

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Медіасистем та технологій
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Дослідження сприйняття користувачами інтерфейсів VR
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи ТЕМВм-19-1

Соболев М.А.

Спеціальності 186 Видавництво та поліграфія

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма
Технології електронних мультимедійних видань

Керівник доц. Дейнеко Ж.В.

Допускається до захисту
Зав. кафедри МСТ

(підпис)

Ткаченко В.П.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
Кафедра _____ Медіасистем та технологій _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 186 Видавництво та поліграфія _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Технології електронних мультимедійних видань _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)

« 26 » жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові _____ *Собльєву Микиті Андрійовичу* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ *Дослідження сприйняття користувачами інтерфейсів VR* _____

Затверджена наказом по університету від 23 жовтня 2020 р. № 1432 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 14 грудня 2020 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: *Методи введення і взаємодії з інтерфейсом для віртуальної реальності; Методи створення інтерфейсів для віртуальної реальності; Програмне забезпечення: Oculus SDK, Unity, HTC SDK; Технічне обладнання: Персональний комп'ютер, шолом віртуальної реальності.* _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Вступ; Аналіз технічного завдання; Огляд літератури за темою дослідження, аналіз стану проблеми і постановка завдання; Теоретичні дослідження; Експериментальні дослідження; Економічна частина; Висновки; Перелік джерел посилання. _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)
Проблема дослідження; Актуальність дослідження; Мета і задачі роботи; Об'єкт і предмет дослідження; Зв'язок інтерфейсу з довкіллям; Дослідження методів створення VR-інтерфейсів; Методи оцінки інтерфейсів віртуальної реальності; Огляд та аналіз досліджень у галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності; Рекомендації створення інтерфейсів для віртуальної реальності; 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. Дейнеко Ж.В.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на атестаційну роботу	30.10.2020	
2	Аналіз стану проблем інтерфейсів віртуальної реальності	3.11.2020	
3	Проведення теоретичних досліджень	7.11.2020	
4	Проведення експериментальних досліджень	14.11.2020	
7	Економічна частина	18.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки	24.11.2020	
9	Оформлення графічної частини	14.12.2020	

Дата видачі завдання 26.10.2020 р.

Студент _____ Соболєв М.А.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Дейнеко Ж.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 58 сторінок, 28 рисунків, 8 таблиць, 22 використаних джерел посилання.

ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, МЕТОД СТВОРЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ, ІНТЕРФЕЙС, ЮЗАБІЛІТІ, ІНТЕРФЕЙС ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ, КОРИСТУВАЦЬКИЙ ІНТЕРФЕЙС, ШОЛОМ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.

На сьогоднішній день одним з найбільш важливих питань розвитку віртуальної реальності є пошук оптимального способу взаємодії людини зі штучним середовищем. Можна сказати по-іншому: необхідні засоби навігації та інтерфейсу в віртуальному середовищі, які були б зручні, універсальні, а по можливості прості в установці, і мали невисоку вартість.

Метою магістерської атестаційної роботи є дослідження методів створення інтерфейсів, дослідження сприйняття користувачами інтерфейсу у віртуальній реальності та розробка рекомендацій створення інтерфейсів для віртуальної реальності.

Об'єктом дослідження є інтерфейс віртуальної реальності. Предметом дослідження є сприйняття користувачем інтерфейсу віртуальної реальності.

В процесі виконання роботи було проведено аналіз спеціальної науково-технічної літератури по темі дослідження, проведено аналіз існуючих методів створення інтерфейсів для віртуальної реальності та розроблено рекомендації створення інтерфейсів для віртуальної реальності.

Було проведено економічне обґрунтування доцільності проведення даного дослідження.

РЕФЕРАТ

Объяснительная записка содержит 58 страниц, 28 рисунков, 8 таблиц, 22 использованных источника.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, МЕТОД СОЗДАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА, ИНТЕРФЕЙС, ЮЗАБИЛИТИ, ИНТЕРФЕЙС ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ, ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС, ШЛЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ.

На сегодняшний день одним из самых важных вопросов развития виртуальной реальности является поиск оптимального способа взаимодействия человека с искусственным миром. Можно сказать по-другому: необходимы средства навигации и интерфейса в виртуальной среде, которые были бы удобны, универсальны, а по возможности просты в установке, и имели невысокую стоимость.

Целью магистерской аттестационной работы является исследование методов создания интерфейсов, исследования восприятия пользователями интерфейса в виртуальной реальности и разработка рекомендаций создания интерфейсов для виртуальной реальности.

Объектом исследования является интерфейс виртуальной реальности. Предметом исследования является восприятие пользователем интерфейса виртуальной реальности.

В процессе выполнения работы был проведен анализ специальной научно-технической литературы по теме исследования, анализ существующих методов создания интерфейсов для виртуальной реальности и разработано рекомендации создания интерфейсов для виртуальной реальности.

Было проведено экономическое обоснование целесообразности проведения данного исследования.

ABSTRACT

The explanatory note contains 58 pages, 28 pictures, 8 tables, 22 used literary sources.

VIRTUAL REALITY, INTERFACE CREATION METHOD, USABILITY, VIRTUAL REALITY INTERFACE, USER INTERFACE, VIRTUAL REALITY HELMET.

Today, one of the most important issues in the development of virtual reality is the search for the optimal way of human interaction with the artificial world. It can be said in another way: you need navigation and interface tools in a virtual environment that would be convenient, universal, and, if possible, easy to install, and have a low cost.

The purpose of the master's certification work is to study the methods of interface creation, study the user's perception of the interface in virtual reality and develop recommendations for creating interfaces for virtual reality.

The object of research is virtual reality interface. The subject of the study is the user's perception of the virtual reality interface.

In the process of work there was carried out analysis of special scientific and technical literature from the research subject, analysis of existing methods of interface creation for virtual reality and development of recommendations for virtual reality interface creation.

Also in the course of the work, the feasibility study of this research work.

ЗМІСТ

	С.
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	9
ВСТУП	10
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1 Огляд літератури	12
1.2 Визначення проблем інтерфейсів VR.....	13
1.3 Постановка цілей і завдань дослідження, предмет і об'єкт дослідження.....	15
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
2.1 Методи введення і взаємодії з інтерфейсом	16
2.2 Зв'язок інтерфейсу з довкіллям.....	19
2.3 Проектування і розробка інтерфейсу.....	20
2.3.1 Зони контенту	21
2.3.2 Концепція від Google.....	24
2.3.3 Кольорове рішення	27
2.4 Методи оцінки інтерфейсів віртуальної реальності.....	27
2.4.1 Евристична оцінка.....	28
2.4.2 Інтерв'ю	29
2.4.3 Тест юзабіліті.....	30
2.4.4 Опитування	31
3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	32
3.1 Огляд та аналіз досліджень у галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності.....	32
3.1.1 Порівняння кругового і панельного меню залежно від розташування в просторі	32
3.1.2 Порівняння просторового, прокручуваного і стисненого списку ..	38
3.2 Рекомендації створення інтерфейсів для віртуальної реальності.....	42

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	46
4.1 Характеристика науково-дослідної роботи	46
4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата.....	46
4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР	49
4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	52
4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР.....	54
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	57

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

2D – двомірний простір.

3D – тривимірний простір.

SD – стандартне відхилення .

UX – користувацький досвід.

UI – користувальницький інтерфейс.

SUS – шкала юзабіліті системи.

ASQ – анкета після сценарію.

НДР – науково-дослідна робота.

ВСТУП

Перша згадка про віртуальну реальність з'явилась ще в далекому 1960 році. Це поняття ввів Майрон Крюгер. А вже 1964 році, Станіслав Лем у своїй книзі «Сума Технології» використав термін «Фантомологія», що описував основні завдання та відповіді на питання «як створити дійсність, яка для розумних істот, що живуть в ній, нічим не відрізнялася б від нормальної дійсності, але підпорядковувалася б іншим законам?» [1].

Останнім часом все більше і більше можна чути і бачити слова «VR» і «Віртуальна реальність» у звичайному житті. Компанії стрімко розвиваються, щоб використовувати VR в різних областях, і VR стають для нас звичним. VR розшифровується як «Virtual Reality», також називається «віртуальна реальність». Як впливає з назви, особливість VR полягає в тому, що ви можете випробувати реальність, яка відрізняється від реальності перед вами.

Найвідоміший компонент віртуальної реальності - це головний дисплей (VR окуляри). Люди – візуальні істоти, і технологія відображення часто є найбільшою відмінністю між віртуальною реальністю і традиційними для користувача інтерфейсами. Коли ви носите ці тривимірні окуляри, ви можете побачити зовсім іншу сцену, ніж ту, що ви бачили раніше. Ви можете випробувати політ в небі або космосі, а також відвідати відомі туристичні напрямки, побувати в ролі супергероя в комп'ютерній грі або пройти навчання практичних навичок певної професії.

Носіння окулярів VR закриває огляд на 360 ° і дає відчуття занурення у світ, максимально наближений до реальності. Крім того, контент VR, представлений в останні роки, дозволив отримати більш реалістичний досвід, оскільки ваші рухи відображаються в зображенні VR за допомогою пульта дистанційного керування. Зокрема, світ розваг, таких як живі гри і жива музика, лідирує в інших областях і надає великий обсяг контенту, сприяючи поширенню віртуальної реальності.

НСІ (взаємодія людини з комп'ютером) – це область, в якій досліджується дизайн і використання комп'ютерних технологій, зосереджених на інтерфейсах між людьми і комп'ютерами. UI, як компонент НСІ, складається з усього, що дозволяє користувачу взаємодіяти з системою, для виконання дана задача або все, що дає користувачу інформацію про стан системи [2].

VR технології створили нову парадигму для створення і доставки контенту з ефектом присутності. VR продукти, як і звичайний 2D продукт включає в себе 2D інтерфейс, за допомогою якого користувач може взаємодіяти з віртуальним світом. Він може бути відсутнім або додаток може повністю складатися з нього, в залежності від специфіки продукту. Розробка VR це новий горизонт для UI-дизайну, і тому не можна покладатися на багато з існуючих шаблонів проектування і рішень для 2D продуктів, тому що це може не працювати для VR продуктів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд літератури

Віртуальна реальність складається з тривимірних і двовірних об'єктів. Основна частина двовірних елементів – це інтерфейс. У доповіді «Проектування екранних інтерфейсів для VR» (Designing Screen Interfaces for VR) від Google Daydream, розглянуті методи створення зручних і читаних двовірних інтерфейсів, а також представлені нові робочі процеси для роботи з віртуальною реальністю.

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

Для взаємодій з інтерфейсом і віртуальним середовищем використовується призначене для користувача введення. У документації Oculus представлені рекомендації по використанню віртуальної реальності, інформація для розробки додатків. Зокрема, є інформація про призначене для користувача введення для віртуальної реальності і особливості його розробки. Так само в доповіді «Використання віртуальних меню у віртуальному середовищі» (Using virtual menus in a virtual environment) розглядається використання меню як метод взаємодії з віртуальним середовищем і методи проектування меню для віртуальної реальності.

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

У роботі «Оцінка властивостей меню і техніки наведення в середовищі проєкції – на основі VR» (An evaluation of menu properties and pointing

techniques in a projection – based VR environment) вивчається робота з меню для систем віртуальної реальності.

У статті «VR–дизайн: Користувацький інтерфейс» (VR–Design: User Interface) описані принципи проектування інтерфейсу для віртуальної реальності.

В дослідженні «Порівняння радіального і панельного меню у віртуальній реальності» (Comparison of Radial and Panel Menus in Virtual Reality), порівнювали і оцінювали кругове і панельне меню. А в роботі «Дизайн і Оцінка Просторових Інтерфейсів у Віртуальній Реальності» (Design and Evaluation of Spatial Interfaces in Virtual Reality) досліджували можливості тривимірного середовища для розміщення інформації в інтерфейсі додатків для віртуальної реальності.

