



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ Медіасистеми та технології \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 186 Видавництво та поліграфія \_\_\_\_\_  
Тип програми \_\_\_\_\_ Освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Комп'ютерні технології \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ та системи видавничо-поліграфічних виробництв \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)

« 1 » жовтня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові \_\_\_\_\_ *Проценко Валерії Павлівни* \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Дослідження технологій розробки ігрових додатків \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ з використанням VR технологій \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від 29 жовтня 2021 р. № 1613 Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 13 грудня 2021 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі  
*Вступ; Огляд літератури за темою дослідження; Аналіз проблем та постановка задачі дослідження; Аналітичний огляд літературних джерел; Планування експерименту; Проведення експериментального дослідження; Економічна частина; Висновки.*

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій  
*Актуальність роботи; Мета роботи; Предмет та об'єкт дослідження; Новизна; Огляд літератури; Задачі дослідження; Вибір критеріїв оцінки; Результат впровадження експерименту; Економічна частина; Висновки.*

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доц. Колесникова Т.А.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою дослідження	2.10.2021	
2	Аналіз проблем та постановка задачі дослідження	10.10.2021	
3	Аналітичний огляд літературних джерел	20.10.2021	
4	Планування експерименту	1.11.2021	
5	Проведення експериментального дослідження	10.11.2021	
6	Економічна частина	20.11.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	25.11.2021	
8	Оформлення графічної частини	7.12.2021	

Дата видачі завдання 1 жовтня 2021 р.

Студент \_\_\_\_\_ Проценко В.П..  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Колесникова Т.А.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 60 стор., 9 табл., 21 рис., 12 джерел.

ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, СТВОРЕННЯ ДОДАТКУ, ЮНІТІ, ПРИСТРОЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ, АНРЕАЛ ЕНДЖИН, СЕРЕДОВИЩЕ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.

Не дивлячись на те що віртуальна реальність з'явилася досить нещодавно, вона є дуже розповсюдженою технологією для ігрових розробок, так і для різноманітних наукових додатків. Віртуальна реальність – це створений технічними засобами світ який передається людині через її відчуття.

Дана тема має постійну та високу актуальність. Оскільки в останній час VR набуває великої популярності. Більша кількість людей інвестує у розвиток технологій віртуальної реальності через те що бачать великий потенціал у даній технології.

Мета даної роботи полягає у знаходженні більш багатофункціональних платформи для розробки VR додатку. Що буде значно зменшувати час та безпомередньо полегшувати прочес розробки.

Об'єкт дослідження роботи –технологія VR, платформи Unity та Unreal Engine .

Предмет дослідження – принципи створення VR додатку, які знання потребує безпосередньо створення, та що для цього необхідно.

В результаті виконання роботи та отриманих експериментальних даних було сформульовано рекомендації щодорозробки VR додатків. Було обрано більш мультизадачну програму яка дозволяє більш комфортно розробляти додатки та робити процес розробки більш швидким.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 60 стр., 9 табл., 21 рис., 12 источников.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, СОЗДАНИЕ ДОПОЛНЕНИЯ, ЮНИТИ, ПРИБОРЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ, АНРЕАЛ ЭНДЖИН, СРЕДА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ.

Несмотря на то, что виртуальная реальность появилась довольно недавно, она является очень распространенной технологией как для игровых разработок, так и для различных научных приложений. Виртуальная реальность – это созданный техническими средствами мир, который передается человеку через его ощущения.

Данная тема имеет постоянную и высокую актуальность. Поскольку в последнее время VR приобретает большую популярность. Большое количество людей инвестирует в развитие технологий виртуальной реальности из-за того, что видят большой потенциал в данной технологии.

Цель данной работы состоит в нахождении более многофункциональной платформы для разработки VR приложения. Что будет значительно уменьшать время и облегчать процесс разработки.

Объект исследования работы – технология VR, платформы Unity и Unreal Engine.

Предмет исследования – принципы создания VR приложения, которые знания нуждаются непосредственно в создании, и что для этого необходимо. В результате выполнения работы и полученных экспериментальных данных были сформулированы рекомендации по разработке VR приложений. Была выбрана более мультизадачная программа, позволяющая более комфортно разрабатывать приложения и делать процесс разработки более быстрым.

## ABSTRACT

The explanatory note contains 60 p., 9 tabl., 12 pic., 12 sources

VIRTUAL REALITY, CREATING AN APPENDIX, UNITY, VIRTUAL REALITY DEVICES, UNREAL ENGINE, VIRTUAL ENVIRONMENT.

Despite the fact that virtual reality has appeared quite recently, it is a very common technology for game development and for various scientific applications. Virtual reality is a world created by technical means that is transmitted to man through his senses.

This topic is constant and highly relevant. Because in recent years, VR is gaining popularity. More people are investing in the development of virtual reality technologies because they see great potential in this technology.

The purpose of this work is to find a more versatile platform for developing VR applications. Which will significantly reduce time and directly facilitate the development process.

The object of study is VR technology, Unity platforms and Unreal Engine.

The subject of research - the principles of creating a VR application, what knowledge is needed directly to create, and what is needed for this.

As a result of the work and the obtained experimental data, recommendations for the development of VR applications were formulated. A more multitasking program was chosen that allows you to more comfortably develop applications and make the development process faster.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП .....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	10
1.1 Огляд літератури .....	10
1.2 Постановка цілей і завдань дослідження, предмет і об'єкт дослідження.....	11
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
2.1 Розробка додатків VR-приложения. ....	16
2.2 Робота з 3D моделями .....	18
2.3 Як створюється VR-додаток .....	20
2.4 Класифікація VR-приложений .....	21
2.5 Процес проектування VR-інтерфейсу .....	23
2.6 Як далеко можуть зайти VR-інтерфейси .....	32
2.7 Unity та Unreal Engine.....	34
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
3.1 Аналіз та вибір реалізації додатка.....	39
3.2 Вибір методу дослідження .....	40
3.3 Вибір експертної групи та формування критеріїв оцінки.....	41
3.4 Проведення експерименту.....	42
3.5 Зміст експерименту.....	45
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	48
4.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень .....	48
4.2 Розрахунок кошторисної вартості НДР .....	48
4.3 Оцінка результатів НДР.....	55
4.4 Визначення економічної ефективності результатів НДР.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	59

## ВСТУП

Ще до Золотого віку наукової фантастики люди марили ідеєю створення власної реальності поза межею фізичного світу. І ось нещодавно, лише після науково-технічної революції, вони почали втілювати свої мрії через «віртуальну реальність».

Останнім часом віртуальна реальність (Virtual reality) набуває розповсюдження на ринку і не дарма, оскільки технології VR можуть надавати дивовижних можливостей у різноманітних сферах. Віртуальна реальність - ілюзія реальності, що створюється за допомогою комп'ютерних технологій. У користувача виникає ілюзія дійсності. Але для занурення у віртуальну реальність на даний момент й досі необхідні спеціальні окуляри.

Віртуальна реальність використовується не лише в сфері комп'ютерних ігор, а поступово починає розповсюджуватися на усі сфери людського життя. Наприклад, медики можуть за допомогою віртуальної реальності планувати операції, а архітектори розробляти свої будівельні проекти. Найбільш розповсюдженою сферою, звісно, є ігрова індустрія, і саме вона зробила найбільший крок для дослідження цієї технології. Але останнім часом все більше країн активно впроваджують технології доповненої та віртуальної реальності ще і у програми військової підготовки, завдяки простоті використання.

Предметами «створення» VR може бути спеціальний шолом, за допомогою якого людина занурюється в симуляцію від першої особи, де правдоподібно відтворюється сцена з життя, наприклад, той момент, коли людина отримала травму. При цьому всі дії обговорюються з психотерапевтом. Окрім розважального характеру, використання VR знайшло і практичне застосування у спорті. Зараз розробляють проекти, де віртуальні асистенти допомагають гравцям у баскетбол відпрацьовувати кидок, а гравцям у гольф покращувати удар. Для нових поколінь навчання з VR є справою буденною та цікавою. Так, наприклад, працювати зі структурою молекул на

уроках хімії значно цікавіше, коли можна створити цю молекулу самостійно. Також, безпечніше експериментувати зі змішуванням нестабільних сполук у віртуальному середовищі. Мабуть, кожен погодиться, що вчити правила дорожнього руху стане значно цікавіше, якщо робити це за кермом від самого початку. Можна створити реалістичну імітацію кабіни автомобіля завдяки комплекту педалей і керма, що дозволить не лише накопичити більше практичних навичок, але й зробити процес цікавішим. А для любителів гострих відчуттів доступні навіть крісла з пневматичною підвіскою для імітації нахилу автомобіля.

Технологія VR пройшла шлях від наукової фантастики до буденної реальності. Хоч вона й не є новою, проте сучасний етап розвитку VR дозволяє інтегрувати її практично у всі сфери діяльності людини.

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Огляд літератури

Віртуальна реальність – різновид реальності в формі тотожності матеріального й ідеального, що створюється та існує завдяки іншій реальності. У вужчому розумінні це ілюзія дійсності, створювана за допомогою комп'ютерних систем, які забезпечують зорові, звукові та інші відчуття.

У документації Unity для розробників писані методи розробки додатків віртуальної реальності.

На інтернет порталі [helmeton](#) представлені дослідження про VR шоломи. Як вони сприяють на людину. А також дослідження про те чи існує можливість зробити потрібний шолом вдома.

На іншому інтернет порталі [vc.ru](#) можна дізнатися проте що потрібно знати для того щоб займатися розробкою VR додатків. Та в яких проектах існує можливість приймати участь якщо ти вже є розробником.

Портал [Troger](#) досліджує що являє собою віртуальна реальність, її властивості, класифікації та показує повний спектр її можливостей. Також досліджує яке необхідно для використання VR додатків, необхідність використання рукавичок, шоломів та спеціальних кімнат.

Також портал [hamelion](#) надає дослідження різниці між AR, VR, MR.

У документації Unreal Engine для розробників описані методи розробки додатків VR.

У дослідженні «Візуальні методи проектування для віртуальної реальності» (Visual Design Methods for Virtual Reality), М. Алджер представив кути огляду і методи розміщення контенту, а також концепцію зон контенту.

При написанні кваліфікаційної роботи були використані наукова, методична і учбова література, документація розробників систем віртуальної реальності, статті і дослідження.

## 1.2 Постановка цілей і завдань дослідження, предмет і об'єкт дослідження

Мета даної роботи полягає у знаходженні більш багатофункціональних платформи для розробки VR додатку. Що буде значно зменшувати час та безпосередньо полегшувати процес розробки.

Об'єкт дослідження роботи –технологія VR, платформи Unity та Unreal Engine .

Предмет дослідження – принципи створення VR додатку, які знання потребує безпосередньо створення, та що для цього необхідно.

VR технології надають користувачеві більш видовищний досвід у використанні. Користування сучасними AR- і VR-пристроями не вимагає поглиблених знань у роботі з комп'ютерною технікою, що робить їх простими в освоєнні.

Не дивлячись на те що віртуальна реальність з'явилася досить нещодавно, вона є дуже розповсюдженою технологією для ігрових розробок, так і для різноманітних наукових додатків. Віртуальна реальність – це створений технічними засобами світ який передається людині через її відчуття. Для створення переконливого комплексу відчуттів реальності комп'ютерний синтез властивостей реакцій віртуальної реальності проводиться у реальному часі.

Існує декілька типів віртуальної реальності, до них можна віднести:

- технології VR з ефектом певного занурення, що забезпечують правдоподібну симуляцію віртуального світу з високим ступенем деталізації;
- технології VR без занурення. До них відносяться симуляції зі зображенням, звуком і контролерами що транслюються на екран;
- технології VR зі спільною інфраструктурою. До них відноситься тривимірний віртуальний світ з елементами соціальної мережі, наприклад як Minecraft;

– VR на базі інтернет технологій. До них відноситься по-перше мова Virtual Reality Markup Language, аналогічний HTML. На даний час ця технологія вважається застарілою, але є ймовірність що вона буде використовуватися в майбутньому коли VR технології будуть більш розповсюдженими.

Використання VR технології потребує спеціального обладнання. Через те що вважається що людина отримує 80% інформації через зір, тому більша кількість розробників приділяють пристроям які забезпечують формування зображень, на ряду із цим вони доповнюють пристроями зі стеріозображеннями, пристроями тактильних впливів та імітацією запахів. До пристроїв відносяться шоломи віртуальної реальності, які містять один або кілька дисплеїв на які виводяться зображення лівого та правого ока, система лінз для коригування геометрії зображення, а також систему трекінгу, що відстежує орієнтацію пристрою в просторі. Також існують MotionParallax3D-дисплеї, ці дисплеї задають властивий людині мезанізм сприйняття обсягу який називається паралакс. Така система надає змогу глядачеві роздивитися усю поставлену сцену з різних боків настільки детально, що всі об'єкти будуть виглядати реально. Дуже важливим є звук, для звуку використовується багатоканальна акустична система яка дозволяє виробляти локалізацію джерела звуку, завдяки чому користувач орієнтуватися у віртуальному світі за допомогою слуху. Для тактильних відчудтів розробляються рукавички віртуальної реальності, також існує костюм віртуальної реальності. Рукавички мають датчики, що дозволяють відслідковувати рух зап'ясть та пальців рук. Вони забезпечують реалістичний зворотній зв'язок і заряджаються за допомогою акумуляторів, завдяки чому забезпечується свобода руху. Щодо роботи з синтезом запахів та смакових відчуттів, то дослідження і досі ведуться. Для пристроїв управління також використовують спеціальні джойстики, що мустять у собі вбудовані датчики положення і руху. На даний час такі джойстики роблять безпроводними.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Віртуальна реальність – це створений технічними засобами світ, який передається людині через його відчуття: зір, слух, нюх, дотик та інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на сприйняття.

