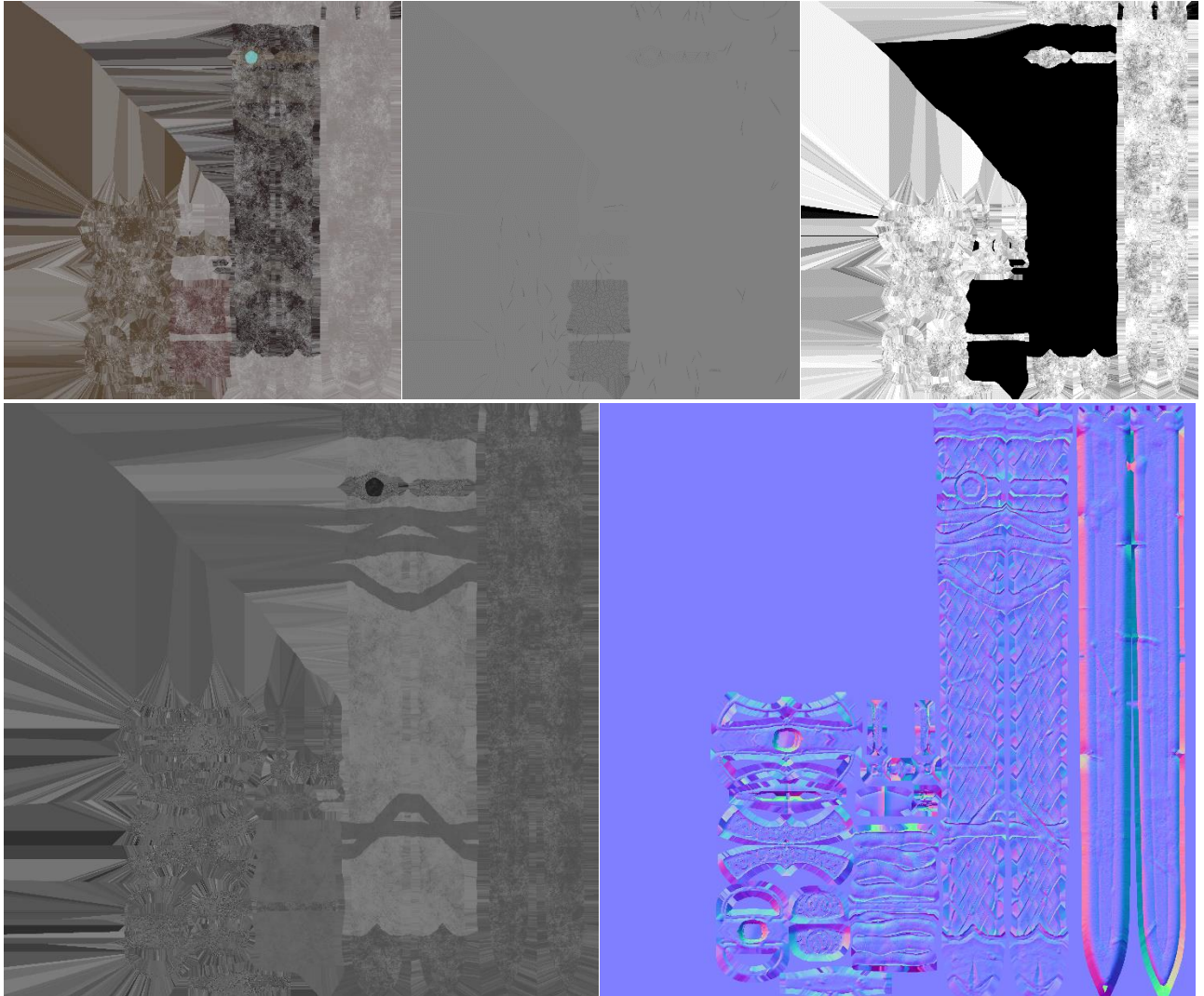


Рисунок 2.15 – Текстурні карти

Після створення текстур, було проведено їх збереження у форматі PNG у режимі 16; 8 + dithering та 8 bit. Результати подано у вигляді таблиць 2.2-2.4, де зазначено рівні деталізації від 0 та 5 (LOD - Levels of Detail), тобто набір вимог, що визначає повноту деталізації і пропрацьовування елементів цифрової інформаційної моделі. Результати представлено для п'яти текстурних карт: roughness, metallic, diffuse, height, normal.

Таблиця 2.2 – Вага 16 bit текстур

	Розмір	Normal	Diffuse	Height	Roughness	Metallic
LOD0	4096×4096	38 394 246	29 888 964	1 014 177	6 784 598	5 121 381
LOD1	2048×2048	11 409 111	8 686 205	302 751	1 750 426	1 519 491
LOD2	1024×1024	3 138 191	2 481 094	112 216	462 899	465 331
LOD3	512×512	854 317	712 412	41 626	128 292	141 963
LOD4	256×256	232 674	205 010	15 441	36 634	43 351
LOD5	128×128	63 267	53 192	5 825	10 457	12 408

Таблиця 2.3 – Вага 8+ bit текстур

	Розмір	Normal	Diffuse	Height	Roughness	Metallic
LOD0	4096×4096	18 790 514	19 709 509	4 012 665	4 669 765	2 882 904
LOD1	2048×2048	5 255 094	5 246 110	1 025 960	1 283 996	891 146
LOD2	1024×1024	1 440 304	1 389 332	266 538	357 118	277 484
LOD3	512×512	388 176	366 562	69 917	100 404	84 726
LOD4	256×256	102 458	97 513	18 569	26 273	23 824
LOD5	128×128	26 437	26 022	4 953	7 724	7 455

Таблиця 2.4 – Вага 8 bit текстур

	Розмір	Normal	Diffuse	Height	Roughness	Metallic
LOD0	4096×4096	12 028 272	12 388 476	194 293	4 669 765	2 882 904
LOD1	2048×2048	3 725 499	3 494 394	82 928	1 283 996	891 146
LOD2	1024×1024	1 095 986	997 466	34 832	357 118	277 484
LOD3	512×512	314 298	282 923	13 475	100 404	84 726
LOD4	256×256	86 550	80 243	4 978	26 273	23 824
LOD5	128×128	23 166	20 859	1 708	7 724	7 455

Саме експериментальне дослідження проводилось на базі рушія Unreal Engine 4.26.2. При цьому відеокарта, що і є одним із найголовнішим фактором дослідження має такі характеристики, що наведені в таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 – Характеристики відеокарти

Назва	Частота, МГц	Пам'ять, Гб	Максимальна роздільна здатність	3D API	Тип пам'яті	Розрядність
GeForce GTX 1650	12000	4	7680×4320	DirectX 12, OpenGL 4.6	GDDR6	128 біт

Отже, при підготовці до цього етапу було створено модель та текстури до неї. Перед зніманням показників продуктивності необхідно завантажити файли, створити матеріали та розмістити об'єкти (рисунки 2.16-2.17).

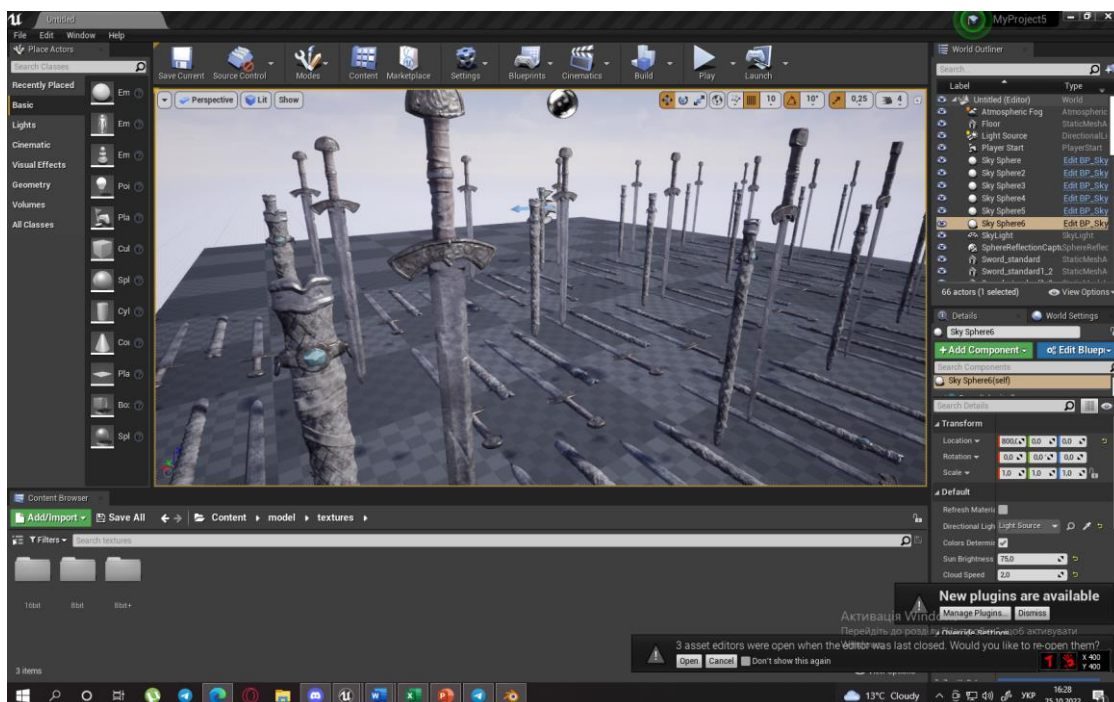


Рисунок 2.16 – Процес дослідження у самому рушії

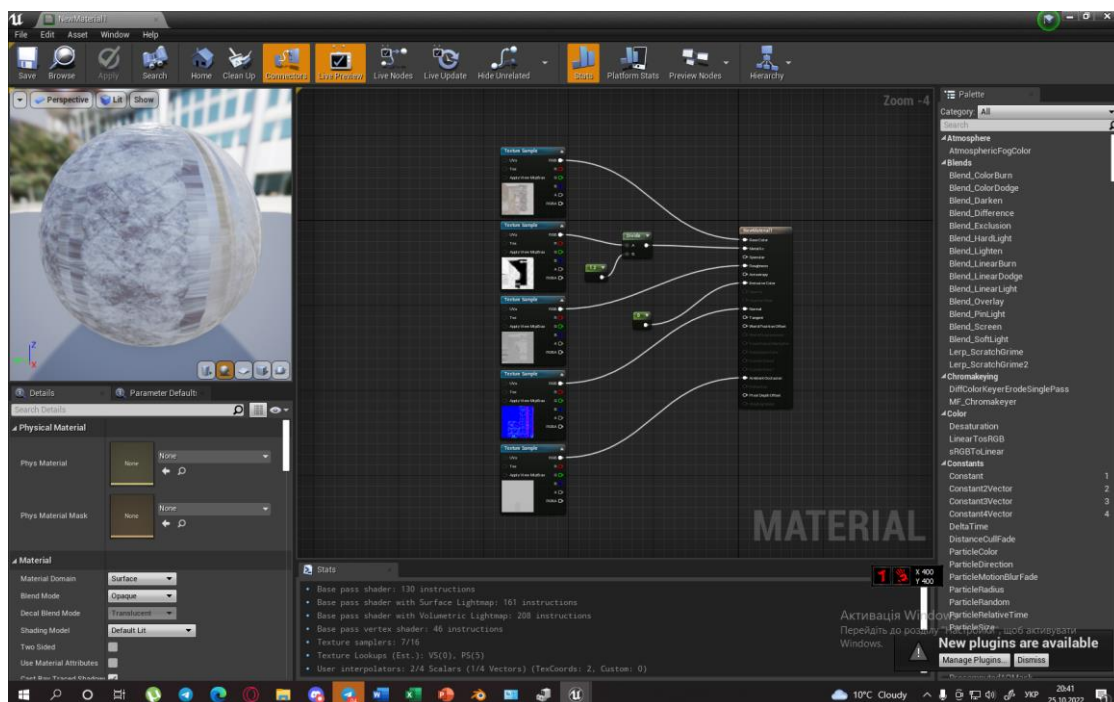


Рисунок 2.17 – Матеріали у рушії

Після попередніх робіт було проведено процес зменшення рівнів деталізації (LOD) як моделей, так і текстур, що наведено на рис. 2.18.

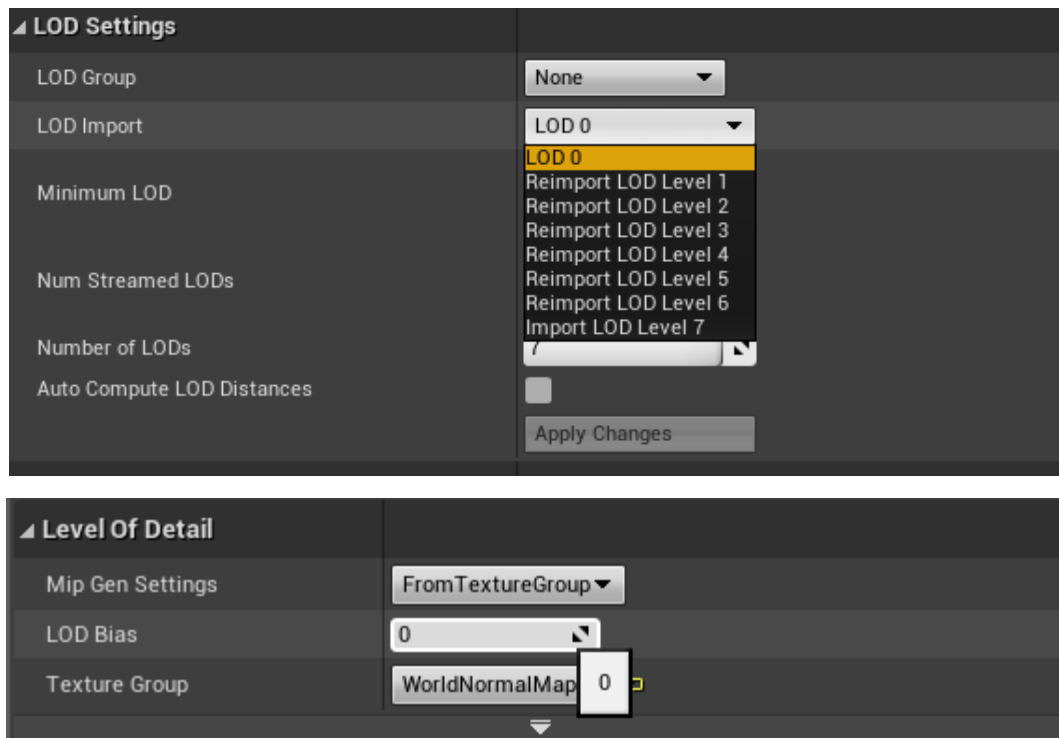


Рисунок 2.18 – Матеріали у рушії

Після створення матеріалу та рівнів деталізації розпочалось дослідження навантаження геометрії на рушій у мілісекундах. Було розміщено 100 моделей, та за допомогою команди Profile GPU (рис 2.19) було отримано дані підкладки BasePass. Для чіткого розмежовування результатів розглядалась саме BasePass, бо вона несе в собі інформацію про час обрахунку кількості полігонів геометрії моделі, а також шейдера, який у свою чергу відповідає за складність матеріалу. У випадку моделі, що розглядається, матеріал максимально простий і складається просто з підключених попередньо створених текстур. Отже, таким чином було отримано дані по кожному з рівнів деталізації як простої полігональної сітки, так і моделі з шейдерами. Отримані результати скомпоновано у таблиці 2.6-2.7 відповідно та представлено на рис. 2.20 та 2.21.

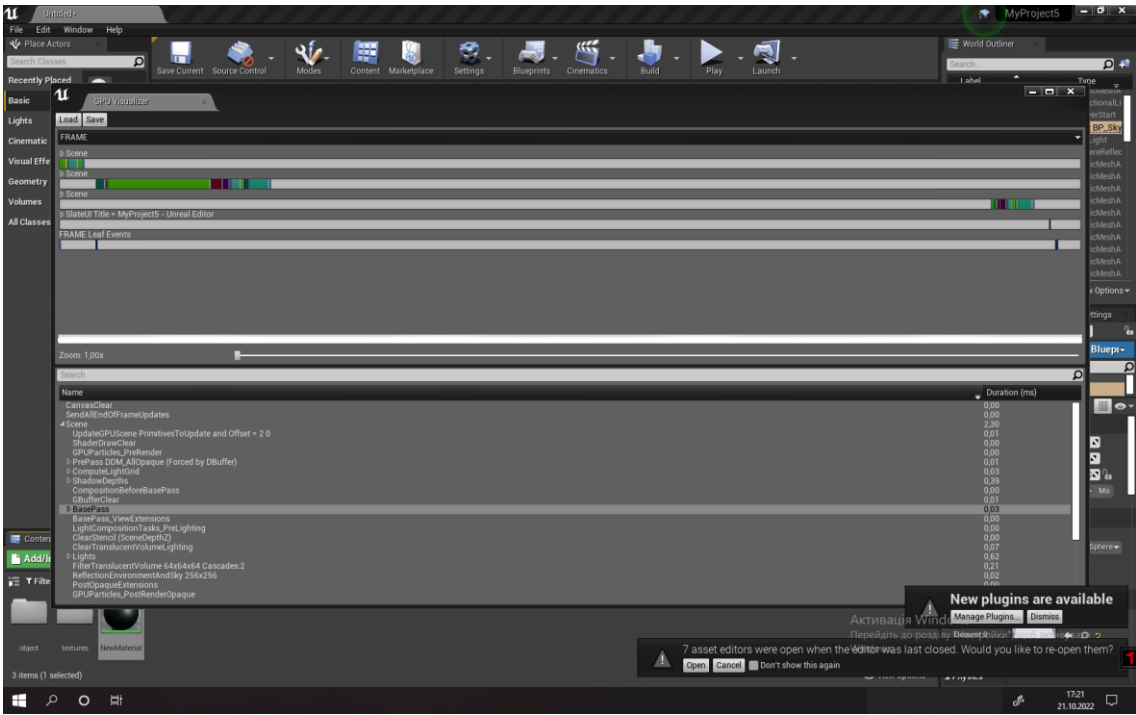


Рисунок 2.19 – GPU Profiler

Таблиця 2.6 – Кількість мілісекунд витрачені на геометрію

Характеристика	Числові значення					
Рівень деталізації	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4	LOD5
Кількість полігонів, тис.	1627,7	813,9	406,9	203,4	101,8	50,9
Навантаження на рушій, мс	0,80	0,51	0,38	0,32	0,30	0,29

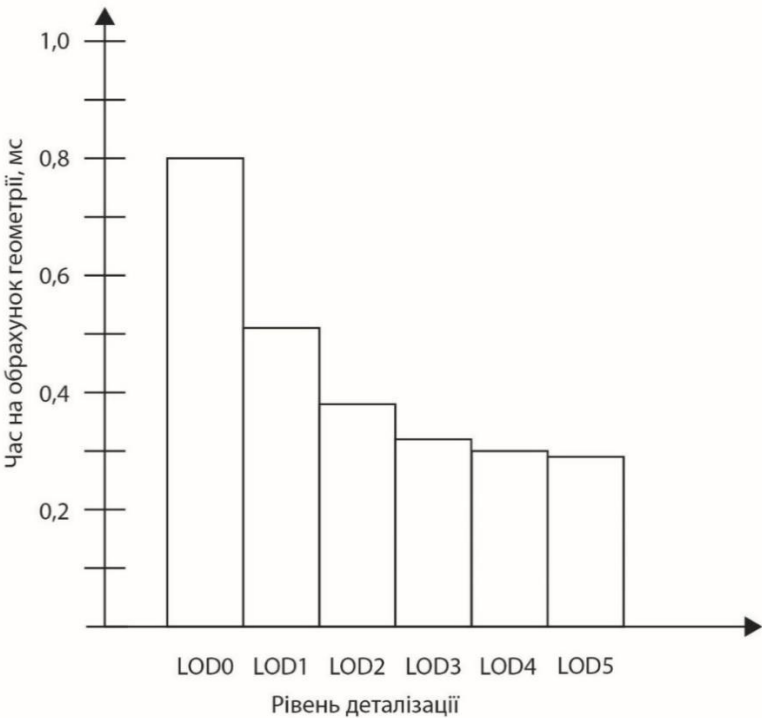


Рисунок 2.20 – Обрахунок геометрії моделі

Таблиця 2.7 – Кількість мілісекунд витрачені на модель загалом

Характеристика	Числові значення відповідно до LOD					
Рівень деталізації	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4	LOD5
Кількість полігонів, тис.	1627,7	813,9	406,9	203,4	101,8	50,9
Навантаження на рушій, мс	0,85	0,53	0,40	0,33	0,30	0,29

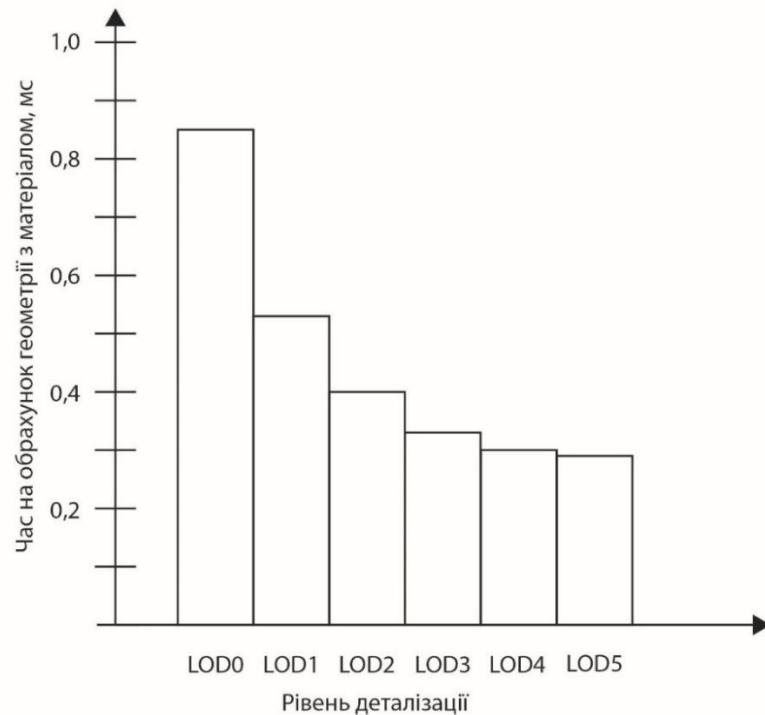


Рисунок 2.21 – Обрахунок геометрії моделі з матеріалом

Наступним етапом є дослідження впливу текстур на продуктивність. У процесі стало зрозуміло, що прослідкувати вплив текстур на кількість кадрів у секунду або швидкодію складно, тому було прийнято рішення дослідити вплив навантаження текстур на пам'ять у самому рушії. Як виявилось, для рушія не принципово, яка вага самого файлу, йому важливий розмір і кількість каналів, що чітко видно в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Текстурні карти в рушії

	Normal	Diffuse	Height	Roughness	Metallic
LOD0	21845 Kb	10923 Kb			
LOD1	5461 Kb	2731 Kb			
LOD2	1365 Kb	683 Kb			
LOD3	341 Kb	171 Kb			
LOD4	85 Kb	41 Kb			
LOD5	21 Kb	11 Kb			

припадають всі текстури на рівні. Змінювати його можна за командою `r.streaming.poolsize [число]`. Безпосередній дослід відбувався завдяки інструменту Streaming Pool, у рушії. Результати дослідження подані в таблицях 2.9, 2.10 та на рисунку 2.24.

Таблиця 2.9 – Об’єднаний розмір текстур у рушії

Роздільна здатність	Кількість матеріалів				
	3	6	9	12	15
	Розмір, Kb				
4096×4096	196611	393222	589833	786444	983055
2048×2048	49155	98310	147465	196620	245775
1024×1024	12291	24582	36873	49164	61455
512×512	3075	6150	9225	12300	15375
256×256	747	1494	2241	2988	3735
128×128	195	390	585	780	975

Таблиця 2.10 – Навантаження на виділену під текстури пам’ять

Роздільна здатність	Навантаження при 200 Мб, %				
	3 м.	6 м.	9 м.	12 м.	15 м.
4096×4096	96	192	288	384	480
2048×2048	24	48	72	96	120
1024×1024	6	12	18	24	30
512×512	1	3	4	6	7
256×256	0,3	0,7	1	1	1
128×128	0,009	0,01	0,02	0,03	0,04

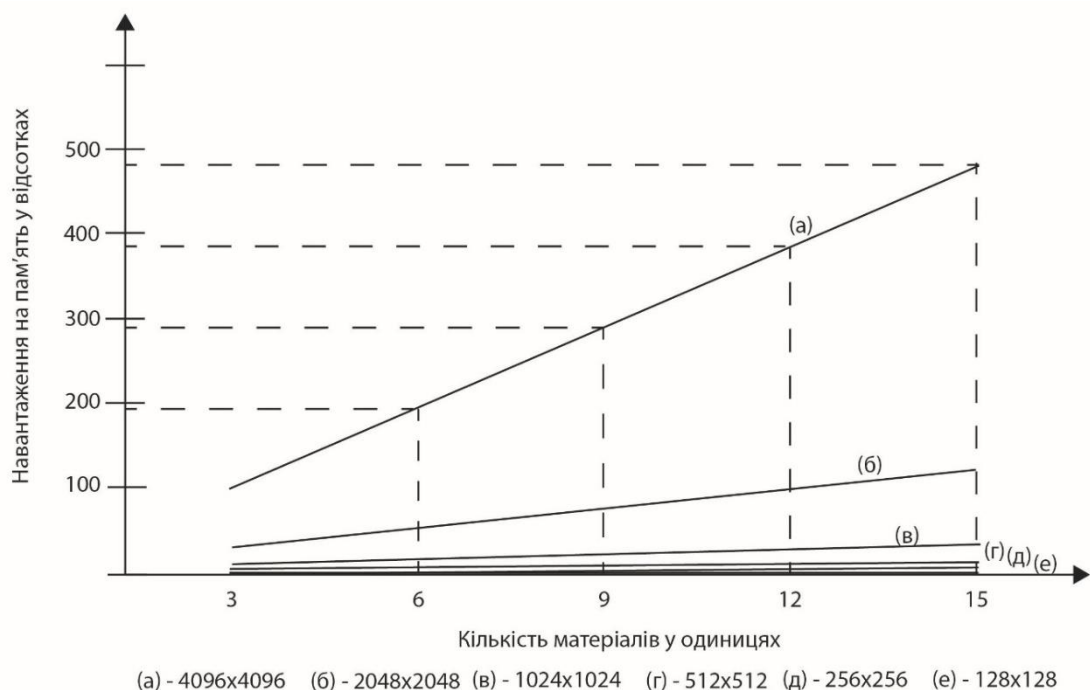


Рисунок 2.24 – Навантаження текстур різного розміру

Отже, судячи з того, які результати було отримано, можна зробити певні висновки. Незважаючи на доволі поширену думку, що у сучасних іграх, мультимедійних продуктах кількість полігонів не має такого великого впливу на продуктивність, результати показали, що при ста моделях кількість часу на обробку одного кадру збільшується на 0,85 мс. Тобто, якщо нам потрібний результат у 60 кадрів/с, то на один один кадр має витратитись 16,6 мс, а якщо на 30 кадрів/с, то 33,3 мс – віднімаючи від цих значень отримане у результаті дослідження, стає зрозуміло скільки залишається на усі інші процеси. Може здатись, що втрати невеликі, проте це не так, бо BasePass, описаний вище, лише один з декількох десятків підпроцесів. Це, якщо не брати на увагу найскладніші види процесів: освітлення, прозорість та постпроцесінг – вони можуть займати ледь не 60% від усіх розрахованих мілісекунд. Звичайно усе залежить від самої специфіки гри, в якій можуть бути різні за щільністю і кількістю об'єкти у кадрі, ступенем їх деталізації залежно від якого лиця ведеться ігровий процес, а також складністю шейдерингу. Разом з тим, в умовах, коли оптимізація найважчих процесів дійде до своїх лімітів, вже необхідно буде звертати увагу саме на геометрію, бо для якісного ігрового процесу має значення кожен додатковий кадр/с. Стосовно характеристик текстурних карт і дослідженням їх впливу на пам'ять, можна зробити наступний висновок і рекомендацію – текстури дійсно неймовірно сильно навантажують і їх оптимізація має критично важливе значення, особливо це усвідомлюється при перегляді об'єму оперативної пам'яті в сучасних найбільш розповсюджених моделях відеокарт.