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

1.2 Визначення проблем інтерфейсів VR

З VR приходять велика відповідальність за безпеку користувача. На відміну від дотримання хорошим ергономічним практикам в більшості 2D призначених для користувача інтерфейсів, віртуальна реальність настійно вимагає від дизайнерів встановлювати і строго дотримуватися здорових звичок і стандартів руху, тому що погана ергономіка в VR призводить до відчутного дискомфорту, наприклад, нудота, викликана швидким рухом камери [3].

На відміну від дизайну для веб-додатків або мобільних, де вже існують основні елементи UI і моделі взаємодії, які дизайнери розробили за роки роботи, для віртуальної реальності їх не так багато, і вони можуть бути вузькоспеціалізовані. А існуючі методи розробки для звичайних 2D застосувань можуть зовсім не працювати. Так користувачеві у віртуальному

світі, при використанні випадного меню з великою кількістю пунктів і підпунктів розібратися буде дуже складно. А якщо розташоване меню буде знаходитися на великій відстані від користувача, взаємодіяти з таким меню буде практично не здійснити завдання.

Створення призначеного для користувача інтерфейсу, який споживачі знаходять привабливим і інтуїтивно зрозумілим, а не відштовхуючим – одне з найскладніших завдань віртуальної реальності (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Приклад перевантаженого інтерфейсу для VR

Розробник повинен створити інтуїтивний і не переобтяжений інтерфейс та знайти спосіб привернути увагу користувача до певних місць і навчити його швидко і легко взаємодіяти з інтерфейсом (рис. 1.2).

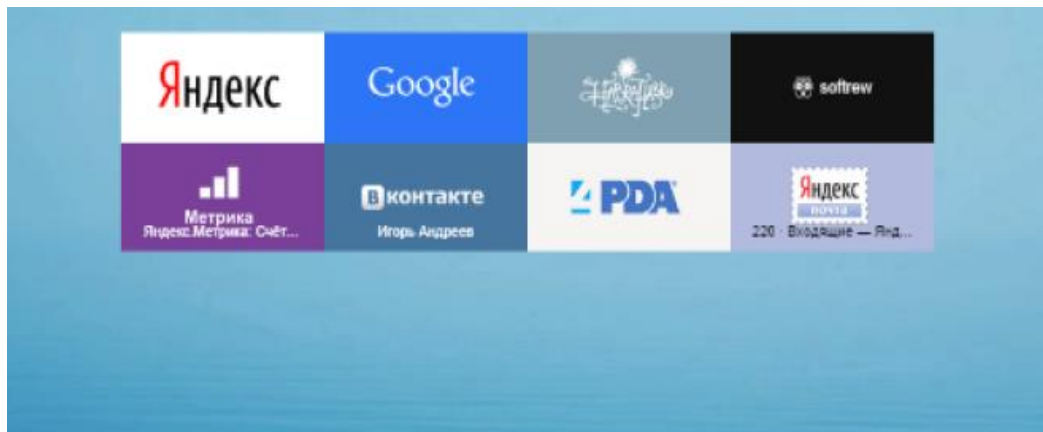


Рисунок 1.2 – Приклад інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу VR

Створюючи сайт або додаток для 2D платформ, дизайнер дає можливість користувачу самому вирішувати, на чому йому фокусуватися. Але у віртуальній реальності, користувач повністю занурюється в віртуальні світ, який впливає на всі органи чуття. Це величезна відповідальність і основна проблема UI / UX в VR.

1.3 Постановка цілей і завдань дослідження, предмет і об'єкт дослідження

Метою цієї магістерської атестаційної роботи є дослідження методів створення інтерфейсів та дослідження сприйняття користувачами інтерфейсу у віртуальній реальності.

Для поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз літератури з теми дослідження;
- аналіз стану проблеми;
- огляд існуючих елементів інтерфейсу двомірних застосувань;
- розглянути сучасних методів створення інтерфейсів для віртуальної реальності;
- аналіз досліджень інтерфейсів у віртуальної реальності;
- розробити рекомендації по створенню інтерфейсів для віртуальної реальності.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є інтерфейс віртуальної реальності.

Предметом дослідження є сприйняття користувачем інтерфейсу віртуальної реальності.

У цій роботі передбачається, що використання традиційних двомірних інтерфейсів у віртуальній реальності буде ефективним і зручним для використання.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Віртуальна реальність – сукупність засобів, що дозволяють створити у людини ілюзію перебування в штучно створеному середовищі шляхом підміни звичайного сприйняття навколишньої дійсності інформацією, що генерується комп'ютером. Віртуальна реальність – це нова технологія неконтактної інформаційної взаємодії, що реалізується за допомогою комплексних мультимедійних середовищ ілюзію безпосереднього входження і присутності в реальному часі в стереоскопічній представленому просторі з тими об'єктами і даними, з якими він взаємодіє.

В рамках даної роботи під поняттям інтерфейс буде розумітися інтерфейс користувача – різновид інтерфейсів, в якому одна сторона представлена людиною (користувачем), інша – машиною / пристроєм. Являє собою сукупність засобів і методів, за допомогою яких користувач взаємодіє з безліччю різних, найчастіше складних, елементів, машин і пристроїв.

2.1 Методи введення і взаємодії з інтерфейсом

Можна сформулювати у контексті віртуальної реальності вимоги до «хорошого» інтерфейсу. Когнітивне відстань інтерфейсу може бути зменшено при розробці таких методик маніпуляцій з пристроєм введення, які з якоїсь ступенем точності відповідають впливу на віртуальний об'єкт (наприклад, поворот маніпулятора призводить до аналогічного повороту об'єкта). Зокрема, узгодженість інтерфейсу в разі середовищ віртуальної реальності означає вимога того, щоб маніпуляції з віртуальними об'єктами були подібними маніпуляціям з вихідним об'єктом в руках людини в реальному світі. Маніпуляції в рамках систем наукової візуалізації часто пов'язані з перетинами, визначеннями ізоліній і ізоповерхонь, переміщеннями в тривимірному просторі та ін. Звідси безпосередньо

впливає те, що спосіб введення повинен бути тривимірним. Однорідність інтерфейсу виглядає як мінімізація набору віртуальних маніпуляторів.

З точки зору дизайну, VR-додатки складаються з двох типів компонентів: середовище і інтерфейс. Для взаємодії з інтерфейсом і управлінням віртуальним середовищем, існує три основні методи введення: введення на основі променів, введення на основі погляду і ручне введення.

Введення на основі променів вимагає, щоб користувач мав від одного до двох контролерів. Контролер постійно проектує лазерний промінь, як лазерна указка, який стає основним інструментом користувача для вибору та управління об'єктами в світі віртуальної реальності (рис. 2.1).

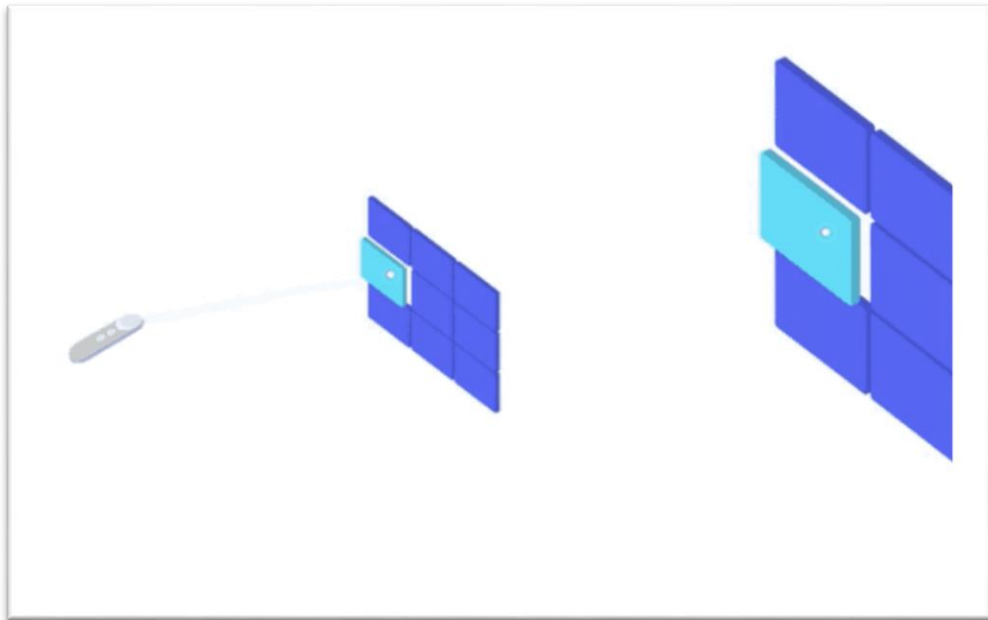


Рисунок 2.1 – Введення на основі променів

Введення на основі погляду передбачає, що постійний погляд користувача на об'єкт свідчить про інтерес до цього об'єкта. Метод складається з візуального маркера, який постійно знаходиться в центрі поля зору користувача і постійно відстежує рухи очей користувача (рис. 2.2).

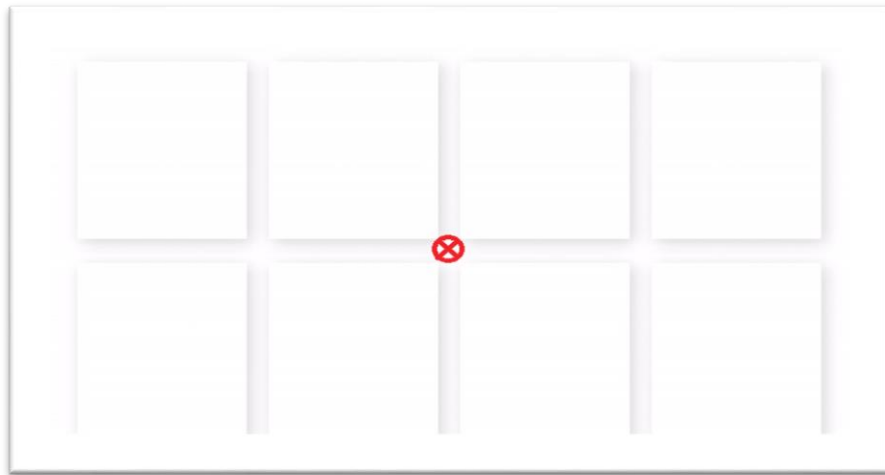


Рисунок 2.2 – Візуальний маркер

Цей метод введення швидкий і не вимагає зусиль. Однак проектування взаємодії на основі погляду особливо складно, тому що очі часто рухаються без усвідомленого наміру.

Ручне введення використовує руки в якості пристроїв введення, що робить цей метод найбільш інтуїтивно зрозумілим і природним способом взаємодії [4]. Це дає величезну свободу користувачеві використовувати різні типи жестів рук для взаємодії з віртуальним світом. У відмінності від попередніх методів введення, цей метод зазвичай вимагає, щоб інтерактивні об'єкти знаходилися в межах досяжності рук користувача, щоб ними можна було маніпулювати (рис. 2.3).