Віртуальна реальність найчастіше використовується в розважальних додатках, таких як відеоігри, 3D-кіно та соціальні віртуальні світи.

У швидко змінюваному та глобалізованому діловому світі зустрічі у віртуальній реальності використовуються для створення середовища, в якому взаємодія з іншими людьми (наприклад, колегами, клієнтами, партнерами) може здаватися природнішою за телефонний дзвінок або відеочат. У переговорних кімнатах, що настроюються, всі сторони можуть приєднатися до них за допомогою гарнітури VR і взаємодіяти, як би вони знаходилися в одній фізичній кімнаті. Можна завантажувати презентації, відео або 3D-моделі (наприклад, продуктів або прототипів) та взаємодіяти з ними.

Програми (додатки) віртуальної реальності - це програми, які використовують віртуальну реальність (VR), імерсивний сенсорний досвід, який у цифровому вигляді імітує віртуальне середовище. Програми були розроблені в різних галузях, таких як освіта, архітектурна та міський дизайн, цифровий маркетинг та активізм, інженерія та робототехніка, розваги, віртуальні спільноти, образотворче мистецтво, охорона здоров'я та клінічна терапія, спадщина та археологія, охорона праці, соціальні науки. та психологія.

Хоча можливості віртуальної реальності ще недоступні масовому споживачеві, відомі компанії щосили займаються розвитком цих технологій.

У розвиток віртуальної реальності інвестує велика кількість крупних компаній і вони також випускають власні гарнітури віртуальної реальності (HTC Vive, Oculus Rift, PlayStation VR), при цьому розробляючи ексклюзивні ігри і програмне забезпечення тільки під них. Але все може змінитися, якщо виробники почнуть взаємодіяти один з одним, ділитися досвідом,

популяризувати технології віртуальної реальності. З цією метою великими компаніями галузі в кінці 2016 року було утворено Global Virtual Reality Association (GVRA), яка буде займатися розвитком і просуванням VR. До асоціації увійшли Acer (Starbreeze), Google (Cardboard, Daydream), HTC (Vive), Facebook (Oculus Rift), Samsung (Gear VR) і Sony (PlayStation VR) та інші.

Більшість VR-розробників вважають за краще використовувати ігрові движки (якщо тільки не створюють для веб-VR, про що нижче), і від початку їм доводиться вибирати, на чому ж працювати. Найпопулярніші двигуни - Unreal Engine 4 (UE4) і Unity. Обидва мають дуже широкі можливості та є надійними інструментами. Навколо обох склалися активні спільноти з численними інформаційними ресурсами. Обидва движки дозволяють керувати 3D-оточенням, імпортувати власний контент (3D-моделі, зображення, звук, відео), а також програмувати інтерактивність та геймплей. На YouTube є безліч навчальних відео, а в мережі - посібників, створених як самими авторами, так і шанувальниками.

Серед VR-розробників немає загальноприйнятої думки, що один з цих двигунів краще за інший. Кожен має свої особливості. UE4 вважається більш оптимізованим з точки зору обчислень, дає більш достовірну картинку, але має крутішу криву навчання. Unity створювався з розрахунку, щоб його можливостей вистачало для створення комерційних ігор, але при цьому він залишається більш інтуїтивно зрозумілим і ефективним для розробників-початківців. Unreal Engine 4 можна скачати та використовувати безкоштовно, але авторам доведеться щоквартально відстібати по 5% доходу з гри, якщо він перевищить \$3000. Unity має кілька версій різної вартості, але можна зупинитися на безкоштовній Unity Personal. Бажано спробувати обидва движки, щоб зрозуміти, який вам підходить більше, хоча тут важко помилитися, тому що ви в будь-якому випадку отримуєте чудовий і потужний інструмент. Нижче роздивимося їх окремо.

VR умовно можна поділити на кілька напрямків. Основний технологічний стек залежить від того, що ви оберете:

– розробка для віртуальних шоломів – наприклад, ігри та програми для шоломів HTC Vive або Oculus. Базові мови програмування - C# і C++. В основному розробники використовують спеціальні ігрові двигуни, які дозволяють створювати інтерактивність у 3D сценах. Найпопулярніші це Unreal Engine 4 (UE4) та Unity;

– розробка для мобільних програм. Крім двигунів, необхідно розумітися на створенні додатків. Потрібна мова програмування Swift для iOS та Kotlin – для Android;

– розробка для веб. Стануть в нагоді два JavaScript-фреймворки - Three.js і Babylon.js. Вони мають готові інструменти ефектів та налаштування видів камери. Ще варто подивитися на конструктор VR-просторів Vizor.

Для новачків у VR є готові фреймворки – опенсорсні React 360 від Facebook та A-Frame. Вони можна створити інтерактивні сцени без знання програмування, за шаблонами. Програма працюватиме і на мобільних пристроях, і на комп'ютерах.

Особливість роботи в VR - поєднання знань у галузі програмування та комп'ютерної графіки. Потрібно вміти створювати та імпортувати 3D-моделі, програмувати їх інтерактивність та геймплей. Розбиратися в графічній оптимізації, щоб не створювати картинки, що викликають нудоту та запаморочення у користувачів.

Малювати моделі розробнику не потрібно, але розібратися у 3D-редакторах доведеться. Наприклад, щоб самому підправити картинку або зробити текстури та анімації легше. Ось основний стек:

– Autodesk's Entertainment Creation Suite – пакет редакторів, включаючи популярні Maya та 3dsMax;

– Blender – безкоштовний інструмент для анімацій, рендерингу та навіть захоплення рухів;

– Blocks – інструмент Google для створення простих 3D-моделей;

– CryEngine – інструмент 3D-моделювання із підтримкою DirectX.

VR-розробнику потрібно розбиратися в комп'ютерній графіці, розуміти підходи до розробки та впровадження 3D-контенту - це висуває підвищені вимоги до продуктивності. Потрібно знати, де і що можна оптимізувати і заздалегідь прораховувати навантаження.[1]

## 2.1 Розробка додатків VR-приложения.

Коли концепт і бюджет затверджено, команда виконавця розпочинає найдовший і найцікавіший етап проекту – створення віртуального світу, який існував до цього лише на папері. Далі ми розберемо ключові етапи докладніше, а поки що запам'ятайте загальну послідовність – так все виглядає з боку підрядника (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Загальна послідовність етапів розробки VR додатка (з боку підрядника)

Лева частина того, що ви побачите у віртуальному світі (будівлі, предмети, техніка, фігури, площину, на якій вони всі знаходяться), – це 3D-моделі (рис. 2.2). Існують різні підходи до їхнього створення. Далі будуть розглянуті найпопулярніші.

По суті, будь-який тривимірний об'єкт у VR – це набір плоских поверхонь різної форми та розміру: трикутників, квадратів та інших багатокутників – їх називають полігонами. Полігональні моделі допрацьовуються на основі готових рішень, які можна придбати, або конструюються з нуля.

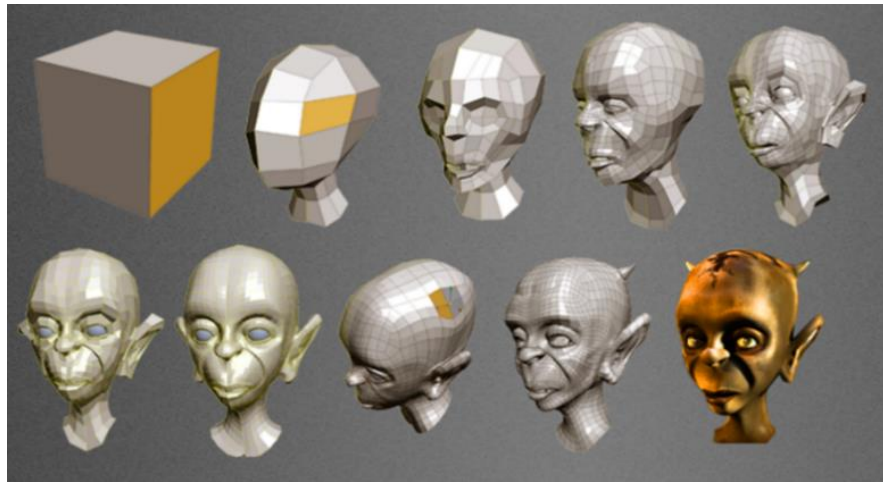


Рисунок 2.2 – Приклад створення 3D моделі персонажу

Моделі для VR можуть створюватися і на основі 3D-копій реально існуючих об'єктів та людей (для цього оригінали спеціальним чином сканують (рис. 2.3)).

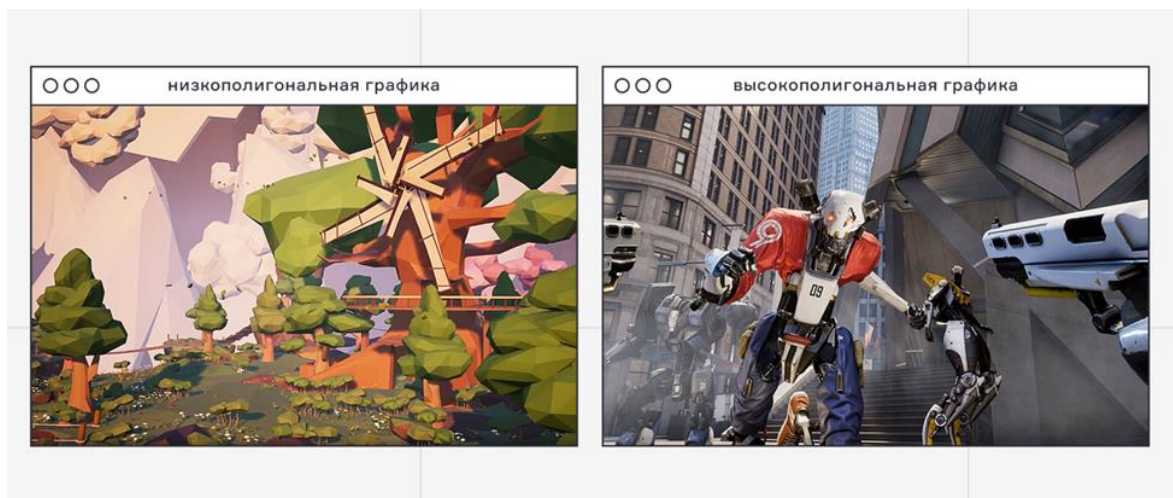


Рисунок 2.3 – Порівняння низькополігональної та високополігональної графіки

Не все, що можна побачити у VR, обов'язково буде спеціально створеною тривимірною моделлю. Зазвичай моделюються ті об'єкти, предмети та персонажі, з якими користувач взаємодіятиме у віртуальному світі. Наприклад, хмари чи вогонь можуть створювати іншими методами.[4]

## 2.2 Робота з 3D моделями

Коли тривимірна модель готова, художники «розгортають» об'єкт, що вийшов, на площину, щоб надати їй потрібні кольори. Цей процес називають текстуруванням, і виглядає він так: фахівець малює на плоскій розгортці те, що повинен побачити користувач, а програма сама потім накладає зображення на полігони (рис. 2.4).

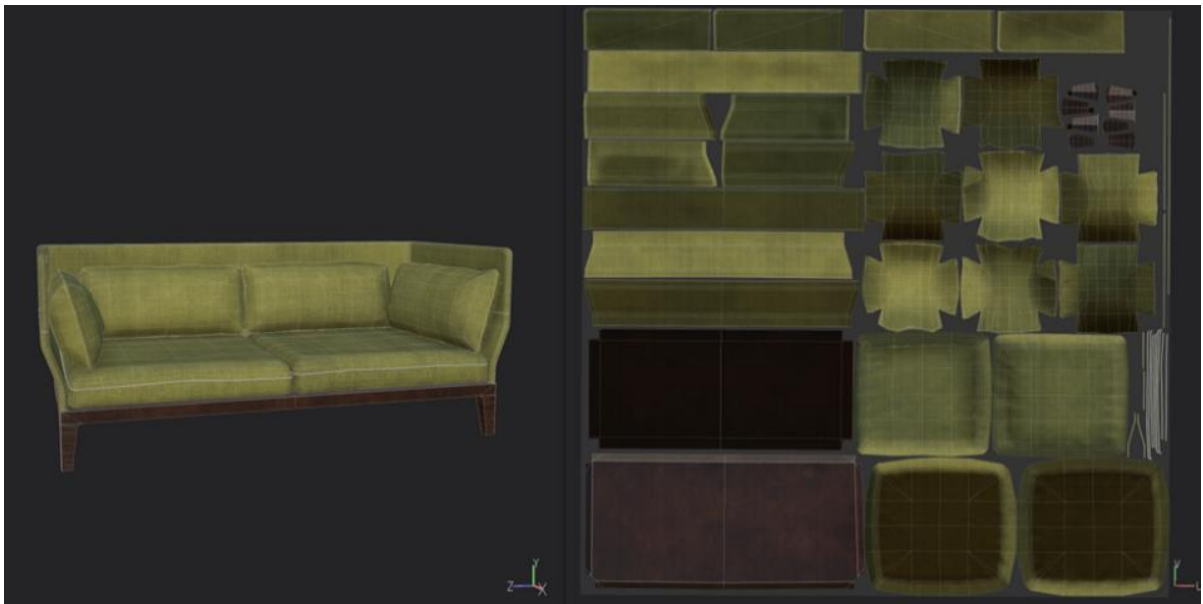


Рисунок 2.4 – Зображення 3D моделі дивану

Часто процес надання моделі подібності до об'єкта реального світу на цьому не закінчується. Адже у предметів навколо зазвичай багато відмінних властивостей: вони можуть бути шорсткими, по-різному відбивати світло і т. д. Всі ці властивості пізніше будуть закладені в модель і поряд з кольором утворюють «матеріал», фіналізуючи зовнішній вигляд об'єкта.