Рекомендації щодо підготовки та оптимізації 3D-контенту. З даних таблиць 2.6 і 2.7 видно, що зміна витрат часу на обрахунок відповідно до рівня деталізації моделей (зліва направо) особливо ефективна на перших рівнях. Тож, потрібно використовувати мінімум 5 рівнів деталізації при конфігурації, що представлена у досліді. Тому при збільшенні максимальної кількості полігонів у два рази можна очікувати економію часу обрахунку близько на 50 мс вже на LOD1. Відповідно, при меншій стартовій кількості полігонів, необхідно мати і

менше рівні деталізації. Отже, якщо підбивати підсумки, то потрібно тримати витрати часу на геометрію на рівні 0,35-0,30 мс.

Рекомендації стосовно текстур. Необхідно використовувати якомога більше стиснення текстур, аби зменшити їх вагу на жорсткому диску. Окрім того, незалежно від виділеної пам'яті на текстури, необхідно уникати перезавантаження. Усе необхідно виконувати вручну і завчасно, бо, якщо буде більше 100% завантаження, рушій буде самостійно і нерівномірно зменшувати розмір текстур у сцені.

2.6 Моделювання технологічного процесу з урахуванням результатів дослідження

Згідно з отриманими результатами, застосовуючи евристичний метод, було змодельовано технологічний процес створення мультимедійного продукту – відеогри.

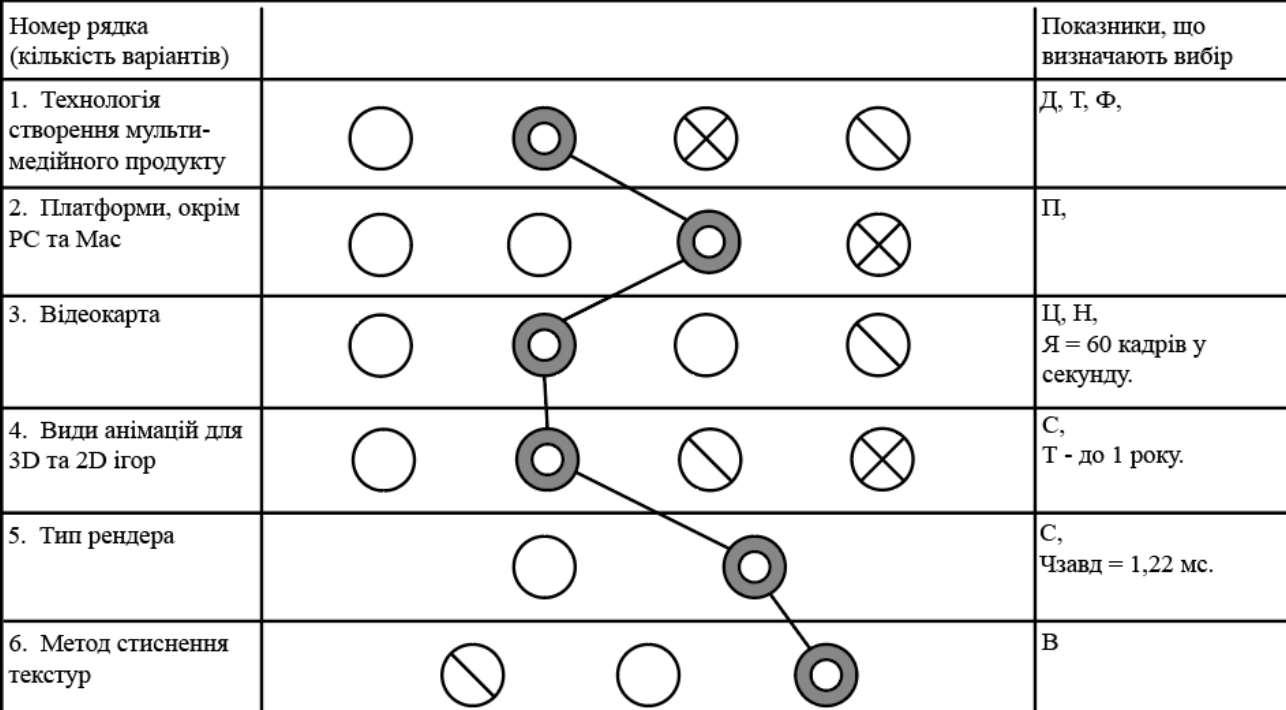
Номер рядка (кількість варіантів)		Показники, що визначають вибір
1. Технологія створення мульти- медійного продукту		Д, Т, Ф,
2. Платформи, окрім PC та Mac		П,
3. Відеокарта		Ц, Н, Я = 60 кадрів у секунду.
4. Види анімацій для 3D та 2D ігор		С, Т - до 1 року.
5. Тип рендера		С, Чзавд = 1,22 мс.
6. Метод стиснення текстур		В

Рисунок 2.25 – Евристичний метод поетапного обмеження комбінацій з кращим вибором технологічних рішень для створення мультимедійного продукту:

-  – технологічно неприйнятний варіант;
-  – прийнятний варіант;
-  – можливий, але малоперспективний варіант;
-  – найбільш прийнятний варіант;

Я - «якість»; Т - «терміни»; Д - «доступність»; Ф - «Функціональність»; П - «потужність»; Ц - «ціна»; Н - «необхідність»; С - «специфіка відеоігор».

1.1 - Unity; 1.2 - Unreal Engine; 1.3 - CryEngine; 1.4 - Godot.

2.1 – Ігрові консолі; 2.2 - Портативні консолі; 2.3 - Мобільні пристрої; 2.4 - Ігровий автомат.

3.1 - 3060Ti; 3.2 - 3070Ti; 3.3 - 3080Ti; 3.3 - 3090Ti.

4.1 - 3D - анімація та традиційна 2D - анімація; 4.2 - 3D/2D анімації за допомогою кісток; 4.3 - Motion capture та традиційна 2D - анімація; 4.4 - 3D - анімація та 2D - векторна анімація.

5.1 - Forward ; 5.2 - Deffered.

6.1 - 16 bit; 6.2 - 8 bit; 6.3 - 8 bit + dithering.

Висновки до другого розділу

1. Створено тестовий зразок.
2. Проведено дослідження впливу характеристик об'єкту на продуктивність.
3. Визначено, що характеристики збереження текстурних карт не впливають на їх розмір в середині рушія Unreal Engine.
4. Вплив кількості полігонів на продуктивність сцени, при витратах 16 мс на обробку кадру, є доволі значущим, тому вимагає першочергової уваги при оптимізації сцен.
5. За результатами дослідження отримано залежності навантаження пам'яті від розміру текстурної карти, що також при великих проєктах може стати дуже вагомим фактором.

РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Проєктування інженерно-технічного забезпечення виробництва

3.1.1 Промислове завдання на розробку проєкту за тематикою МД

Першим і основоположним кроком для проєктування інженерно-технічного забезпечення виробництва загалом є визначення одиниць обліку для опису промислового завдання на створення ігор. Це необхідно для прорахунку трудомісткості, кількості працівників та устаткування, аби створити плани відділу. Проблема полягає у тому, що в ігровій індустрії немає систематизованих одиниць чи стандартів обліку, не кажучи вже про норми часу на виконання тих чи інших завдань. Справа у тому, що розробка ігор має дуже вагому творчу складову у своїй роботі, тому важко передбачити витрати чи терміни виконання робіт, або побудувати чіткі плани. Саме тому було прийнято рішення розробити унікальну одиницю для оцінки об'єму роботи, аби можна було систематизувати різні за жанрами ігри та приступити до виконання наступних кроків курсової роботи. Такою одиницею в межах роботи стане – ігрова сцена.

Як відомо, будь-яка гра, як мультимедійний продукт, складається з різних видів інформації та способів їх поєднання. Ігрова сцена – це умовний квадрат на ігровій мапі, що рівноприспосований для всіх позицій у промисловому завданні та базується на однаковій швидкості його проходження гравцем. Ігровій сцені властиві усі види інформації з усередненим значенням кількісно виражених характеристик всіх видів інформації, наприклад:

- текстова (кількість знаків, інтерліньяж, кегль, Мб) для UI;
- графічна (колірність, розмір в пікселях, Мб) для UI та текстур;
- аудіо (тривалість, Мб) від навколишнього середовища;
- відео (тривалість, розмір в пікселях, Мб) для вставок на початку і кінці;
- 3D (кількість полігонів, розмір текстур, тривалість, Мб);

Звичайно для того, щоб можна було використовувати подібну одиницю обліку необхідно, щоб ігри було схожі за темпоритмом геймплею, стилістикою та загальною логікою. В ігровій індустрії є дуже яскравий приклад такого чіткого

дотримання набору якостей. Ігрові студії зазвичай не виходять за межі двох жанрів, проте у Riot Games це вийшло. Позиції промислового завдання складались відповідно на цих умовах. Темпоритм гри визначає характер геймплею його швидкість та чергування інтенсивності та помірності ігрового процесу. Стилiстика відповідає такій Riot Games і через це прямим чином впливає на технічні характеристики запроєктованих ігор, адже 3D-моделі не потребуватимуть інших текстурних карт, окрім Diffuse color. Відповідні матеріали для 3D-об'єктів створюватимуться саме у рушії, що і виступає технологією. Загальна логіка ж зумовлює такі базиси ігрового процесу, що полягають у існуванні середовища, гравця та його ворогів, який активно пересувається в ньому та взаємодіє з ним – і це все підпорядковується цілі перемоги у протистоянні за певними правилами.

Отже, для визначення таких усереднених характеристик було пораховано відстань за 5.48 секунд, яку проходить гравець на окремих відрізках карт в різних продуктах вищезгаданого прикладу-взірця ігрової студії. Після цього було визначено усереднені значення характеристик видів інформації і подано у вигляді таблиць 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристика ігрової сцени

№	Вид інформації	Характеристика	Тип	Група складності	Середня кількість одиниць	Усереднене загальне значення
1	Текстова	кількість знаків	3D	1	-	до 500 знаків
			2D	1	-	Зумовлено екраном
2	Графічна	розмір в пікселях	3D	4	7	1024x1024
			2D	4	1,5	2048x2048
3	Аудіо	тривалість	3D	1	2	7,6 сек
			2D	1	1	5 сек
4	Відео	тривалість	3D	1	1	0,3 сек
5	3D	кількість полігонів, розмір текстур	-/-	2	7 7	15 тис. полігонів, 2048x2048

Таблиця 3.2 – Характеристика ігрового персонажа

№	Вид інформації	Характеристика	Тип	Група складності	Усереднене загальне значення
1	Текстова	кількість знаків	3D	1	до 500 знаків
			2D	1	Зумовлено екраном
2	Графічна	розмір в пікселях	3D	-	2048x2048 пк.
			2D	1	200x200 пк.
3	Аудіо	тривалість	3D	1	20 сек.
			2D	1	30 сек.
4	Анімація	тривалість	3D	3	45 сек.
			2D	1	23 сек.
5	3D	кількість полігонів, розмір текстур	-//-	2	10 тис. полігонів, 2048x2048 пк.

У таблиці наведено дані про 2D, що були вираховані за такою ж методикою, проте з урахуванням специфіки.

Ігровий процес відповідно складається також з двох складових – ігрових сцени та персонажа.



Рисунок 3.1 – Скріншот карти у грі Valorant



Рисунок 3.2 – Скріншот карти у грі League of Legends

Отже, таким чином формування типових ігрових сцен і персонажів дозволить більш свідомо виконувати курсову роботу на тему: “Студія з виготовлення мобільних ігор з деталізацією відділу створення 3D-сцен”.

Промислове завдання створюється для студії зі створення відеоігор, і складається з 5 позицій:

1. Шутер, що є змагальною 3D-грою від першого лиця, в якій є твоя і ворожа команда, зброя та її модифікації, карти, на яких це проходить, таймер, раунди, а також режими. До 5-ти гравців у кожній команді.
2. МОБА, що також є змагальною 3D-грою, проте вже від третього лиця, також з командами, режимами та часом, проте вже з персонажами та предметами для них. За геймплеєм чимось схоже на жанр стратегія. До 5-ти гравців у кожній команді.
3. РПГ - в основному однокористувацька гра з головним героєм з тою чи іншою специфікою ігрового процесу, продиктованою роллю. Пригода гравця відбувається у великому просторі з великою кількістю персонажів та 3D-сцен. Важливою особливістю гри є глобальний прогрес головного героя в продовж усієї гри.

4. Платформер, що вже є 2D-грою, в якій гравець грає за персонажа, що проходить рівень зліва-направо, долаючи перешкоди та ворогів, з можливістю, як й у попередньому та наступному прикладі, досягати прогресу у продовж тривалого проміжку часу.

5. Візуальна новела – гра, що характеризується акцентом на графічну та текстову складові. Ігровий процес є зміною у часі зображення та тексту з вибором дій. У цьому конкретно випадку ще й у пересуванні по вигаданому світі, що дає можливість відповідати темпоритму інших позицій промислового завдання.

Відповідно було сформовано таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Промислове завдання

№	Найменування позиції, жанр	Кольорова система	Платформа	Тип сцен	Кількість типових екранів	Кількість ігрових елементів, од.
	1	2	3	4	5	6
1	Шутер	RGB	Desktop (PC)	3D	3	40
2	МОБА		Desktop (PC), Mobile	3D	3	55
3	РПГ		Desktop (PC)	3D	4	200
4	Платформер		Desktop (PC), Mobile	2D	4	600
5	Візуальна новела		Desktop (PC), Mobile	2D	4	750

Кінець таблиці 3.3.

Типові екрани									
№	Завантаж.	Жанр.	Типове меню	Альтернативний	Мобільн.	Сцени	Персонажі	Відео	Аудіо
7	8	9	3	10	11	12	13	14	15
1	5	1	25	-	-	30	10	2	6
2	2 × 3	1	2 × 25	-	1	40	15	2	3
3	5	1	40	10	-	160	40	3	10
4	2 × 1	100	2 × 20	2 × 6	1	300	300	-	7
5	2 × 1	100	2 × 20	2 × 6	1	350	400	-	7

Таблиця 3.4 – Деталізовані виробничо-технічні характеристики окремих аспектів промислового завдання

Назва	К-ть тис. знаків	Площа ілюстр., см2	Ілюстративність, %	К-ть полігонів, тис.	Анімація	Відео	Аудіо
Завантаження	0,2	95,066	90	-	-	-	10
Екран шутера	3,1	204,2726	70	-	-	-	-
Екран МОВА	3,1	199,79	70	-	-	-	-
Екран РПГ	3,1	131	70	-	-	-	-
Екран Платф.	2,1	167,257	80	-	-	-	-
Екран новели	4,1	1010,303	60	-	-	-	-
Типове меню	4,1	517,647	60	-	-	-	10
Альтернативне	0,1	44,802	90	-	-	-	10
Мобільн екран	0,1	260,45	90	-	-	-	10
Фон	-	1008	100	-	-	-	-
3D - сцена	0,06	20553	100	15	-	0,5	7,5
3D - персонаж	0,5	2936,19	100	10	45	-	20
2D - сцена	0,1	2936,19	100	-	-	-	5
2D - персонаж	0,5	28	100	-	23	-	30

Усі відео та аудіо вказуватимуться у розгорнутому промисловому завданні

Окрім цього, наведено схеми основних і типових екранів ігор (рис. 3.3. - 3.11).