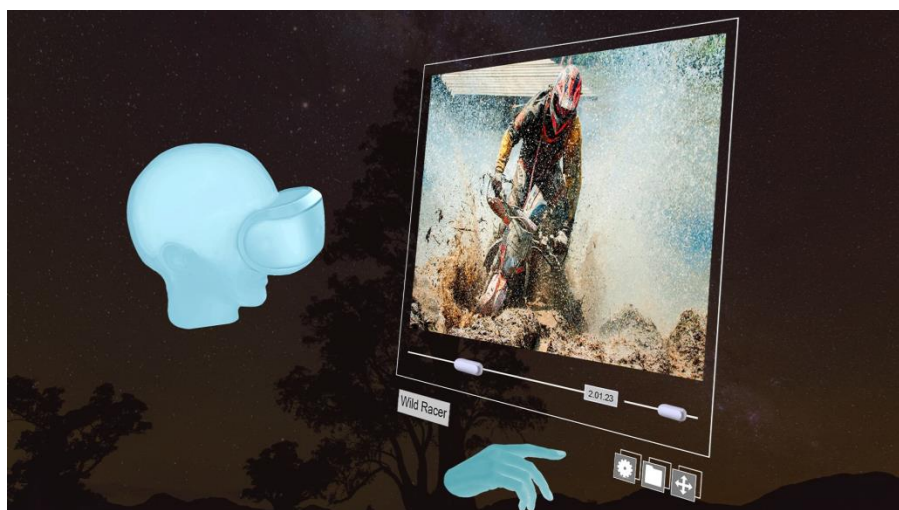


Рисунок 2.3 – Взаємодія користувача з інтерфейсом за допомогою рук

Введення вручну іноді використовується разом з введенням на основі променів, щоб отримати найкраще з обох світів.

2.2 Зв'язок інтерфейсу з довкіллям

При роботі з мобільними телефонами, планшетами та ноутбуками дизайнер ще до початку роботи знає форм-фактор і розміри екрану. Але в просторі VR це базове знання форм-фактору і розміру екрану залежить від дизайну і компоновки середовища VR, що додатково залежить від мети застосування VR. Отже, форм-фактор і розмір екрану можуть варіюватися в залежності від проекту. Всі додатки VR можна розташувати по двох осях: інтерфейс і навколишнє середовище, в залежності від складності цих двох компонентів (рис. 2.4).

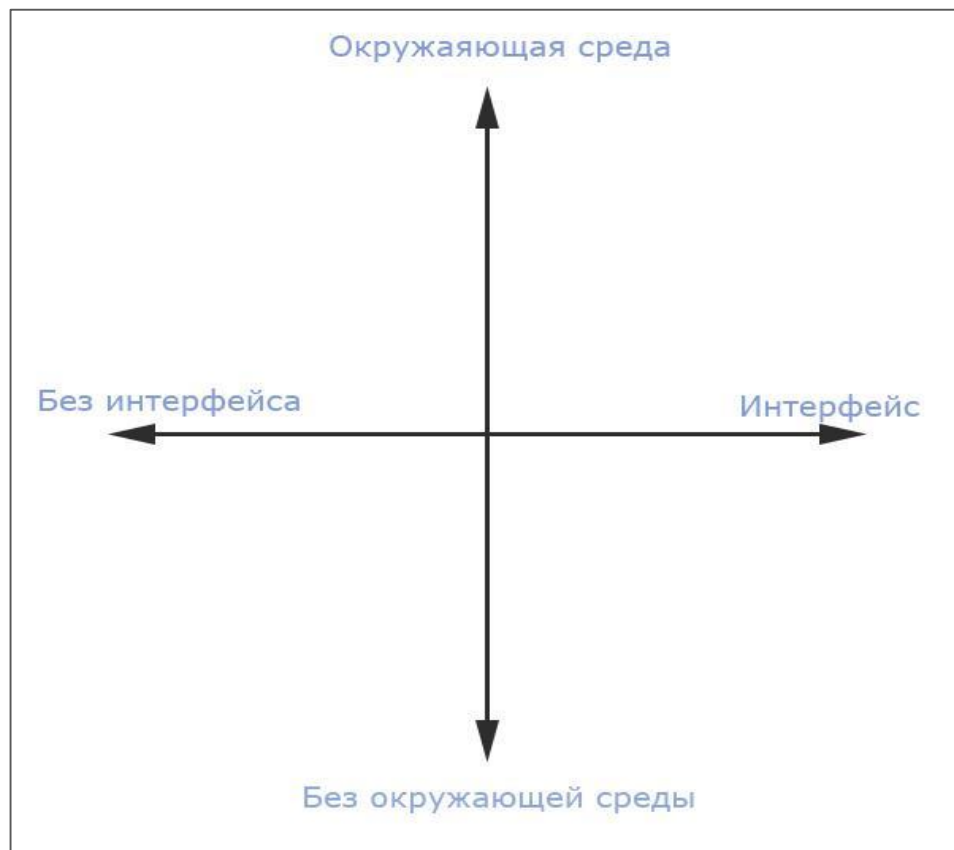


Рисунок 2.4 – Взаємозв'язок інтерфейсу з навколишнім середовищем

У верхньому лівому квадраті знаходяться такі речі, як симулятори. У них є повністю сформоване середовище, та немає ніякого інтерфейсу. Ви просто замкнені на час поїздки. У протилежному квадраті знаходяться додатки з розвиненим інтерфейсом, але з невеликим середовищем або без нього. Samsung Gear VR Home – гарний тому приклад (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Інтерфейс додатку Samsung Gear VR Home

Цей додаток повністю складається з інтерфейсу і навколишнє середовище використаний в якості фону.

2.3 Проектування і розробка інтерфейсу

Дизайн користувальницького інтерфейсу повинен містити три інтерактивних завдань:

- навігація;
- вибір і маніпулювання;
- управління системою.

Завдання навігації включають переходи або пошук шляху. Завдання вибору або маніпуляції полягає у виборі переміщуваних об'єктів. Управління системою дозволяють користувачеві змінити стан системи.

2.3.1 Зони контенту

Майк Алджер з Google провів дослідження кутів огляду та розміщення контенту і розробив концепцію зон контенту.

Перебуваючи в кріслі користувачеві незручно занадто сильно рухати шиєю. Ці обмеження рухів шиї та очей визначають області, доступні для розміщення контенту (рис. 2.6) [5].

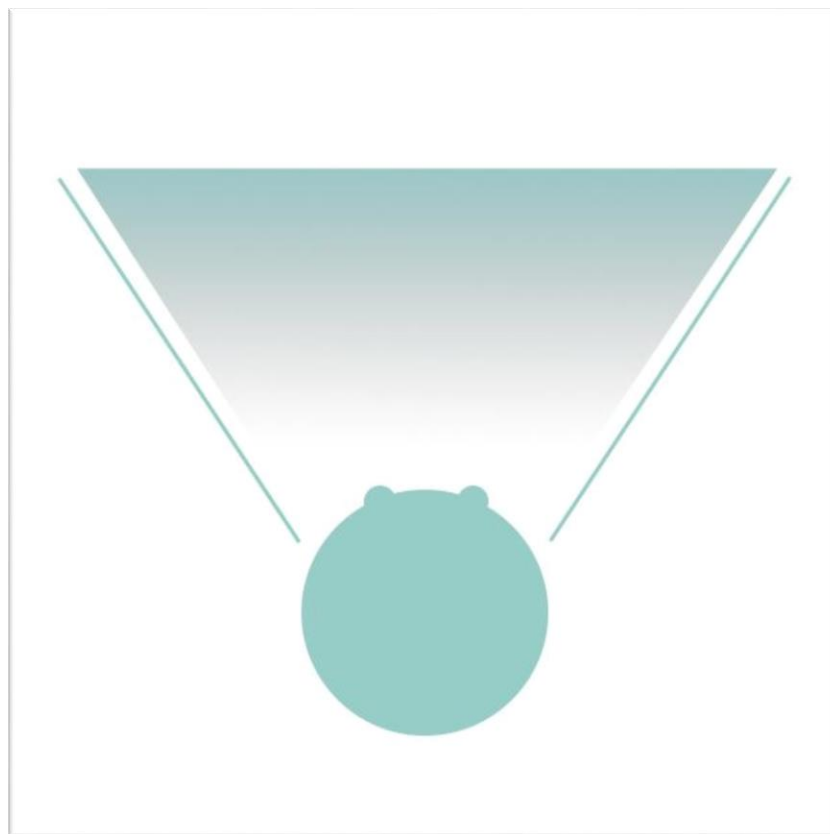


Рисунок 2.6 – Поле зору користувача

Без обмеження рухів шиї, користувач може повернути голову з комфортом приблизно до 75° і до 100° з легким напруженням (рис. 2.7).

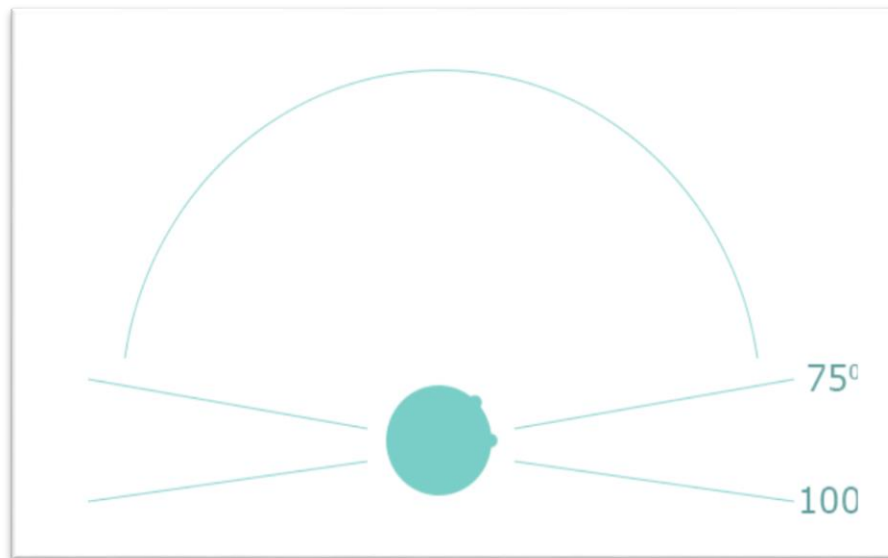


Рисунок 2.7 – Радіус огляду при руху шиї

Сидячи, без обертання головою, ми можемо комфортно переміщати очі на $30\text{--}35^\circ$ в будь-якому напрямку і на $55\text{--}60^\circ$ з невеликим натягом, в результаті чого залишається кругла область 60° для розміщення основних елементів інтерфейсу і кругова область 120° для другорядних елементів призначеного для інтерфейсу.

У людини є тенденція дивитися приблизно на 6° нижче лінії горизонту, що має на увазі, що призначені для користувача інтерфейси не слід розміщувати в мертвій точці, а трохи нижче лінії горизонту (рис. 2.8).

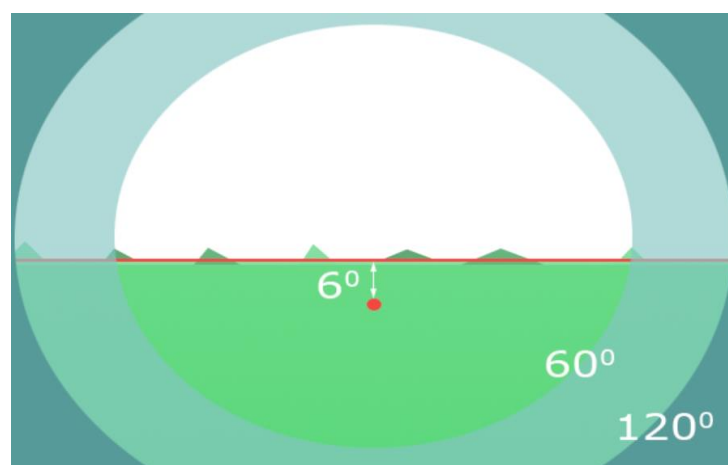


Рисунок 2.8 – Точка концентрації користувача

Майкл Алджер створив концепцію зон контенту, де кожна зона має своє призначення (рис. 2.9).