Готова модель - це гарний, але поки що статичний набір затекстурованих полігонів. Якщо модель повинна рухатися та реагувати на дії користувача, зазвичай до неї додається анімація. Це найпопулярніший спосіб поживлення 3D-об'єктів (рис. 2.5).

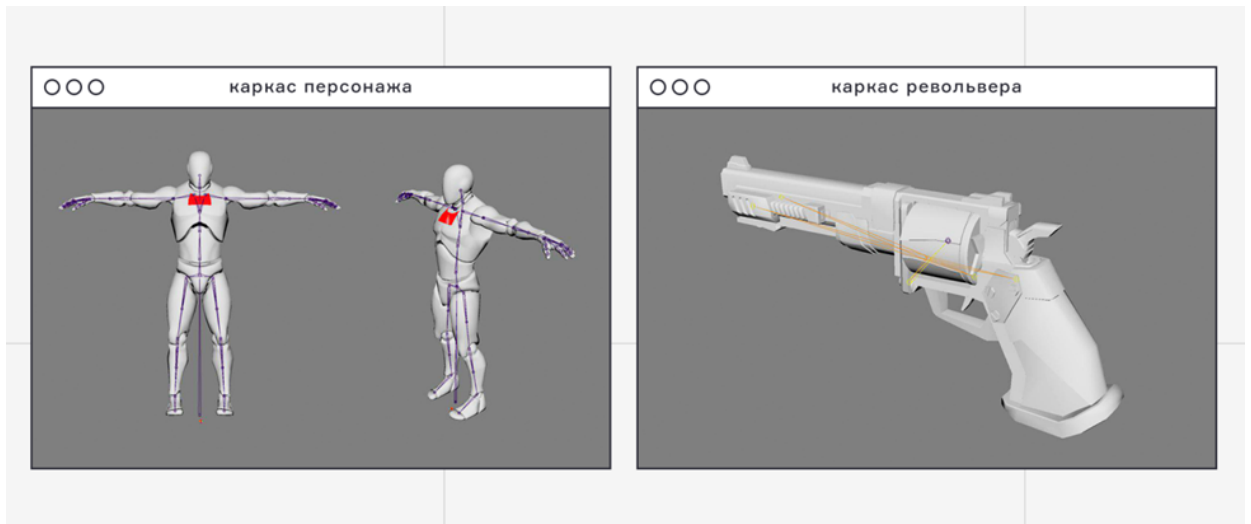


Рисунок 2.5 – Каркас 3D моделі

Щоб підготувати модель до анімації, окремий фахівець – рігер – створює для неї каркас. Сам каркас (він же «риг») чимось нагадує скелет людини, проте «кісті та суглоби» роблять не лише персонажам, а й решті об'єктів, які потрібно анімувати. Від складності "скелета" багато в чому залежить, наскільки плавними вийдуть рухи моделі. Створивши більше елементів у каркасі, можна досягти більш реалістичної анімації, але працювати над нею доведеться довше.

Коли каркаси готові, модель потрапляє до фахівця з анімації аніматора. Його робота чимось схожа на роботу ляльководи: він «рухає» каркас за «кістки» та «суглоби», задаючи відправну, кінцеву та основні проміжні точки для рухів. Потім комп'ютер прораховує всі проміжні переміщення та точки для анімації, щоб забезпечити оптимальну та комфортну для сприйняття частоту оновлення кадру. Така анімація називається покадровою, або Keyframe-анімацією (рис. 2.6).

Якщо необхідно отримати максимально реалістичну анімацію, можна записати рухи справжніх акторів або об'єктів, прикріпивши до них маркери – ця технологія називається MoCap (від англ. motion capture – захоплення рухів). Дані, отримані з маркерів, будуть відразу інтерпретовані програмою як рухи «кісток» клуні, які аніматор зможе поправити або доповнити при необхідності.

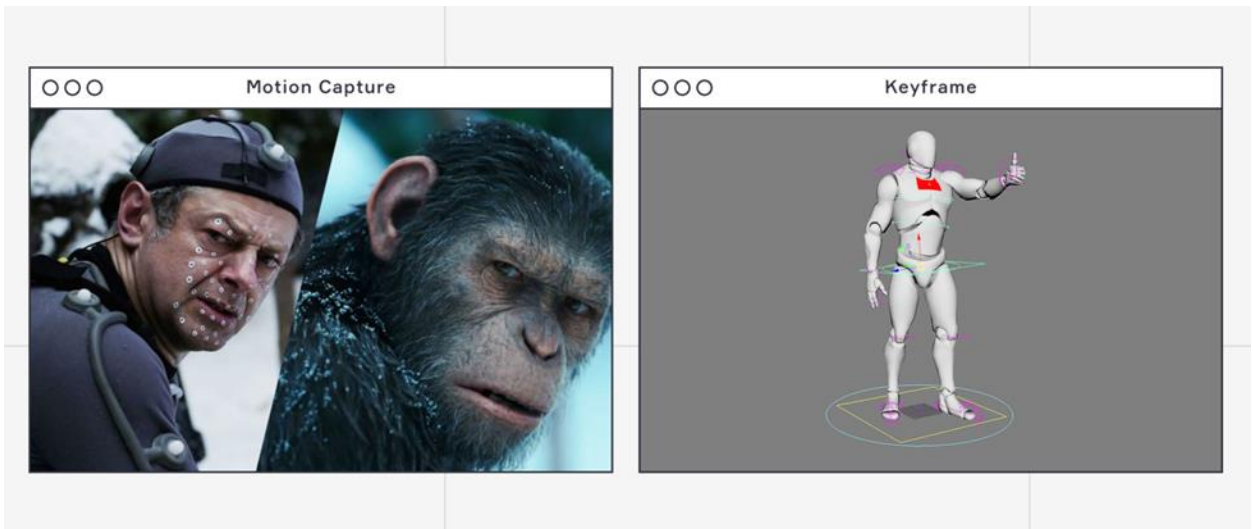


Рисунок 2.6 – Різниця між захопленням рухів та покадровою анімацією

Хороші візуальні ефекти та звук можуть додати реалістичність або компенсувати деякі недоліки 3D-частини. Вони допоможуть створити правильний настрій та емоції у користувача, а разом з іншими елементами програми дозволять керувати його увагою.[3]

### 2.3 Як створюється VR-додаток

Паралельно з роботою над 3D-моделями, звуками та візуальними ефектами створюється сцена, в якій відбуватиметься дія, розробляється інтерфейс майбутньої програми, а програмісти пишуть його логіку – код, який зв'яже все між собою, програє звук, коли потрібно, тощо. Частина цих процесів відразу відбувається на ігровому движку. Коли всі елементи програми будуть готові, їх зберуть на движку в одне ціле.

Ігровий движок - це програмне забезпечення, яке дозволяє розробляти елементи ігрового світу або працювати з вже створеними в різних програмах моделями, ефектами і т. д., з'єднуючи їх в єдине ціле. Зазвичай VR-студії використовують ті ж двигуни, що і творці комп'ютерних ігор: Unity, Unreal Engine або інші. Сьогодні такі движки мають безліч зручних інструментів для роботи з проектами віртуальної реальності, прискорюючи розробку та знижуючи витрати. У популярних движунів також є свої магазини з готовими

моделями, ефектами і навіть ігровими механіками - їх можна купити, щоб прискорити створення прототипу, або оптимізувати та перезбирати для економії на етапі розробки.

Коли проект на двигун готовий, він проходить ряд тестів, а потім портується, тобто переноситься на потрібний пристрій. Замовник братиме участь у проміжних переглядах, даватиме правки і т. д. Коли він прийме фінальну версію, розробка буде вважатися закінченою. Програму можна використовувати, але краще заздалегідь домовитися про його технічну підтримку.

Коли починають використовувати програму «в бою», може статися будь-яке: програма може видати помилку при нестандартних діях, користувачі можуть чогось не розуміти, шолом, контролери або ПК можуть зламатися або почати поводитися інакше через незаплановані ситуації. Як і в будь-якому проекті, не можна контролювати все. Але можна заздалегідь передбачити критичні ситуації і придумати рішення для них, в чому допоможуть VR-фахівці [2].

#### 2.4 Класифікація VR-приложень

З погляду дизайнера кожне VR-додаток складається з двох основних компонентів: середовища та інтерфейсу.

Віртуальне середовище - це той світ, куди потрапляє користувач, одягнувши VR-гарнітуру: планета, на яку йде висадка, або краєвид, що відкривається під час їзди на американських гірках.

Інтерфейс – це набір елементів, з якими користувач взаємодіє, щоб орієнтуватися в середовищі та керувати своїм досвідом. Залежно від складності цих двох компонентів всі VR-програми можна розташувати у двовимірній системі координат (рис. 2.7).

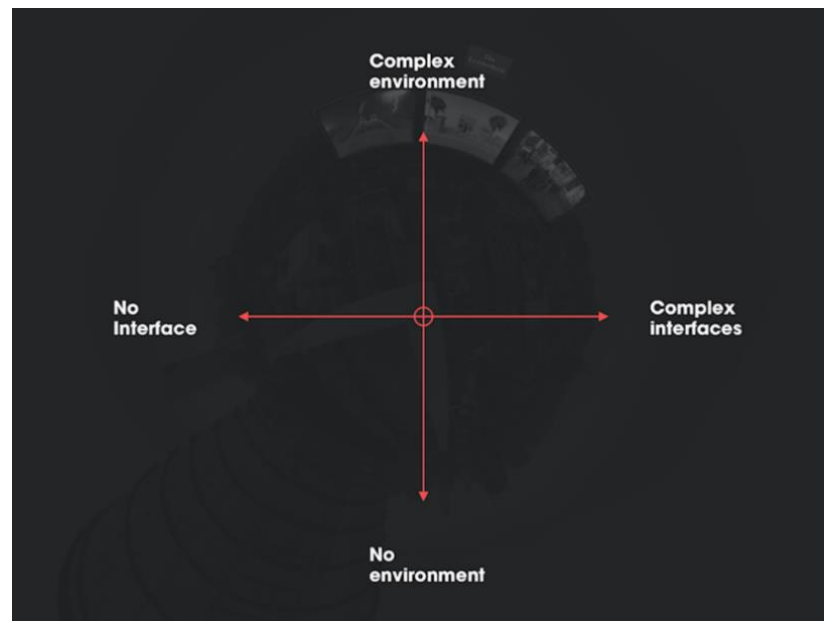


Рисунок 2.7 – Двомірна система координат компонентів VR-програми

У верхньому лівому куті знаходяться симулятори, такі як вищезгадані. Це дуже розвинене середовище, але воно не має інтерфейсу. Гравця ніби просто замикають у кабінці на весь час подорожі.

У протилежному квадранті знаходяться програми з розвиненим інтерфейсом, але з мінімальним або чисто відсутнім середовищем. Як приклад можна навести домашній віртуальний екран Samsung Gear (рис. 2.8).

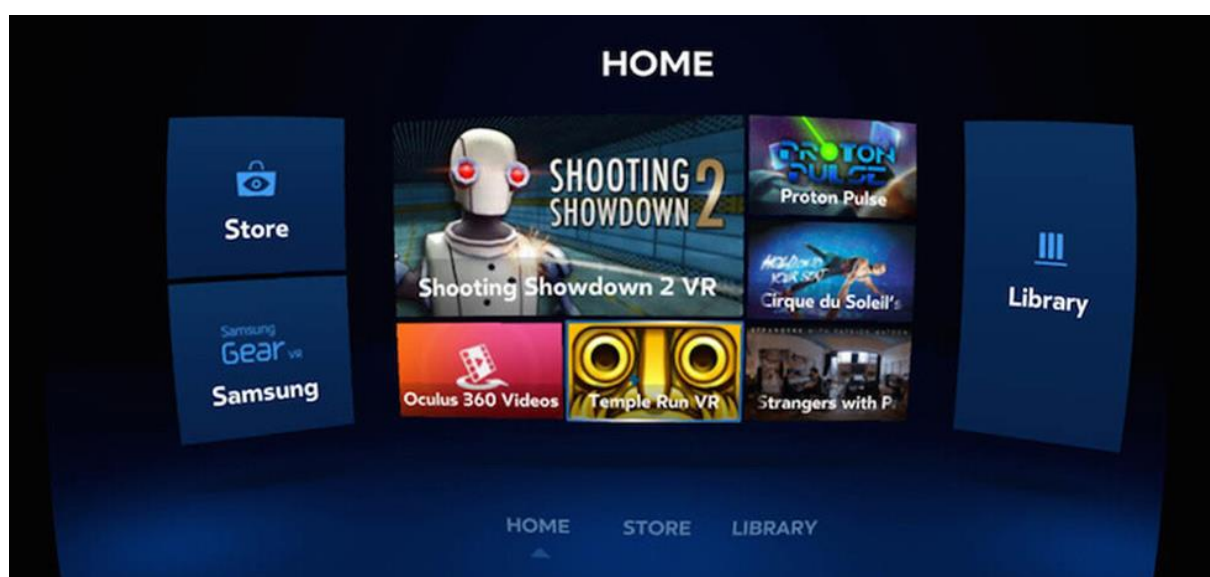


Рисунок 2.8 – Домашній віртуальний екран Samsung Gear

Проектування VR-середовища, що включає приміщення або ландшафти, вимагає досвіду роботи з інструментами 3D-моделювання і через це недоступне багатьом дизайнерам. А ось інтерфейс для віртуальної реальності розробити набагато простіше, і це відмінна область для реалізації навичок та фантазії.

## 2.5 Процес проектування VR-інтерфейсу

Якщо робочі процеси розробки мобільних програм чітко усвідомлюються більшістю дизайнерів, то з процесами проектування VR-інтерфейсів ще доведеться розібратися. Щойно одягнувши гарнітуру Samsung Gear VR, можна відразу відзначити подібність її базової динаміки з традиційними мобільними додатками: інтерфейс допомагає користувачам пересуватися по сторінках. Через цю схожість налагоджені робочі процеси мобільних додатків цілком можна використовувати при розробці VR-інтерфейсів.