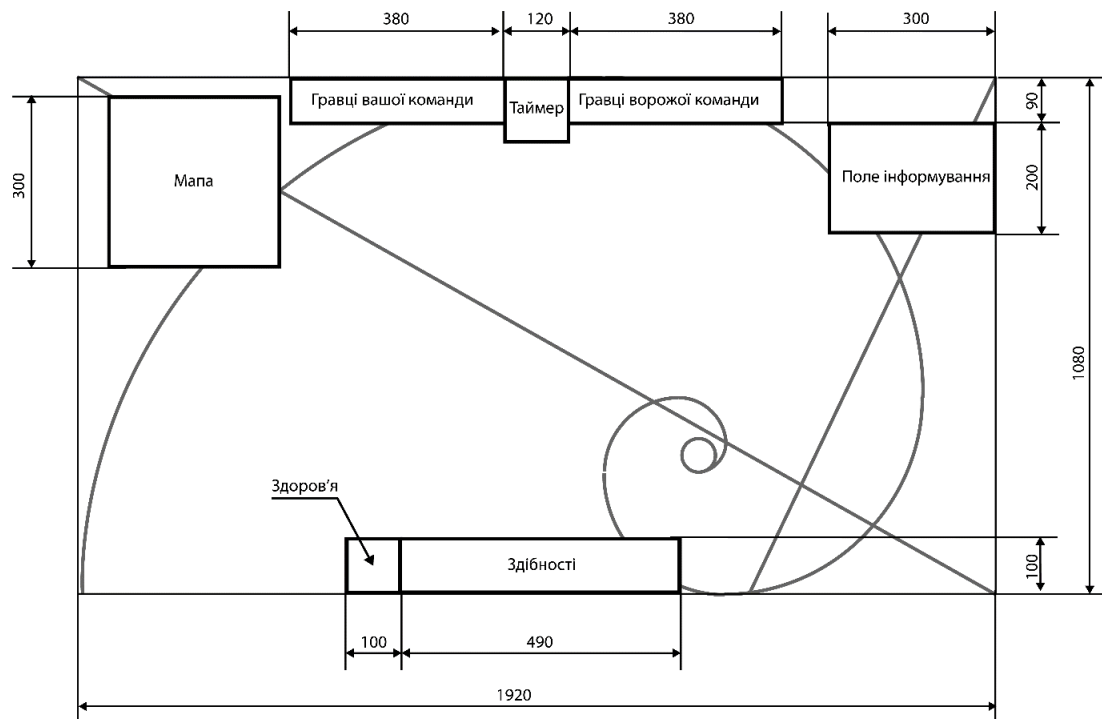


Рисунок 3.3 – Схема екрану шутера

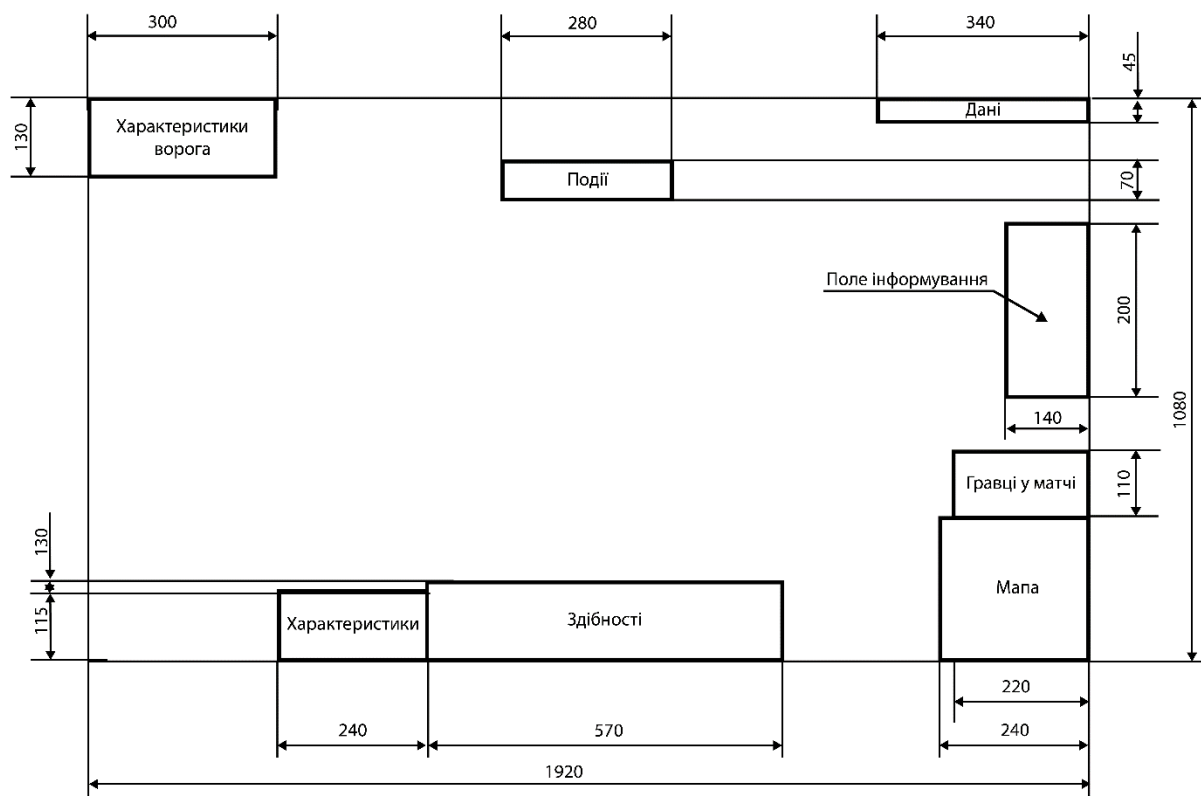


Рисунок 3.4 – Схема екрану МОБА

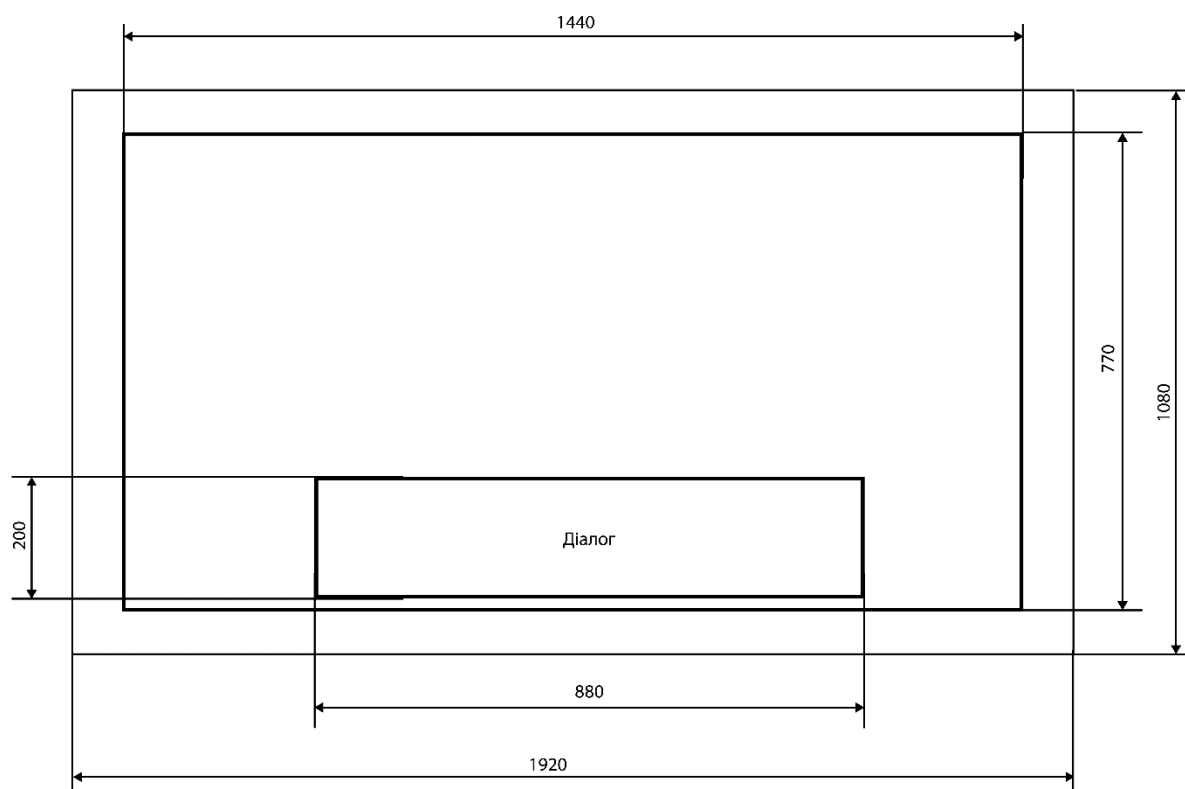


Рисунок 3.5 – Схема екрану візуальної новели

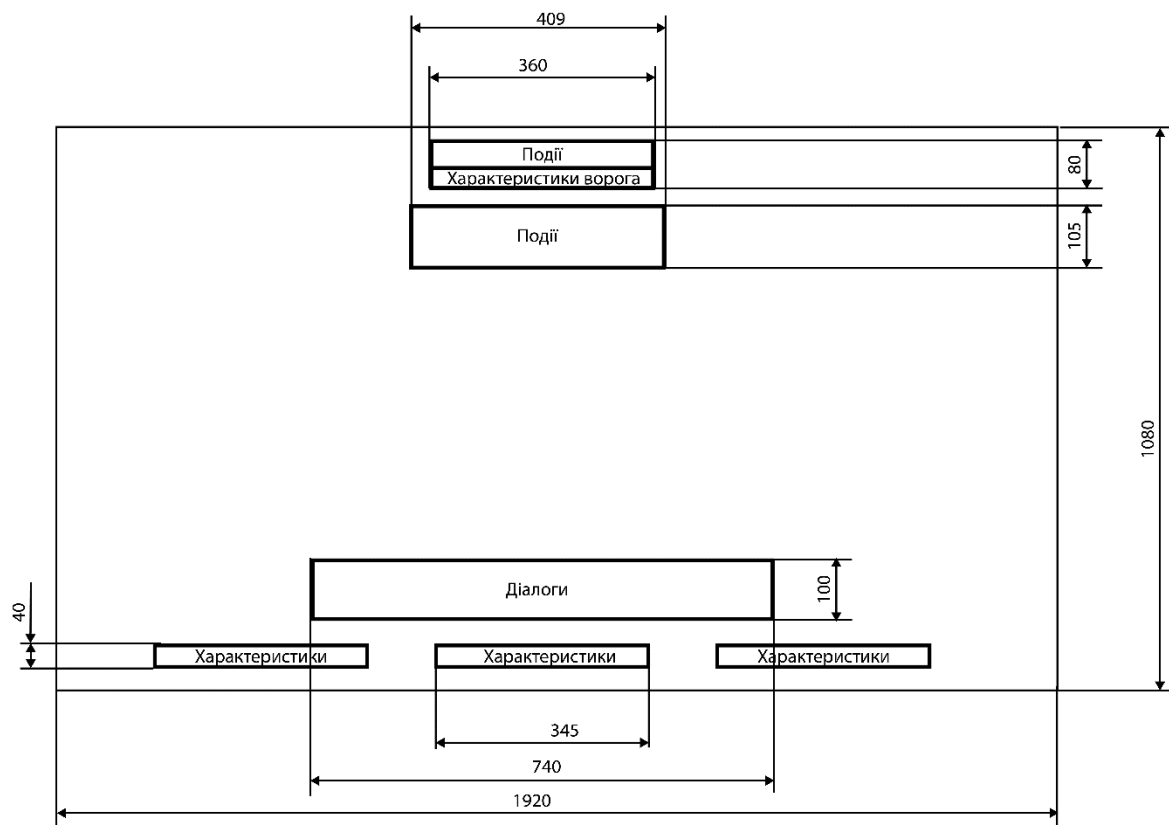


Рисунок 3.6 – Схема екрану РПГ

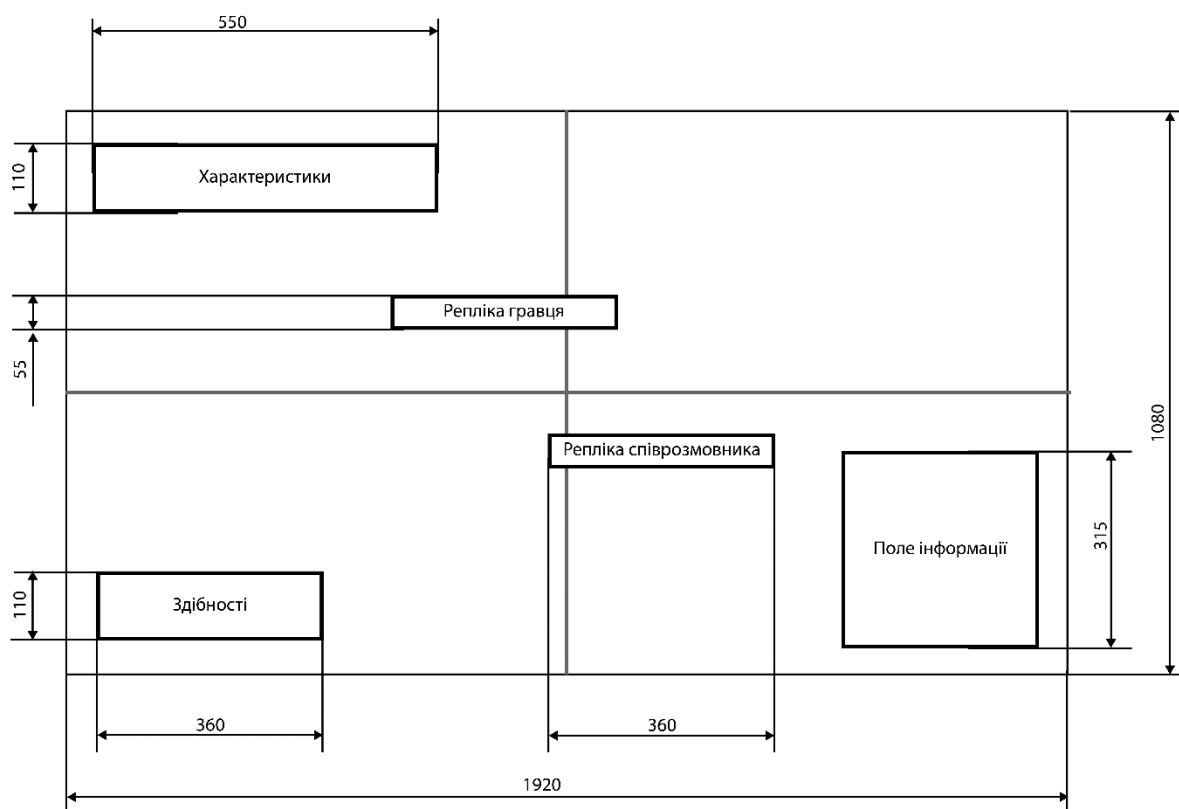


Рисунок 3.7 – Схема екрану платформера

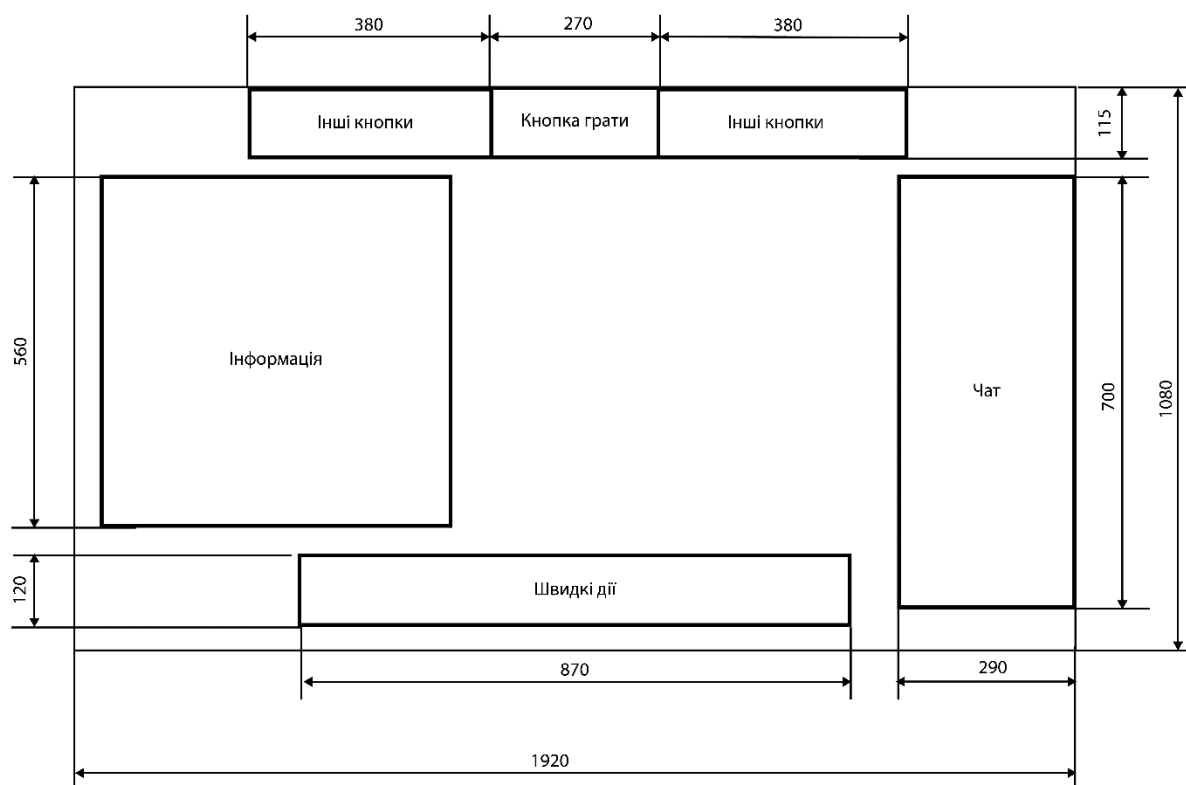


Рисунок 3.8 – Схема екрану типового екрану меню

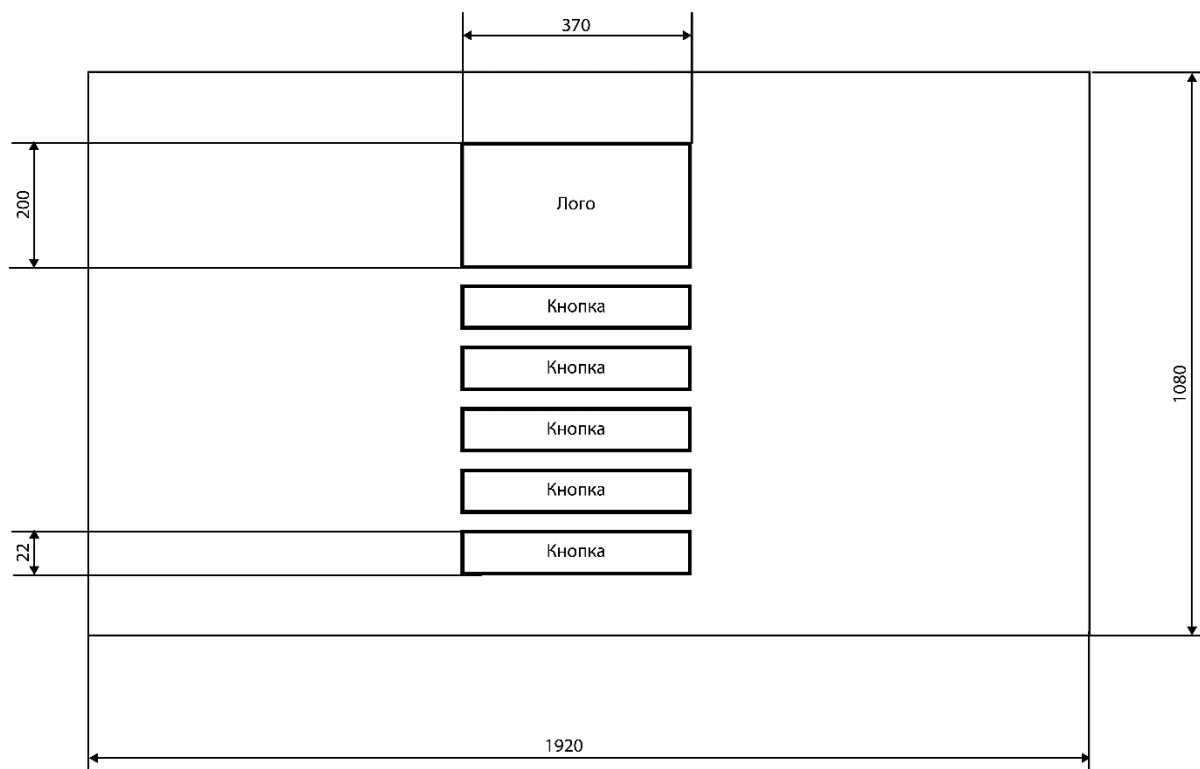


Рисунок 3.9 – Схема альтернативного типового екрану

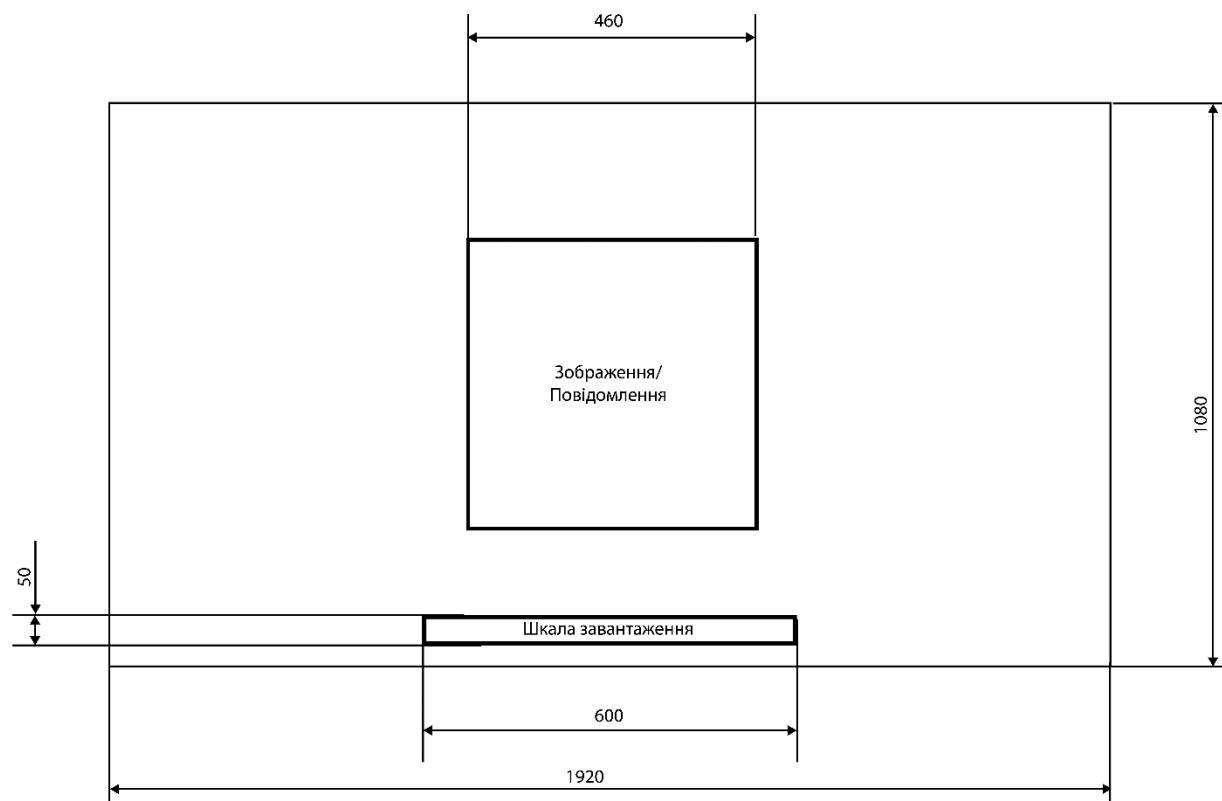


Рисунок 3.10 – Схема екрану завантаження

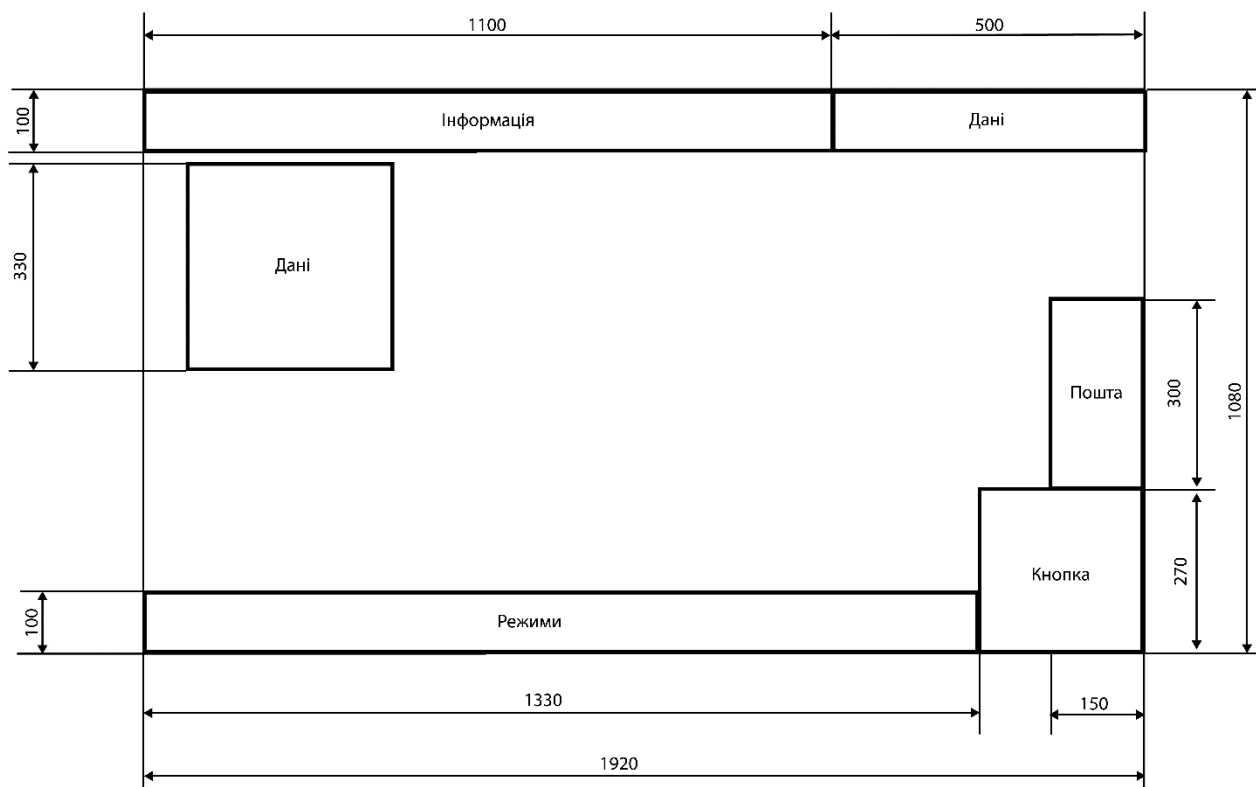


Рисунок 3.11 – Схема екрану мобільного екрану

Усі ігри складаються з двох умовних складових – меню та геймплею, відповідно до першого можна застосувати опис через характеристики того чи іншого виду інформації за рахунок оцінки їх кількості на екрані (тобто орієнтуючись на рамки, поміщаючи інформацію відштовхуючись від них) – стосовно другого ж (ігровий процес) складно оцінити кількість таким шляхом. Саме тому виробничо-технічні характеристики цього аспекту гри будуть описуватись за рахунок попередньо створених базових ігрових сцен, описані в першому розділі, що зумовлені певною щільністю різної за природою інформацією на відповідних відрізках простору. Такий підхід базується на рівномірності гейм-дизайну та дизайну рівнів. Також його можна застосовувати як для 3D, так і для 2D, лише з деякими змінами даних.

Виробничо-технічні характеристики позицій промислового завдання, в яких екран завантаження й екран жанру за замовчуванням присутні.

1. Шутер

Екрани:

- загальне меню;
- профіль;
- історія;
- ранг;
- вибір режимів;
- перша карта;
- друга карта;
- третя карта;
- четверта карта;
- п'ята карта;
- колекція;
- персонажі;
- зброя;
- майстерня;

Для кожної карти має бути по 30 ігрових сцен, а також 10 моделей персонажів. Аудіо - 6 композицій по 5 хв. Відео - 2 по 2 хв.

2. МОБА

Екрани:

- загальне меню;
- профіль;
 - історія;
 - ранг;
- вибір режимів;
 - перша карта;
 - друга карта;
- колекція;
 - персонажі;
 - образи;
- майстерня;
 - іконки;
 - сторінки рун;

Для кожної карти має бути по 40 ігрових сцен, а також 15 моделей персонажів. Аудіо - 3 композиції по 5 хв. Відео - 2 по 2 хв.

3. РПГ

Екрани:

- загальне меню;
- нова гра;
- продовжити;
- завантажити збереження;
- налаштування;
- вихід;
- меню паузи;

- предмети;
- завдання;
- персонаж;
- керівництво;

Має бути близько 160 ігрових сцен, а також 40 моделей персонажів. Аудіо - 10 композицій по 7 хв. Відео - 3 по 2 хв.

4. Платформер

Екрани:

- загальне меню;
 - нова гра;
 - продовжити;
 - завантажити збереження;
 - налаштування;
 - вихід;
- меню паузи;
 - предмети;
 - завдання;
 - персонаж;
 - керівництво;

Платформер має складатись з 300 ігрових сцен, а також 300 персонажів. Аудіо - 7 композицій по 5 хв.

5. Візуальна новела

Екрани:

- загальне меню;
 - нова гра;
 - продовжити;
 - завантажити збереження;
 - налаштування;

- вихід;
- меню паузи;
- завдання;
- персонаж;

У випадку цього жанру екрани новели ототожнюються з ігровим процесом. Візуальна новела має складатись з 30 ігрових сцен, а також 15 персонажів. Аудіо - 7 композицій по 5 хв.

3.1.2 Вибір технології та структури виробничих процесів

Для вибору найкращого технологічного процесу було застосовано метод системного аналізу при виборі того чи іншого варіанту. З цієї мети відбувається формування й аналіз системи «чорної скриньки», у кожному блоці якої визначенні варіанти технологічних процесів, устаткування, матеріалів і режимів.

Важливим фактором, що лежить в основі технологічних процесів створення гри, є саме обрання програмного засобу, що має скомпонувати усі запроектовані види інформації – це ігровий рушій.

Розглядаються наступні 2 основні рушії для створення ігор:

- Unity;
- Unreal Engine 4;

Обрано саме ці програмні продукти, адже вони мають засоби для компонування мультимедійної інформації, а також гнучкого опрацювання, налаштування та випуску ігор.

Устаткування детальніше розглянуто в наступному розділі.

Відповідно будуть розглядатись три технологічні режими, що у контексті гри виступають мовами програмування, саме:

- C#;
- C++;
- Blueprint;

Матеріалами приймалися мінімальні та максимальні системні вимоги ПЗ, яка наведено в пункті устаткування, що були визначенні з аналізу у третьому розділі.

Відповідно було розглянуто: максимальні вимоги до устаткування, вибір яких, дає можливість використання більш досконалих інструментів для створення перш за все 3D-контенту; мінімальні, які розглядаються з точки зору використання слабшого системного блоку, що має сенс при виконанні абсолютного мінімуму наповнення ігор.

При побудові системи «чорна скринька» було використано норми і стандарти з джерел [20-23].

Технологія створення гри в рушіях Unity та UE складається в основному з однакових технологічних етапів: 1 – Прототипування; 2 – Завантаження усієї інформації у рушій; 3 – Програмування; 4 – Створення сцен; 5 – Оптимізація.

Система «чорна скринька» варіантів технологічних процесів наведена на рисунку 3.12

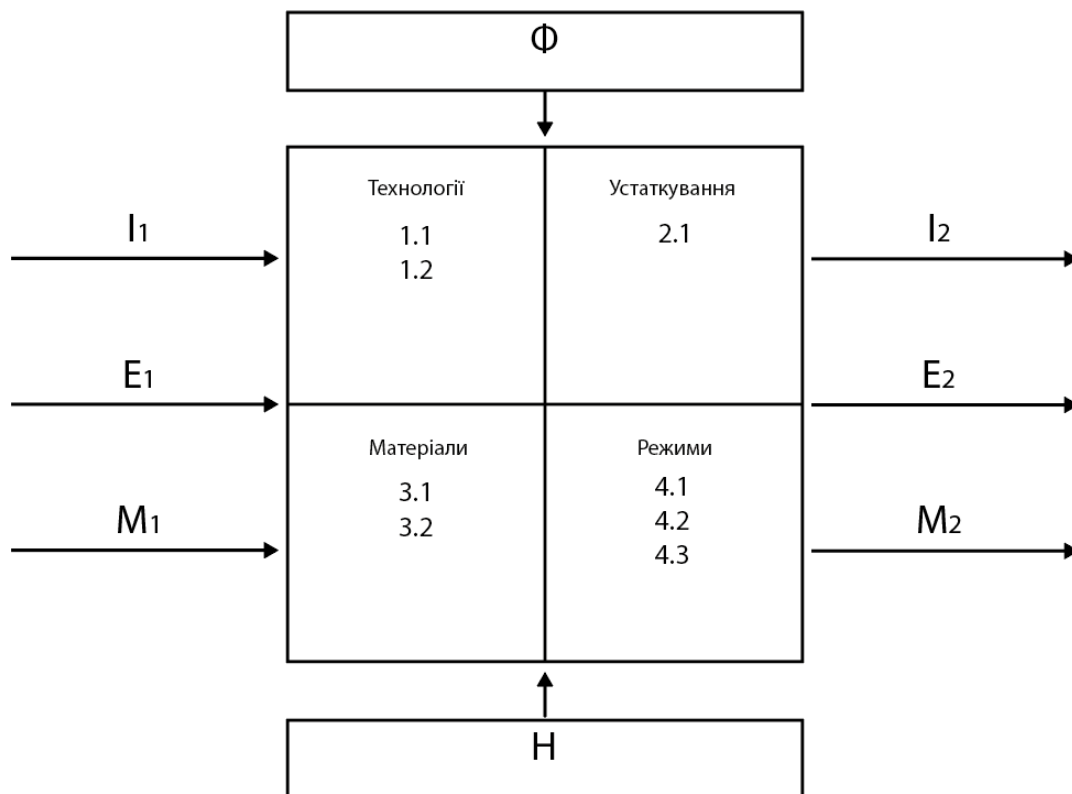


Рисунок 3.12 – Система «чорна скринька» варіантів технологічних процесів, де:

I_1 – Аудіо-, відео-, текстова, графічна інформації; I_2 - Гра;

E_1 – необхідні 74874 Вт; E_2 - витрачені 74874 Вт;

M_1 – ОЗП, НЖМД, ВП; M_2 – Ел. файл, з грою;

Φ – Потреби інвесторів та аудиторії, строки виконання, термін дії ліцензії на ПО.