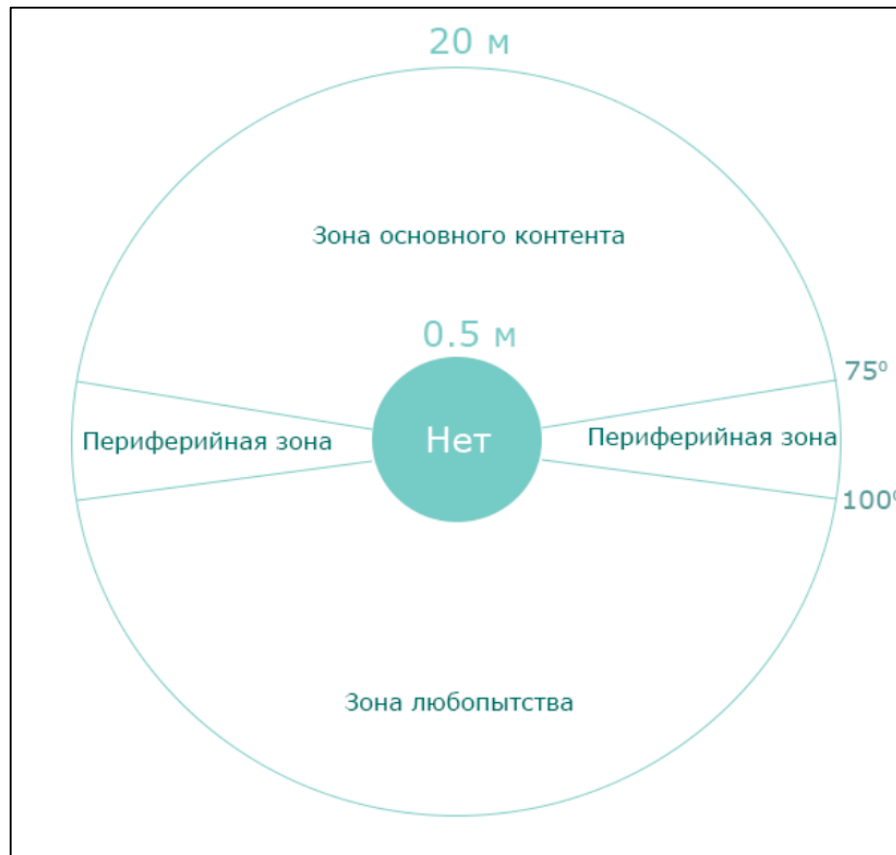


Рисунок 2.9 – Концепція зон Майкла Алджера

За його словами, не повинно бути постійного призначеного для користувача інтерфейсу в радіусі 0,5 метрів від користувача, оскільки речі здаються надто близькими, щоб на них можна було зосередитися. Зона «Ні» підходить для жестів або взаємодій, що дозволяють при необхідності відображати настройки або призначеного меню. Все, що перевищує 20 метрів, значно втрачає глибину. Отже, відстань від 0,5 до 20 метрів, найкраще підходить для зручного і осмисленого показу контенту. Однак, з огляду на поточні технологічні обмеження екранної віртуальної реальності, очі фокусуються на відстані 2 метру, а розміщення контенту на відстані 2-10 метрів здається найбільш природним і зручним. Застосування обмежень руху шиї і очей дає зону основного контенту, де дизайнер може розмістити

важливий контент. Будь-який контент в периферійних зонах виявляється тільки нашим периферійним зором (якщо не повертати голову), отже, він не дуже підходить для розміщення будь-якого важливого контенту. Будь-який контент, розміщений в зону цікавості, вимагає, щоб ми повернули наші тіла до контенту, що має на увазі цікавість.

2.3.2 Концепція від Google

Ця концепція була розроблена Google. Google називає полотно інтерфейсу віртуальної реальності «віртуальними екранами» [6].

У кожного розміру екрана є передбачувана відстань перегляду, яка інформує вміст на ньому. Ми можемо дізнатися відстань перегляду призначеного для користувача інтерфейсу віртуальної реальності за допомогою концепції зон контенту (рис. 2.10).

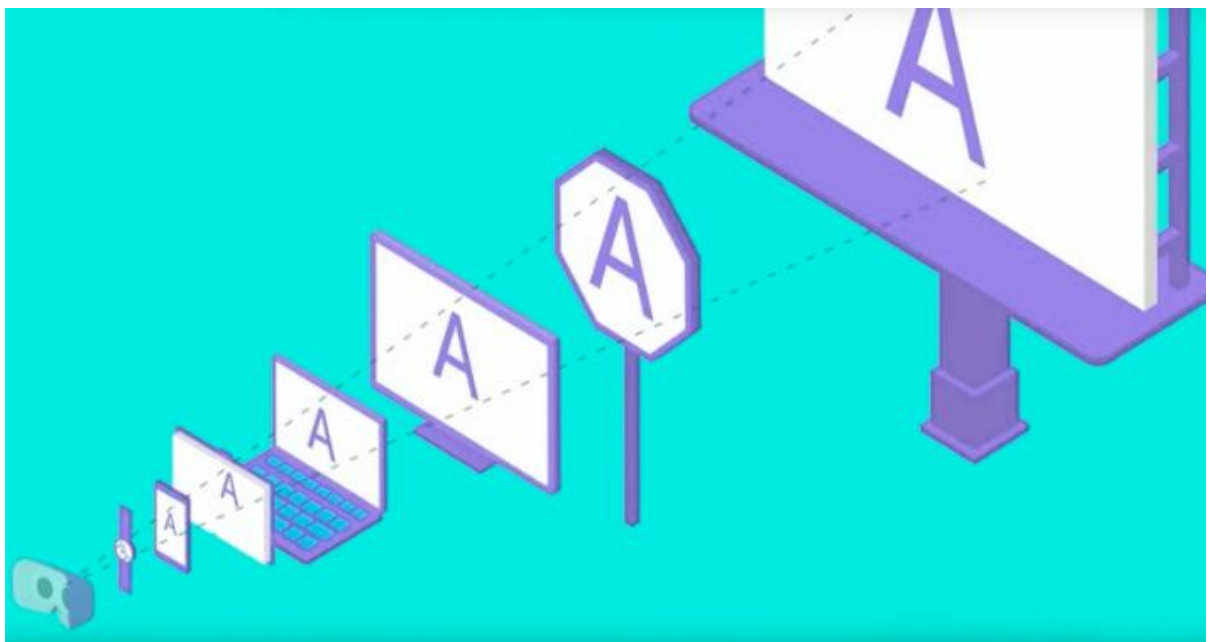


Рисунок 2.10 – Концепція зон контенту від Google

Мета полягає в тому, щоб створити контент, який однаковий для всіх розмірів екрану в VR. Щоб вирішити цю проблему, Google представив концепцію незалежного від відстані міліметра (DMM) (рис. 2.11).

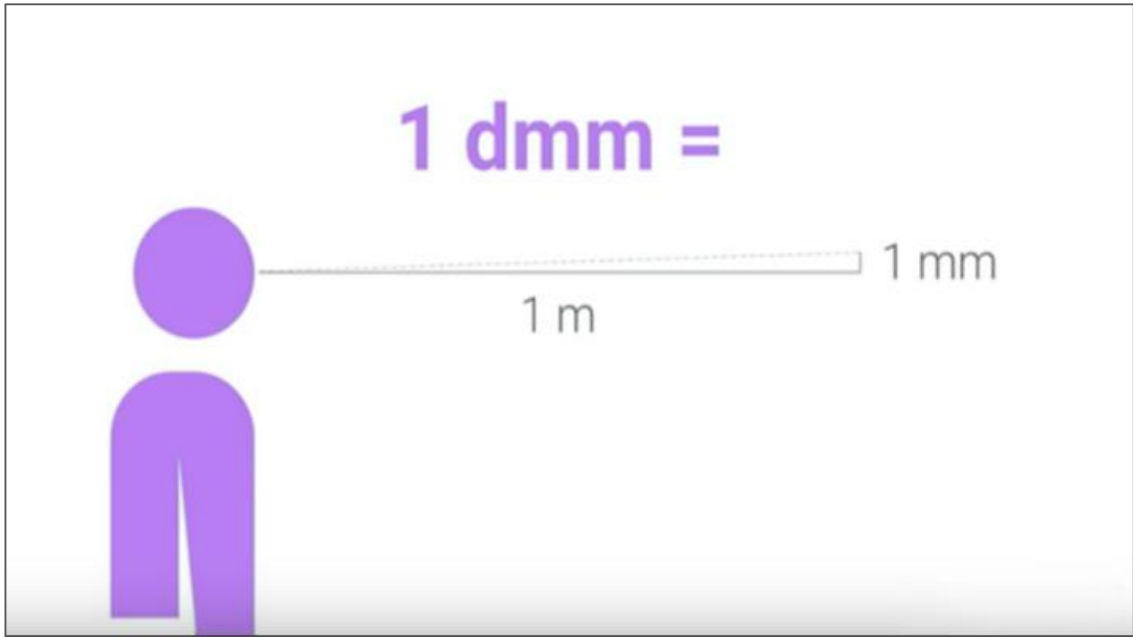


Рисунок 2.11 – Незалежний від відстані міліметр

Один дмм описується як 1 мм на відстані метра. Ця кутова одиниця виміру нормалізує простір віртуального екрану і допомагає підтримувати однорідний контент на різних відстанях і розмірах віртуального екрану (рис. 2.12) [6].

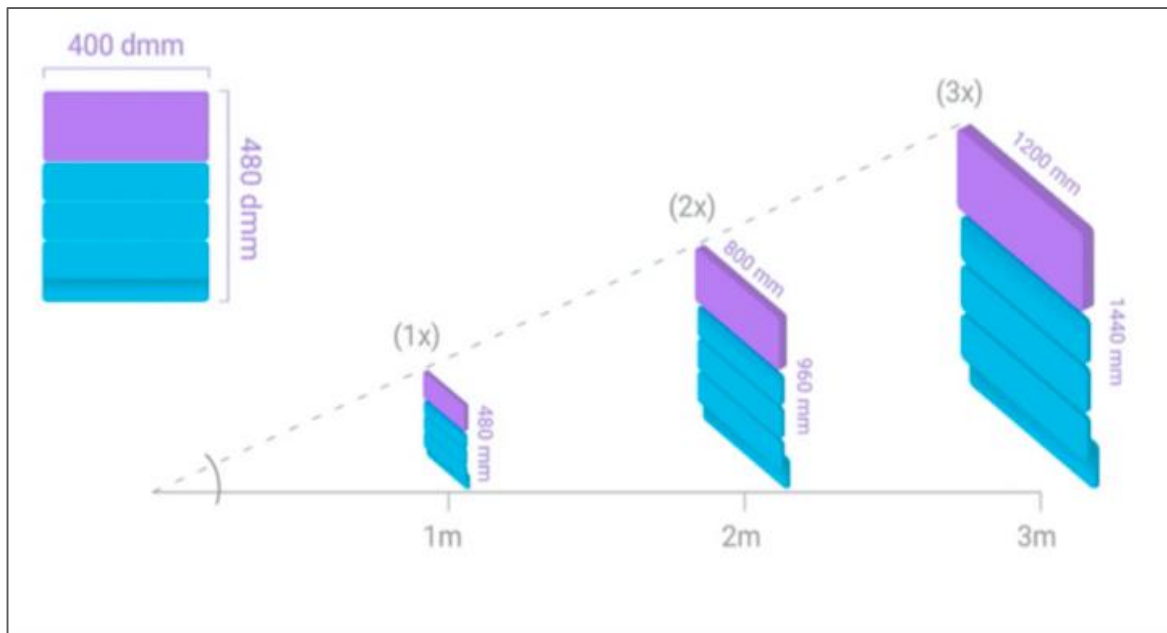


Рисунок 2.12 – Принцип роботи дмм

На відстані 1 метр немає різниці між координатами екранного простору і координатами світового простору, але на відстані 2 метри координати світового простору стають вдвічі більше координат екранного простору, тобто розмір екрану збільшився в 2 рази. Отже, легко масштабувати екран на різних відстанях без втрати узгодженості вмісту.