Прототипи. Спочатку потрібно зробити прототип інтерфейсу, визначити необхідні взаємодії та намітити його загальний вигляд (рис. 2.9).

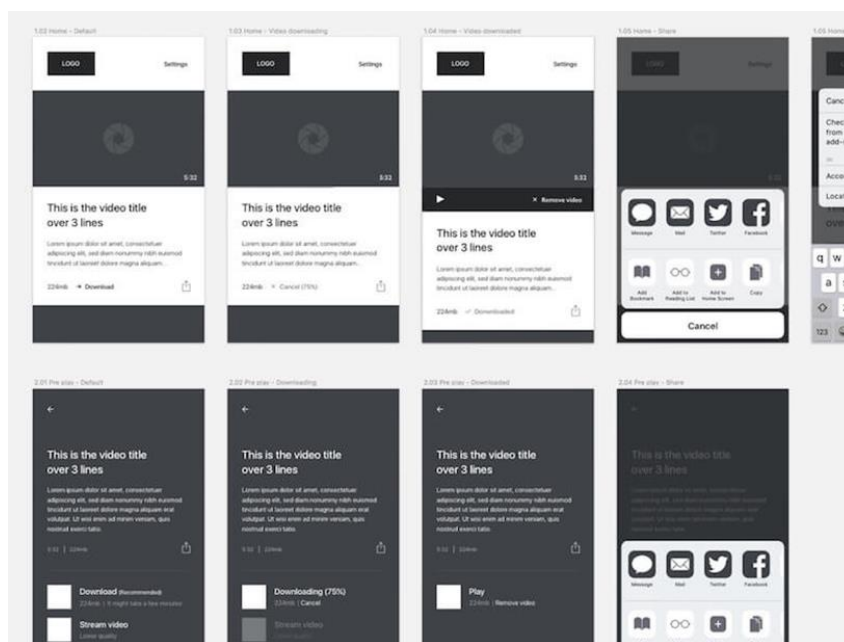


Рисунок 2.9 – Прототип Інтерфейсу

Візуальний дизайн. На цьому етапі всі функції та зв'язки визначені. Тепер можна, спираючись на прототип та звіряючись із фірмовим керівництвом, зробити гарний інтерфейс (рис. 2.10).

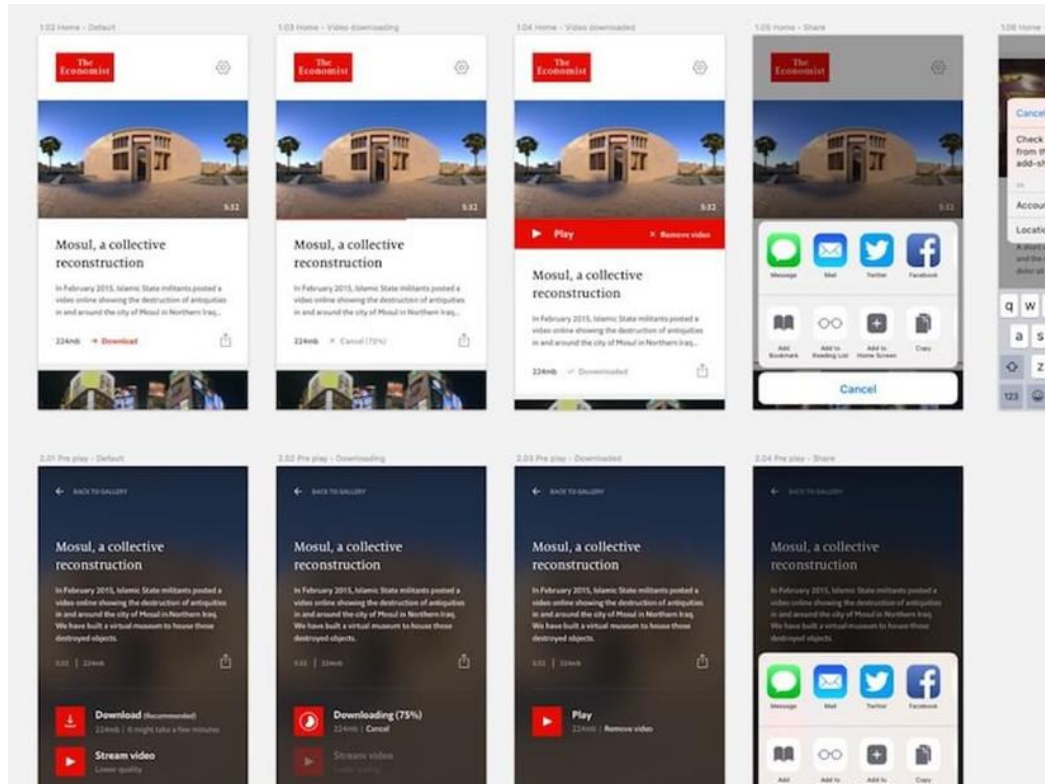


Рисунок 2.10 – Спираючись на прототип зроблений гарний інтерфейс

Карта. Тут організуються екрани сценаріїв, малюються зв'язки між ними й описуються взаємодії кожного на екрані. Іншими словами – це карта програми, оскільки саме з нею звірятимуться розробники проекту (рис. 2.11).

Розмір полотна. Чим простіша проблема, тим важче за неї взятися. Коли ви дивитеся на 360-градусну область, важко навіть збагнути, з чого почати. Як з'ясувалося, UX- та UI-дизайнерам легше зосередитися на конкретній ділянці загального простору.

Щоб застосувати робочий процес для мобільного додатка для розробки VR UI, потрібно визначитися з розмірами «полотна» (канвасу). Для мобільних додатків цей розмір визначається габаритами пристроїв: 1334×750 пікселів для iPhone та приблизно 1280×720 пікселів для Android.

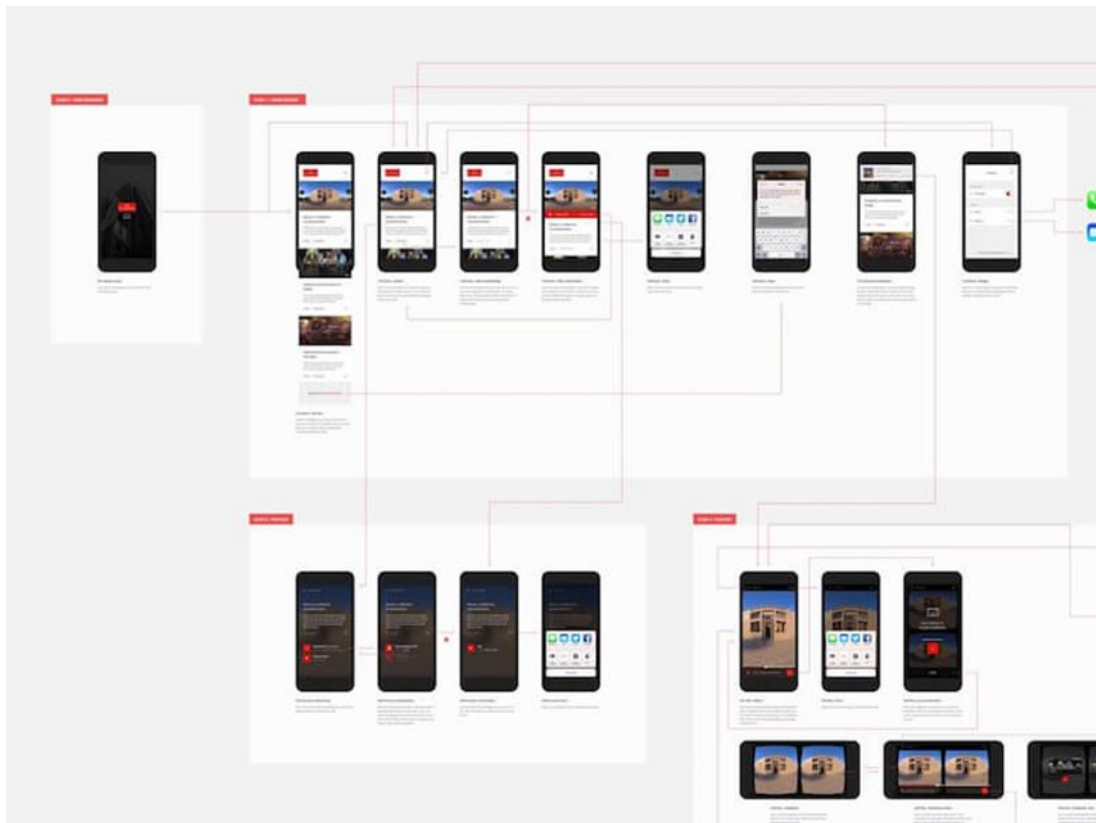


Рисунок 2.11 – Зображення карти програми

На рис. 2.12 видно, як виглядає 360-градусне середовище, якщо його розгорнути. Таке уявлення називається рівнопроміжною проекцією. У віртуальному 3D середовищі ці проекції розташовуються навколо сфери, моделюючи реальний світ.



Рисунок 2.12 – Зображення 360 середовище в розгорнутому вигляді

Повний розмір проекції становить 360 градусів завширшки і 180 градусів заввишки. Це можна використовувати для визначення піксельного кроку:  $3600 \times 1800$  (рис. 2.13).

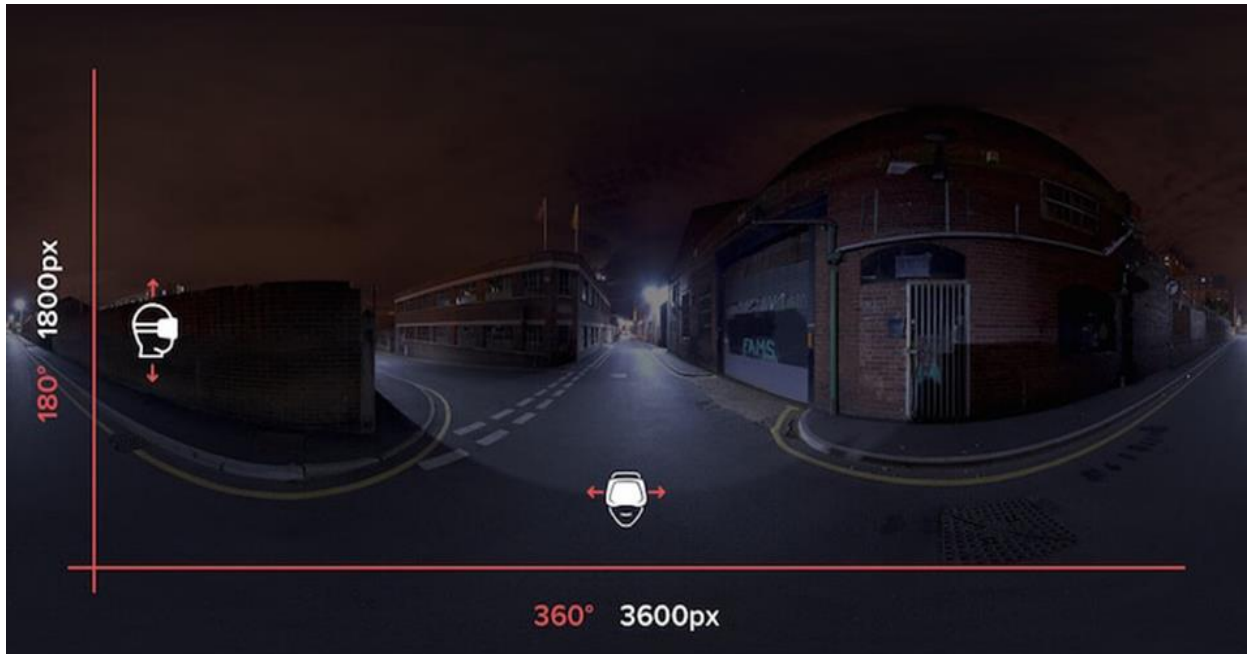


Рисунок 2.13 – Повний розмір проекції

Робота на такому величезному полі видається справжнім викликом. Але через прояснення особливостей VR-програм заздалегідь, можна сконцентруватися на окремому сегменті цього полотна.

Спираючись на дослідження Майка Елгара про зручні зони перегляду, можна відокремити ту ділянку, де інтерфейс матиме сенс. Область інтересу одне дев'яте 360-градусне середовище.

Вона розміщується в центрі цього рівнопроміжного зображення та займає  $1200 \times 600$  пікселів (рис. 2.14-2.15).

Причина для того, щоб використовувати дві області для одного екрану, полягає у зручності тестування. Виділення «UI View» допомагає фокусуватися на самому інтерфейсі та спрощує процес розробки. "360 View" використовується для попереднього знайомства з інтерфейсом у VR-середовищі.