Н – ТЗ, ДСТУ EN 60950-1:2015

1.1 Unity

1.2 UE

2.1 Vinga Barbarian; Asus V Z27AQ; Geforce **80Ti;

3.1 Мін. 8 Гб ОЗУ; 40 Гб ОЖД; 3.2 Макс. 16 Гб ОЗУ; 50 Гб ОЖД;

4.1 C#; 4.2 C++; 4.3 Нодове програмування;

Серед можливих технологічних ланцюгів найбільш показовими є:

1.1 – 2.1 - 3.1 - 4.1. Найдешевший та найшвидший варіант, що сильно поступається з точки зору графічній досконалості у порівнянні з іншими технологічними ланцюгами, проте дозволяє слідувати усім строкам виконання.

1.2 - 2.2 - 3.1 - 4.2. Можливий технологічний ланцюг, який є широковживаним, бо слідує усталеним традиціям створення ігор. Дозволяє досягти високого рівня кінцевого продукту, проте сам процес не є оптимізованим настільки, щоб відповідати сучасним викликам.

1.2 - 2.1 - 3.2 - 4.2 – 4.3. Це найкращий ланцюг з точки зору швидкості та раціональності використовуваних ресурсів, особливо в аспекті програмування та матеріалів. UE надає можливість всю основну логіку створювати за допомогою C++, а нодове програмування Blueprint для логіки ефектів та здібностей в грі.

Вагомим фактором при виборі того чи іншого технологічного ланцюга є витрати часу, а також кінцевий результат в балансі з трудомісткістю. Тому третій ланцюг є найбільш доцільним.

На базі даних отриманих з попередених розділів, апаратного та програмного забезпечення та обраного технологічного ланцюга створюється загальна блок-схема технологічного процесу створення ігор рис. 4.1. При її створенні було використано джерела [24-26].

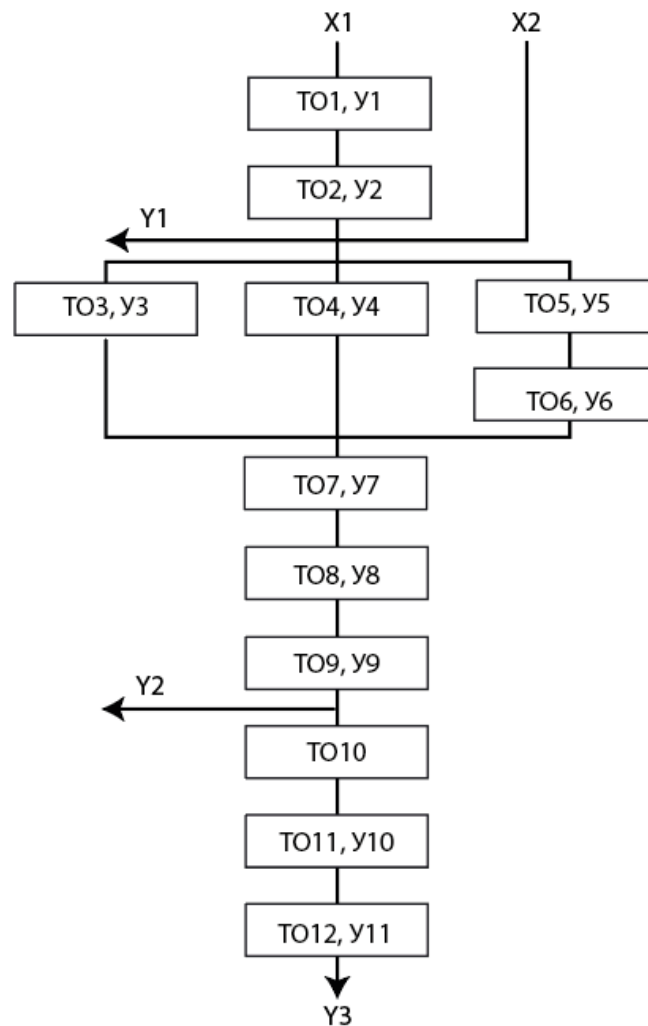


Рисунок 3.13 - Загальна блок-схема створення ігор, де:

X1 — Сценарій; X2 - Сценарій, концепт-арт, розкадровки;

TO1 — Концептування; Y1 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма, програма Illustrator, Adobe Photoshop, Miro; TO2 — Прототипування; Y2 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма Visual Studio, Trello; TO3 — Створення текстової інформації; Y3 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма Excel; nTO4 — Створення графічної інформації; Y4 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, Parblo A610 V2, програма Illustrator, Adobe Photoshop; TO5 — Створення 3D-контенту; Y5 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, Geforce 60-60Ti, програма Blender 2.93 TO6 — Створення відеоінформації; TO7 — Створення аудіо інформації; TO8 — Програмування; Y8 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма Visual Studio; TO9 — Створення сцен у рушії; Y9 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма UE5; TO10 — Оптимізація; TO11 – Тестування; Y10 — PC Vinga

Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма Visual Studio; TO12 - Закрите/відкрите тестування; Y11 — PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, програма Visual Studio.

Y1 - Диз-док; Y2 - Вертикальний зріз; Y3 - Готова гра.

Коефіцієнт автоматизації виробничих процесів:

$$(0,2+0,2+0,3+0,6+0,6+0,5+0,6+0,4+0,4+0,6+0,6+0,6) / 12 = 0,466$$

$$(0,2+0,2+0,3+0,6+0,6+0,5+0,6+0,4+0,6+0,6+0,7+0,6) / 12 = 0,491$$

$$(0,2+0,2+0,3+0,6+0,6+0,5+0,6+0,4+0,5+0,8+0,7+0,6) / 12 = 0,5$$

Коефіцієнт комп'ютеризації:

$$(1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1) / 12 = 1$$

$$(1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1) / 12 = 1$$

$$(1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1) / 12 = 1$$

Коефіцієнт технологічності:

$$(321,5535+16028,31+18,01236+418,4563+7760,833+29624,85167+319,0972 + 26400+ 4806+ 9944) / 91091,11 = 1,049950034$$

$$(321,5535+16028,31+18,01236+418,4563+7760,833+29624,85167+319,0972 +24000+ 4272+9040) / 91091,11 = 1,007816394$$

$$(321,5535+16028,31+18,01236+418,4563+7760,833+29624,85167+319,0972 +24000+3560+9040) / 91091,11 = 1,000000044$$

Коефіцієнт автоматизації виробничих процесів базується на змінах в технологічних операціях програмування, створення сцен та тестуванні, що залежить від того чи іншого технологічного ланцюга. У свою чергу, подібним чином обрахований коефіцієнт технологічності, що вміщує в собі дані виконання промислового завдання, які обраховані далі у розділі.

3.1.2.1 Вибір апаратно-програмного забезпечення, обладнання та матеріалів

Апаратно-програмне забезпечення має дуже вагоме значення з огляду на специфіку продукції, що має виробляти підприємство. Разом з тим, обладнання і відповідні матеріали мають не менше значення, бо визначатимуть промислові

потужності студії, що проектується. Першим кроком має стати обрання операційної системи (рис. 3.14), що має розпочати поступове обрання й інших складових забезпечення технологічного процесу.

Позитивні характеристики розраховуються за формулою 3.1 [19]:

$$ai = 10 * xi \text{ n } xi \text{ max} \quad (3.1)$$

де ai — умовне (приведене) позначення i -ї характеристики; $xi \text{ n}$ —поточне значення i -ї характеристики; $xi \text{ max}$ — максимальне значення i -ї характеристики для всіх варіантів.

Негативні характеристики розраховуються за формулою 3.2.

$$ai = 10 \text{ xi max} - xi \text{ n } xi \text{ max} \quad (3.2)$$

Числове представлення результатів порівняння наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 — Характеристики операційних систем (надалі - ОС)

Характеристика	Назва ОС		
	Linux Mint 20	Windows 10	MacOS Catalina
ОЗП, Гб	1	2	4
Процесор, ГГц	2.0	1	1.8
ОЗП, Гб	15	32	12,5



Рисунок 3.14 – Пелюсткова діаграма порівняння ОС

Незважаючи на результати порівняння, обрано саме операційну систему Windows 10, оскільки вона є головною платформою, на яку орієнтується переважна більшість розробників програмного забезпечення.

Було обрано програмні продукти для виконання операцій зі створення різноманітного роду контенту ігор, з точки зору популярності та використовуваності спеціалістами. Відповідно наведено програмне забезпечення для 3D-моделювання, яке є спеціалізованим під кожен операцію і є практично вимогою індустрії.

Таблиця 3.6 – Програмні продукти

Контент	Програмні продукти
Текстове наповнення	Microsoft Word
Ілюстраційне наповнення	Illustrator, Photoshop
Аудіо	FL Studio, Audacity
Відео	Adobe Premiere
2D	DragonBone
3D	Zbrush, UVLayout, Substance Painter, Maya
Рушій	Unreal Engine

Мінімальні системні вимоги цього комплексу ПЗ дорівнює: від 8 Гб ОЗУ та близько 20 Гб ОЖД, а максимальні – 16 Гб ОЗУ при приблизно такому ж рівні необхідного обсягу ОЖД. Також важливе значення має мінімальні та рекомендовані вимоги до відеокарти – 4 та 8 Гб. Саме ці вимоги диктуються програмним продуктом Substance Painter.

При виборі устаткування, а саме: системного блоку (надалі - СБ), монітора та інших пристроїв, було звернено увагу на характеристики, що мають безпосереднє значення при створенні інтерактивної презентації до гри. Варіанти СБ, операційної системи, моніторів, а також графічних планшетів обирались з приблизно однієї цінової категорії, а їх відповідні характеристики зазначені на таблицях 3.7-3.9. Також зроблено пелюсткові діаграми порівняння устаткування в яких відповідні характеристики переведені у значення в діапазоні від 0 до 1 відносно максимально та мінімального чисел. Діаграми порівняння наведено на рисунках 3.15-3.17, в ході яких визначено найкращий з точки зору характеристик

обладнання, яке складатиме робочу станцію для використання або одним спеціалістом, або групою спеціалістів. Така робоча станція у першому випадку буде відноситись до типу УРС. Характеристики обладнання були взяті з джерел [27-36].

Таблиця 3.7 — Характеристики системних блоків

Характеристика	Назва системного блоку		
	Expert PC Ultimate	Qbox I0909	Vinga Barbarian 0022
Оперативна пам'ять, Гб	8	8	16
Тактова частота, КГц	3,6	2,9 (4,1)	3,6
Об'єм жорсткого диску, Гб	1000	1000	1000
Потужність блоку живлення, Вт	500	400	500

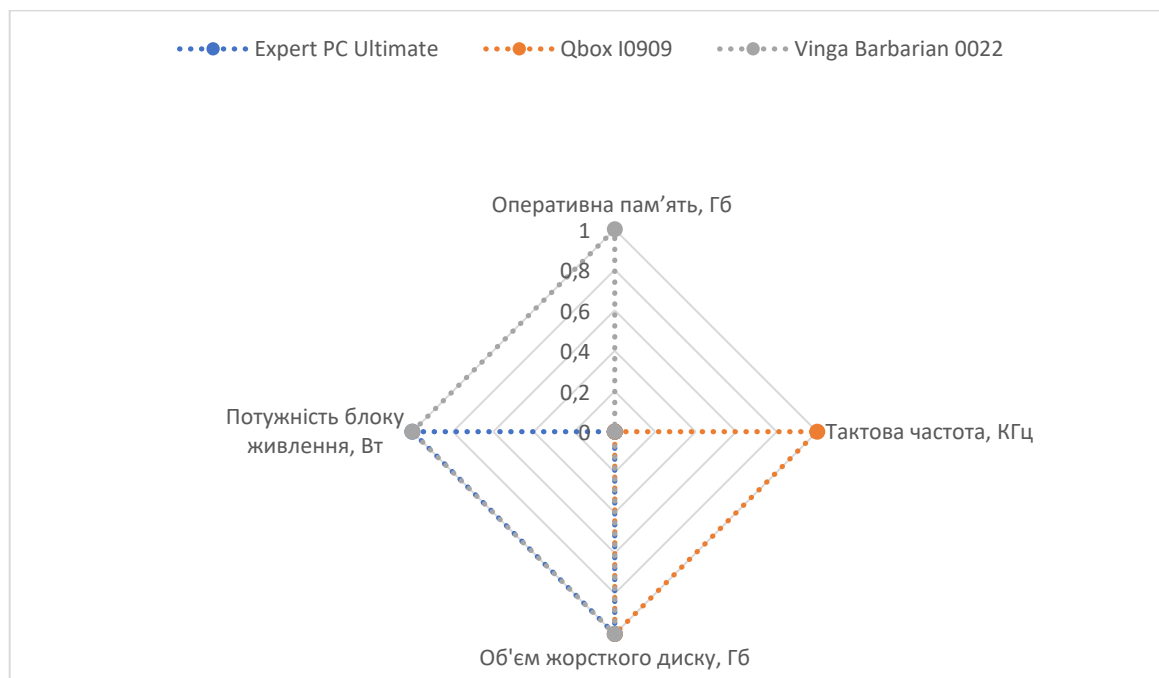


Рисунок 3.15 – Радіальна діаграма порівняння СБ

З радіальної діаграми 3.15 стало зрозуміло, що найкращим СБ з порівнюваних є Vinga Barbarian 0022.

Таблиця 3.8 — Характеристики моніторів

Характеристика	Назва моніторів		
	ASUS VZ27AQ	DELL ULTRASHARP U2415	Samsung Curved C27R500F
Діагональ, дюйм	27	24.1	27
Контрастність	1300: 1	1000:1	3000:1
Роздільна здатність, dpi	3840x2160	1920x1200	1980x1080

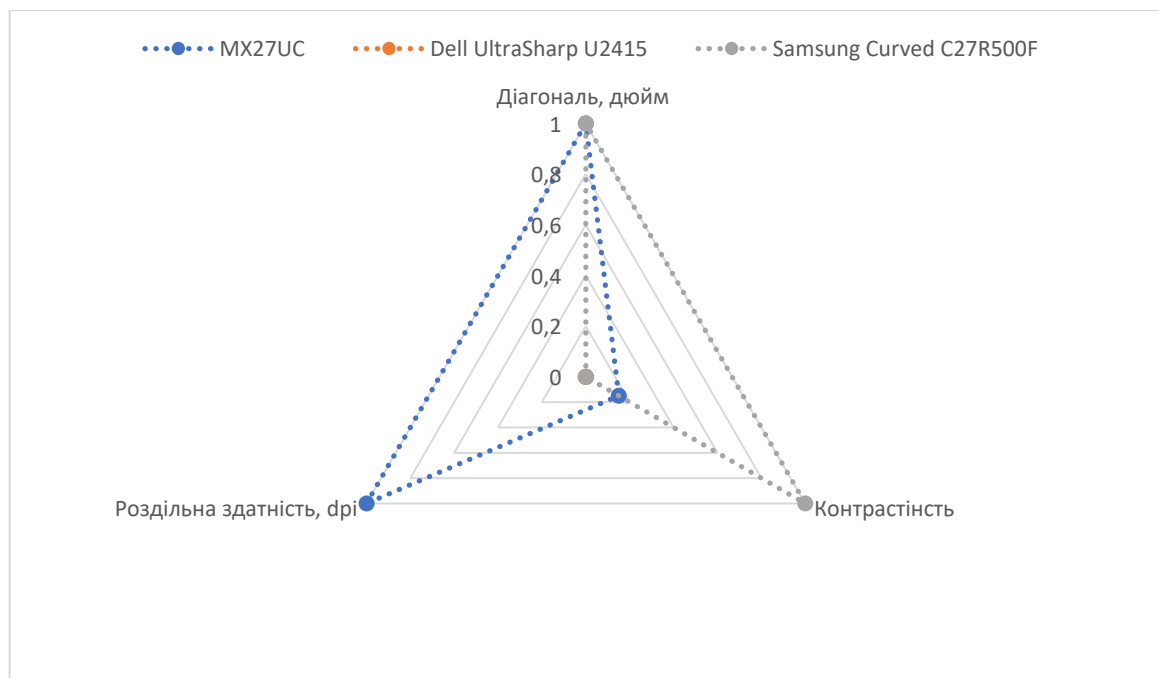


Рисунок 3.16 – Пелюсткова діаграма порівняння моніторів

У свою чергу після аналізу пелюсткової діаграми 3.16 стає зрозуміло, що найкращим монітором з порівнюваних є саме ASUS VZ27AQ.

Таблиця 3.9 — Характеристики графічних планшетів

Характеристика	Назва графічних планшетів.		
	Wacom Intuos S	Parblo A610 V2	HUION HS64 Black
Діагональ, дюйм	8 x 6	10 x 6	6 X 4
Кількість градацій	4096	8192	8192
Роздільна здатність, lpi	2540	5080	5080
Клавіші керування	4	8	4

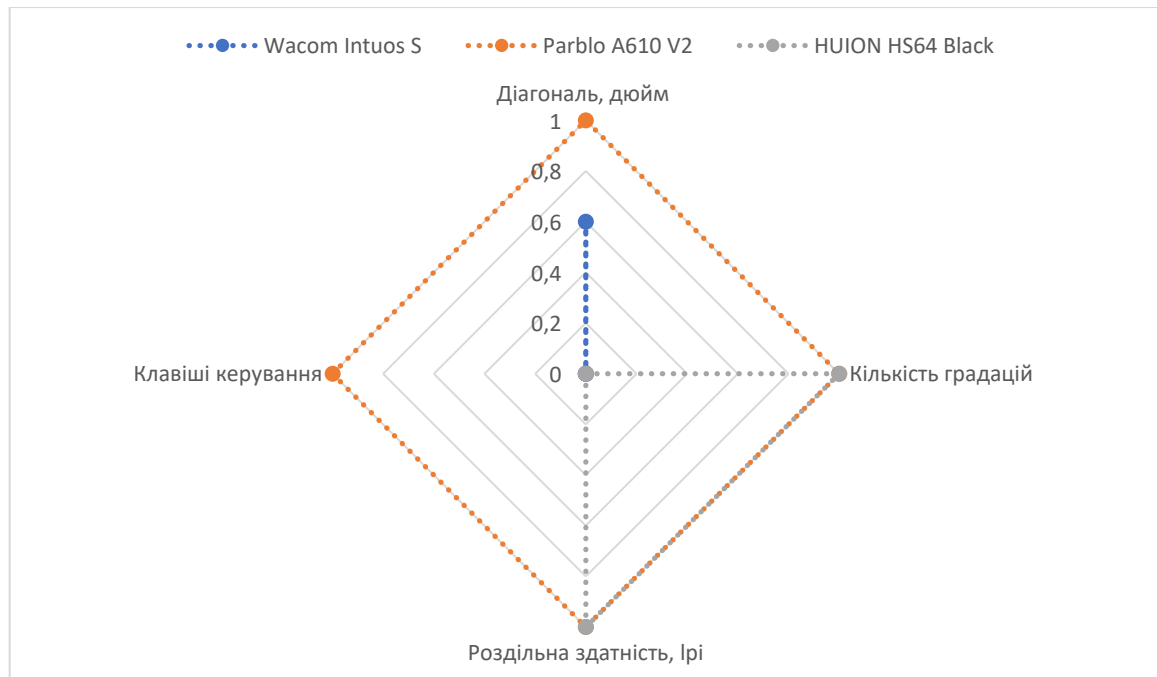


Рисунок 3.17 – Радіальна діаграма порівняння графічних планшетів.

В якості графічного планшету обрано Parblo A610 V2, серед бюджетних планшетів, який так само надає необхідний рівень якості тих чи інших робіт..

Аналогічним чином, як до вибору попередніх пристроїв обрано відеокарту, роутер та файловий сервер, що показано у таблицях 3.10-3.12 та рисунках 3.18 та 3.19.

Таблиця 3.10 — Характеристики графічних відеокарт

Характеристика	Назва графічних відеокарт		
	GeForce RTX 3060Ti	GeForce RTX 3070Ti	GeForce RTX 3080Ti
Частота роботи ядра, МГц	1410-1665	1410-1695	1410-1740
Шейдерних блоків	4864	6144	10240
Частота роботи пам'яті (DDR), МГц	1750 (14000)	2000 (16000)	1188 (19000)
Об'єм пам'яті	8192	16384	20480
ПСП, ГБ/с	448	512	760

Оскільки розглядаються лише відеокарти NVIDIA, бо вони будуть використовуватись не лише для створення 3D-моделей, але й для рендера, то і робити діаграму порівняння не має потреби. Отже, враховуючи обране

програмне забезпечення та його системні вимоги, а також запроєктований загальний рівень опрацювання тої чи іншої інформації, загальною характеристикою моделей відеокарти, а також їхніми технічними характеристиками, прийнято рішення обрати GeForce RTX 3080 Ti – максимально доцільний варіант, який відповідає рекомендованим вимогам від програмного забезпечення, а також надасть можливість створювати проекти середнього рівня.

Останнім обладнанням, що необхідно обрати, є мережеві пристрої, які забезпечать функціонування КС.

Таблиця 3.11 — Характеристики роутера

Характеристика	Назва роутерів		
	MikroTik CRS109-8G-1S-2HnD-IN	Asus RT-AC88U	TP-LINK Archer C60
Швидкість, Мбіт/с	1 280	2167	2167
Габарити, мм	185 x 145 x 45	300 x 188 x 60.5	230 x 144 x 37
Кількість антенн	1 x 10/100/1000 RJ-45	1 x 10/100/1000 RJ-45	1 x 10/100 RJ-45

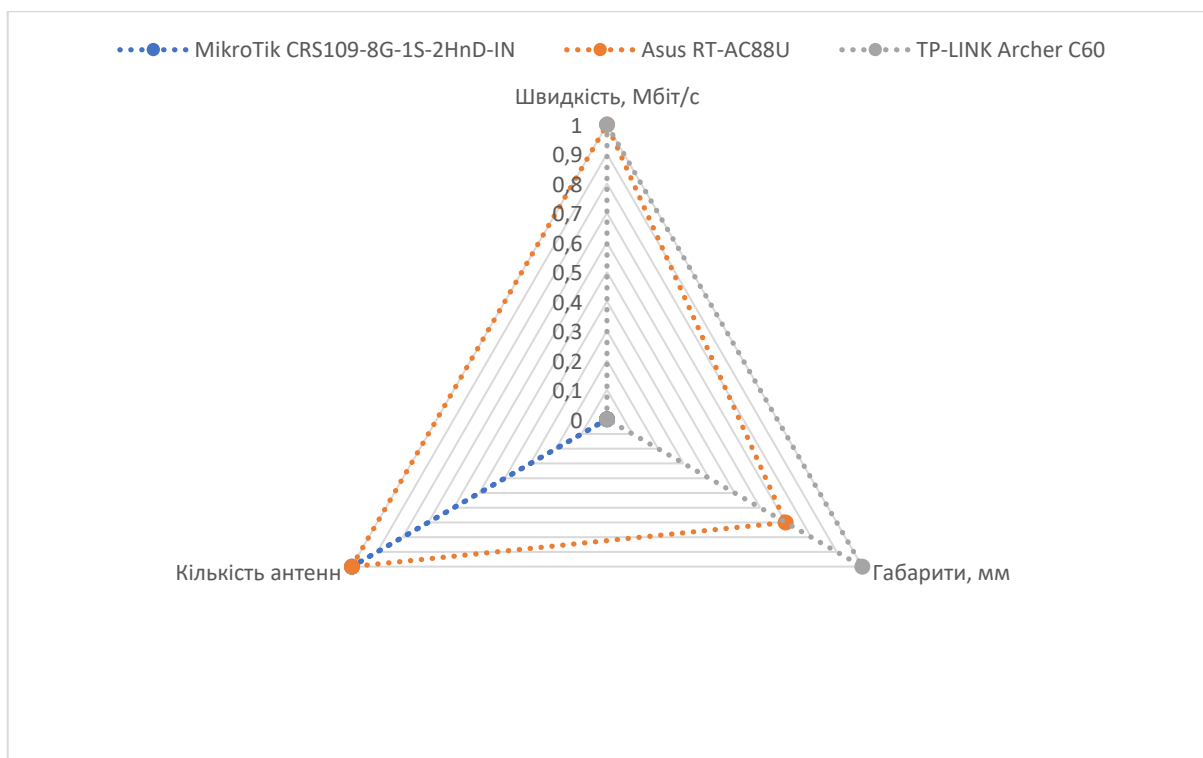


Рисунок 3.18 – Радіальна діаграма порівняння роутерів

Отже, згідно з діаграмою порівняння найкращим вибором є Asus RT-AC88U.