Для ддм є загальна одиниця виміру для екранного контенту, за допомогою якої Google сформулював «наклейку» зі стандартними розмірами тексту і розмірами влучень, яким можна слідувати при проектуванні для VR (рис. 2.13) [7].

Text size		Hit size	
Headline	Regular 40dmm		Minimum 64x64dmm + 16dmm padding
Title	Medium 32dmm		Comfortable 96x96dmm + 16dmm padding
Subheading	Regular 28dmm		
Body 2	Medium 24dmm		
Body 1	Regular 24dmm		
Caption	Regular 20dmm		
BUTTON	MEDIUM 24dmm		

Рисунок 2.13 – Стандарти розміру тексту для ддм

VR робить доступним третій вимір, який дає віртуальним екранам деякі унікальні властивості, які Google називає «надздібностями».

Надздібності 1 – віртуальні екрани можуть мати глибину. Оскільки віртуальні екрани можуть мати значення Z , вони можуть мати глибину. Глибину можна використовувати для позначення відмінностей між елементами, а також для встановлення ієрархії у вмісті екрану.

Надздібності 2 – віртуальні екрани можуть мати форму будь-якого контуру. Віртуальні екрани можуть бути викривлені або мати будь-який контур.

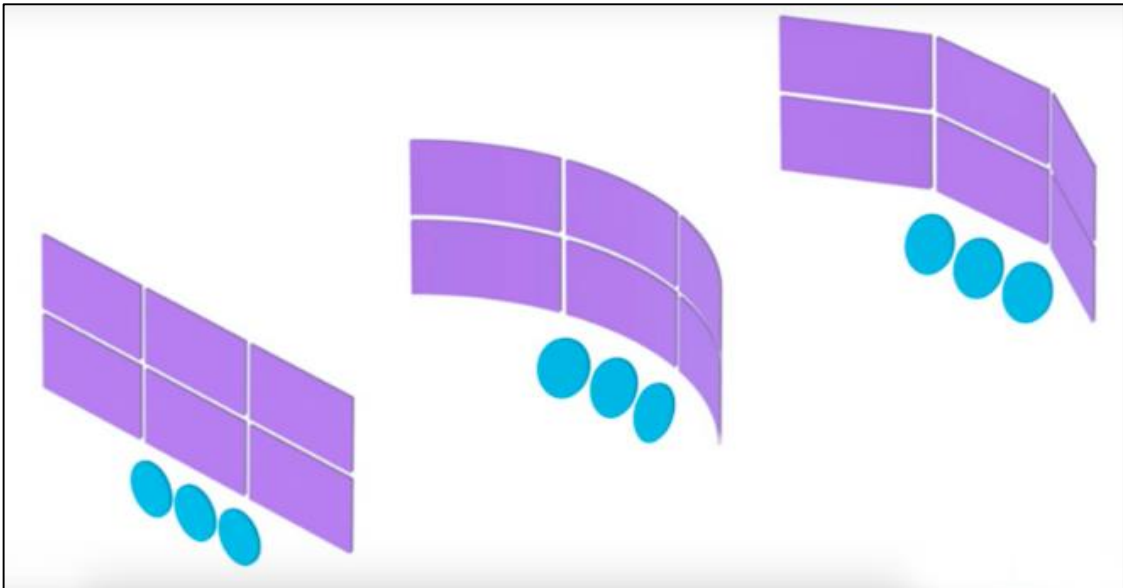


Рисунок 12 – Надздібності будь-кого контуру

Слід зазначити, що наше почуття глибини погіршується зі збільшенням відстані, і його майже не існує після 20 метрів відстані, як обговорювалося раніше в зонах змісту.

2.3.3 Кольорове рішення

У веб-дизайні використання яскравих кольорів є популярною технікою для передачі важливої інформації, але в віртуальній реальності, де оточення і все елементи призначеного для користувача інтерфейсу представлені в реальному розмірі, вони здаються яскравими і нав'язливими. Зображення в пастельних тонах і приглушені кольори більш привабливі та природні.

2.4 Методи оцінки інтерфейсів віртуальної реальності

Для оцінки сприйняття користувачам інтерфейсу VR, необхідно зібрати дані про те, що впливає на призначений для користувача досвід, коли орієнтації голови, погляд і контролери використовуються для управління графічним призначенням для користувача інтерфейсом у віртуальній реальності.

UI може бути оцінений за допомогою використання суб'єктивної або об'єктивної інформації. Суб'єктивні дані можуть бути отримані шляхом використання опитувань, юзабіліті тестування. Об'єктивні дані можуть бути отримані шляхом прямих спостережень, включаючи такі показники, як помилки, кількість запитів допомоги, кількість непотрібних кроків або час на виконання завдань. Ці суб'єктивні і об'єктивні дані дозволяють творцям призначеного для користувача інтерфейсу оцінити ефективність і зручність використання UI.

2.4.1 Евристична оцінка

Евристична оцінка – це оцінка призначеного для користувача інтерфейсу або перевірки зручності використання, при якій людина або група оцінюють прототип або продукт на основі списку евристик. Основна мета використання методу – знайти якомога більше проблем в експлуатації та проектування з обмеженими ресурсами. Одним з переваг евристичних оцінок є те, що це простий і інтуїтивно зрозумілий метод навчання [8].

Оцінка відносно ефективна за часом, не вимагає спеціальних ресурсів або реальних користувачів і може забезпечити додатковий охоплення і доповнити інші методи оцінки. Отже, метод ефективний для використання на початку процесу UI / UX. Коли метод використовується до тестування зручності використання, він може сприяти визначенню цілей тестування.

Ведуться суперечки про те, чи є евристична оцінка хорошим методом для пошуку «реальних» проблем. Одним із прикладів є те, що проблема для новачка може сприйматися як позитивна риса для експерта, і навпаки [9]. Якість результатів евристичних оцінок також залежить від досвіду оцінювачів. Однак ці можливі ризики вважаються мінімізованими за рахунок використання додаткових методів дослідження і тріангуляції результатів між ними.

2.4.2 Інтерв'ю

Призначені для користувача інтерв'ю – це індивідуальні бесіди з користувачами з основної цільової групи. Інтерв'ю необхідні, щоб дійсно зрозуміти досвід користувачів. Це метод, що підходить для збору даних про чесні думки користувачів, вподобання та ставлення до предмета дослідження.

Підготовка до співбесіди включає створення списку питань, які дозволять досліджувати попередній досвід користувачів системи, їх цілі та потреби. Важливо вирішити, наскільки структурованими повинні бути інтерв'ю. Полуструктурований підхід може використовуватися, якщо обсяг даних важливіше узгодженості. Використовуючи полуструктурований підхід інтерв'юер задає заздалегідь підготовлені питання, але дозволяє вести бесіду природним чином [10]. Питання повинні бути відкриті і гнучкі, щоб учасники могли вводити теми та питання, які інтерв'юер міг не передбачити. Якщо учаснику пропонується вибрати з декількох варіантів, він / вона вибере один з них, навіть якщо жоден з варіантів не відповідає думку учасника. Причому питання не повинні охоплювати кілька предметів або бути бінарними.

Коли співбесіду повністю заплановано, її слід протестувати, щоб перевірити, чи важко зрозуміти будь-які питання. Перед початком співбесіди учасників необхідно проінформувати про їх ролі в проекті і умови їх участі.

Під час інтерв'ю важливо, щоб учасник відчував себе у комфорті, розмовляючи зі співрозмовником, оскільки це допоможе людині чесно відповідати на питання [9]. Інтерв'юєру необхідно працювати неупереджено, щоб не виключати теми, які здаються занадто тривіальними. Щоб полегшити роботу під час інтерв'ю, можна використовувати диктофон. Тоді інтерв'юер може зосередити свою увагу на учаснику і питаннях замість того, щоб зосереджуватися на замітках.

2.4.3 Тест юзабіліті

Юзабіліті-тести засновані на тому, що користувачі намагаються виконувати типові завдання в системі. Тести підходять для оцінки існуючих систем або прототипів, які необхідно покращити.

Юзабіліті-тести зазвичай використовуються на етапі проектування проекту, коли дизайн створюється, тестується, а потім оновлюється і знову тестується.

Першим кроком при плануванні юзабіліті-тесту є визначення цілей тестування, визначення продукту, який слід протестувати, в тому числі де і як слід проводити тест. Барнум Карол описує, що цілі тестування повинні пояснювати частину досвіду користувачів [11].

Коли продукт і цілі тестування встановлено, наступний крок полягає в тому, щоб спланувати, де повинні бути розташовані тести. Юзабіліті-тести можна проводити в лабораторіях, на конференціях.

Якщо планується збір кількісних даних UI / UX, корисно мати таймери або підготовлене програмне забезпечення. Однак також можливо дані з відеозаписів сеансу.

Типовий тест, часто виконуваний в рамках формуючого тестування юзабіліті, полягає в тому, щоб дати користувачам ряд завдань в сценаріях і збирати відгуки про їхній досвід роботи з продуктом.

Юзабіліті-тести можуть використовуватися як кількісний або якісний метод [12].

Основні елементи, які необхідно включити для отримання хороших результатів в невеликих дослідженнях зручності використання, включають: визначення профілю користувача, створення сценаріїв на основі завдань, використання розумового процесу і створення змін і повторне тестування.

2.4.4 Опитування

Опитування – це серія питань, використовуваних для виявлення закономірностей в поведінці і перевагах серед більших кількостей людей. Вони корисні, коли метою є дослідження переваги, а не продуктивність. Опитування також служать хорошим доповненням до інших форм дослідження. Ще одна перевага полягає в тому, що опитування корисні для доповнення об'єктивних даних оцінки UI / UX з суб'єктивними даними безпосередньо від користувачів [13]. Крім того, метод простий для використання як аналітиком, так і учасником і не вимагає певного місця розташування.

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Огляд та аналіз досліджень у галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності

Дослідження можуть використовуватися для кращого розуміння користувачів і перевірки їх поведінки в певній галузі. Ключові концепції дослідження користувачів – зрозуміти потреби як на інтелектуальному, так і на інтуїтивному рівні і побачити речі з точки зору людини [14]. Однією з важливих складових дослідження користувачів і дизайну є концепція цілей, оскільки продукти розглядаються тільки як інструменти для досягнення цілей більш високого рівня для користувачів.

3.1.1 Порівняння кругового і панельного меню залежно від розташування в просторі

Сучасні програми так чи інакше використовую меню у вигляді списків. Однією з варіацій спискового меню, є панельне, де всі елементи розташовані послідовно щодо горизонталі і з переходом на новий рядок (рис. 3.1).