Рисунок 2.14 – Зручні зони перегляду 1

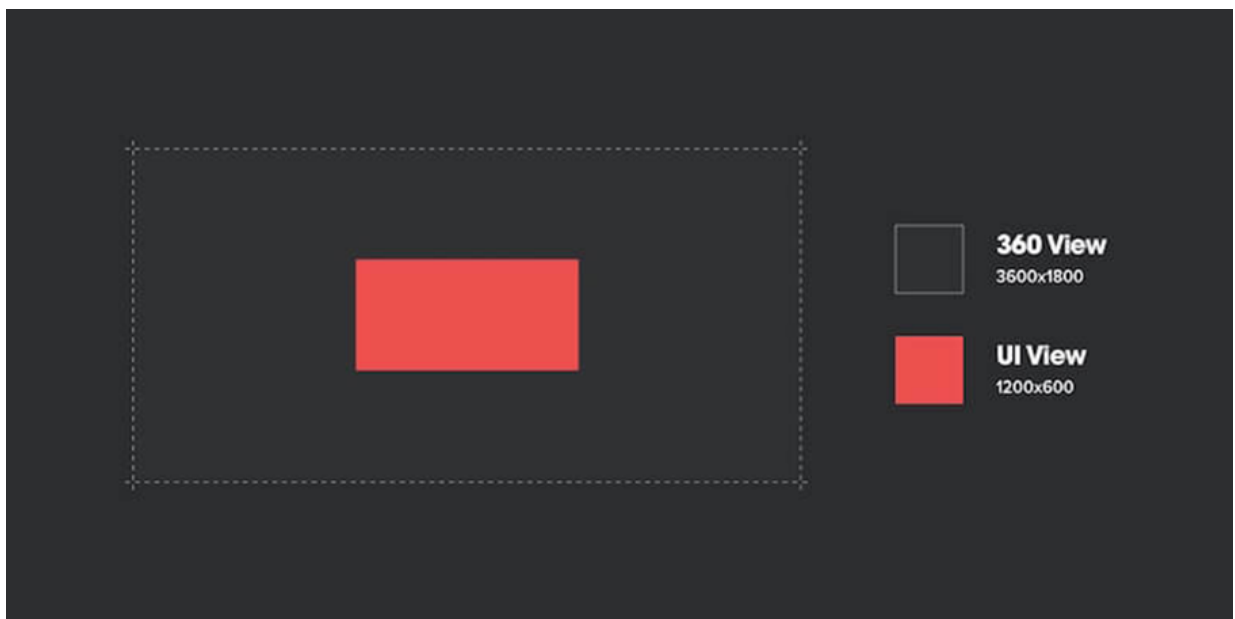


Рисунок 2.15 – Зручні зони перегляду 2

Щоб отримати реальне уявлення про перекинування пропорцій, потрібно протестувати інтерфейс за допомогою VR-гарнітури. Інструменти, які потрібні:

- Sketch. Використовується для розробки інтерфейсів та сценаріїв користувача. Якщо його немає, то можна завантажити пробну версію або замінити будь-якою іншою програмою, наприклад Photoshop;

– GoPro VR Player. Це програма для перегляду 360 градусного контенту. Компанія GoPro постачає її безкоштовно. Використовується для перегляду та тестування розробок у контексті;

– Oculus Rift. Завантаживши Oculus Rift на GoPro VR Player, можна тестувати дизайн у контексті.

Насамперед потрібно завантажити набір ассетів (компоненти, які являють собою графіку, звуковий супровід або скрипти; прикріплюються до об'єктів та складають важливу частину гри) з окремими елементами UI та фоновим зображенням. Або ж використати вже встановлені раніше.

Встановлення "360 View". Потрібно створити область з 360-градусним оглядом, для чого Sketch відкривається новий документ і створюється монтажна область 3600×1800 пікселів. Далі імпортується файл під ім'ям background.jpg, який потім розміщується в середині цієї області. Якщо використовується свій рівнопроміжний фон, потрібно переконатися, що його пропорції – 2:1, а потім змінити розмір на 3600 × 1800 пікселів (рис. 2.16).

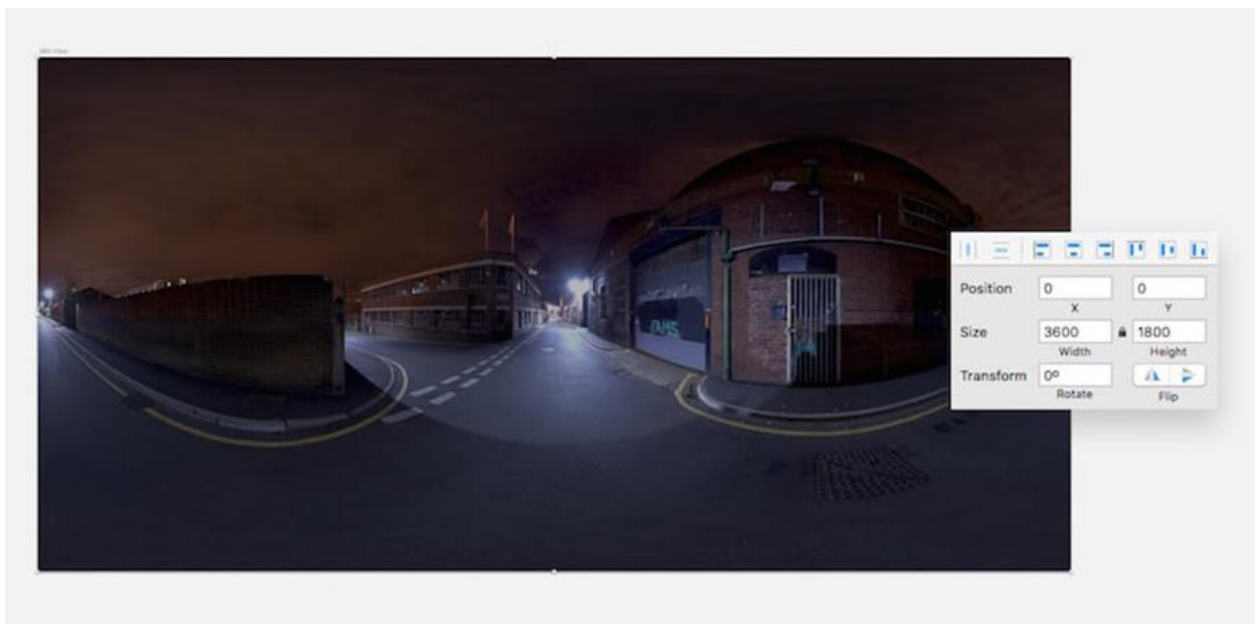


Рисунок 2.16 – Зображення додавання фону

Встановлення монтажної області. Як зазначено вище, "UI View" - це коротка версія "360 View". Вона потрібна, щоб можна було сфокусуватись на

VR-інтерфейсі. Поряд із попередньою потрібно створити нову область  $1200 \times 600$  пікселів. Потім скопіювати фон, який додали до основної області «360 View», і помістити його в центр. Не міняти його, лише зберегти цю обрізану версію фону (рис. 2.17).



Рисунок 2.17 – Встановлення монтажної області

Створення інтерфейсу. Створюватиметься інтерфейс на полотні «UI View». Для полегшення завдання, вибудуйте кілька карток-пліток. Можна просто взяти файл `tile.png` у пакеті асетів і перетягнути його до центру області UI View. Потім потрібно повторити ці дії, щоб отримати низку з трьох плиток. Після цього взяти `kickpush-logo.png` із пакета асетів і помістити його між плитками (рис. 2.18).

З'єднання та експорт полотен (рис. 2.19). Далі потрібно переконатися, що в списку шарів область UI View знаходиться над 360 View. Помістити панель UI View в середину панелі 360 View. Експортувати панель "360 View" у формат PNG - тоді "UI View" виявиться зверху.

Тестування у VR. У відкрите GoPro VR Player перетягується вже експортована область 360 View у форматі PNG. Мишкою переміщується це зображення місце превью 360-градусного середовища.

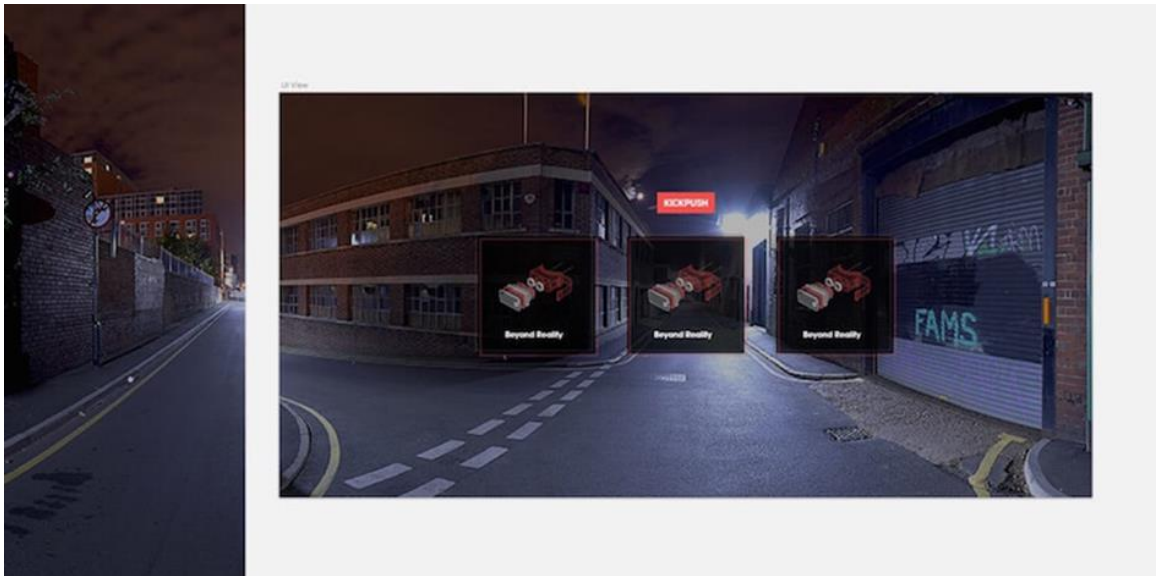


Рисунок 2.18 – Створення інтерфейсу



Рисунок 2.19 – З'єднання та експорт полотен

Якщо встановлено Oculus Rift, GoPro VR Player має його виявити, і тоді вдасться зробити прев'ю зображення за допомогою VR-пристрою (рис. 2.20). Можливо, доведеться попрацювати з налаштуваннями екрана macOS, це залежить від конфігурації.

Створення картки. За допомогою UI-областей потрібно організувати всі потоки у зрозумілу схему, що допоможе розробникам зрозуміти загальну архітектуру програми(рис 2. 21).