Таблиця 3.12 — Характеристики файлового сервера

Характеристика	Назви файлових серверів		
	Dell R610	HP ProLiant DL380e G8 LFF	SuperMicro 5017GR-TF
Кількість процесорів	2	2	1
Кількість ядер процесора	4	8	6
Слоти для пам'яті	6	12	8
Об'єм оперативної пам'яті	16	8	8

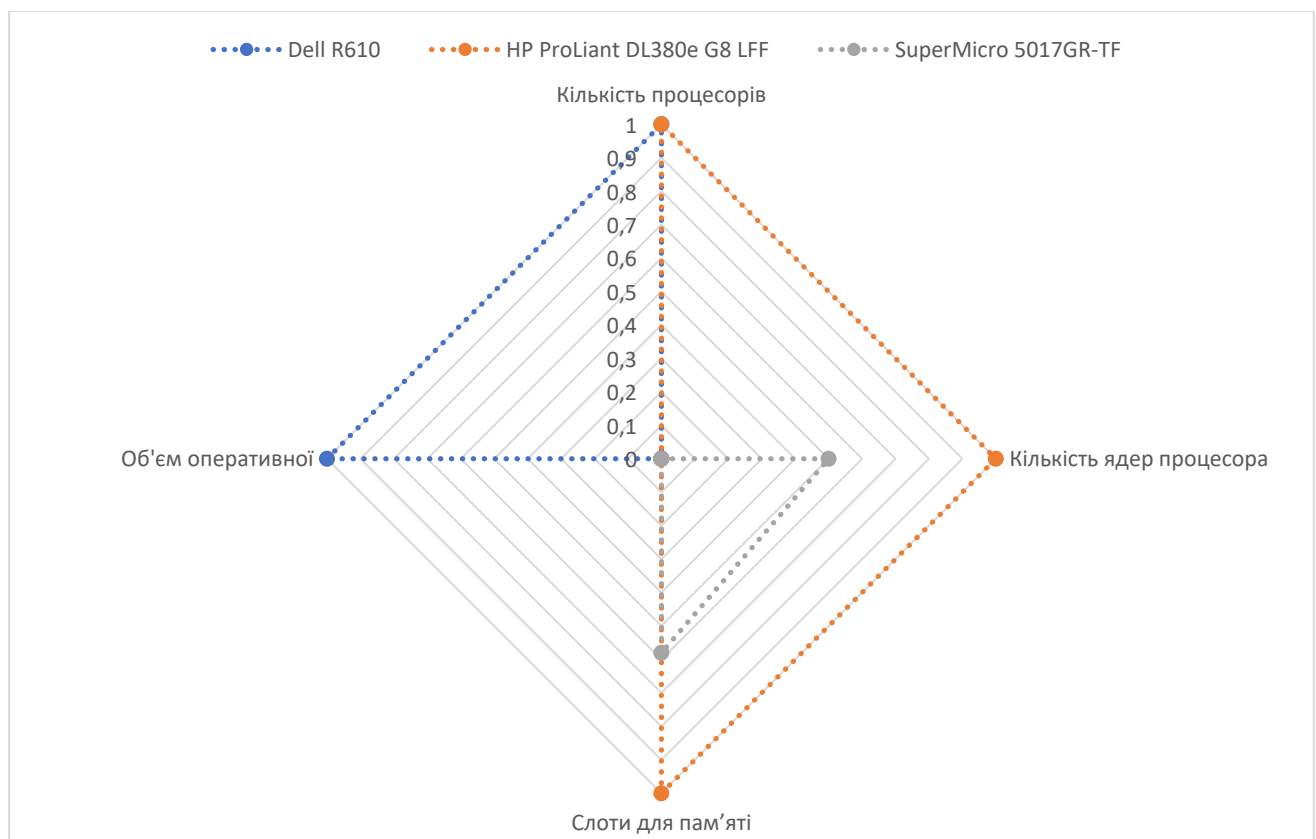


Рисунок 3.19 – Пелюсткова діаграма порівняння файлових серверів

Отже, згідно з діаграмою порівняння найкращим вибором є HP ProLiant DL380e G8 LFF.

3.1.2.2 Організаційна структура виробництва

Підрозділи студії зумовлені тим, що підприємство виконую лише функції виконання промислових завдань, тому структура немає у собі відділ менеджменту. У свою чергу, директор, заступник директора та бухгалтер разом з іншими інженерно-технічними працівниками складають адміністрацію, що відображено на схемі організаційної структури - рисунку 3.20

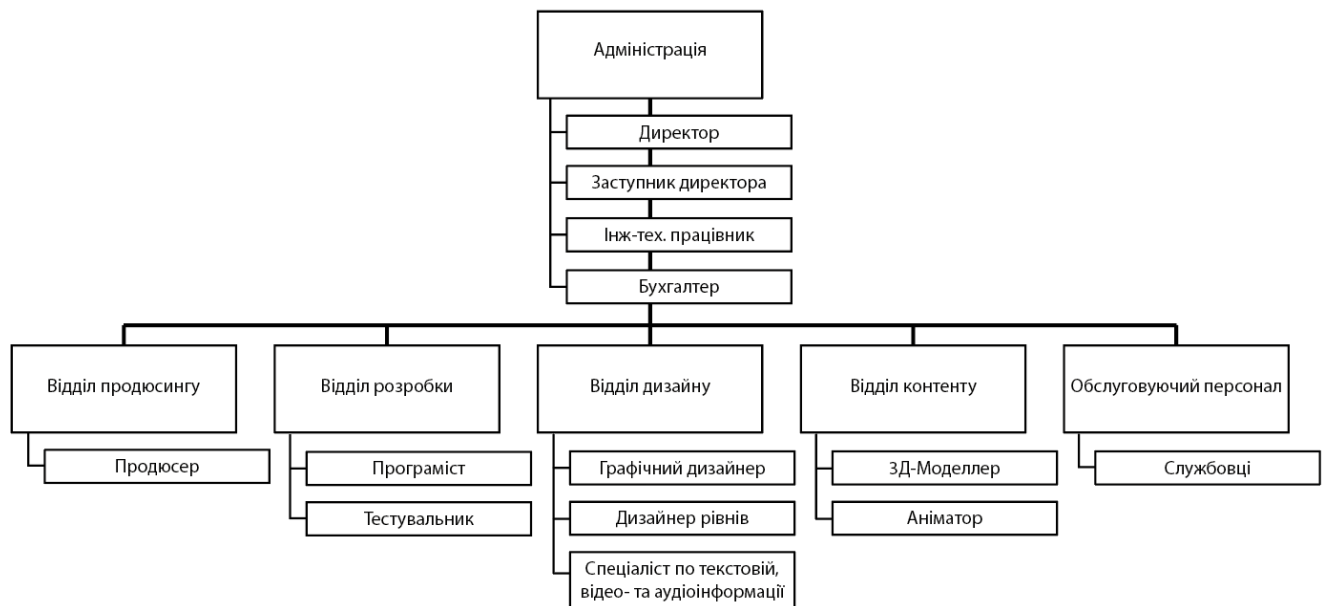


Рисунок 3.20 – Організаційна структура студії з виготовлення мультимедійної продукції

3.1.2.3 Основні характеристики проекту та його цілі

Проект: студія зі створення мультимедійних продуктів у сфері гейм-індустрії. Цей проєкт доцільний, оскільки ця індустрія є найбільш прибутковою в наш час. Окрім того, 2D/3D гра є однією із найскладніших мультимедійних продуктів, бо поєднують практично усі види інформації та подають її за рахунок інтерактивності. Саме тому раціональне та ефективне проєктування студій, що спеціалізуються на створенні подібних продуктів, є крайне необхідним.

Опис проєкту: Створення нового виробництва мультимедійних продуктів

Регіон: Україна

Галузь: Індустрія розваг, основні функції якої - створення настрою, виховання і розвиток особистості.

Інформація про основних учасників проєкту:

Усі залучені спеціалісти та організацію отримують кошт за свій вклад в розробку-реалізацію проєкту. Інвестор отримає кошти безпосередньо від результату та діяльності комплексу створення мультимедійних продуктів. Основні учасники проєкту: інвестор, замовник, проєктувальна організація, генпідрядна (будівельна), субпідрядна (дрібні підрядники). Інвестиція у будівництво комплексу створення мультимедійних продуктів, що значно вплине на ефективність та темпи випуску продуктів. Окрім того, окремий простір будівлі може бути використаний для здачі під оренду, та інших громадських заходів. Інвесторами кожного окремого проєкту можуть виступати як кінцевий споживач за допомогою краудфандінгу, так і приватний інвестор/ігрове видавництво.

3.1.3 Розрахунок розгорнутого промислового завдання

Отже, відповідно до промислового завдання та його виробничо-технічних характеристик було створено таблицю 3.13 з розрахунками промислового завдання.

Таблиця 3.13 – Розгорнуте промислове завдання

№ позиції	Жанр мульт. прод.	Тип	Платформа	Колірна модель	Ілюстративність, %	К-ть типових екранів
1	2	3	4	5	6	7
1	Шутер	3D	Desktop (PC)	RGB	70	3
2	МОБА	3D	Desktop (PC), Mobile		70	3
3	РПГ	3D	Desktop (PC)		70	4
4	Платф.	2D	Desktop (PC), Mobile		80	4
5	Віз. новела	2D	Desktop (PC), Mobile		60	4

Продовження таблиці 3.13

Завдання по набору тексту та опрацювання ілюстрацій				
8	9	10	11	12
Текстова інформація, тис. знаків	Група складності тексту	Графічна інформація, 100 см ²	Група складності графічної інформації	Вага графічного матеріалу, Мб
113,4	1	14628,78	4	52,6636
219,3	1	27920,99	4	100,5155
198,7	1	22768,23	4	81,96563
555,7	1	928627,8	4	3343,06
1220,7	1	1263563	4	4548,826

Продовження таблиці 3.13

Завдання по програмуванню, тестуванню та створенню сцен			
13	14	15	16
Кількість механік	Група складності для програмування та тестування	Кількість сцен	Група складності для оптимізації
50	3	30	3
40	3	40	3
190	3	160	3
35	2	300	1
25	1	350	1

Продовження таблиці 3.13

Завдання по створення моделей та текстуровання					
17	18	19	20	21	22
Кількість моделей, од	Тривалість анімації, с	Розмір текстур	Текстурування, 100 см ²	Вага текстур, Мб	Формат
220	450	2048	183500	660,6	.obj, .fbx
295	675	2048	249560	898,416	obj, .fbx
1160	1800	2048	939520	3382,272	obj, .fbx
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Кінець таблиці 3.13

Завдання по створенню аудіо та відео					
23	24	25	26	27	28
Тривалість аудіо,с	Вага аудіофайлу, Мб	Формат аудіо	Тривалість відео,с	Вага відеофайлу, Мб	Формат відео
2525	54,70833	.wav	19	0,077917	.mp4
2060	44,63333	.wav	24	0,079444	.mp4
6710	145,3833	.wav	86	0,134444	.mp4
13140	284,7	.wav	-	-	-
16390	355,1167	.wav	-	-	-

3.1.4. Розрахунок обсягу виробництва, трудомісткості робіт, необхідної кількості устаткування та робочих місць, кількості працюючих

У попередньому підрозділі виконано виробничі розрахунки, що визначають основні параметри та потужність підприємства повинні визначають: загальний обсяг робіт у натуральному та нормо-годинному виразі для конкретної позиції промислового завдання на кожному робочому місці; трудомісткість всіх виробничих операцій кожного технологічного процесу.

Завдяки цим розрахункам стане можливим визначення необхідної кількості одиниць устаткування; чисельності робітників та працюючих (явочне та за списком) на робочих місцях та в цілому на дільниці, що проектується; виробничу площу відділу створення 3D-сцени.

Тому було сформовано таблицю 3.14, в якій розкриваються усі головні і визначальні показники проекту

Таблиця 3.18 – Завдання на текстування

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	100 см ²	183500	129,5	3960,542
2	МОВА	1	100 см ²	249560	129,5	5386,337
3	РПГ	1	100 см ²	939520	129,5	20277,97
4	Платформер	1	100 см ²	183500	129,5	3960,542
5	Візуальна Новела	1	100 см ²	249560	129,5	5386,337
Всього						29624,85

Таблиця 3.19 – Завдання на створення та обробку графічної інформації

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	100 см ²	14628,78	42,8	103,8643
2	МОВА	1	100 см ²	27920,99	42,8	198,239
3	РПГ	1	100 см ²	22768,23	42,8	161,6544
4	Платформер	1	100 см ²	928627,8	42,8	6593,257
5	Візуальна Новела	1	100 см ²	1263563	42,8	8971,295
Всього						16028,31

Таблиця 3.20 – Завдання на анімування

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	хв.	7,5	90	11,25
2	МОВА	1	хв.	11,25	90	16,875
3	РПГ	1	хв.	30	90	45
4	Платформер	1	хв.	115	55	105,4167
5	Візуальна Новела	1	хв.	153,3333	55	140,5556
Всього						319,0972

Таблиця 3.21 – Завдання на створення сцен

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	сцена	30	7	210
2	МОВА	1	сцена	40	7	280
3	РПГ	1	сцена	160	7	1120
4	Платформер	1	сцена	300	3	900
5	Візуальна Новела	1	сцена	350	3	1050
Всього						3560

Таблиця 3.22 – Завдання на програмування

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од.	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	механіка	50	72	3600
2	МОВА	1	механіка	40	72	2880
3	РПГ	1	механіка	190	72	13680
4	Платформер	1	механіка	35	64	2240
5	Візуальна Новела	1	механіка	25	64	1600
Всього						24000

Таблиця 3.23 – Завдання на тестування

Позиція пром. завдання	Тип продукції	Кількість назв за пром завданням	Обл. од.	К-ть обл. од.	Норма часу на обл. од., хв	Час на виконання операції, год
1	Шутер	1	механіка	50	28	1400
2	МОВА	1	механіка	40	28	1120
3	РПГ	1	механіка	190	28	5320
4	Платформер	1	механіка	35	20	700
5	Візуальна Новела	1	механіка	25	20	500
Всього						9040

Отже, базуючись на попередніх розрахунках проведено визначення к-ть РС та персоналу, що наведено у таблицях 3.24 та 3.25.

Таблиця 3.24 – Необхідна кількість устаткування та робочих місць

№	РС	Марка	Модель устаткування	Виробнича програма, нормо-годин	Необхідна кількість РС, од	
					Розрахункова	Прийнята проєктом
1	УРС	PC Vinga,, Монітор ASUS	Barbarian 0022, VZ27AQ	758,0221	0,378632	1
2	РСС			3560	1,778222	2
3	РСГ			16028,31	8,006149	9
4	РСМ			37385,69	18,67417	19
5	РСА			319,0972	0,159389	1
6	РСК			24000	11,98801199	12
7	РСТС			9040	4,515484515	5

Таблиця 3.25 – Чисельність працівників

№	РС	Операції, посада	Розрахункова к-ть робочих станцій, одиниць	Чисельність та розряд робітників	Явочна к-ть робітників	Списочна к-ть робітників, осіб
1	УРС	Введення та обробка тексту. Створення ілюстрацій. Створення відео	1	1 (Mid-level)	1	1,125
2	РСГ	Створення ілюстрацій	9	3 (Mid-level)	9	3,375
3	РСМ	Створення 3D-моделей і персонажів з текстурами	19	20 (Junior) 15 (Mid-level) 5 (Senior)	19	45
4	РСА	Анімування персонажів	1	1 (Mid-level)	1	1,125
5	РСК	Ігрових механік	12	6 (Junior) 5 (Senior)	12	12,375
6	РСТС	Тестування механік	5	3 (Junior) 1 (Senior)	5	4,5
7	РСС	Формування рівнів, постобробки сцени, Blueprint.	2	1 (Junior) 1 (Senior)	2	2,25
8	РСАД	Директор	1	-	1	1
9		Заступник директора	1	-	1	1
10		Бухгалтер	1	-	1	1
11		Інж-тех. працівники	7	-	7	7
12	РСП	Продюсери	2	-	2	2
13	-	Службовці	5	-	5	5
				Загалом:	68	73,125

3.1.5 Виробничо-технологічні плани виробничих приміщень

Створено структурну схему комп'ютеризованої системи відділу.
Розраховано об'ємно-планувальні показники підприємства.

$$\text{Робоча площа (Sp.м.)} = 6 \text{ м}^2 \times 51 = 306 \text{ м}^2$$

Сходові клітки: 3,5 м на 1,6 м.

Прийнята сітка колон: $(9+3+9) \times 6 \text{ м}$

$$\text{Загальна площа (Sz)} = 306 + 10,71 + 5,6 = 322,31 \text{ м}^2$$

$$\text{KЗ} = \text{Sзаб} / \text{Спідпр} = 504 \times 2 = 1008, \text{ однак з урахуванням паркових 8 місць} \\ - 1008 + (8 \times 5 \text{ м} \times 2,5 \text{ м}) = 1108 \text{ м}^2$$

$$\text{KЗ} = \text{Sзаб} / \text{Спідпр} \Rightarrow \text{Sзаб} = 0,4 \times 1108 = 443,2$$

$$K_{\text{об'єму.буд}} = \frac{V_{\text{буд}}}{S_{\text{ділянки}}} = 4539 / 504 = 9$$

$$K_{\text{щільн.забуд}} = \frac{S_{\text{буд}} \cdot N_{\text{п}}}{S_{\text{ділянки}}} = (504 \times 3) / 1108 = 1,364$$

Підраховані площі по санітарно-побутовим, адміністративним та виробничим приміщенням занотовано в табл. 3.26.

Таблиця 3.26 – Планування приміщень

Санітарно-побутові приміщення					
Гардероб	Душові	Умивальні	Туалети	Місця для куріння	Загалом
-	-	5 м ²	10 м ²	2 м ²	17 м ²
Приміщення охорони здоров'я					
Пункт охорони здоров'я	Приміщення для особистої гігієни жінок		Приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження		Загалом
-	3 м ²		18 м ²		21 м ²
Приміщення громадського харчування					
Їдальня	Буфет		Кімната для приймання їжі		Загалом
—	-		13 м ²		13 м ²
Адміністративні приміщення та приміщення культурного обслуговування					
Приміщення управління	Профком	Кабінет охорони праці	Приміщення для зборів	Загалом	
90 м ²	-	-	24 м ²	114 м ²	
Загальна площа адміністративних і побутових приміщень			152 м ²		
Загальна площа виробничих приміщень (на основі розрахунку необхідної кількості обладнання та обслуговуючих його працівників)			306 м ²		
Загальна площа складських приміщень			10,71 м ²		
Загальна площа підприємства			520.11м ²		

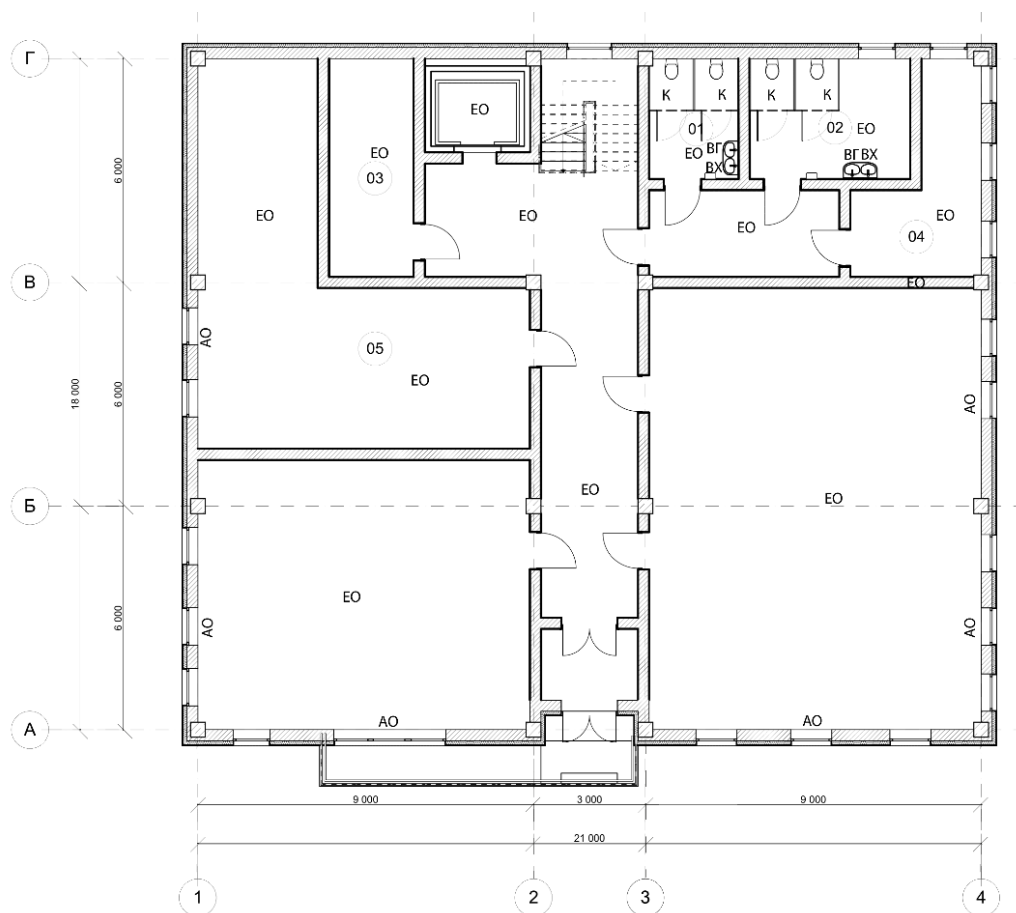


Рисунок 3.21 – План першого поверху

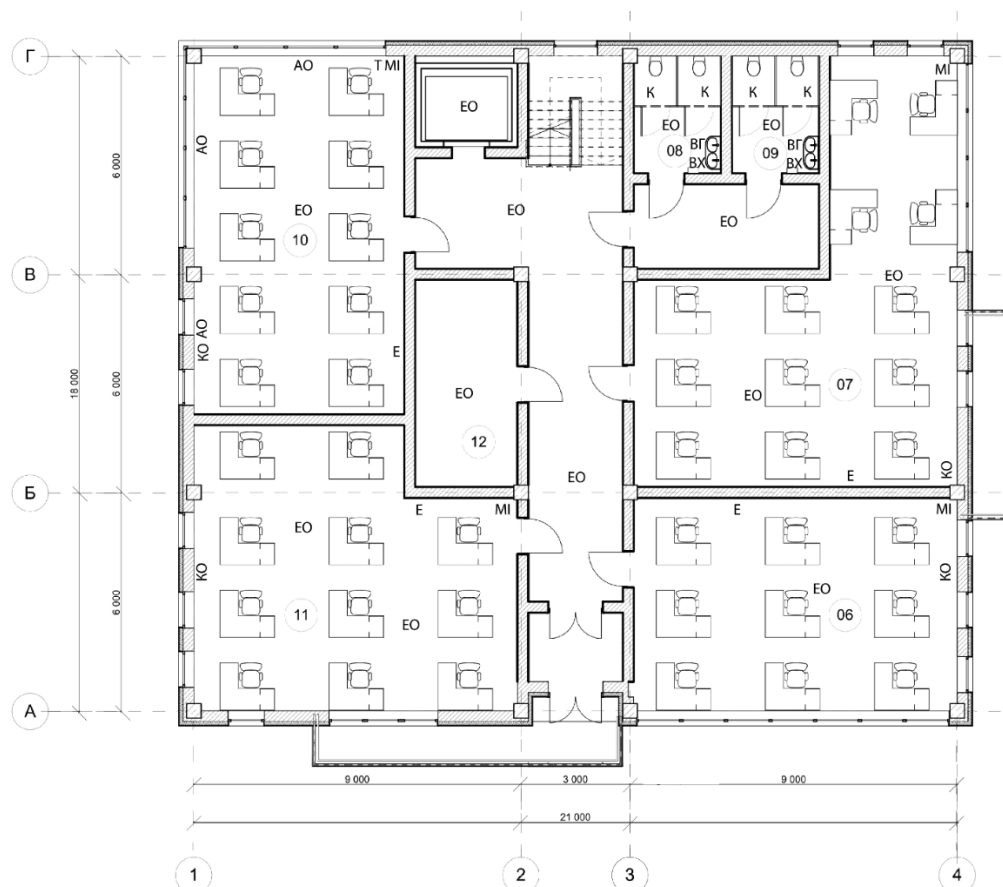


Рисунок 3.22 – План другого поверху

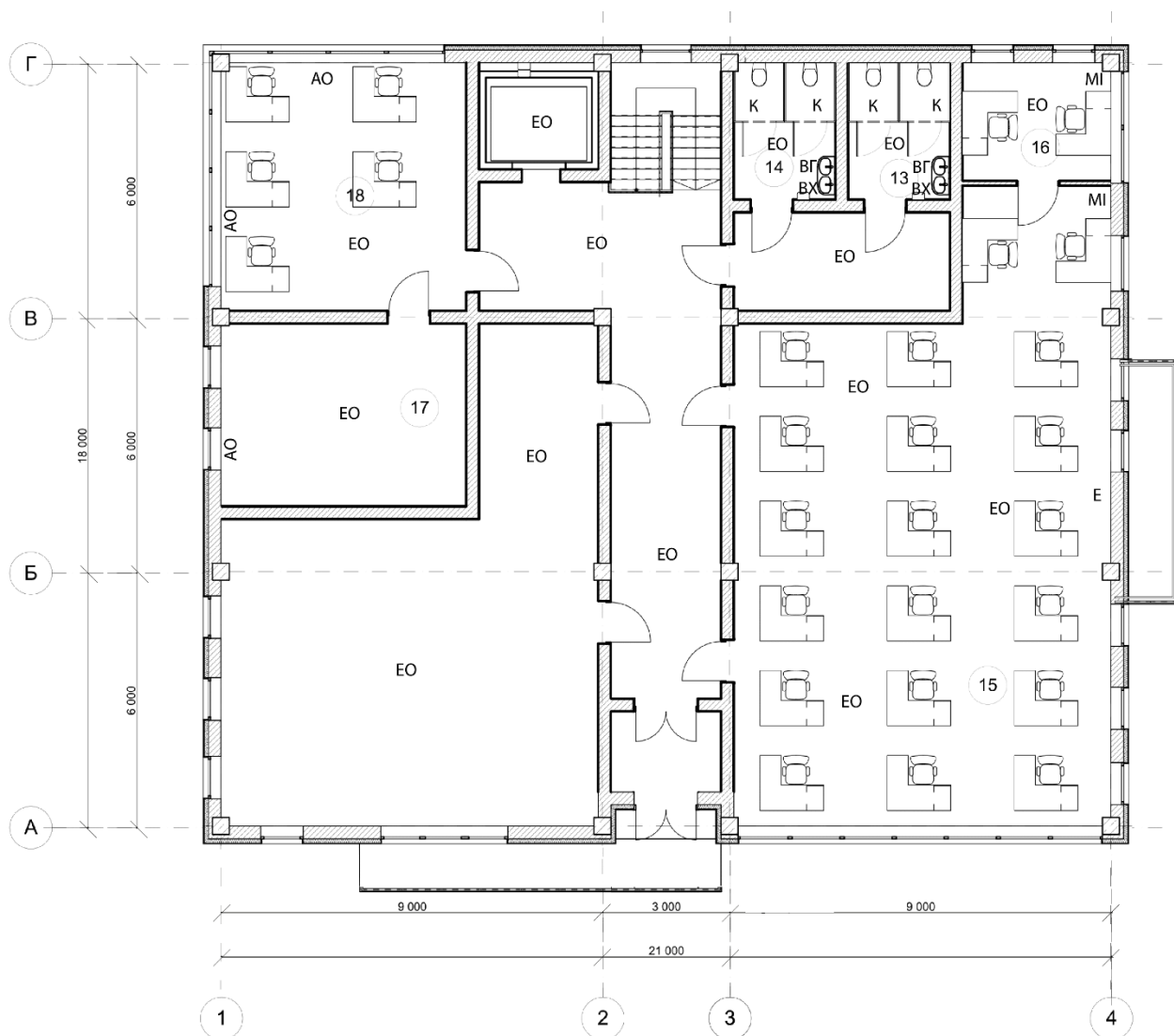


Рисунок 3.23 – План третього поверху

Умовні позначення: ЕО – електричне освітлення; Е – підведення силової енергії; МІ – комп’ютерна мережа та інтернет; КО – кондиціонер; Т – телефон; К – каналізація; ВХ – вода холодна; ВГ – вода гаряча; АО – агрегат опалення; Е – точка під’єднання до електромережі.