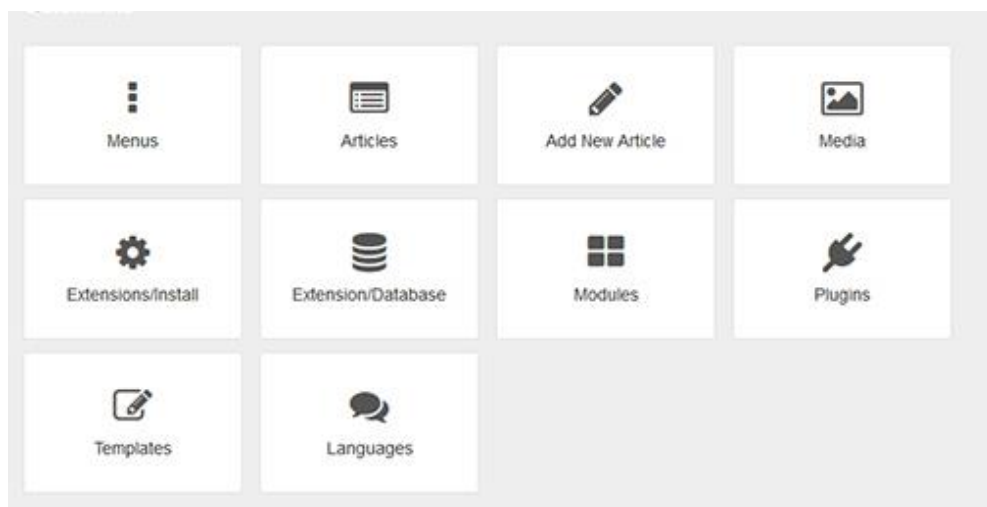


Рисунок 3.1 – Панельне меню

Але все частіше можна зустріти кругове меню (також відоме як радіальне меню), особливо в іграх [15].

Кругове меню з'явилося в 1980 році. З того часу воно не користувалося особливою популярністю, через неприйняття його користувачами. Однак за законом Фіттса, даний вид меню, є дуже ефективним [16]. Адже відстань до кожного пункту меню мінімальна і вони легко доступні, при роботі з таким меню, у користувача з'являється м'язова пам'ять (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Кругове меню

Але у кругового меню є і недоліки, зокрема проблема розміщення пунктів другого рівня, тому що вони займають велику площу в порівнянні з списковим меню, якщо в меню занадто багато пунктів, це призводить до меншої швидкодії користувача і зрозумілою організації, як у спискового меню. Вирішити цю проблему можна відповідно до закону Хіка [17]. Для цього необхідно видалити надлишкові пункти. Наприклад, пункти меню, які вже доступні в інтерфейсі.

У дослідницькій роботі «Порівняння Радіальних і Панельних Меню у Віртуальній Реальності» (Comparison of Radial and Panel Menus in Virtual

Reality) порівнювалися кругове і панельне меню, щоб визначити яке з двох меню краще для VR. Для експерименту було розроблено два меню: кругове та панельне (меню список) меню з двома різними розташуваннями на стіні і біля руки, в цілому вийшли 4 варіанти (рис. 3.3).

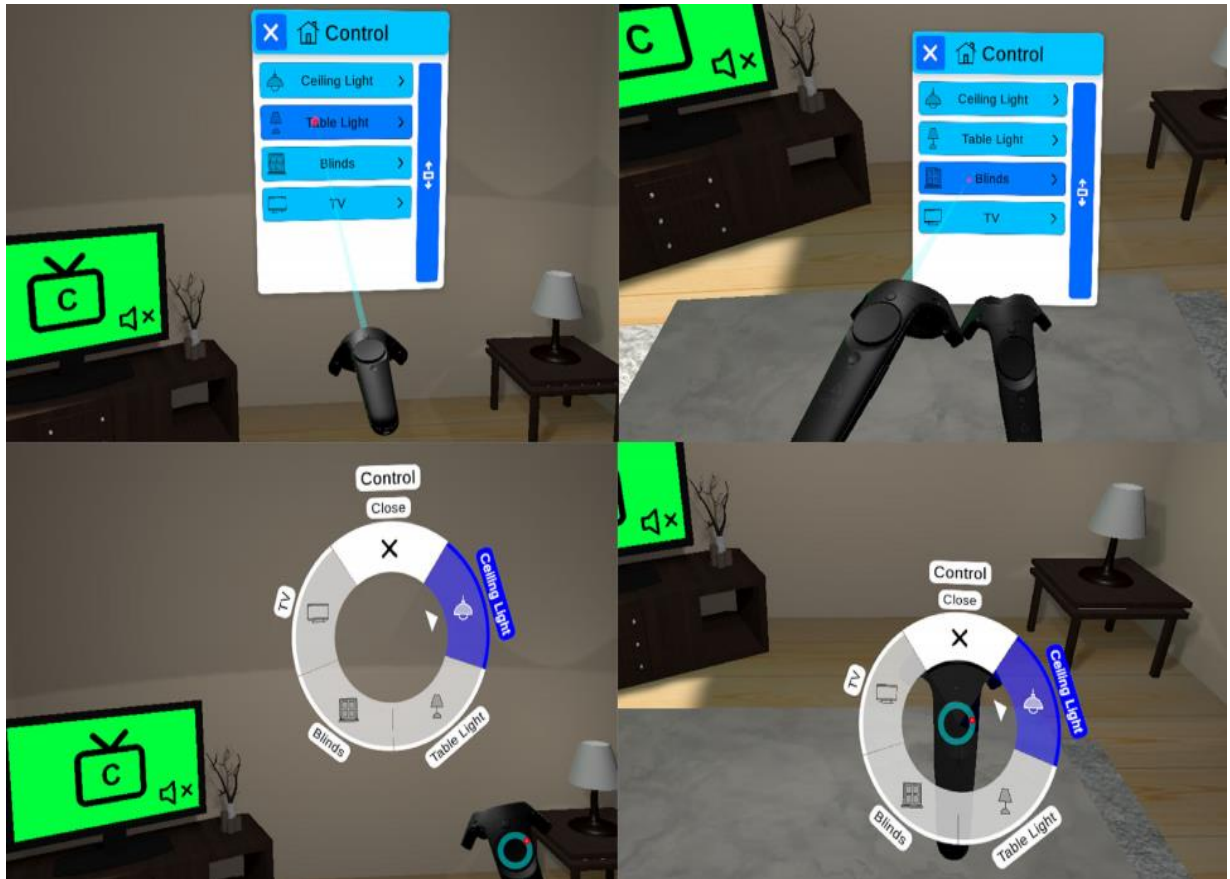


Рисунок 3.3 – Кругове і панельне меню з різним розташуванням

Використаний метод – квазіексперимент (кількісне перехресне дослідження). Квазіексперимент – різновид кількісного дослідницького дизайну, який використовується для пояснення взаємозв'язків і/або з'ясування чому певні події відбуваються [18].

Експеримент проводився за участю 51 людини, де 27 чоловіків і 24 жінки, віком від 18 до 48 років. Кожен учасник проходив експеримент двічі, використовуючи різне меню. Учасники були розподілені по 12 групам, що розрізняються порядком виконання двох меню, призначених кожною з них (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Розподіл учасників

Меню	Кількість людей			
Панельне меню на стіні – ПС		4	4	4
Панельне меню на руці – ПП	4		4	4
Кругове меню на стіні – КС	4	4		4
Кругове меню на руці – КП	6	5	4	

Для оцінки зручності використання меню і задоволення користувачів використовувалися шкала юзабіліті системи (SUS) і задоволеність користувачів (ASQ). Шкала для SUS від 0 до 100, для ASQ від 0 до 10.

Експеримент складався з двох схожих випробувань, де користувачеві за допомогою меню необхідно було управляти або взаємодіяти з об'єктами в кімнаті. По закінченню експерименту учасники заповнювали анкети SUS і ASQ. Результати аналізу першого етапу показані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати першого етапу експерименту

Меню	SUS			ASQ			Час взаємодії			Неправильні кроки		
	М	Mdn	SD	М	Mdn	SD	М	Mdn	SD	М	Mdn	SD
ПС	96.45	100	8.35	6.91	7	0.2	73.10	71.37	7.3	1.33	0	1.87
ПП	89.37	92.75	10.66	6.75	7	0.35	75.61	73.18	11.99	1.83	0.5	2.29
КС	91.87	95	10.45	6.61	7	0.65	100	94	25.67	9.25	7	7.26
КП	89	92.5	9.71	6.62	7	0.61	88.17	86.92	1927	3	3	3.21

Розглядаючи розміщення меню на стіні (ПС і КС), розподіл оцінок SUS, ASQ і кількість непотрібних кроків між двома типами меню був однаковим. Медіанна оцінка SUS статистично значимо вище в панельному меню, чим в радіальному. Кількість непотрібним кроків було більше в

круговому меню. Результати оцінок і кількість зайвих кроків для меню, розміщених на руці, були аналогічні розміщеним на стіні. Середній час взаємодії збільшився на 12,5 секунд від панельного до кругового меню. Порівнюючи чотири варіанти меню, розподіл балів SUS і кількість непотрібних кроків були різними, але бали ASQ були схожі. Оцінка SUS для КП була значно нижча, ніж для ПС. Оцінки ASQ були однакові, але середні бали показують, що випробовувані трохи більше віддають перевагу панельному меню в порівнянні з круговим. Кількість неправильних кроків була більше в КС чим в ПС.

Перший експеримент показує, що панельне меню з розміщенням на стіні більше сподобалося користувачам і у них виникало з ним менше проблем. Після першого разу, експеримент повторили, результати повторного експерименту показані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати другого етапу експерименту

Меню	SUS			ASQ			Час взаємодії			Зайві дії		
	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD
ПС	96.78	97.5	4.53	7	7	0	66.26	65.65	8.53	1.14	0	1.61
ПП	79.01	77.5	16.72	6.3	7	1.09	73.41	74.7	10.68	1.62	1	1.84
КС	80.41	81.25	11.76	6.38	6.67	0.68	77.1	74.97	13.19	2.25	2	2.59
КП	83.54	86.25	11.45	6.47	6.66	0.62	79.85	75.04	16.19	2.25	1	3.04

Порівнюючи розміщення панельного меню, медіанна оцінка SUS була значно вище на стіні, ніж на руці. Різниця зайвих дій була незначна, а середній час взаємодії для розміщення на руці збільшився на 7,15 секунд.

Для розміщення кругових меню, SUS і ASQ розбіжності були незначними, проте меню, розміщене на стіні має більш високі оцінки. Середній час взаємодії збільшився на 2,75 для розміщення на стіні.

Порівнюючи меню, розміщених на стіні, медіанні оцінки SUS значимо більше в панельному меню, чим в круговому, середня оцінка ASQ також

більше в панельному меню. Зайвих дій більше в круговому меню. Середній час взаємодії збільшився на 10,84 секунд для кругового меню.

Для розміщення на руці, кількість зайвих дій була однаковою. Панельне меню показало себе краще, як в оцінка SUS, так і в ASQ. Час взаємодії з панельним меню швидше на 6,43 секунд.

У повторному експерименті панельне меню, розміщене на стіні, показує себе краще в усіх оцінках.

Порівнюючи результати двох експериментів, оцінки зручності використання показали, що кращим розташуванням для меню є стіна, особливо для панельного меню. Оцінки SUS також показали, що панельне меню є відмінним вибором для використання. Найбільша кількість зайвих дій була для кругового меню, розміщеного на стіні, особливо в першому експерименті.

Під час випробування було виявлено, що при розміщенні меню на руці, користувачі не підносили руку до обличчя, а вважали за краще рухати головою. Це призводило до того, що користувачі не могли робити дію і бачити свій результат одночасно.

Для дослідження було створено опитування. Основна мета опитування – оцінка переваг учасників між двома типами меню. Опитування включав наступні питання:

- питання №1 – «Яке меню Ви хотіли б використати частіше?»;
- питання №2 – «Яке меню було надмірно складним?»;
- питання №3 – «Яке меню було простіше у використанні?»;
- питання №4 – «В якому меню було більше невідповідностей?»;
- питання №5 – «Яке меню було б простіше вивчити?»;
- питання №6 – «Яке меню було більше незручним у використанні?»;
- питання №7 – «Яке меню було зручнішим у використанні?»;
- питання №8 – «Яке меню можна було б вивчити швидше?».