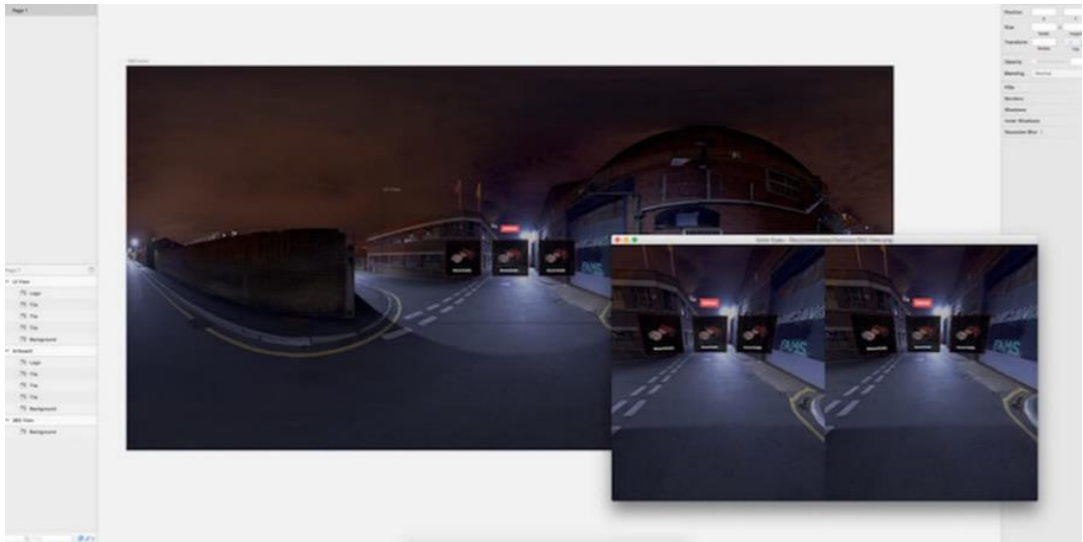


Рисунок 2.20 – Прев'ю зображення за допомогою VR-пристрою

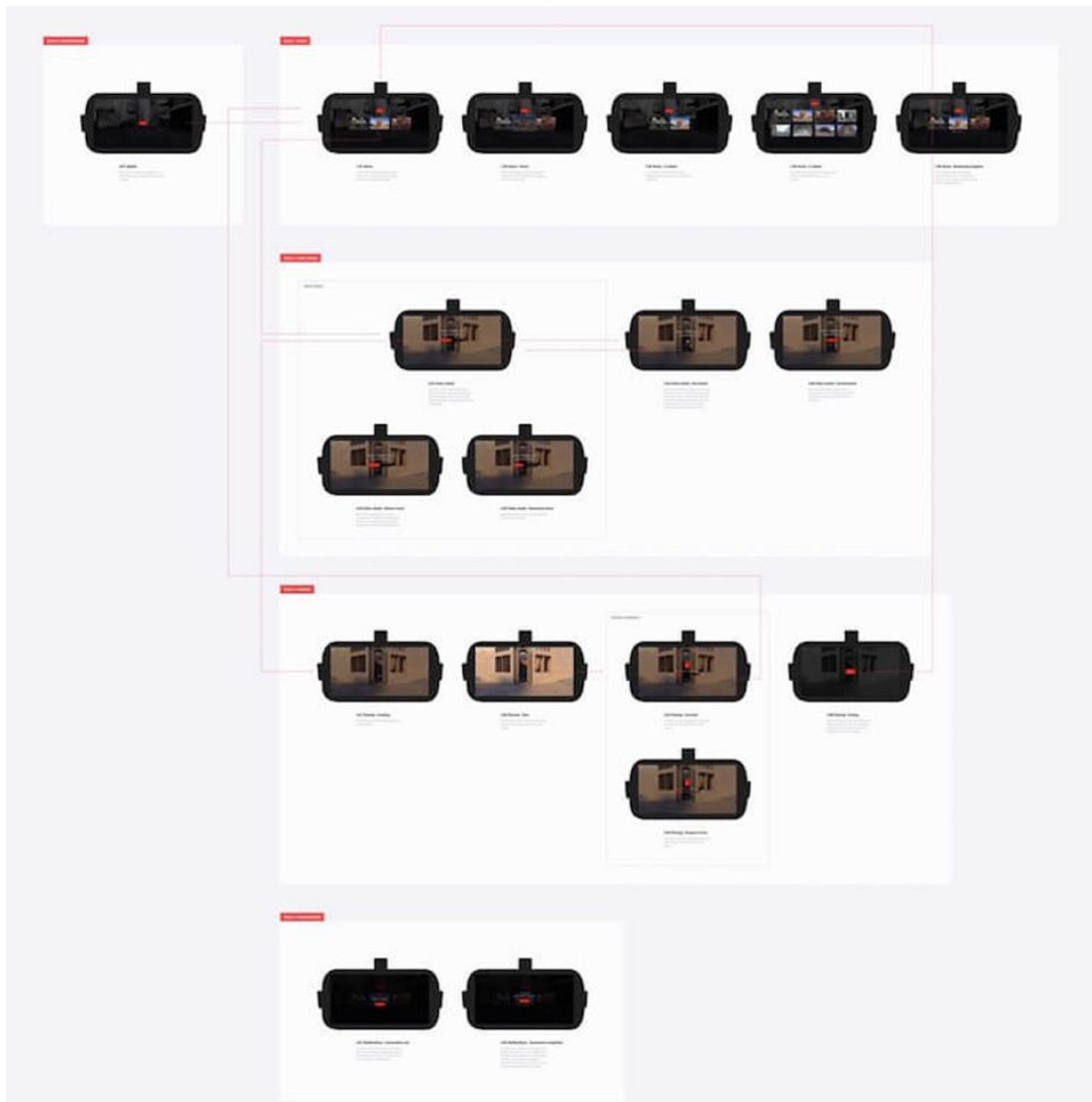


Рисунок 2.21 – Створення картки. За допомогою UI-областей

Створити красивий інтерфейс користувача UI набагато легше, ніж анімувати його. Але можна спробувати зробити це за допомогою двовимірної перспективи, дизайнів у Sketch, а також Adobe After Effects та Principle. Хоча це ще не тривимірний результат, його можна використовувати як посібник для команди розробників. Та й клієнтам легше зрозуміти бачення на ранніх етапах процесу.

На що треба звернути увагу:

- низька роздільна здатність. Дозвіл у VR-гарнітурі досить поганий. Втім, це не зовсім правда: воно таке саме, як на телефоні. Якщо піднести його на відстань п'яти сантиметрів від очей, екран виглядатиме розмитим. Щоб отримати чітке VR-зображення, для кожного ока потрібен екран розміром 8К, тобто 15360×7680 пікселів. Що ще має бути в майбутньому;

- читальність тексту. Через слабку роздільну здатність екрана всі спочатку чіткі UI-елементи будуть здаватися зернистими. Це ускладнює читання тексту та робить прямі лінії східчастими. Тому потрібно постаратися уникати використання великих текстових блоків та UI-елементів, що містять дрібні деталі.

## 2.6 Як далеко можуть зайти VR-інтерфейси

Деякі VR-інтерфейси настільки важко лягають на віртуальне середовище, що користувачам буде незручно керувати програмою навіть за допомогою найпросунутішого традиційного інтерфейсу. У цьому випадку можна віддати перевагу, щоб користувачі взаємодіяли з обладнанням безпосередньо.

Наприклад, йде розробка програми для максимально крутого турагентства. Щоб продаж туру проходив найбільш природним чином, користувачам буде запропоновано одягнути гарнітуру та «переміститися» у фешенебельний офіс у Челсі.

Потім користувач вибирає те місце, куди хоче поїхати. Він може взяти журнал і перегортати його, доки не знайде найпривабливішу пропозицію. Або ж на віртуальному столі буде зібрано колекцію незвичайних предметів, і взявши один з них у руки, користувач відразу «виявиться» у пов'язаній з ним країні.

Все це гарно, але лише на перший погляд. Для повного ефекту знадобиться дуже якісна гарнітура VR з кишеньковими контролерами. До того ж розробка такої програми вимагатиме набагато більше зусиль, ніж використання набору добре підібраних опцій, організованих за принципом традиційного інтерфейсу.

Насправді більшість підприємств ця захоплююча перспектива перестав бути комерційно виправданою. Поки замовник і виконавець не мають практично необмежених ресурсів, як Valve або Google, створення такого інтерфейсу буде занадто дорогим, ризикованим і витратним за часом.

Але це чудово підходить, якщо є бажання показати, що компанія виконавця знаходиться в авангарді медіатехнологій, але абсолютно не працює, коли віртуальне середовище використовується для виведення продукту на ринок. Вся справа у доступності.

Зазвичай, новий формат просувається ранніми адептами – творчими людьми, новаторами нашого світу. З часом, у міру навчання та інвестицій цей формат стає доступним для ширшого кола потенційних користувачів. Коли VR-гарнітури стануть більш поширеними, компанії почнуть шукати можливості інтегрувати VR у свої технології залучення покупців.

VR-програми з їх інтуїтивними інтерфейсами дуже близькі до того, що вже давно стало звичним у телефонах, планшетах, комп'ютерах та інших пристроях. Тому незабаром VR стане доступним додатком для більшості компаній, що цілком окупає себе.

## 2.7 Unity та Unreal Engine

Роздивимося Unity, технічне занурення у використанні HDRP у проекті VR. VR у HDRP розроблено так, щоб усі функції HDRP були сумісні з VR; HDRP повністю підтримувався новою платформою Unity XR Plugin Framework; однопрохідний (екземпляр) є стандартним і рекомендованим рішенням візуалізації для віртуальної реальності.

Використовуючи HDRP для проекту VR, користувач може скористатися всіма функціями конвеєра візуалізації, щоб створити враження, пов'язані лише уявою. Завдяки найсучаснішим методам візуалізації HDRP може надавати приголомшливі фотореалістичні зображення з якістю, яку рідко можна було побачити у середовищах віртуальної реальності.

Короткий огляд функцій, доступних для проектів VR:

- відкладений та прямий рендеринг;
- усі типи світла, тіней, наклейки та об'ємні елементи;
- ефекти екранного простору;
- оклюзія навколишнього середовища (AO);
- відображення простору екрана (SSR);
- підземне розсіювання (SSS);
- спотворення і заломлення;
- подальша обробка;
- колірна градація, згладжування, глибина різкості тощо;
- усі VFX із Visual Effect Graph;
- підтримувані платформи.

VR для HDRP наразі доступний для таких платформ і пристроїв:

- Oculus Rift & Rift S (плагін Oculus XR, Windows 10, DirectX 11);
- Windows Mixed Reality (плагін Windows XR, Windows 10, DirectX 11);
- PlayStationVR;
- OpenVR: Valve зараз розробляє свій плагін OpenVR Unity XR для 2019.3 і далі, і він буде доступний незабаром.

Техніки стерео рендерингу. Нативна реалізація VR оброблятиме все двічі по одному для кожного ока. Це рішення називається багатопрохідним рендерингом. HDRP підтримує багатопрохідну візуалізацію, однак цей метод не рекомендується, оскільки програма буде використовувати вдвічі більше потужності ЦП для візуалізації, що по суті подвоює кількість викликів малювання. Крім того, тіні відобразатимуться двічі і можуть споживати значну частину потужності вашого графічного процесора.

Тим не менш, є деякі випадки, коли використання багатопрохідного проходу є доречним:

- якщо ваша система має невеликий обсяг пам'яті графічного процесора, багатопрохідне використовує менше пам'яті для цілей візуалізації, ніж однопрохідне;

- якщо з якоїсь причини вам потрібно відобразити абсолютно різні точки зору для кожного ока.

Швидшим рішенням є використання однопрохідного (екземпляру) візуалізації. У цьому режимі кожен виклик малювання одночасно відтворюється для обох очей. Це досягається за допомогою масиву текстур для цілей візуалізації та викликів екземпляра малювання. Крім того, відбракування та тіні обробляються лише один раз на кадр. HDRP був розроблений таким чином, щоб усі функції були сумісні з VR та оптимізовані для рендеринга за один прохід.

Ключовим дизайнерським рішенням було використання масиву текстур для всіх цілей візуалізації (навіть якщо ви не створюєте для VR). Це рішення у поєднанні з макросами шейдерів дозволило створювати шейдери, які автоматично сумісні з віртуальною реальністю, за винятком кількох особливих випадків (наприклад, створення списку світла, відкладене затінення непрямої плитки, об'ємне освітлення та рендеринг щодо камери).

Необхідно зауважити, що однопрохідна візуалізація для текстур подвійної ширини не підтримується HDRP через додаткову складність і накладні витр

Майбутні версії HDRP VR будуть зосереджені на:

- підвищення продуктивності за допомогою нових апаратних опцій, таких як затінення змінної швидкості;
- покращення підтримки платформи за допомогою Vulkan і DX12;
- покращення підтримки пристроїв;
- розширення одного проходу для підтримки більш ніж двох переглядів ати, необхідні для всіх повноекранних проходів і ефектів.

Це те що стосується розробки VR додатків на платформі Unity. Нижче роздивимося розробку на Unreal Engine.

Через дуже вимогливі вимоги до візуалізації віртуальна реальність (VR) вимагає низки оптимізацій продуктивності, а в Unreal Engine 4 (UE4) були введені нові режими візуалізації, характерні для VR.

Інстанційний стерео рендеринг було введено, щоб допомогти зменшити вплив VR на продуктивність в UE4. Після ввімкнення екземпляра стерео рендерингу буде потрібен перезапуск двигуна та перекомпіляція шейдера. Базовий прохід і прохід раннього z працюють зі статичними сітками, скелетними сітками, частинками спрайтів і частинками сітки з увімкненою функцією (як послідовний, так і паралельний шлях візуалізації). Instanced Stereo наразі працює на ПК (DirectX) і PS4 з підтримкою інших платформ після початкової версії 4.11.

Підтримка VR Multiview для мобільних пристроїв.

Деякі (підтримувані) мобільні пристрої тепер підтримуються VR Multiview. Mobile Multiview подібний до інстанційного стерео рендерингу, який доступний для настільних ПК, і працює, забезпечує оптимізований шлях для стереорендерінгу на ЦП мобільного пристрою.

Через експериментальний характер цієї функції вона працює лише на сучасних графічних процесорах на базі Малі. У міру розвитку цієї функції та підтримки нових мобільних пристроїв у мережі це буде передано.

## VR Forward Rendering.

За стандартом Unreal Engine 4 (UE4) використовує Deferred Renderer, оскільки він забезпечує найбільшу універсальність і надає доступ до додаткових функцій візуалізації. Однак є деякі компроміси у використанні відкладеного візуалізації, які можуть не підходити для всіх видів віртуальної реальності. Прямий рендеринг забезпечує швидшу базову лінію з більш швидкими проходами візуалізації, що може призвести до кращої продуктивності на платформах VR. Прямий рендеринг не тільки швидше, він також забезпечує кращі параметри згладжування, ніж відкладений рендерер, що може призвести до кращого візуального ефекту.[11]

## Профілювання продуктивності VR

Щоб відстежити активи, які є занадто дорогими для віртуальної реальності, потрібно якомога більше профілювати те, що ваш проект робить на ЦП і ГП протягом усього терміну життя вашого проекту. CPU Profiler – о профілювання того, що ваш проект робить на CPU, є дещо більшим, ніж профілювання для GPU.

## Налаштування постпроцесу VR.

Через вимогливі вимоги до візуалізації VR багато розширених функцій постобробки, які ввімкнено за замовчуванням, слід вимкнути, інакше у проекті можуть виникнути проблеми з продуктивністю.

Кожна з платформ, має свої переваги. Переваги Unity:

- Unity гарно підходить як для кросс-платформених рішень, так і для складних проектів;
- кількість активів у Unity Asset Store у п'ять разів більше, ніж на Unreal Engine Marketplace;
- більш велике співтовариство розробників.

Переваги UP:

- велике кількість візуальних ефектів «із коробки»;
- краще підходить для крупних проектів;
- система Blueprints є відмінним рішенням для новичків.

### Переваги UE:

- UE останньої версії неймовірно гнучкий і універсальний. На відміну від свого конкурента Unity, що вимагає установки цілого ряду плагінів, він вже оснащений всім необхідним;
- движок написаний на C++, тому користувачі, знайомі з цим мовою програмування, освоюють його швидше;
- доступність досягається завдяки редактору Blueprints, який допомагає створювати скрипти та розміщувати об'єкти без написання коду;
- в Unreal Engine є всі інструменти, необхідні дизайнерам, програмістам і артистам. Багато з них полегшують роботу спеціалістів;
- він з легкістю портується на будь-яку платформу, адаптує ігри під ПК, консолі та мобільні гаджети;
- мультиплеерна гра «із коробки». Після запуску редактора всього декількома кліками можна створити проект з уже готовою мережевою грою;
- UE надає розробникам вільний доступ до всього функціонального руху [10].

В експериментальній частині більш обширно роздивимося переваги та недоліки цих двох програм для того щоб розуміти яку платформу краще обрати для більш швидкого та зручного використання.

## 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Аналіз та вибір реалізації додатка

Основні елементи Unity – це об'єкти («GameObject») та компоненти («MonoBehaviour»). Освоївши цю концепцію, ви можете працювати з Unity. Якщо правильно користуватись цією системою, вона дозволяє значно покращити організацію проекту.

У Unity включено багато компонентів, що забезпечують всім необхідним для створення гри - крім ігрової логіки як такої. Як було зазначено вище, компонент може бути таким маленьким, як Plane (Unreal відсутня), який використовували для побудови сітки. Нові доповнення движка - компоненти «UI» і «Layout», що забезпечують створення потужних і масштабованих графічних інтерфейсів.