В таблиці 3.27 наведено експлікацію приміщень, в таблиці 3.28 – експлікацію обладнання.

Таблиця 3.27 – Експлікація приміщень

№	Найменування приміщення, призначення	Площа, м ²
Перший поверх		
1	Туалет чоловічий	7,71
2	Туалет жіночий	13,87
3	Приміщення для прийому їжі	13,29
4	Кімната для куріння	13,14
5	Гардеробні	58,20
Другий поверх		
6	Відділ розробки	52,00
7	Відділ дизайну	72,12
8	Туалет чоловічий	7,71
9	Туалет жіночий	7,75
10	Адміністративне приміщення	56,88
11	Відділ розробки	63,49
12	Кімната для відпочинку	16,02
Третій поверх		
13	Туалет чоловічий	7,71
14	Туалет жіночий	7,75
15	Відділ контенту	115,94
16	Відділ продюсingu	9,70
17	Кімната для зборів	24,99
18	Приміщення для службовців	33,80

Таблиця 3.28 – Експлікація обладнання підприємства

№	Устаткування	К-ть	Марка та фірма виробник устаткування	Габарити, мм	Позначення відділу на кресленнях у підрозділі 3.1.6
1	Робочий стіл	63	Promo Q2	950×1200	06, 07, 10, 11, 15, 16
2	Стілець	63	Rapid Mesh	600×700	06, 07, 11, 15, 16
3	ПК	53	Vinga Barbarian 0022, RTX 3080Ti	445×200	06, 07, 11, 15, 16
4	ПК	10	Vinga Barbarian 0022, RTX 2060Ti	445×200	10

3.2 Завдання на інженерно-технічне забезпечення виробництва

3.2.1 Проектування конструкцій перекриття та шумоізоляції виробничих приміщень

Сформовано специфікацію для перекриття та шумоізоляції (табл. 3.29).

Таблиця 3.29 – Специфікація (відомість) вихідних даних ТЗ на розробку конструкцій перекриття та шумоізоляції.

№	Назва	Габаритні розміри (Ш×Д), мм	Робоча зона (Ш×Д), мм	Вага, т	Стат. навантаж, т/м2	Вібрація, см/сек • 10 ⁻²	Макс. Рівень шуму, дБ
1	Робоча станція	950×1200	3000×2000	0,01	0,007974482	0,32	55

3.2.2 Розроблення ескізних креслень і 3D-моделей генеральних планів видавничо-поліграфічних підприємств (центрів, офісів, студій, цехів, ділянок тощо)

Розроблено генеральний план (рис. 3.24), у якому: 1 - забудова; 2 – доріжки і т.д; 3 - стоянка; 4 – територія озеленення. Окрім того, було створено 3D-візуалізацію підприємства (рис. 3.25).

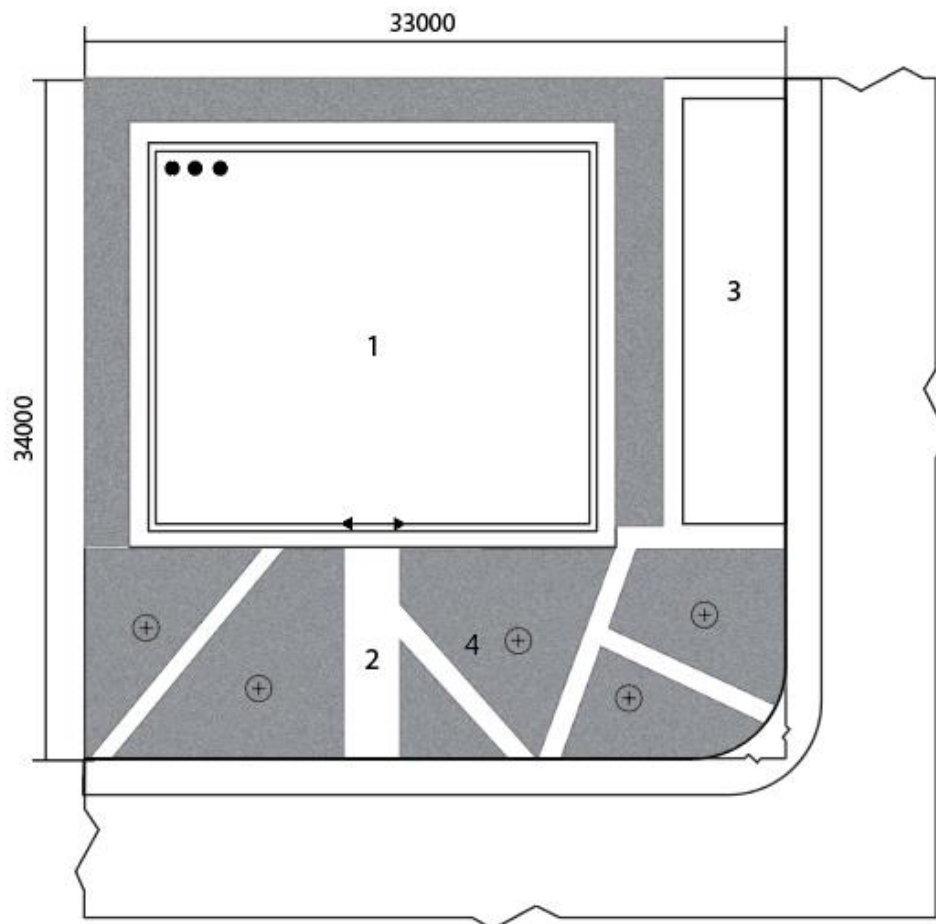


Рисунок 3.24 – Генеральний план

Таблиця 3.30 – Загальні показники генерального плану

№ з/п	Найменування	Од. виміру	Кількісний показник	Примітки
1	Площа ділянки в межах благоустрою	м.кв.	1108	-
2	Площа забудови (1)	м.кв.	504	Сітка колон: (9+3+9)х6
3	Щільність забудови	%	40	
4	Площа покриття (2,3)	м.кв.	266,39	З урахуванням парковки
5	Площа озеленення (4)	м.кв.	149,03	Газон/дерева листяні тощо
6	Інша територія	м.кв.	188,58	-



Рисунок 3.25 – 3D-візуалізація підприємства

3.2.3 Складання завдання на інженерно-технічне забезпечення виробництва

Для розрахунку обсягу каналізації використовується формула 3.1 .

$$V = N \times Q \times 1.2, \quad (3.1)$$

де: V – загальний об'єм відведення;

N – кількість людей у відділі;

Q – об'єм води, що використовується однією людиною;

1.2 – спеціальний коефіцієнт для врахування непередбачуваного збільшення об'єму стоків/

Оскільки виробництво не передбачає роботу з викиданням шкідливих речовин в повітря, то запроєктовано обмінну вентиляцію - вона включає в себе припливні та витяжні вентиляційні камери.

З висотою приміщень в 3 м, розрахунковий об'єм повітря, що виділятиметься:

$$V_{\text{пов}} = \left(V_{\text{прим}} \times 0,07 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) * 60 * 60 \quad (3.2)$$

На підставі рекомендацій, наведених у джерелі [37], проведено розрахунки витрат електроенергії та води.

Витрати водопостачання:

$$B_v = q_{\text{пит}} \times R \times T/8 \times \text{Ц} \times 1000, \quad (3.3)$$

де: B_v – витрати води на господарсько-питні потреби працівників, грн;

$q_{\text{пит}}$ – питомі витрати води на одного працівника, л/добу;

R – розрахована списочна чисельність працюючих на підприємстві, осіб;

$T/8$ – річний фонд робочого часу поділений на тривалість зміни, змін;

Ц – ціна 1 м³ води, грн/м³ (21,756 грн) [38].

На одного працівника питомі витрати становлять 12 л/добу.

$$B_v = \frac{12 \times 74 \times 2002/8 \times 21,756}{1000} = 4834,661832 \text{ грн}$$

Річні витрати електроенергії на освітлення:

$$W_{\text{річ.осв.}} = \frac{S_{\text{заг}} \times \omega \times K_{\text{осв}} \times T_{\text{осв}}}{1000} \times \text{Ц}, \quad (3.4)$$

де: $W_{\text{річ.осв.}}$ – річна кількість електроенергії на освітлення, кВт;

$S_{\text{заг}}$ – загальна площа будівлі, м² ;

ω – питомі витрати електроенергії, Вт/м² (у межах 18-23 Вт/м²);

$K_{\text{осв.}}$ – коефіцієнт, що враховує одночасність освітлення всіма світильниками (у межах 0,8...0,9);

$T_{\text{осв.}}$ – час освітлення залежно від режиму роботи підприємства, год.;

Ц – ціна за 1 кіловат-годину електроенергії, грн (1,68 грн) [39].

Значення питомих витрат електроенергії 20 Вт/м², а коефіцієнт освітлення за 0,8:

$$W_{\text{річ.осв.}} = \frac{504 \times 21 \times 0,9 \times 2002}{1000} \times 1,68 = 19070,251 \text{ грн}$$

Витрати електроенергії на технологічні потреби розраховуються за формулою:

$$В_e = П \times Т_o \times К_e \times Ц \times К_{\text{прац}}, \quad (3.5)$$

де: П – потужність обладнання, кВт; Т_о – час роботи устаткування, год;

К_е – коефіцієнт, що враховує втрати в електродвигуні та електромережі, прийнятий 1,1;

Ц – ціна за 1 кіловат-годину електроенергії, грн;

К_{прац} – кількість працівників підприємства.

Потужність обладнання формують вимоги СБ та монітору. обраного обладнання складає 500Вт (0,5 кВт).

$$В_e = 0,5 \times 2002 \times 1,1 \times 1,68 \times 68 = 125789,66 \text{ грн}$$

Таблиця 3.31 – Потреба в технічному забезпеченні

Електроенергія, кВт		Вода, л	Каналізація, л/доба	Вентиляція, м ³ /год	Зв'язок, Мбіт/с	Комп'ютеризація
Техн. потреби, кВт	Освітлення, кВт					
74874,8	5549,544	816	979,2	1143072	1000	ЛОМ, Wi-Fi

3.2.4 Завдання на комп'ютерне забезпечення виробництва

Нижче наведено структурну схему комп'ютеризованої системи підприємства, в якій наведено робочі станції, файловий сервер та їх загальну зіркоподібну структуру. Для неї обрано комутатор TP-LINK TL-SG1024D.

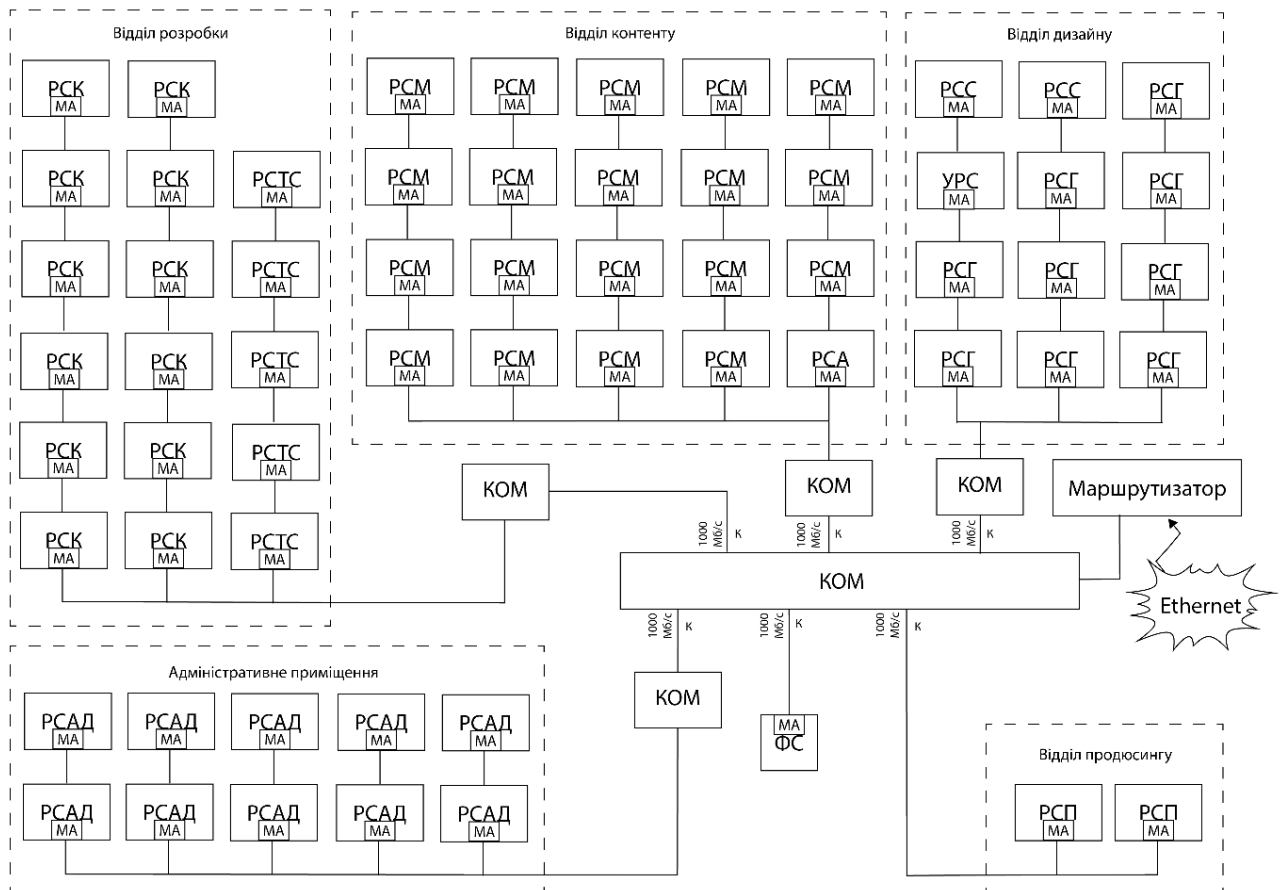


Рисунок 3.26 – Структурна схема комп'ютеризованої системи

Пояснення до рис. 3.26:

РСК – робоча станція програмування; РСТС – робоча станція тестування; РСМ – робоча станція моделювання; РСА – робоча станція створення анімації; УРС – універсальна робоча станція розробки; РСГ – робоча станція створення та обробки графічної інформації; РСС – робоча станція створення 3D-сцени; РСАД – робоча станція адміністрації; РСП – робоча станція продюсингу; ФС – файловий сервер; КОМ – комутатор. Маршрутизатор – роутер; К – кабель; МА – мережевий адаптер. Схема має кабель типу скручена пара і LAN-порти;

Розроблено завдання на комп'ютерне забезпечення технологічних та виробничих процесів (табл. 3.32).

Таблиця 3.32 — Завдання на комп'ютерне забезпечення технологічних та виробничих процесів

№ відділу	Назва роб. місця	Рекоменд. комп. устаткування	Необхідне програмне забезпечення	Мін. сист. вимоги	Операції та засоби контролю, що підлягають комп'ютеризації
				ОЗП, Мб	
1	Для всіх		ОС: Windows 10 ПЗ: Google Chrome, Microsoft Word 2021.	4048	Профілактика ОС (очищення від вірусів, дефрагментація дисків, очищення кешу та реєстру)
2	РСГ	PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ, GeForce RTX 3080 Ti	ПЗ: Adobe Photoshop CC 2021,	8092	
3	РСС		ПЗ: Unreal Engine 5, Wacom.	8092	
4	РСМ		ПЗ: Zbrush, UVLayout, Substance Painter, Maya	8092	
5	РСА		ПЗ: DragonBone	8092	
6	УРС	PC Vinga Barbarian 0022, ASUS VZ27AQ	Fl Studio, Audacity, Adobe Premiere CC 2021.	4048	
7	РСК		ПЗ: Visual Studio	8092	
8	РСТС		ПЗ: Visual Studio	8092	
9	РСП		ПЗ: Unreal Engine 5	8092	
10	РСАД		Немає особливого програмного забезпечення.	4048	

3.3 Техніко-економічні показники проекту

Розраховано фінансові параметри проекту, що наведені у таблицях 3.33-3.34.

Таблиця 3.33 – Зарплатня робітників у річному еквіваленті

	Кількість робочих станцій/працівників	Режим роботи	Кількість виплат на рік	Витрати на зарплатню, грн
УРС	1	160 годинний робочий місяць	5	115000
РСГ	9		101	6969000
РСМ	19		234	35745000
РСА	1		2	30000
РСК	12		150	22590000
РСТС	5		57	1755000
РСС	2		23	705000
РСАД	10		120	1429020
РСП	2		24	840000
Службовці	5		60	780000
			Загалом:	70958020

Таблиця 3.34 – Загальні фінансові характеристики проєкту

Характеристики на рік	
Зарплатня	70958020 грн
Витрати на воду	4834,6 грн
Витрати на освітлення	19070,2 грн
Витрати на електроенергію	125789,6 грн
Устаткування	3400000 грн
Собівартість	74507714,6 грн
Націнка (50%)	14901542,9 грн
Прибуток	89409257,5 грн

Наступним кроком розрахунку техніко-економічних показників проєкту є розрахунок відповідності 5 найменувань мультимедійного продукту та прибутку на показники площі. Також проведено подібні розрахунки на окреме додаткове джерело прибутку – оренду. Усе це, як і витрати електроенергії та води на 1000 виробів, сформовано у таблицю 3.35.

Таблиця 3.35 – Техніко-економічні показники проєкту.

№ з/п	Найменування параметру	Од. виміру	Кількісний показник
1	Термін окупності	р.	1,00
2	Кількість продукції: на 1 кв. м. площі на 1 куб. м. об'єму приміщення на 1 кв. м. землі	од.	0,0099 0,0033 0,0049
2	Витрати електроенергії на 1000 виробів	мВт	80,424344
3	Витрати води на 1000 виробів	л	0,816
4	Соціальна програма	-	Їдальня, зона відпочинку
5	Прибуток: на 1 кв. м. площі на 1 куб. м. об'єму приміщення на 1 кв. м. землі	грн.	177399,3 19711,04 88699,66
6	Прибуток від оренди: на 1 кв. м. площі оренди на 1 куб. м. об'єму приміщення на 1 кв. м. землі	грн.	1367,5 455,8 52,9

Рентабельність продукції визначено за формулою:

$$P_{\Pi} = (\Pi / C) \times 100 \quad (3.6)$$

$$P_{\Pi} = (50947477,2 / 101894954,4) \times 100 \approx 20\%$$

3.4 Принципові рішення щодо розроблення технологічної системи

Отже, створено промислове завдання, у якому фігурують 5 позицій ігор різних жанрів, видів та платформ: шутер, моба, рпг, платформер, візуальна новела. Створено схеми типових екранів та складено деталізовані виробничо-технічні характеристики мультимедійних продуктів. Прийнято рішення обраховувати характеристики за власною методикою через доволі високу складність і комплексність такого мультимедійного продукту, як гра. Було обрано технологію створення гри, який полягає у третьому технологічному ланцюгу, що складається з використання рушія Unreal Engine, C++ та нодової системи програмування. Також враховуючи результати та висновки з дослідження, виконаного у другому розділі, було створено алгоритм, що вміщує в собі усі необхідні операції для створення та оптимізації сцени, а також гри загалом. Обрано ПК Vinga Barbarian 0022, монітор ASUS VZ27AQ, відеокарту GeForce RTX 3080Ti, файловий сервер HP ProLiant DL380e G8 LFF, роутер Asus RT-AC88U, а також необхідне програмне забезпечення. З попередньо складених таблиць часу на виконання завдань та функцій елементів системи вирішено сформувати робочі станції: УРС, що вміщує в собі функції обробки тексту, аудіо-та відеоінформації; РСГ; РСС; РСМ; РСА; РСК; РСТС. Також сформовано робочі місця для адміністрації та його складу, а також продюсерів мультимедійних проєктів – РСАД та РСП. Складено креслення підприємства, що є будівлею з трьома поверхами, перший з яких вирішено віддати під оренду з перспективою у майбутньому збільшувати кількість працівників і підрозділів. На других і третіх поверхах вирішено розмістити відділи адміністрації, контенту, розробки, продюсінгу, дизайну, а також адміністративні приміщення, приміщення культурного обслуговування, санітарно-побутові приміщення, приміщення охорони здоров'я та приміщення громадського харчування. Підприємство має парковку та зону благоустрою. Загальна кількість працівників 68, а списочна 74. Вирішено запроєктувати 5 службовців, 10 працівників адміністративного відділу, 2 працівника у відділ продюсінгу та 51 спеціаліст виділено саме на виробничу діяльність.

Висновки до третього розділу:

1. Складено промзавдання з наведенням схем основних екранів.
2. Обрано технологію та вибудовано технологічний процес.
3. Розраховано виробниче навантаження та вираховано склад робочих станцій та чисельність працівників.
4. Запроєктовано підприємство, його інженерно-технічне, компю'теризоване та фінансове забезпечення.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТ-АП ПРОЄКТУ

4.1 Опис ідеї старт-ап проєкту

Підприємство, що проєктується, є студією зі створення мультимедійних продуктів – відеоігор. Серед продукції, що вона випускає багато різноманітних продуктів.

3D-ігри:

- Шутер

- РПГ

- МОБА

2D-ігри:

- Платформер

- Візуальна новела

Також підприємство займається портування ігор жанру МОБА, платформер та візуальна новела на смартфони.

Сам проєкт підприємства розрахований на виконання замовлень по створенню ігор, тому у ньому немає відділу маркетингу, бо принаймні у перші роки заплановано виконувати замовлення від інших компаній та відеоігрових видавництв. Окремі аспекти ідеї подано у вигляді таблиці 4.1.

У самій трьохповерховій будівлі перший поверх перший час буде здаватись в оренду до моменту, коли підприємство не почне залучати більше працівників на підтримку сервісу створених продуктів, а також можливого розширення лінійки продукції.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї старт-ап проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея полягає у вище згаданому продукті, що підприємство виробляє. Незважаючи на те, що формування першочергової ідеї для продуктів та їх реалізація не залежить від підприємства, продукт характеризуватиметься виробничими потужностями підприємства та якістю, що полягає у високому рівні пропрацювання оптимізації продуктів. Фоновою ідеєю, що буде проходити крізь весь старт-ап, буде перспектива перетворення підприємства у самостійного виробника відеоігор, що є доволі поширеною практикою в ігровій індустрії. Цільовою аудиторією першочергово вважається гравець, а вже потім замовник.	1. Розробка повноцінних ігор	Нерозривний технологічний процес дозволить досягти якомога вищої продуктивності/оптимізованості зі сторони продукту. Для користувача ігор.
	2. Розробка DLC або окремих доповнень	Можливість швидко долучитись до проєктів та розробляти продукт враховуючи їх особливості. Для замовника.
	3. Портування окремих ігор на мобільні пристрої.	Технологічний процес включає в собі розробку відповідних екранів, тому цей процес буде швидким, якщо усе узгоджено завчасно. Для користувача ігор та замовника.