Після експериментів було проведено опитування, результати якого показані на рисунку 3.4.

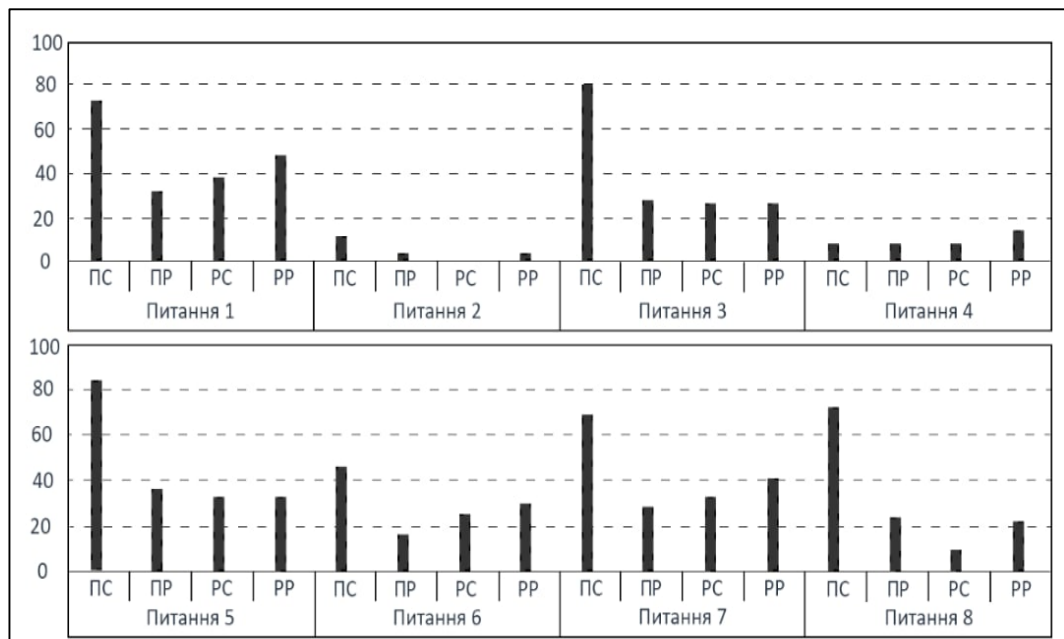


Рисунок 3.4 – Результати опитування

Виходячи з результатів опитування, можна помітити, що панельне меню розміщене на стіні, користувачі оцінили найбільше, а самим незручне меню – панельне, з розміщенням на руці. Так само важливо помітити, панельне меню на стіні найзрозуміліше і просто для вивчення.

3.1.2 Порівняння просторового, прокручуваного і стисненого списку

У дослідницькій роботі «Дизайн і Оцінка Просторових Інтерфейсів у Віртуальній Реальності» (Design and Evaluation of Spatial Interfaces in Virtual Reality) Тобіас Бернад створив три інтерфейсу: просторовий список, прокручуваний список та стиснений прокручуваний список (рис. 3.5).

Кількість елементів: 20, 50 або 150 іконок. Радіус огляду для користувача від 45 до 100 градусів (рис. 3.6).

Дані інтерфейсу використовувалися в дослідженні для оцінки сприйняття користувачами різних інтерфейсів у віртуальній реальності.

Для дослідження відібрали 20 учасників з яких 8 жінок і 12 чоловіків у віці від 19 до 49 років. Деякі з учасників мали досвід використання VR.

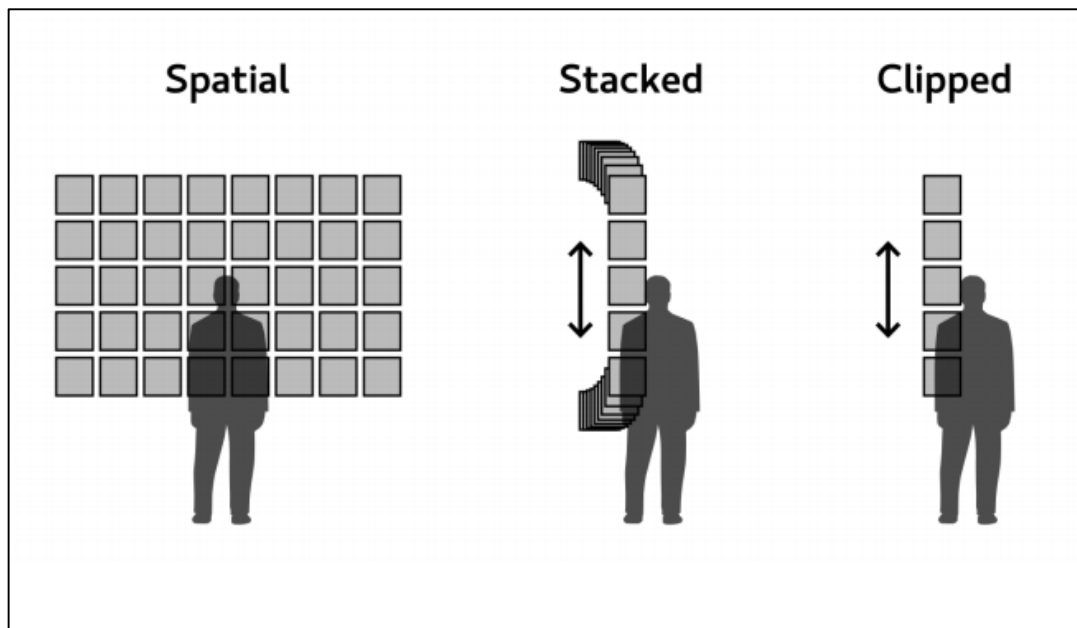


Рисунок 3.5 – Інтерфейси використані в дослідженні

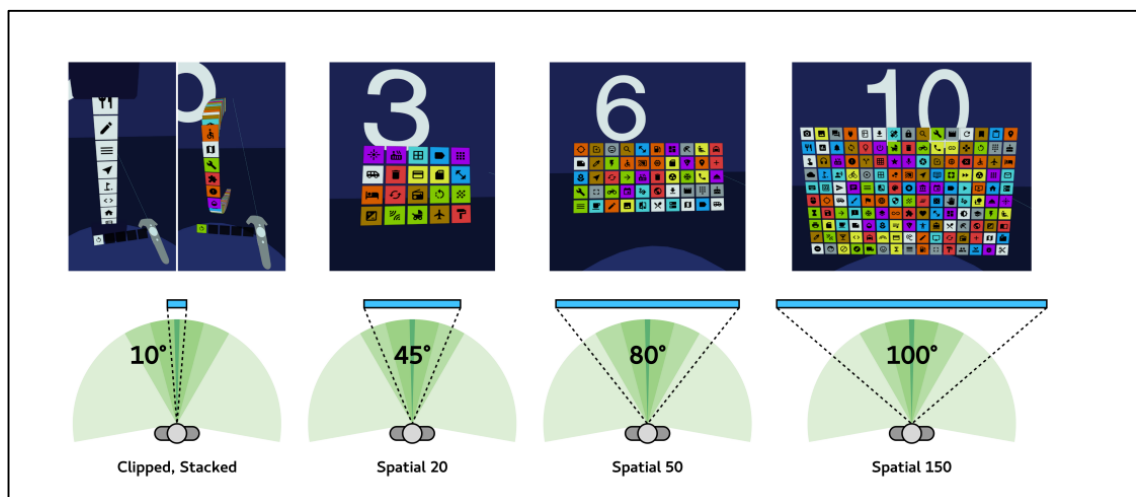


Рисунок 3.6 – Кількість іконок і радіус огляду

Дослідження проводилися за допомогою HTC Vive (шолом віртуальної реальності).

Завдання учасників знайти необхідну іконку в меню. Спочатку учасники повинні були знайти 5 значків, які були випадковим чином розподілені по всьому меню. Після знаходження кожного значка один раз, учасники повинні були знайти знову ті ж 5 іконок, але в іншому порядку. Кожен учасник повинен був знайти і вибрати в цілому 180 значків (рис. 3.7).

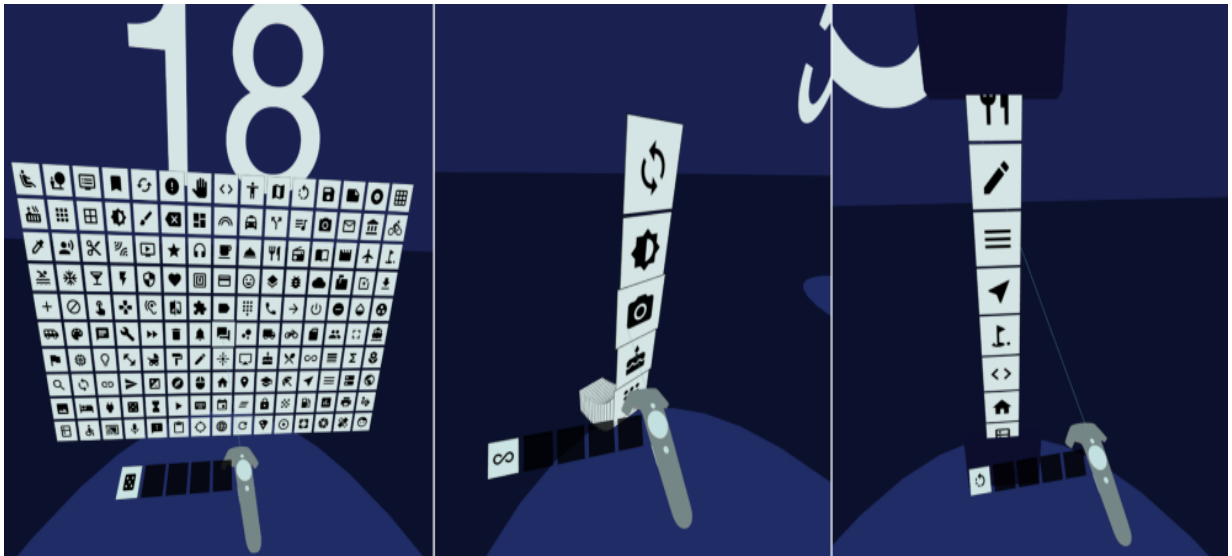


Рисунок 3.7 – Проведення експерименту

Для дослідження були складені п'ять гіпотез:

- гіпотеза №1 – «Двовимірна сітка перевершує прокручуваний і стислий прокручуваний список»;
- гіпотеза №2 – «Наступний пошук іконок перевершує попередній пошук»»;
- гіпотеза №3 – «Прокручуваний і стислий список працюють однаково в першій ітерації пошуку»;
- гіпотеза №4 – «Прокручуваний список працює швидше ніж стислий прокручуваний список в наступних ітераціях»;
- гіпотеза №5 – «Кольорові іконки працюють краще ніж монохромні».

Під час збору інформації вони записували час, який було витрачено на пошук іконки. Для кожної іконки вони збирали такі дані: «час вибору, прокручувати відстань, рух контролера в метрах і помилки вибору».

Після проведення експерименту, гіпотеза №1, №2 та №3 підтвердилися. Вони зробили дисперсійний аналіз від часу вибору залежної змінної. Середній час вибору для просторового меню становить 4,32 с. (SD = 5,05 с.), для прокручуваного меню – 11,25 с. (SD = 10,89 с.) і для обрізаного меню 10,92 с. (SD = 10,09 с.). Цього говорить про те, що просторове меню працює швидше (рис. 3.8).