Редактор можна розширювати власними сценаріями. Для цього можна створити будь-яку погодну умову або фізичні ефекти і зберегти це у форматі «Prefab», і потім використовувати дане налаштування в будь-якому проекті, крім того, в Asset Store - це вбудований магазин, доступна маса ресурсів на всі випадки життя. Сховище Asset Store також містить безліч корисних сценаріїв, моделей матеріалів та ін. Вони будуть особливо доречними при прототипуванні - можна просто завантажити все необхідне у вигляді тимчасових ресурсів і користуватися цим, як підручними імітаційними моделями.

Unity був одним з перших загальнодоступних двигунів, що підтримували мобільну розробку. Тому він дуже зручний при розгортанні в мобільному середовищі, виглядає і діє там практично так само, як і в редакторі. Система постійно вдосконалюється і розгортання протікає дуже гладко. Це був суттєвий фактор, завдяки якому вирішили робити мобільний прототип. Мабуть, Unity може похвалитися найширшим співтовариством спеціалістів серед усіх ігрових движків, тому якщо у вас виникне питання швидше за все,

відповідь на нього знайдеться. Нехай Unity і підтримує безліч мов для написання сценаріїв, документація по кожному з них дуже звичайна. У Unity виконано величезну роботу з оптимізації рендерингу для безлічі однотипних об'єктів. Щоб досягти порівнянної продуктивності в Unreal, довелося б задіяти Instanced Rendering, а цей механізм зазвичай менш гнучкий, ніж рендеринг в Unity. Одним із методів, за допомогою якого може бути реалізована VR, є віртуальна реальність на основі моделювання. Симулятори водіння, наприклад, створюють у водія враження, що він фактично керує транспортним засобом, передбачаючи рух автомобіля, викликане введенням водія, і повертаючи водієві відповідні візуальні, рухові та звукові сигнали.

### 3.2 Вибір методу дослідження

При виборі методу дослідження треба визначити критерії, за якими можна буде оцінити платформи для розробки:

- чіткість візуального сприйняття структури;
- легкість сприйняття матеріалу;
- зручність навігації та інтерфейсу;
- привабливість зовнішнього вигляду.

Далі розглянемо деякі методи оцінки.

Безпосередня оцінка. Являє собою процедуру присвоєння порівнюваним об'єктам числових значень (балів) в прийнятій шкалі інтервалів. Як правило, на практиці використовуються п'яти-, десяти- і стобальною шкалами.

Послідовне порівняння. Являє собою комплексну процедуру, що включає як ранжування, так і безпосередню оцінку.

Метод опитування. Анкетування і сценарій припускають індивідуальну роботу експерта. Інтерв'ювання може здійснюватися як індивідуально, і з групою експертів. Інші види експертизи припускають колективну участь експертів, у роботі.

Метод експертних оцінок «Дельфі». Суть методу полягає в послідовному анкетуванні думок експертів з різних галузей. У кожній анкеті міститься інформація, яка одержана з попередніх анкет (можливим є декілька кіл таких анкет).

Отже для виконання завдання було обрано метод експертних оцінок. Цей метод добре підходить для виявлення суб'єктивних відчуттів користувачів при порівнянні мультимедійного видання на різних пристроїв.

Даний метод експертних оцінок, був обраний, оскільки в роботі немає достатньої вихідної інформації, бо лише узгодженість групи експертів може сформувати об'єктивну думку, та також відсутність можливості математично формалізувати процес прийняття рішення. Метод експертних оцінок дозволяє математично обґрунтувати результати отримані в процесі проведення вибору критерію за допомогою фокус-груп.

Перш за все необхідно сформувати експертну групу та за обраними критеріями виявити аспекти які більш впливають на сприйняття контенту споживачем.

### 3.3 Вибір експертної групи та формування критеріїв оцінки

В якості експертів було запрошено студентів, які займаються безпосередньо розробкою VR додатків.

Проаналізувавши літературні джерела можна виділити кілька підходів до оцінки ергономічних властивостей розробки для двох обраних платформ. Відмітимо, що оцінка потребує комплексного підходу, що буде враховувати більш важливі критерії які потрібно враховувати у розробці VR додатків.

Експерти будуть оцінювати наступні критерії опираючись на інформацію яка була проаналізована.

Перелік критеріїв оцінки розробки:

- складність використання;
- мультизадачність;

- зручність інтерфейсу;
- додаткові можливості;
- можливість візуалізації;
- зрозумілість подання тексту;
- наочність;
- продуктивність.

Експертиза повинна виявити найбільш важливі із критеріїв які в першу чергу впливають на зручність використання їх в розробці. Обрані критерії заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки

№ з/п	Критерії порівняння мультимедійного комплексу
1.	Складність використання
2.	Мультизадачність
3.	Зручність інтерфейсу
4	Додаткові можливості
5	Можливість візуалізації
6.	Зрозумілість подання тексту
7.	Наочність
8.	Продуктивність

### 3.4 Проведення експерименту

Щоб виявити найбільш вагомні елементи для розробки VR додатків треба провести анкетування експертів, які визначать найбільш важливі критерії для оцінки елементів зручності розробки на основі застосування методу переваг. У якості експертів було запрошено студентів які безпосередньо займаються розробкою VR додатків на обох платформах(Unity та Unreal Engine).

Експертам була запропонована анкета, де необхідно було виставити оцінки від 1 до 10 за пріоритетом балів (1 – найменш важливий, 10 – найбільш

важливий). Експерти оцінили кожен критерій різною кількістю балів. Для порівняння зручності було обрано найбільш розповсюджені платформи на яких розробляються додатки а саме було обрано Unity та Unreal Engine.

У разі участі в опитуванні декількох експертів розбіжності в їх оцінках неминучі і величина цієї розбіжності має важливе значення. Групова оцінка може вважатися досить надійною тільки за умови гарної узгодженості відповідей окремих фахівців – для цього здійснюється розрахунок значення коефіцієнту конкордації (1).

Чим ближче його значення до «1», тим більш узгодженими є оцінки експертів.

$$K = \frac{12 \times S}{k^2(n^3 - n)},$$

де n – кількість критеріїв;

k – кількість експертів;

S – квадратичне відхилення.

Аналіз отриманих оцінок експертів подано в таблиці 3.2-3.3

Таблиця 3.2 – Оцінки Розробки на Unity

Експерт	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	W7j	W8j
1	3	5	2	7	6	8	1	4
2	2	4	1	6	5	7	3	8
3	4	8	3	7	4	2	1	5
4	3	8	1	5	7	4	2	6
5	1	5	2	6	7	8	3	4
6	3	7	4	2	6	5	1	8
7	2	5	1	5	7	6	3	4
8	3	4	2	7	8	6	1	5

Таблиці 3.3 – Оцінки розробки Unreal Engine

Експерт	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	W7j	W8j
1	6	4	5	8	3	7	1	2
2	5	6	4	7	3	8	2	1
3	7	5	6	8	2	4	3	1
4	5	6	8	7	2	4	3	3
5	6	4	8	7	2	4	3	5
6	6	5	7	8	1	3	2	4
7	8	6	5	7	4	2	3	1
8	4	8	7	6	3	5	1	2

Після отриманих результатів необхідно розрахувати коефіцієнт узгодженості експертів, для кожної таблиці.

Розрахунок коефіцієнту для додатку для телефона.

$$K = \frac{12 \times 2345}{8^2 \times (8^3 - 8)} = 0,87.$$

Розрахунок коефіцієнту для додатку на ПК.

$$K = \frac{12 \times 2293}{8^2 \times (8^3 - 8)} = 0,85.$$

Отриманні коефіцієнти конкордації в обох випадках близькі до одиниці, такий результат свідчить про узгодженість експертів у виборі критеріїв для оцінки елементів.

Таким чином, можна переходити до подальших розрахунків.

### 3.5 Зміст експерименту

Наступним кроком необхідно виконати розрахунок коефіцієнту вагомості усіх критеріїв. Ця інформація дасть уявлення про основні відмінності суб'єктивного сприйняття однієї платформи. Отриманні ваги критеріїв заносимо в таблиці 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнту вагомості для Unity

Експерт	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	W7j	W8j
1	3	5	2	7	6	8	1	4
2	2	4	1	6	5	7	3	8
3	4	8	3	7	4	2	1	5
4	3	8	1	5	7	4	2	6
5	1	5	2	6	7	8	3	4
6	3	7	4	2	6	5	1	8
7	2	5	1	5	7	6	3	4
8	3	4	2	7	8	6	1	5
$\Sigma$	21	46	16	45	50	46	15	44
Відхилення від сер. сум	-24	1	-29	0	5	1	-30	-1
Квадрат відхилення	576	1	841	0	25	1	900	1
Wi	0,04	0,16	0,05	0,14	0,27	0,16	0,04	0,14

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт вагомості для Unreal Engine

Експерт	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	W7j	W8j
1	6	4	5	8	3	7	1	2
2	5	6	4	7	3	8	2	1
3	7	5	6	8	2	4	3	1

Продовження таблиці 3.5

Експерт	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	W7j	W8j
4	5	6	8	7	2	4	3	3
5	6	4	8	7	2	4	3	5
6	6	5	7	8	1	3	2	4
7	8	6	5	7	4	2	3	1
8	4	8	7	6	3	5	1	2
$\Sigma$	47	44	50	58	20	37	18	19
Відхилення від сер. сум	2	-1	5	13	-25	-8	-27	-26
Квадрат відхилення	4	1	25	169	625	64	729	676
Wi	0,17	0,10	0,27	0,21	0,07	0,09	0,04	0,05

Беручи до уваги, що сума  $W_i = 1$ , після виключення найменш вагомих елементів коефіцієнт вагомості інших елементів перераховується.

Проаналізувавши вагові коефіцієнти елементів, найбільш вагомими для таблиці 3.4, є:

- W2j – мультизадачність;
- W4j – додаткові можливості;
- W5j – можливість візуалізації;
- W6j – зрозумілість подання тексту.

При використанні Unity у розробці експерти в першу чергу звертали увагу на можливість візуалізації розробленого проекту, також дуже важливим аспектом була мультизадачність платформи, додаткові можливості та зрозумілість подання тексту.

Експертами було зазначено що програма має недоліки у складності використання, зручності інтерфейсу, наочності та продуктивності.

Для Unreal Engine найбільш вагомими коефіцієнтами, є:

- W1j – складність використання;
- W2j – мультизадачність;
- W3j – зручність інтерфейсу;
- W4j – додаткові можливості.

При використанні Unreal Engine експерти віддавали перевагу на складність використання, мультизадачність платформи, зручність інтерфейсу та додаткові можливості платформи.

Експертами було зазначено, що платформа має недоліки у відсутності зручної можливості візуалізації, у зрозумінні подання тексту, у наочності та продуктивності платформи.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень

У роботі розглядається програма Unity, що забезпечує міжплатформлене середовище розробки комп'ютерних ігор. Unity дозволяє створювати додатки, які підтримуються на більш ніж 25 різних платформах, включаючи у себе персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої, інтернет-додатки тощо.

Дана програма дає різноманітні можливості розробки та стилістики розроблених ігор. Велика кількість запроєктованих додатків повинна мати свій різноманітний стиль, а також має різний підхід у своїй візуалізації. Дана програма дає змогу розробляти додатки такими, якими створювач хоче їх бачити. Це може бути або 2D візуалізація, або звичайна 3D візуалізація, так само існує можливість розробити додаток за допомогою VR технології.

Актуальність теми обумовлена тим, що існує велика кількість проєктів, які необхідно розробляти, оскільки у наш час більша частина населення використовує електронні пристрої.

Мета роботи полягає в дослідженні технології розробки ігрових додатків з використанням VR технології.

Об'єктом дослідження є можливості використання програми Unity для безпосередньо розробки самих додатків.

Предметом дослідження є зручність платформи Unity та її можливість зробити готовий до використання проєкт.

### 4.2 Розрахунок кошторисної вартості НДР

Для розрахунку вартості дослідження необхідно враховувати всі витрати, що мають місце в роботі. В цьому дослідженні:

– заробітна плата виконавців НДР;

- страхові нарахування на заробітну плату (єдиний соціальний внесок);
- вартість використаних матеріальних ресурсів;
- витрати на електроенергію;
- вартість використання основних засобів;
- оплата послуг зв'язку;
- адміністративні витрати.

Велика кількість витрат приходить на виплату заробітної плати працівникам. В роботі беруть участь наступні працівники: керівник проекту, програміст, гейм дизайнер та тестувальник. Місячна заробітна плата керівника складає 20 000, програміста – 15 000, гейм-дизайнера – 12 000, тестувальник – 8 000 гривень.

Дослідження складається з трьох етапів: підготовчого, основного та заключного. На першому етапі проводиться підготовка та збір усіх необхідних матеріалів, складання плану проведення робіт. На основному етапі виконується постановка задачі, дослідження принципів розробки додатків, аналіз процесу розробки, аналіз можливих проблем при написанні коду у програмі Unity.

На заключному етапі проводиться аналіз отриманих даних та надання рекомендацій щодо використання програми Unity при розробці додатків з технологією VR.

Середньоденна заробітна плата за виконання окремого етапу роботи визначається за формулою:

$$ЗП_i = ЗП_\partial \times ТМ_i, \quad (4.1)$$

де  $ЗП_i$  – заробітна плата за виконання  $i$ -го етапу роботи, грн;

$ЗП_\partial$  – середньоденний заробіток виконавця  $i$ -го етапу, грн./ос. на день;

$ТМ_i$  – трудомісткість  $i$ -го етапу, люд.-дні.

Середньоденна заробітна плата кожного фахівця розраховується за формулою:

$$ЗП_{\partial} = ЗП_{\text{м}} / n, \quad (4.2)$$

де  $ЗП_{\text{м}}$  – місячна заробітна плата;

$n$  – кількість робочих днів у місяці ( $n=22$ ).