Визначено техніко-економічні показники та слабкі, сильні, нейтральні сторони проєкту у порівнянні з товарами конкурентів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

№ n/n	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		власний проект	Ubisoft	Plarium	Gameloft			
1.	Економічні	Відносно дешевий для замовника	Ефективні бюджети	Ефективні бюджети	Ефективні у своїй ніші бюджети	Немає можливості впливати на успіх продукту	Незалежно від успіху прибуток гарантований	Краща конкурентна спроможність серед аутсорсу
2.	Технічні	ПК, консолі та портативні пристрої	ПК, консолі та портативні пристрої	Мобільні пристрої	Мобільні пристрої	Слабкі позиції на ринку смартфонів	Великий перелік платформ	Перспектива створення екосистем ігор
3.	Надійності	Високо Оптимізований продукт	Масштабний проект, франшиза	Масштабний проект,	Нішеві проекти, бренд.	Малий масштаб	Можливі довготривалі контракти	Висока продуктивність
4.	Технологічні	Unreal Engine	Власні рушії	Необмежені	В основному власні рушії та Unity	Залежність від розробника рушія	Один із популярних рушіїв	Єдина технологічна Лінія
5.	Ергономічні	Студія в Україні	Студії у безліч країнах	Студії в основному в Україні	Студії у безліч країнах	Обмежений ресурс для масштабування	Специфіка індустрії ІТ	Висока організація простору на початках
6.	Органолептичні	Режими для людей з вадами	Режими для людей з вадами	-	-	Витрати ресурсів	Не всі групи вад можливо компенсувати	Здобуття імені на ринку
7.	Естетичні	Стилізованість	Реалізм і стилізованість	Фентезі і стилізованість	Реалізм і стилізованість	Творчі рамки	Окрема ніша на ринку	Пізнаваність
8.	Екологічні	-	-	-	-	Деякі ел. ПК забруднюють	Ситуація в усіх однакова	Легше контролювати
9.	Безпечність	Рейтинг 12+	Рейтинг 16+	Рейтинг 16+	Рейтинг 12+	Неконтрольований процес	Зовнішні фактори	Перевага у рейтингу

4.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Проведено загальний технічний аудит, в якому аналізується технологічна здійсненність проєкту, що сформовано у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Підприємство, що розробляє відеоігри на ПК, консолі та портуванням на смартфони.	Unity, C#	Усі наявні	Одноразовий великий платіж та підписка
2.		Unreal Engine, C++,		5% роялті
3.		Unreal Engine, C++, Ноди		5% роялті
4.		Власний рушій	Необхідно розробити	Дорого розробляти
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Unreal Engine мовою C++ та нодовим програмуванням				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту

Визначено ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проєкту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту, що дозволить спланувати напрями розвитку проєкту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проєктів-конкурентів. Весь підрозділ розкривається у наступних таблицях 4.4 - 4.13.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проєкту

№ п/п	Показники стану ринку відеоігор	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	від 12
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	Залежить від ціноутворення видань гри та/або форми монетизації. У середньому одна продана копія 2215,05 грн.
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Постійний ріст
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Складні правові норми та законодавство у сфері на оподаткування. Переповнений ринок та вже наявні великі гравці.
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Віковий рейтинг та обмеження на розповсюдження, який він накладає. Особливі вимоги від окремих держав, що диктується їх цензурною політикою.
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Як правило, розраховується залежно від вкладених фінансових ресурсів саме на окремий проєкт.. В середньому в IT 20-30%.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів інноваційного проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Розваги	Фізичні особи віком від 10 – 18.	- яскравий інтерфейс з точками інтересу; - візуальний стиль;	- списки лідерів; - челендж; - постійна підтримка проєкту;
2	Розваги і розвиток	Фізичні особи віком від 19 – 29.	- якість ігрового процесу; - знайомі механіки; - атмосфера;	- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та ігровий процес; - можливість грати безкоштовно; - гнучке і оперативне збереження;
3.	Швидкий і якісний продукт	Юридичні особи	- виробнича спрямованість підприємства; - детальне опрацювання сцен з метою отримати високу продуктивність;	- конкурентні ціни; - висока якість продукту;

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Недостатній рівень постійної аудиторії	Тривале формування ядра споживачів	Фокусування сил на підтримці проєкту у площині стимулів і контенту, тобто довготривалій підтримці.
2	Низька купівельна динаміка	Збільшення терміну окупності в силу певних причин	Перенаправлення спеціалістів відділу розробки та частково контенту на створення внутрішнього магазину.
3	Поява клону	Швидка поява продукту, що повторює базиси гри	Акцентування на сюжеті і атмосфері – аспекти, що складно підробити. Акцентування на якості.
4	Подавлення у рекламному просторі	Активізація рекламних компаній зі сторони конкурентів з тих чи інших причин	Перехід на канали 2-го рівня по типу форуми та соц. мережі через пости.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Стагнація розвитку окремих жанрів	Усталені стандарти жанрів створюють потребу в новому продукті	Акцентування розробці на основну механіку і її видозмінення. Також перехід на новий суміжний жанр.
2	Тематична влучність або невдача подібного продукту	Вихід тематично або візуально спорідненого продукту (фільм, серіал, гра) також може стати можливістю.	Коригування візуального стилю під новий тренд, за умови, технологічно забезпечено процедурне генерування графічних елементів
3	Поява нового пристрою	Вихід портативної консолі може бути шансом стати успішним продуктом	Потенційним прикладом може бути Steam deck, що потребує від компанії перенаправлення ресурсів у кросплатформеність.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	олігополія	Існують декілька великих гравців, що випускають чи підтримують найбільш популярні проекти.
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	глобальний	Продукт, як правило, повинен мати переклад на найпоширеніші мови.
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	міжгалузева	Можливий ризик конкуренції окремо як від жанру, так й від аутсорс компаній окремо.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-видова	Сфокусуватись на розвитку базових ігрових механік.
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова	Продукт має фокусуватись на сильних, відмінних від конкурентів, сторонах. Ціна не завжди залежить навіть від власника інтелектуальної власності.
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	марочна	Базові механіки жанрів залишаються приблизно однаковими.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Наявний високий рівень конкуренції	- Playrix; - Ubisoft; - Plarium; - Gameloft;	Вже великі інтелектуальні власності, що перетворились у франшизи у кожному окремому жанрі.	У ролі постачальника Play Market, App Store, а також численні інтернет магазини та видавництва, наприклад Steam. Вони займаються рекомендацією і рекламою продуктів.	У сегментів консолей та ПК споживач може повернути товар, якщо якість продукту буде незадовільна У мобільному сегменті ігор споживачі впливають опосередковано	Ринок вже зайнятий великими гравцями, які мають більші виробничі потужності.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Візуальна складова	Один із тих факторів, що першим сприймається потенційним клієнтом
2	Складова ігрового процесу	Фактор, що визначає, чи залишається клієнт, чи ні.
3	Цінова політика	Визначає темпи окупності й підходу до аудиторії
4	Контентна підтримка	Складається як з технічних, так і людських потужностей, так й форми цієї підтримки.
5	Позиціювання	Нинішній стан ринку і домінуючі гравці на ньому, а також місце у рейтингу платформ збуту
6	Технологічна досконалість	Застосування методик і інструментів для продуктивної розробки
7	Інформаційні ресурси	Канали для формування імені студії та укріплення її позицій на ринку.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Akfiel Studio						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Візуальна складова	18			✓				
2	Складова ігрового процесу	17			✓				
3	Цінова політика	13			✓				
4	Активність контентної підтримки	15				✓			
5	Позиціювання	10						✓	
6	Технологічна досконалість	10						✓	
7	Інформаційні ресурси	16						✓	

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз інноваційного проекту

Сильні сторони: - унікальна візуальна складова; - якісна складова ігрового процесу; - цінова політика; - активна контентна підтримка.	Слабкі сторони: - позиціювання; - технологічна досконалість; - інформаційні ресурси.
Можливості: - стагнація жанру; - тематична влучність; - новий тренд;	Загрози: - тривале формування ядра споживачів; - низька купівельна динаміка; - поява клону; - подавлення у рекламному просторі;

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження інноваційного проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Орієнтація на залучення нових практик ігор-сервісу	Висока, проте зменшує потенціал інших складових	3-6 місяців
2	Різде перебалансування у бік тих чи інших жанрів	Середня, бо може привести до збільшення термінів перепрофілювання.	4-8 місяців
3	Впровадження кросплатформності	Вище середнього з точки зору розширення аудиторії	1-4 місяців

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблено ринкову стратегію першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Фізичні особи від 3 до 9 років	Середня, продукт має привабливу візуальну складову.	65% - середній	Високий рівень конкуренції, є велика к-ть стилізованих ігор.	Складно, тому що продукт має мати специфічний вигляд.
2	Фізичні особи від 10 до 18 років	Висока, продукт привносить новий геймплей у жанри.	80% - високий	Середній рівень, наявні помірно видозмінені представники жанру	Легко, бо вони починають шукати нові аналоги
3	Фізичні особи від 19 до 29 років	Висока, захоплюючий сюжет.	85% - високий	Низький рівень, переважна кількість продуктів не фокусуються на цьому	Легко, тому що вони вже у пошуках більш розвинених ігор у конкретних напрямках.
4	Фізичні особи від 30 до 60 років	Середня, дозволяє у перервах і дорогах.	50% - середній	Високий рівень, навіть можливі міжсегментна конкуренція	Важко, бо сильні сторони продукту можуть бути проігноровані
5	Фізичні особи із вадами зору від 61 до 85 років	Низька, ймовірна певна потреба у головоломках	15% - низький	Відсутня конкуренція	Важко, майже не сприймають нові технології
Які цільові групи обрано: Фізичні особи від 10 – 18 років та 19 – 29, що цікавляться жанрами, що складають лінійку продукції підприємства.					

Також визначено стратегії розвитку, конкурентної поведінки та позиціонування, які подано у таблицях 4.15-4.17.

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Розвиток жанрів у суміжні жанри.	Стратегія наслідування, олігополія	- сюжетні надбудови; - економія на технічній складовій;	Стратегія лідерства по витратах
2	Розвиток лише у напрямі аутсорсу.	Стратегія лідера Наступальна	- удосконалення механік; - безпечне масштабування виробничих потужностей;	Стратегія спеціалізації
3	Розвиток візуальної і сюжетної унікальності	Стратегія виклику лідера Флангова атака	- Сюжети, що запам'ятовуються; - власний візуальний стиль; - персонажі-маскоти;	Стратегія диференціації
4	Розвиток у напрямі видозмінення геймплею	Стратегія ніші	- запозичення механік; - новий напрям геймплею;	Стратегія диференціації

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні, загалом це вже відомі за властивостями продукти, що виділятимуться саме окремими його складовими, одна з яких продуктивність.	Компанія буде поступово формувати свою власну групу споживачів з подальшим її розширенням.	Жанрові базиси залишаються, хоч і видозмінюються. Створюватиметься ігри-сервіси та екосистема продуктів.	Акцентування на сюжеті і нестандартних рішень у основній механіці. Окрім того, акцентування на оптимізованості продукту.

Таблиця 1.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного інноваційного проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Конкурентна ціна за послуги підприємства	Стратегія лідерства по витратах	Можливість робити все дешевше через налаштований технологічний процес	- вигода; - можливість отримати бонуси; - ненав'язливість;
2	Опціональна довготривалість	Стратегія лідерства по витратах	Після проходження сюжету гравцеві будуть доступні процедурно згенеровані рівні.	- постійний ігровий процес; - гнучкість; - підтримка;
3	Офлайн	Стратегія диференціації	Можливості грати без інтернету.	- зручність; - незалежність; - індивідуальність;

4.5 Розроблення маркетингової програми старт-ап проекту

Вибудовано систему збуту та маркетингових комунікацій, які враховують концепцію потенційного товару, специфіку трьох рівнів моделі товару, а також межі ціни на нього. Детальний опис подано у таблицях 4.18-4.22.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Розваги	Стилізовано оформлена пригода	Наявна потреба в опрацюванні як стилю, так і художньої складової.
2.	Розвиток	Глибокий захоплюючий сюжет	Стан речей в сегменті не лише жанру три в ряд, але й ігор загалом, такий, що сюжет не є пріоритетним.
3.	Змагання	Складні головоломки завдяки розвиненню базових механік	Конкуренти, як правило, повторюють усталені стандарти базової механіки. Вони просто наслідують успішні концепції.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Переваги: - розваги; - розвиток особистості; - челендж.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Вага (Мб)	М	Тх
	2. Тривалість (10 годин)	Нм	Тх
	3. Розрядність (Гц)	Нм	Тх
	4. Оптимізованість (Фпс)	Нм	Тл
	5. Управління (сенсорне, клавіатура, миша)	Нм	Тх
	6. Візуальний вигляд (тон, яскравість, насиченість)	Нм	Ор
	Параметри тестування: К-ть кадрів у секунду (продуктивність), надійність зв'язку з серверами, адаптивність.		
Марка: Студія розробки ігор Akfiel			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: рекламні пости, ролики, таргетна реклама у соц. мережах.		
	Після продажу: DLC, доповнення та внутрішній магазин з дод. контентом.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: авторське право, інструменти захисту розробників на платформах збуту (Play Market, App Store, Steam і т.д).			

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	До 70 \$	70 \$	240 000 грн. за рік	Товар: 60 - 110 \$ Послуга: залежить від цієї ціни у випадку довготривалої підтримки проекту
Примітка: ціноутворення відбувається не враховуючи free-to-play та мікротранзакції. Бюджет деяких ігор може сягати 30-ти мільйонів доларів, проте вже успіх маркетингової компанії не залежить від підприємства.				

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнти шукають гру і завантажують її	Рекомендації, пошук, мультимедійний матеріал, завантаження продукту	1	Надати інформацію про продукт і забезпечити можливість завантаження
2	Клієнти натискають на посилання, переходять у магазин і завантажують гру	Рекомендації, реклама, посилання на постачальника 1 рівня.	2	Направити цільову рекламу, та забезпечити перехід на інші ресурси.

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Клієнти дізнаються про товар соціальних мереж, реклами.	Facebook, Instagram	- новий подих в жанрі; - захоплююча пригода;	Направити клієнта у Play Market, App Store і завантажити	Переходь і відкривай для себе захопливу пригоду
2	Клієнти побачили рекламу в інших іграх.	Play Market, App Store, Steam та інші.	- динамічний ігровий процес; - змагайся і перемагай;	Завантажити продукт	Завантажуй і грай вже зараз
3	Клієнти побачили статтю на тематичному ресурсі.	Форуми	- пропрацьована художня складова; - глибокий сюжет;	Направити клієнта у Play Market, App Store і завантажити	Зверніть увагу та спробуйте поринути у новому світ.
4	Клієнти, що шукають студію для замовлення	Facebook, Instagram, власні контакти	- швидке виробництво; - якісний продукт;	Зв'язатись з керівництвом	Отримуй саме той продукт, що тобі потрібно.

Висновки до четвертого розділу:

1. Описано ідею старт-апу і сформульовано її технічний аудит.
2. Проаналізовано ринок і розроблено ринкову стратегію.
3. Вибудовано систему збуту та маркетингових комунікацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано різновиди мультимедійних продуктів, зокрема ігор, виділено їх основні класифікаційні ознаки. Визначено набір апаратно-програмних засобів та технологій для створення мультимедійних ігор.
2. Визначено чинники, що впливають на якість мультимедійних ігор та фактори, що впливають на стабільність роботи мультимедійного продукту.
3. Визначено на основі аналізу літературних джерел предмет патентного пошуку та регламент його проведення. Сформовано гіпотезу проведення експериментального дослідження.
4. Створено тестовий зразок.
5. Проведено дослідження впливу характеристик об'єкту на продуктивність.
6. Визначено, що характеристики збереження текстурних карт не впливають на їх розмір в середині рушія Unreal Engine.
7. Вплив кількості полігонів на продуктивність сцени, при витратах 16 мс на обробку кадру, є доволі значущим, тому вимагає першочергової уваги при оптимізації сцен.
8. За результатами дослідження отримано залежності навантаження пам'яті від розміру текстурної карти, що також при великих проєктах може стати дуже вагомим фактором.
9. Складено промзавдання з наведенням схем основних екранів.
10. Обрано технологію та вибудовано технологічний процес.
11. Розраховано виробниче навантаження та вираховано склад робочих станцій та чисельність працівників.
12. Запроєктовано підприємство, його інженерно технічне, комп'ютеризоване та фінансове забезпечення.
13. Описано ідею старт-апу і сформульовано її технічний аудит.
14. Проаналізовано ринок і розроблено ринкову стратегію.
15. Вибудовано систему збуту та маркетингових комунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Классификация компьютерных игр. Компьютерные игры [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://intellect.icu/klassifikatsiya-kompyuternykh-igr-3947>

2. Espacenet – Apparatus for rendering 3D object [Електронний ресурс] / Хюн, Хо-Джин; Сеонга Джин; Теен Чой; Сонхі Лі; Сунгхюн Мун // 2022. Режим доступу:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052570944/publication/KR101526487B1?f=publications.cc%3Ain%3Dus%2Ccn%2Cjp%2Ckr%2Cau%2Cgb%7Copr%3Ain%3D20120101-20221231&q=3D-object%20parameters>

3. Espacenet – Method and system for obtaining performance occupancy rate of game modules [Електронний ресурс] / Яо Цзешен; Лю Мейчжі; Чжоу Чен; Хан Фей; Лю Дінсан // 2022. Режим доступу:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/070864969/publication/CN111240930A?f=publications.cc%3Ain%3Dus%2Ccn%2Cjp%2Ckr%2Cau%2Cgb%7Copr%3Ain%3D20120101-20221231&q=game%20engine%20performance>

4. Espacenet – Game performance monitoring method and device [Електронний ресурс] / Гао Чжіцян; Янь Мін; Ло Чжанлун; Хуан Бін. // 2021. Режим доступу:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/068286636/publication/CN110389835A?f=publications.cc%3Ain%3Dus%2Ccn%2Cjp%2Ckr%2Cau%2Cgb%7Copr%3Ain%3D20120101-20221231&q=game%20engine%20performance>

5. Espacenet – Cloud game engine intelligent optimization method and device based on reinforcement learning [Електронний ресурс] / Лін Руйці // 2020. Режим доступу:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/073851103/publication/CN112121439A?f=opr%3Ain%3D20120101-20221231%7Cpublications.cc%3Ain%3Dcn&q=game%20engine%20optimization>

6. Espacenet – Method and system for optimizing computer system resource utilization during in-game resource farming [Електронний ресурс] / Салаф, Суман; Пракаш, Раві. // 2019. Режим доступу: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/071124220/publication/JP2022516319A?f=oprid%3Ain%3D20120101-20221231%7Cpublications.cc%3Ain%3Djp%2Cca%2Cau%2Cgb&q=game%20engine%20optimization>

7. Espacenet – Server load prediction and advanced performance measurement [Електронний ресурс] / Джофф Нортон // 2020. Режим доступу: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/072424325/publication/JP2022525880A?f=oprid%3Ain%3D20120101-20221231%7Cpublications.cc%3Ain%3Djp%2Cca%2Cau%2Cgb&q=game%20engine%20optimization>

8. Espacenet – GAME SYSTEM, AND GAME CONTROL METHOD THEREOF AND COMPUTER PROGRAM [Електронний ресурс] / Нішіно Юто; Сакануе Ріна; Коно Масанори // 2015. Режим доступу: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/073741066/publication/JP2021118839A?f=oprid%3Ain%3D20120101-20221231%7Cpublications.cc%3Ain%3Djp%2Cca%2Cau%2Cgb&q=3D%20game%20performance>

9. Messaoudi F. Performance Analysis of Game Engines on Mobile and Fixed Devices [Електронний ресурс] / F. Messaoudi, A. Ksentini, G. Simon, P. Bertin // ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications 2017. С. 12–13, 16. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(52\).2016.77625](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(52).2016.77625).

10. Barczak A. Comparative Study on Game Engines [Електронний ресурс] / A. Barczak, H. Woźniak // Siedlce University of Natural Sciences and Humanities Faculty of Exact and Natural Sciences Institute of Computer Science ul. 3 Maja 54, 08-110 Siedlce, Poland, с. 18-22. DOI: 10.34739/si.2019.23.01.

11. Mishra P. Comparison between Famous Game Engines and Eminent Games [Електронний ресурс] / Prerna Mishra, Urmila Shrawankar // Department of

Computer Science & Engineering, RTMNU, Nagpur (MS), India, 2016, с. 7. DOI: 10.9781/ijimai.2016.4113.

12. Huang Z. GPU computing performance analysis on matrix multiplication / Zhibin Huang, Ning Ma, Shaojun Wang, Yu Peng // 7th International Symposium on Test Automation and Instrumentation (ISTAI 2018). с. 5. DOI: 10.1049/joe.2018.9178

13. Toftedahl M. A Taxonomy of Game Engines and the Tools that Drive the Industry / M. Toftedahl, H. Engström // Division of Game Development University of Skövde Skövde, Sweden, 2019, с. Режим доступу: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1352554/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення 14.11.2022). Назва з екрана.

14. Performance Guide [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. AMD GPUOpen, 2022. Режим доступу: <https://gpuopen.com/unreal-engine-performance-guide/> (дата звернення 14.11.2022). Назва з екрана.

15. Testing and optimizing your content [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Unreal Engine, 2021. Режим доступу: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/TestingAndOptimization/> (дата звернення 14.11.2022). Назва з екрана.

16. Разработка игр: Оптимизация игр на Unreal Engine 4 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. / Хохлов В. 2017 // Режим доступу: <https://www.progamer.ru/dev/ue4-optimization.htm>. [(дата звернення 14.11.2022). Назва з екрана.

17. Programmer – Разработка игр: Оптимизация игр на Unreal Engine 4 [Веб-сайт] // Хохлов. В. 2017 // Режим доступу: <https://www.progamer.ru/dev/ue4-optimization.htm>, вільний. – Загл. з екрану. – мова. рос.

18. Unreal Engine 4: Optimization & Performance [Веб-сайт] // Slover C. 2021 // Режим доступу: <https://www.artstation.com/blogs/samslover/6A99/ue4-optimization-performance-pt-1-textures>, вільний. – Загл. з екрану. – мова. англ.

19. Polycent – Как сделать игру на UE4 [Веб-сайт] // Режим доступу: <https://polycent.ru/blog/kak-sdelat-igru-na-unreal-engine-4/>, вільний. – Загл. з екрану. – мова. рос.

20. Метод. вказівки до комп'ютерного практикуму з дисципліни «Проектування видавничо-поліграфічного виробництва. Модуль 2 — проектування і розрахунки виробничих процесів» для напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа» програм професійного спрямування „Технології друкованих видань”, „Технології електронних мультимедійних видань”, „Комп'ютерні технології та системи видавничо-поліграфічних виробництв”, „Матеріали видавничо-поліграфічних виробництв”, „Технології 55 розробки, виготовлення і оформлення паковань” / Уклад.: О. М. Величко, О. В. Зоренко, В. М. Скиба, О. І. Хмілярчук. — К.: ВПІ НТУУ «КПІ», 2018. — 21 с.

21. Томашевський В. М. Моделювання систем: підруч. — К.: Вид-ча група ВНУ, 2007. Пономарьова Ю. В. Логістика: навч. посіб. — К.: Центр навчальної літератури, 2005.

22. КПІ – кафедра Охорона праці промислової та цивільної безпеки. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://orcb.kpi.ua/?p=3590>, вільний. — Загл. с екрана. — мова. укр.

23. Інформація та документація – ВИДАННЯ ЕЛЕКТРОННІ. Основні види та вихідні відомост [Електронний документ] // ДСТУ 7157:2010 // Режим доступу: https://ntb.pstu.edu/images/N-rabotniku/DSTU_7157_2010.pdf, вільний. — Загл. с екрана. — мова. укр.

24. Величко О. М. Видавничо-поліграфічна справа. Практикум з проектування і розрахунку технологічних і виробничих процесів. — К.: ВПЦ „Київський університет”, 2009.

25. Проект: метод. вказівки до виконання самостійної розрахунково-графічної роботи «Проект» з дисципліни «Проектування і розрахунок виробничих процесів» /Уклад.: О. Ф. Розум, О. М. Величко, О. В. Зоренко, Г. М. Костюченко, О. В. Мельников, О. І. Хмілярчук. — Львів: УАД, 2007.

26. Орлов А. И. Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений: учеб. пособие. — М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Изд-ий центр «МарТ», 2005.

27. HyperPc – компьютер для UE4 [Веб-сайт] // Режим доступа: <https://hyperpc.ru/for-buyers/faq-and-articles/articles/workstations/pc-for-unreal-engine-4>, вільний. – Загл. з екрану. – мова. рос.
28. Asus – Монітори [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://www.asus.com/ua/monitors/>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. рус.
29. Dell – Монітори [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://www.dell.com/ua/business/p/dell-u2415/pd>, вільний. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
30. Samsung – CURVED-монитор C27R500FHI [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://www.samsung.com/ru/monitors/curved/fhd-curved-monitor-with-bezel-less-design-27-inch-lc27r500fhixci/>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. рус
31. Vinga – Компьютер Vinga Barbarian 0022 [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://vinga.ua/ru/kompyutery/t33s6b5cu0vn.html>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. рус.
32. Expert PC – Характеристика [Електронний ресурс] // Режим доступа: <http://expertpc.com.ua/catalog/personalnyy-kompyuter-expert-pc-ultimate256845.html/>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. укр.
33. Qbox computers – комп'ютер Qbox I9609 [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://qbox.ua/ua/komputer-qbox-i9609/>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. укр.
34. 3D-Master – Часть 2. Выбор 3D-видеокарты [Веб-сайт] // 3D-Master.ru // Режим доступа: <https://3dmaster.ru/uroki/3d-videocard-characteristics/>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. рус.
35. Wacom – Графічний планшет Wacom Intuos S [Електронний ресурс] // Режим доступа: <https://www.wacom.com/ru-ru/products/pen-tablets/wacom-intuos>, вільний. – Загл. с экрана. – мова. рус.
36. Parblo – Графический планшет Parblo A610 V2 купить | Украина [Електронний ресурс] // Режим доступа: https://parblo.com.ua/parblo_a610_v2, вільний. – Загл. с экрана. – мова. укр.

37. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з дисципліни «Економіка та організація виробництва» для всіх форм навчання напряму підготовки (спеціальності) 6.050503 «Машинобудування»: [Електронний ресурс] / Укладачі: Я. В. Котляревський, М. В. Сірик. – Київ : НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2015. – 18 с.

38. Тарифи на воду в Києві 2021 [Електронний ресурс] // МінфінМедіа. – 2021. // Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua>, вільний. – Загл. с екрана. – мова. укр.

39. Тарифи на електроенергію [Електронний ресурс] // МінфінМедіа. – 2021. // Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua>, вільний. – Загл. с екрана. – мова. укр.