Використовуючи наведені вище формули було розраховано витрати на заробітну плату виконавцям. Результати було наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок заробітної плати виконавців

Вид роботи	Виконавець		Трудовитрати, люди-днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн. (гр.3хгр.4х гр.5)
	посада	кількість			
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1 Підготовка та збір усіх необхідних матеріалів	Керівник	3	3	909,01	2727,03
	Програміст		2	681,82	1363,64
	Гейм-дизайнер		2	545,45	1090,9
1.2 Складання плану проведення робіт	Гейм-дизайнер	2	1	545,45	545,45
			1	681,82	681,82
	Програміст				
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	Керівник	1	1	909,01	909,01

Продовження таблиці 4.1

1	2		4	5	6
2.2 Дослідження принципів розробки додатків	Програміст		1	681,82	681,82
	Гейм-дизайнер		1	545,45	545,45
2.3 Аналіз процесу розробки	Програміст		2	681,82	1363,64
	Гейм-дизайнер		1	545,45	545,45
2.4 Аналіз можливих проблем при написанні коду у програмі Unity	Програміст		1	681,82	681,82
	Тестувальник		1	363,64	363,64
3. Заключний етап					
3.1 Аналіз отриманих даних	Програміст		2	681,82	1363,64
3.2 Надання рекомендацій щодо використання програми Unity	Тестувальник		1	363,64	363,64
Всього			20		10 826,96

Відповідно до таблиці сума витрат на заробітну плату керівника, програміста, геймдизайнера і тестувальника складе 10 826,96 гривень.

Необхідно врахувати єдиний соціальний внесок, який розраховується:

$$СВ = 0,22 \times ЗП, \quad (4.3)$$

де СВ – єдиний соціальний внесок, який відноситься на собівартість;

0,22 – ставка єдиного соціального внеску, частка одиниці;

ЗП – сума витрат на заробітну плату виконавців НДР.

Підставивши значення отримуємо:

$$СВ = 0,22 \times 10\,826,96 = 2\,381,93 \text{ (грн)}.$$

Під час проведення дослідження, використовуються певні матеріали, вартість яких має бути включена в розрахунок вартості роботи.

Вартість використаних матеріалів визначається за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (4.4)$$

де  $M$  – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярські приналежності тощо);

$Q_j$  – кількість використаних одиниць  $j$ -го виду матеріалів;

$C_j$  – ціна одиниці  $j$ -го виду матеріалів.

В таблиці 4.2 приведений список використаних матеріалів, їх кількість та ціна.

Таблиця 4.2 – Матеріальні витрати

Найменування	Од. вим.	Кількіст ь, ( $Q_j$ )	Ціна ( $C_j$ ), грн	Сумарні витрати на матеріали ( $M$ ), грн.
Ручка	шт.	3	4,5	13,5
Папір	уп.	1	87	87
Маркери	уп	1	171	171
Дошка	шт	1	264	265
Калькулятор	шт	1	69,99	69,99
Всього				606,49

Проведення дослідження потребує використання 2 комп'ютерів, графічного планшету та програми Unity. Вони є власністю організації. Вартість комп'ютера, монітора та миші складає 30 000 гривень, другий комп'ютер, монітор та мишка складає вартість 20 000 гривень, графічний планшет 10 000 гривень, програма Unity є цілком безкоштовною у використанні, але якщо проект буде дуже успішним то компанія буде повинна виплатити деякий процент від загальної суми продажу копій розробленого додатку.

Необхідно розрахувати суму амортизаційних відрахувань, яка визначається за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.5)$$

де  $AB$  – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час науково-дослідницької роботи;

$BO_k$  – вартість основних засобів  $k$ -го виду;

$TE_k$  – термін експлуатації основних засобів  $k$ -го виду, днів;

$T$  – термін науково-дослідницької роботи, днів;

$L$  – кількість видів обладнання.

Термін використання першого комп'ютера складає 1095 днів, другого комп'ютера – 912 днів, графічного планшету – 438 днів. Підставивши відомі значення в (5.5) отримуємо:

$$AB = \frac{30\,000 \times 16}{1095} + \frac{20\,000 \times 6}{730} + \frac{10\,000 \times 6}{438} = 739,73 \text{ (грн)}.$$

Таким чином, сума амортизаційних відрахувань склала 739,73 гривень.

Оскільки використовується обладнання, яке потребує електроенергії, то необхідно визначити відповідні витрати.

Для цього використовується формула:

$$Z_e = M \times t \times T_{\text{кВт}}, \quad (4.6)$$

де  $M$  – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

$t$  – кількість годин використання устаткування за період науково-дослідницької роботи;

$T_{\text{кВт}}$  – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

У дослідженні використовується два комп'ютери та графічний планшет. Їх потужності 0,6 кВт та 0,5 кВт відповідно. Тариф на електроенергію для підприємств за першим класом напруги складає 1,68 грн./кВт на годину (без ПДВ). За допомогою (5.6) розраховуємо витрати на електроенергію:

$$\begin{aligned} Z_e &= 0,6 \times 96 \times 1,68 + 0,6 \times 48 \times 1,68 + 0,5 \times 48 \times 1,68 = \\ &= 96,77 + 48,37 + 40,32 = 185,47 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

Таким чином, витрати на електроенергію складуть 185,47 гривні.

Під час виконання науково-дослідницької роботи необхідно використання інтернету. Його вартість складає 175 гривень на місяць.

Адміністративні витрати, такі як водопостачання, водовідведення, освітлення та опалення прийнято у розмірі 10% від витрат на оплату праці.

Виконані розрахунки та відомі дані були внесені до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат на проведення НДР

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Заробітна плата (ЗП)	10 826,96
2. Єдиний соціальний внесок (22% від п.1)	2 381,93
3. Матеріальні витрати	606,49

## Продовження таблиці 4.3

Стаття витрат	Сума, грн.
4. Амортизація основних засобів (вартість машинного часу)	739,73
5. Витрати на спожиту електроенергію	185,47
6. Інші витрати, у тому числі:	
- адміністративні витрати (10% від п.1);	1083
- вартість послуг зв'язку;	175
7. Разом (Вр)	15 998,58

Загальна сума витрат на НДР складатиме 15 998,58 грн.

## 4.3 Оцінка результатів НДР

Результат – це завершальний наслідок послідовності дій, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Покращення характеристик процесу, який є предметом дослідження, виникає завдяки тому, що досягаються цілі, заради яких було замовлене НДР.

Відповідно до теми даної роботи можна зробити висновок про те, що результатом впровадження НДР є розробка рекомендацій щодо використання технологій розробки ігрових додатків з використанням VR технологій. У разі виконання рекомендацій, процес розробки буде більш швидким та якісним, і помилок у програміста буде набагато менше. Взагалі можна вважати що час роботи програміста буде зменшено приблизно на два робочі дні, тобто взагалі за час виконання його роботи кількість часу зменшиться на 12 хвилин. Але все ж таки потрібно розуміти, що можуть з'явитися непередбачувані помилки, тому приймемо, що 10 % помилок залишаться, та час на них також буде

витрачатися, приблизно 2 хвилини на час що взагалі буде 3,2 години. В такому разі результат від впровадження НДР розраховується за наступною формулою:

$$\Delta P_j = |X_{бj} - X_{нj}|, \quad (4.7)$$

де  $\Delta P_j$  – покращення  $j$ -тої характеристики системи (процесу) за рахунок впровадження результатів НДР ( $j=1,m$ ),

$X_{бj}$  – базове значення  $j$ -тої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$X_{нj}$  – нове значення  $j$ -тої характеристики після впровадження запропонованих рішень

У якості досліджуваних характеристик було обрано час, який витрачається на програмування додатку, та кількість часу який витрачається на виправлення помилок. Процес програмування у середньому триває 16 днів, це 96 години, а при впровадженні запропонованих рекомендацій цей час зменшується на 14 днів тобто 84 години, що на 12 годин менше. Якщо брати 10 % помилок, які залишаться, та час на їх виправлення, що приблизно дорівнює 3,2 години. Якщо враховувати заробітну плату, то за 16 днів програміст отримає 10 908,8 гривень, за 14 днів він отримає 9 545,48 гривень. З урахуванням витраченого часу на виправлення помилок то програміст отримає 9 909,12 гривень.

$$\Delta P_1 = |96 - 84| = 12 \text{ (год.)},$$

$$\Delta P_2 = |10\,908,8 - 9\,909,12| = 999,69 \text{ (грн)}.$$

У результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що використання на практиці запропонованих рекомендацій забезпечить скорочення часу на роботу програмування додатку на 12 годин, а сума зекономлена на роботі дорівнює 999,69 гривень.

#### 4.4 Визначення економічної ефективності результатів НДР

З метою визначення економічної ефективності від впровадження результатів НДР, необхідно порівняти витрати на розробку НДР з результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідницької роботи є коефіцієнт "ефект-витрати", який обраховується за наступною формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (4.8)$$

де  $K_{ев}$  – коефіцієнт "ефект-витрати", який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює  $j$ -ту характеристику досліджуваного процесу.

Підставивши відомі значення отримуємо:

$$K_{ев} = \frac{12}{15\ 998,58} * 100\% = 0,075 (\%).$$

$$K_{ев} = \frac{999,69}{15\ 998,58} * 100\% = 6,25 (\%).$$

У результаті проведених досліджень можна зробити висновок про те, що кожна гривня витрат на розробку НДР забезпечує зниження витрат часу на програмування додатку на 0,075 %. Отриманий результат показує, що вкласти грошей в дослідження необхідно більше, ніж буде збережено від перепрограмованих помилок. Але дослідження виконується 1 раз, а помилки можуть виникати постійно і у кожному проекті. Тому проведення дослідження кожного разу буде забезпечувати економію коштів підприємства, а, отже, є необхідним. Дана науково-дослідницька робота має позитивний показник економічної ефективності. Роботу у цілому можна вважати ефективною або такою, що має науковий та технічний рівень.

## ВИСНОВКИ

В наш час поняття віртуальна реальність не є чимось новим. Будь-яка людина хоча б раз чула це словосполучення. Оскільки в за останні часи дослідження в області розробки віртуальної реальності все біль і біль популярні та користуються великим попитом серед інвесторів. Бо саме за технологією VR прокладається майбутнє. Через великий функціонал даної технології велика кількість інвесторів має зацікавленість у покращенні та розповсюдженості VR.

Віртуальна реальність – це нова технологія неконтактної інформаційної взаємодії, що реалізує за допомогою комплексних мультимедіа середовищ ілюзію безпосереднього входження і присутності в реальному часі в стереоскопічному представленому просторі з тими об'єктами і даними, з якими він взаємодіє.

В ході дослідження була вивчена технологія створення додатків, були досліджені дві платформи які є найбільш поширені у розробці VR додатків, а саме платформи Unity та Unreal Engine.

В ході експериментальної частини були визначені їх недоліки та переваги, та було визначено яка програма більш підходить до створення додатків, у якій програмі розробка буде проходити більш швидко та легко. Був проведений аналіз спеціальної науково-технічної літератури по темі дослідження.

Проведено економічне обґрунтування доцільності проведення цієї науково-дослідної роботи (НДР). Дана робота має досить високий показник економічної ефективності, роботі у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має високий науковий та технічний рівень.

Результати показують, що віртуальна реальність дозволяє використати безліч можливостей для створення, та можливість урізноманітнити розробку та готовий проект додатку.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Що таке віртуальна реальність: властивості, класифікація, обладнання – докладний огляд області. URL: <https://tproger.ru/translations/vr-explained/> (дата звернення: 21.10.2021).
2. Що вчити розробнику, щоб працювати з VR: поради експертів. URL: <https://vc.ru/dev/136142-что-учит-разработчику-чтобы-работат-s-vr-sovety-ekspertov> (дата звернення: 21.10.2021).
3. Посібник для початківців VR-розробників. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/316024/> (дата звернення: 21.10.2021).
4. Розробка VR і AR додатків. URL: <https://koloro.ua/blog/3d-tekhnologii/razrabotka-vr-i-ar-prilozheniy-10-keysov-uspeshnogo-vnedreniya-v-biznes.html> (дата звернення: 21.10.2021).
5. Розробка додатка віртуальної реальності: з песочниці в великому бізнесі. URL: <https://umbrellait.com/ru/blog/grown-out-of-playground-vr-is-expanding-boundaries/> (дата звернення: 21.10.2021).
6. Сколько электроэнергии потребляет компьютер. URL: <https://esoblog.pro/skolko-potreblyayet-komp/> (дата звернення: 21.10.2021).
7. Кулішова Н.Є. Методичні вказівки з виконання магістерської атестаційної роботи для напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа». Харків: ХНУРЕ, 2010. 44 с.
8. Creating immersive, photorealistic VR experiences with the High Definition Render Pipeline. URL: <https://blog.unity.com/technology/creating-immersive-photorealistic-vr-experiences-with-the-high-definition-render> (дата звернення: 21.10.2021).
9. Introduction to XR: VR, AR, and MR Foundations. URL: <https://learn.unity.com/course/introduction-to-xr-vr-ar-and-mr-foundations> (дата звернення: 21.10.2021).
10. Створення простої демо версії VR на Unreal Engine. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/315966/> (дата звернення: 21.10.2021).

11. Unreal Engine 4 розробка VR гри, введення. URL: [https://pikabu.ru/story/unreal\\_engine\\_4\\_razrabotka\\_3d\\_\\_vr\\_igr\\_1\\_vvedenie\\_v\\_ue\\_4\\_i\\_perviy\\_skript\\_na\\_blueprint\\_4049869](https://pikabu.ru/story/unreal_engine_4_razrabotka_3d__vr_igr_1_vvedenie_v_ue_4_i_perviy_skript_na_blueprint_4049869) (дата звернення: 21.10.2021).

12. Особливості VR розробки. URL: <https://dtf.ru/gamedev/628149-osobennosti-vr-razrabotki-chast-1-s-chego-nachat> (дата звернення: 21.10.2021).