ТВОРЧІ ЗДОБУТКИ

УДК 004.42 © Сущко Денис, магістр 1-го року навчання ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, 2022 р. Науковий керівник: К. І. Золотухіна, доцент, <u>к.т.н.</u>, доцент, ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського ОПТИМІЗАЦІЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ПРОДУКТІВ В РУШІІ UNREAL ENGINE <i>The paper analyzes the current state of development of multimedia products and identifies trends in the use of methods and technologies for their optimization. The study used such theoretical methods as the analysis of the literature on the process and tools for optimization; a list of existing ways to solve optimization problems.</i> При створенні мультимедійних додатків, зокрема продуктів для ігрової індустрії, існує постійна проблема з оптимізацією ігор, причиною чого може бути як код, так і сам контент. Будь-який продукт стикається з проблемою оптимізації, що продиктована різницею <u>потужностей</u> різних платформ і їх поколінь. Часто додатки виходять на ринок або в бета-версії, або навіть умовно оптимізовані, тому сприймаються споживачами як продукт низької якості. Оптимізація направлена на збільшення продуктивності гри (мультимедійного продукту), що для гравця виражається у збільшенні кадрів у секунду. Дана робота спрямована на те, щоб показати та проаналізувати сучасний стан розробки мультимедійних продуктів з точки зору оптимізації та тенденції використання методів і технологій для цих цілей. У дослідженні були використані теоретичні методи: аналіз літератури щодо процесу та інструментів для оптимізації; перелік існуючих шляхів вирішення задач оптимізації.	На прикладі одного з найпопулярніших ігрових рушіїв <u>Unreal Engine 4</u> розглянуто основні технології вирішення цієї проблеми. У випадку 3D-контенту аспектами оптимізації є: <u>Forward / Deferred rendering</u>, рівні деталізації, LOD генерація та матеріали; статичні об'єкти-екземпляри; <u>Occlusion Culling</u>; каскадні карти тіней. Інструменти, що використовуються для отримання даних про продуктивність відповідно до оптимізованих аспектів сцени: <u>Profiler</u>, <u>GPU Visualizer</u>, <u>Intel GPA</u> та <u>Editor</u>. Варто також відзначити підвищення продуктивності 3D-сцен за рахунок написання скриптів із використанням матеріалу чи текстур у поєднанні з інструментами перегляду пам'яті та списку текстур. Досить ефективно також візуальна мова програмування <u>Blueprint</u>, яка використовує такі елементи, як: перевірка <u>рендерингу</u>, <u>багатопотокова</u> структура, структура даних, черги, стеки. Нині наявний широкий інструментарій для зниження навантаження та підвищення кількості кадрів у секунду. Так, наприклад, у редакторі рушія є можливість обрати між двома способами <u>рендерингу</u>, перший з яких збільшує продуктивність сцени, проте дещо втрачає у освітленні, відображенні та тінях. Також є можливість розробити, як заодно на етапі моделювання, так і у самому рушії, рівні деталізації геометрії і матеріалів залежно від налаштувань і дистанції до гравця. Ще одним способом оптимізації є розроблення екземплярів повторюваних об'єктів, аби зменшити кількість команд промальовування, що викликається кожен раз при появі нового об'єкту. Доволі простим є метод <u>Occlusion Culling</u>, який буквально не прораховує невидимі елементи, відповідно і зменшуючи навантаження. І останній спосіб оптимізації – це створення рівнів деталізації для вже попередньо запечених тіней у сцені. Отже, існує досить багато різних прийомів і підходів для оптимізації окремих аспектів гри, що так чи інакше подібні й у інших рушіях. Разом з тим, проблема все ще залишається актуальною, оскільки оптимізація вимагає опрацювання упродовж усього періоду розробки гри, бо стосується не лише налаштувань сцени, але й усього контенту в ній загалом. Згідно з ситуацією на ринку, великі видавці у
---	---

Рисунок А.1 – Тези доповідей

УДК 004.42; 004.94; 004.9 © Д. Р. Сущко, магістр II року навчання, К. І. Золотухіна, <u>канд. техн. наук</u>, доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна ВИВЛЕННЯ ВПЛИВУ БАЗОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК 3D-ОБ'ЄКТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ПРОДУКТІВ Якість ігрового процесу залежить як від <u>потужностей</u> пристроїв, на яких відтворюється мультимедійний продукт (гра), так і програмної досконалості. Сучасний процес розробки 3D-ігор усе ще вимагає використовувати ігрові рушії, а у якості 3D-контенту використовувати полігональні моделі з текстурами. Саме тому дослідження впливу цих базових характеристик на продуктивність ігор не втрачає актуальності до нині, оскільки потужності апаратного забезпечення зростають і технології обробки 3D-моделей та їх оптимізації також. У роботі проведено дослідження залежності продуктивності сцени від кількості полігонів та розміру текстурних карт 3D-моделі. Запропоновано методику дослідження впливу параметрів 3D-моделі на сцену, яка полягає у створенні тестового 3D-об'єкту з великою кількістю полігонів, а також п'ятьма текстурними картами: roughness, metallic, diffuse, height, normal. Після створення тестового об'єкту відбувались заміри навантаження при опрацюванні геометрії зразка, що виражалось у <u>мілісекундах</u>. Також відбувалось фіксування ваги текстур за умови різних режимів експорту, а в самому рушії навантаження текстурних карт на виділену <u>пам'ять</u>. Метою цього дослідження є отримання кореляції отриманих даних про вплив характеристик тестового зразка на сцену, аби сформулювати практичні рекомендації щодо процесу розробки та оптимізації мультимедійних продуктів. За результатами дослідження впливу геометрії на час її опрацювання стає зрозуміло, що	при найбільшому рівні деталізації з 16,6 мс, при частоті кадрів у 60 кадрів/с, 0,84 мс буде виділено на обчислюнок полігональної сітки. Що вимагає застосування LOD-ів для її оптимізації. У випадку текстурних карт було отримано таблицю <u>залежностей</u> навантаження від розміру карт при 200 <u>Мб</u> виділеної пам'яті. Згідно цих результатів менеджмент розміру текстур вимагає першочергової уваги та потребує аналогічних до геометрії оптимізаційних дій, що полягає у створенні рівнів стиснення розміру текстур, що <u>спрацьовують</u> за визначених умов. Ключові слова: 3D-моделі; продуктивність; мультимедійний продукт; відеогра; кількість полігонів; текстурні карти; параметри експорту текстури; частота кадрів. Постановка проблеми 3D – ігри, як різновид мультимедійних продуктів – найпопулярніший вид розваг в наш час. Нині вони стали прикладом найскладнішого мультимедійного продукту, комплексність яких складно переоцінити. Прийнято вважати, що відеогровий індустрії умовно близько 30-ти років. За цей час чітко прослідковувався взаємозв'язок розвитку технологій з точки зору апаратного та програмного забезпечення. Проте базиси розробки ігор кардинально не змінювались – в іграх завжди має бути рушій, як основа, на якій і відтворюються всі моделі, анімації, скрипти. Саме рушій створює простір, в якому відбувається ігровий процес. Як відомо, відеоігри характеризуються тим, що процес супроводжується постійними змінами кадрів, що розраховуються відповідно до об'єктів, світла, анімації, програмної логіки і власне дій гравця. Кожен кадр рендериться та, в середньому у 30-ти кадрах в секунду, як у відео, представляється гравцеві. Саме в цей момент з'являється фактор продуктивності сцен, рівнів та ігор загалом. Продуктивність залежить як від апаратного, так і від програмного забезпечення. Програмна продуктивність може полагати у швидкодії програмного коду, його оптимізованості. Також вона може залежати від 3D -
--	--

Рисунок А.2 – Стаття



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут

м. Київ, вул. Янгеля, 1/37, 03056; тел. (+38044) 406-83-61, тел./факс (+38044) 454-97-69
<http://vpi.kpi.ua> e-mail: vpi_ntuu_kpi@ukr.net ЄДРПОУ 02070921

«__» _____ 2022 р. № ____
 На № _____ від _____

ДОВІДКА

Видана магістранту НН ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського Сушку Д. Р. про те, що стаття «Вплив базових характеристик 3D-об'єктів на продуктивність мультимедійних продуктів» авторів Д. Р. Сушко, К. І. Золотухіна прийнята до друку у збірнику наукових праць НН ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського «Технологія і техніка друкарства», № 3(77), 2022 р., який включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») за галуззю знань (технічні, спеціальність – 186), Наказ МОН України № 1188 від 24.09.2020 р.

Відповідальний секретар збірника
 «Технологія і техніка друкарства»

 Оксана ЗОРЕНКО

Директор ВПІ,
 Головний редактор, голова редколегії
 збірника «Технологія і техніка друкарства»

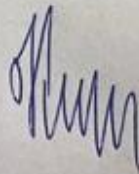
 Петро КИРИЧОК

Рисунок А.3 – Підтвердження подання статті до опублікування

ВИКОРИСТАНІ ТЕКСТУРИ

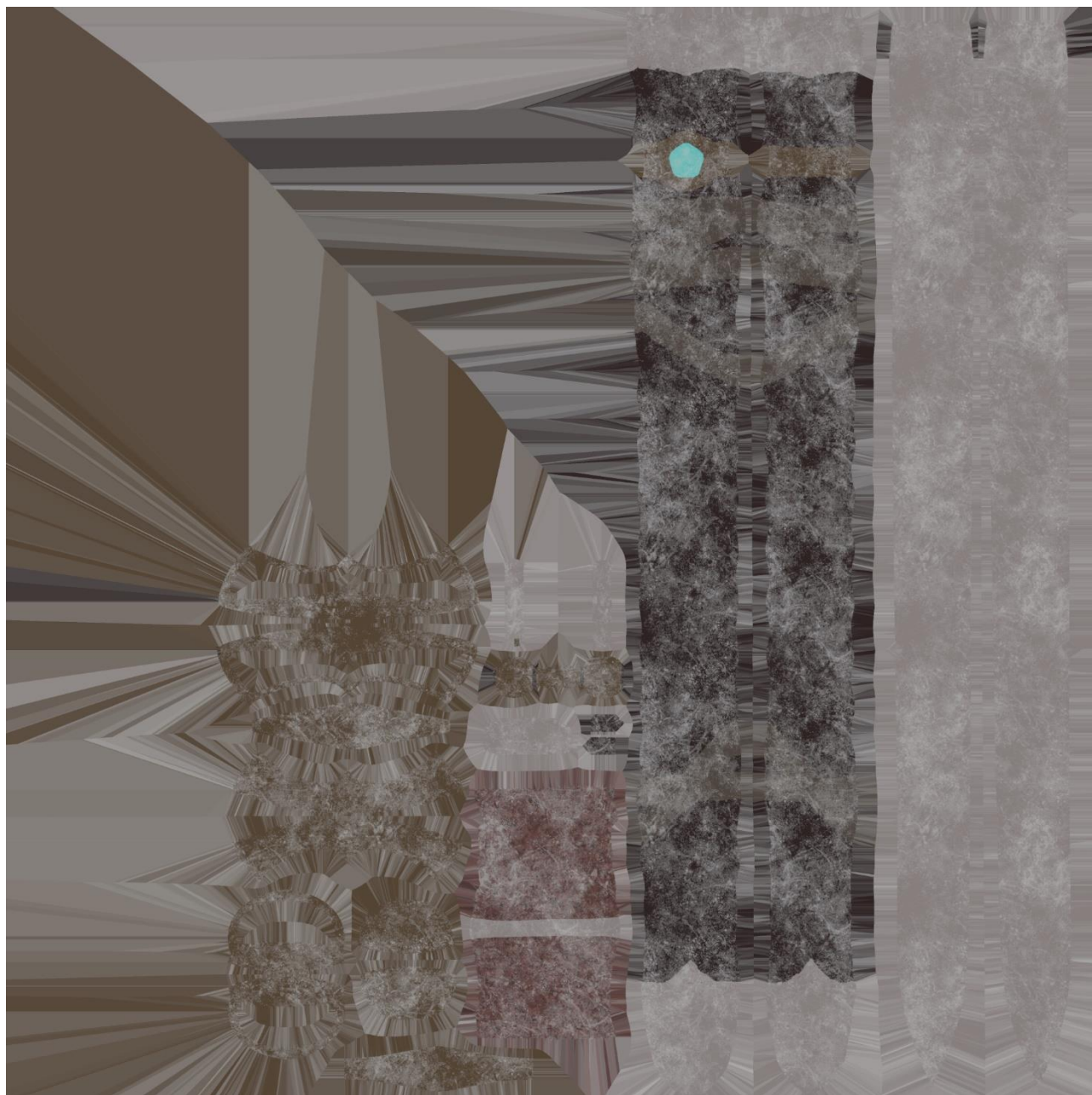


Рисунок Б.1 – Текстура Diffuse



Рисунок Б.2 – Текстура Height



Рисунок Б.3 – Текстура Metallic

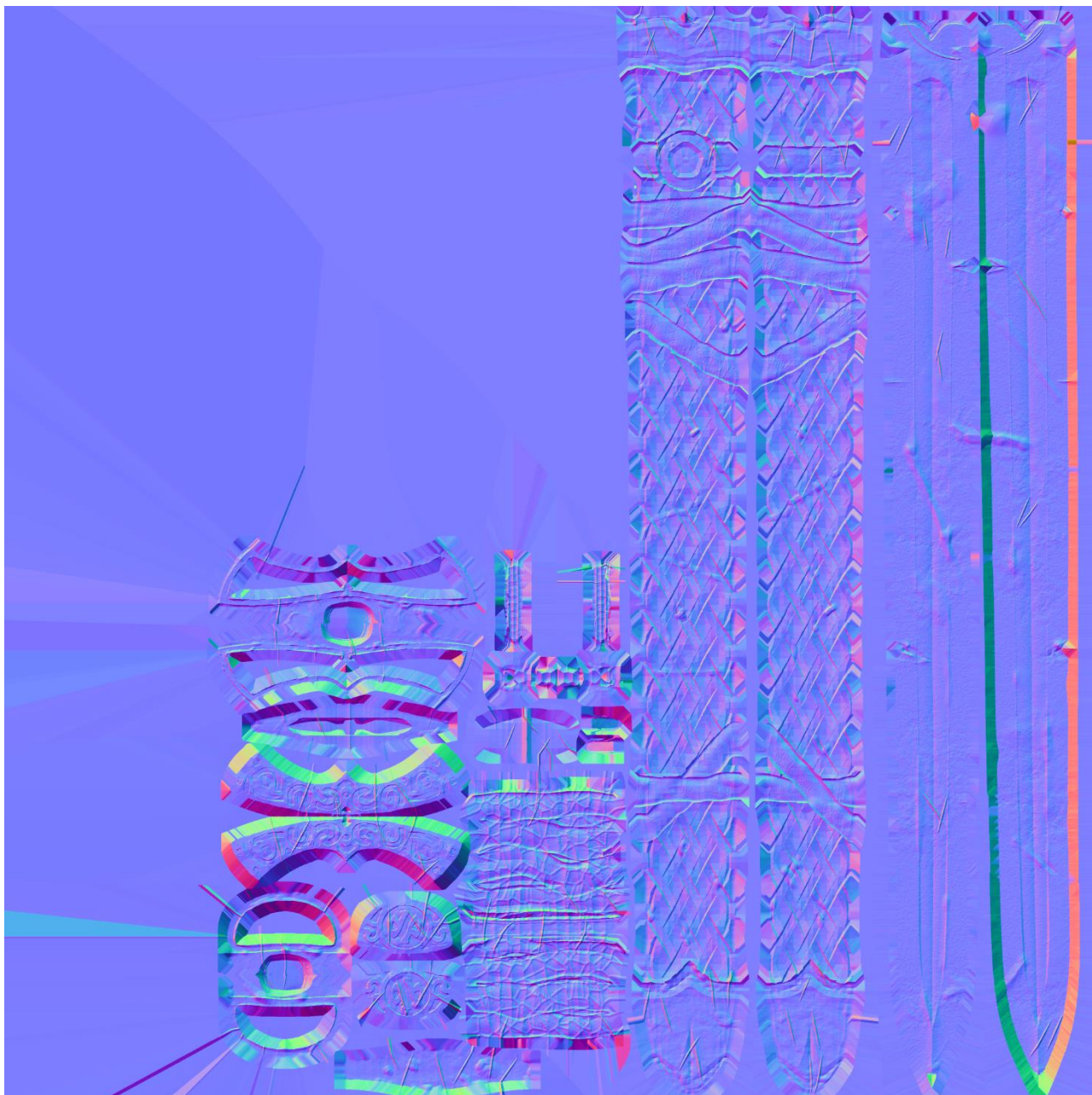


Рисунок Б.4 – Текстура Normal

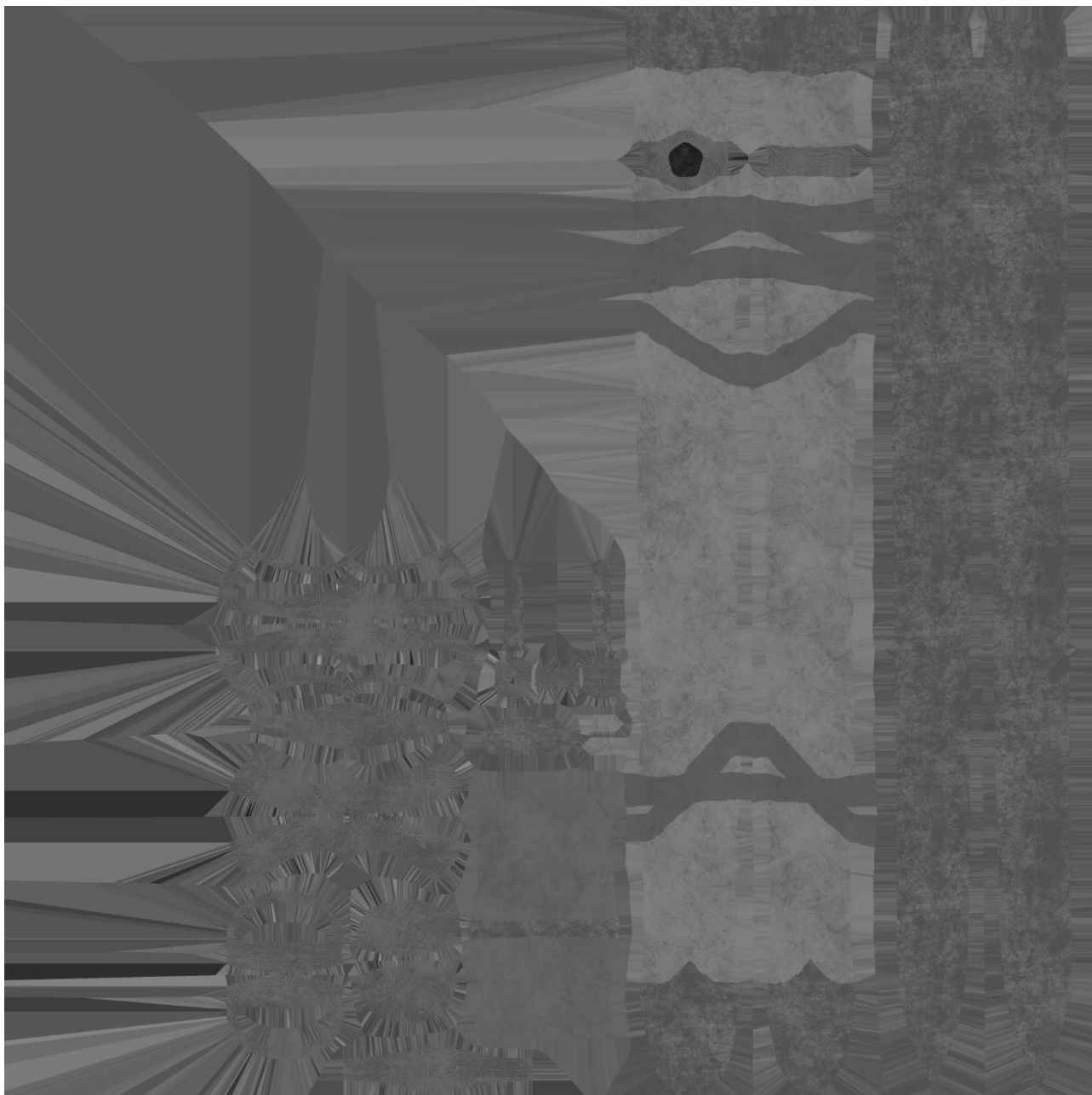
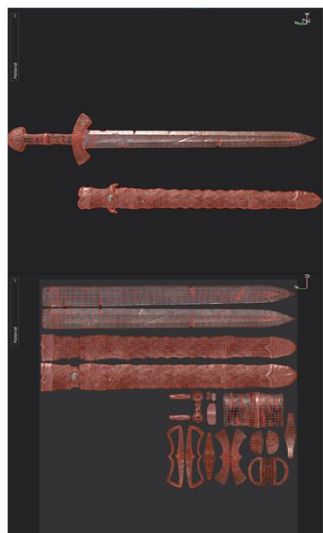


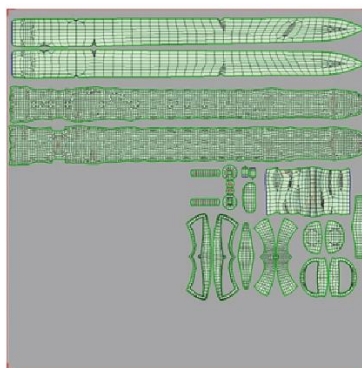
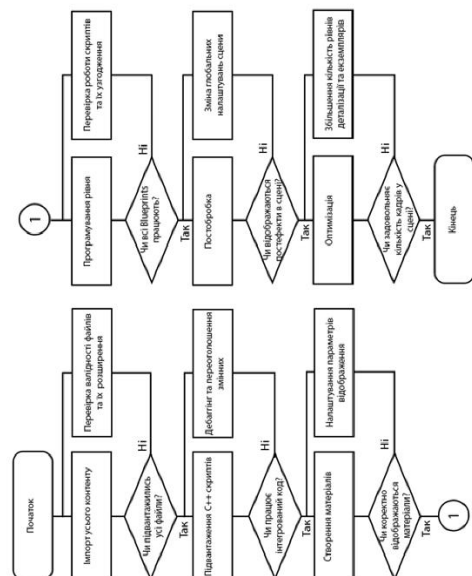
Рисунок Б.5 – Текстура Roughness



1. Високополігональна модель



2. Текстування моделі



4. Розгортка низькополігональної моделі



5. Візуалізація у Substance Painter

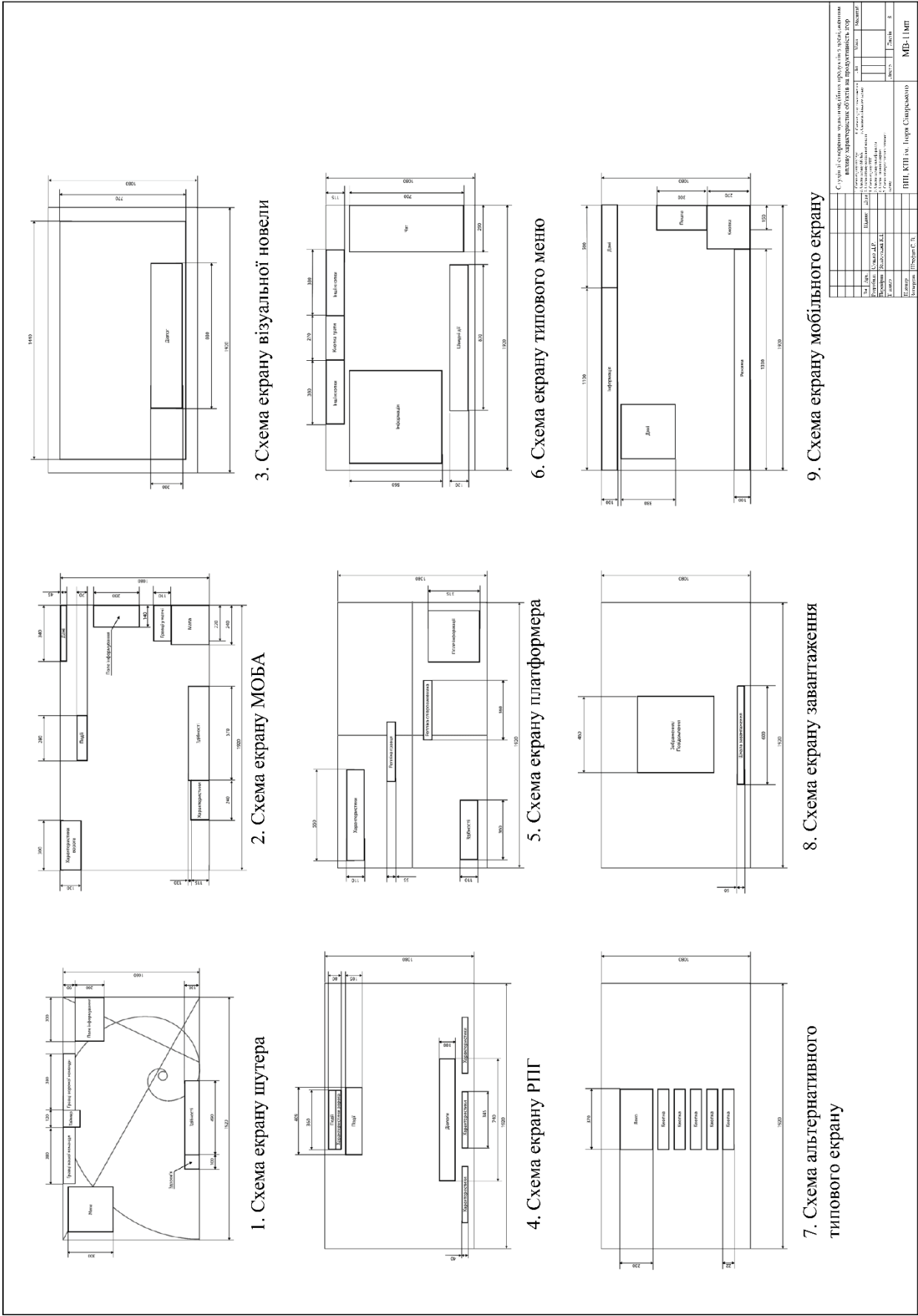


Рисунок В.5 – Плакат 5