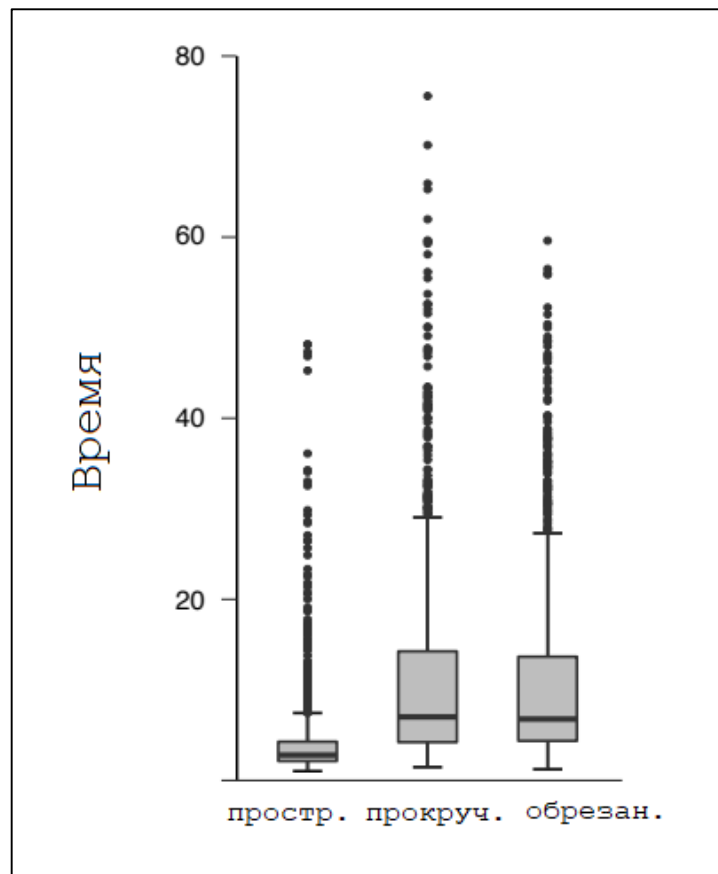


Рисунок 3.8 – Порівняння меню за часом пошуку

Середній час відбору в перший раз становило 9,94 с. ($SD = 10,49$ с.), а для наступних ітерацій 7,74 с. ($SD = 8,47$ с.), що підтверджує другу гіпотезу.

Гіпотеза №3 не підтвердилася, тому що стислий список працював швидше ніж прокручуваний, 10,17 с. ($SD = 9,81$ с.) проти 9,75 с ($SD = 9,00$ с.), де 9,75 с. – стислий список.

Гіпотеза №4 не була підтверджена, є розбіжності в даних. Час пошуку кольорових іконок було швидше 2,22 секунди ніж монохромних іконок.

Після завершення експерименту учасники пройшли опитування, де вони оцінювали інтерфейси. Для кожної комбінації типу і кольору інтерфейсу вони дав оцінку за 7-бальною шкалою Лайкерта (1 – дуже негативно, 7 – дуже добре), результати показані на рисунку 3.9.

Результат опитування показує, що кольорові іконки сприймаються користувачами краще в усіх типах меню. Найбільші позитивні оцінки отримав інтерфейс з кольоровими іконками і просторовим меню.

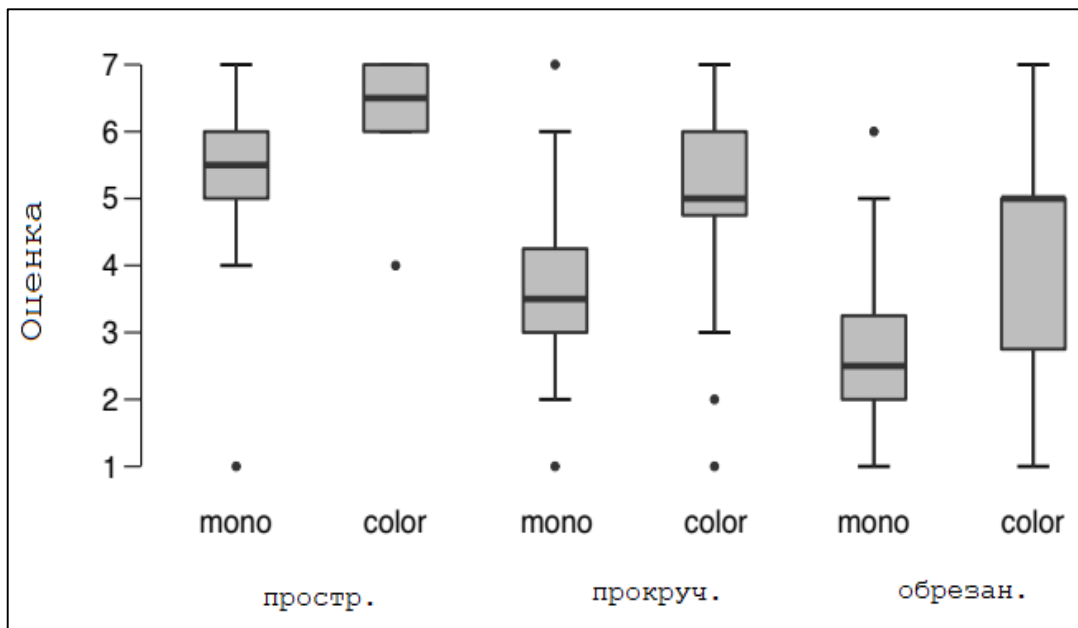


Рисунок 3.9 – Результати опитування

Висновок: дане дослідження показує, що монохромні іконки користувач знаходить повільніше. Різниця між прокручувати і обрізаним списком не велика, але обрізаний список працює швидше. Найкраще показало себе розлоге меню, пошук іконок в ньому займає найменше часу і користувачі оціни його найкраще.

3.2 Рекомендації створення інтерфейсів для віртуальної реальності

Грунтуючись на проведеному теоретичному і експериментальному дослідженні, можна сформулювати загальні рекомендації створення інтерфейсів для віртуальної реальності.

При розробці інтерфейсів для віртуальної реальності, необхідно враховувати, де і як використовуватиме інтерфейс. Наприклад, в динамічних сцена, головним критерієм вибору типу меню, буде час вибору елементів в меню.

Дослідження «Порівняння кругового і панельного меню» (п.3.1.1) показало, якщо користувачеві потрібний повний огляд довкілля, кращим розміщення інтерфейсу буде віддалити інтерфейс від гравця. Так само

важливо не забувати, що після 20 метрів віддалення користувача від меню, інтерфейс втрачає глибину і стає не читабельним.

При динамічних сценах, наприклад, таких як в шутерах, де користувач постійно мене своє положення, краще використати розміщення на руці, щоб інтерфейс завжди був в полі зору і доступно для використання (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Приклад розміщення меню на руці

Для розміщення на руці краще за все підходить кругове меню, якщо мала кількість елементів в цьому меню. А якщо елементів меню вже багато, краще використати панельне меню. При однаковій кількості елементів, панельне меню, розміщене на руці, перевершує кругове за часом на 6,43 секунд, хоч і кількість помилок у них однакова.

Якщо простір для розміщення інтерфейсу обмежений або його практично немає, необхідно використати прокручуваний список у інтерфейсі (рис. 3.11).

Дослідження «Порівняння просторового, прокручуваного і стисненого списку» (п. 3.1.2) показує, що час вибору у цього типу меню швидше чим у стислого списку. При повторному використанні прокручуваного меню, час використання зменшується на 1 секунду.



Рисунок 3.11 – Приклад використання списку

Для інтерфейсів, де основне завдання сцени – це навігація по додатку і уся увага користувача на інтерфейсі додатка, варто проектувати довкілля і інтерфейс так, щоб інтерфейс завжди знаходив у полі зору користувача і для його використання користувачеві не доводилося здійснювати зайвих фізичних дій, які приведуть до дискомфорту. Для такого інтерфейсу необхідно використати панельне меню, розміщене на стіні або в просторі (рис. 3.12).

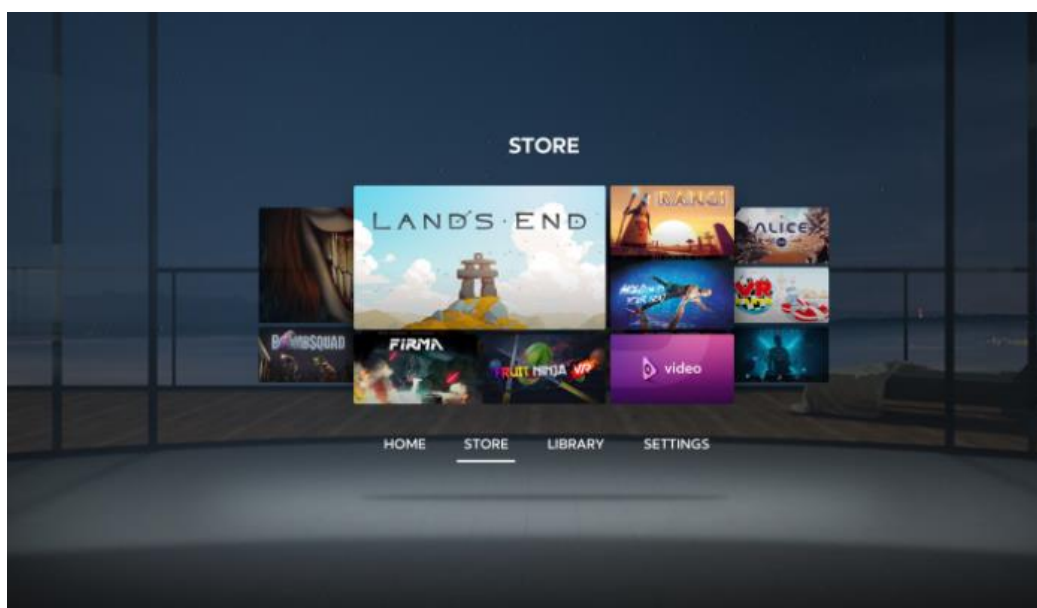


Рисунок 3.11 – Інтерфейс розташований у просторі

Це меню має найменшу кількість зайвих дій і час пошуку (виходячи їх дослідження 3.1.1), це дозволяє користувачеві швидше досягти своєї мети.

Використання кольорових іконок покращує орієнтацію в інтерфейс і зменшує час пошуку. Монохромні іконки варто використати, при їх невеликій кількості.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Характеристика науково-дослідної роботи

В економічній частині атестаційної роботи обґрунтовано економічну доцільність проведення науково-дослідної роботи для дослідження сприйняття користувачами інтерфейсів VR.

У роботі досліджено сучасний процес створення інтерфейсів для віртуальної реальності, розглянуто методи оцінки інтерфейсів для віртуальної реальності, проаналізовано дослідження в галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності, проведено розрахунок економічної ефективності.

Реалізація науково-дослідної роботи дозволяє:

- вибрати метод оцінки інтерфейсів віртуальної реальності;
- вибрати сучасні методи створення інтерфейсів віртуальної реальності;
- отримати оцінку і переваги користувачів інтерфейсів віртуальної реальності;
- вибрати меню для інтерфейсу віртуальної реальності.

4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

У процесі виконання науково-дослідної роботи був проведений огляд існуючих методів створення інтерфейсу віртуальної реальності, розглянуто методи оцінки інтерфейсів віртуальної реальності і проведено аналіз досліджень у галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності.

Умовно науково-дослідну роботу (НДР) можна розділити на три етапи: підготовчий, основний і заключний [19].

На стадії виконання підготовчого етапу були виконані підбір і аналіз інформації для проведення відповідних до постановки задачі робіт. Проведено пошук інформації в інтернеті та у відповідній літературі.

На етапі виконання основної частини НДР були виконані такі роботи:

- аналіз предметної області;
- дослідження сучасних методів створення інтерфейсу віртуальної реальності;
- дослідження методів оцінки інтерфейсів віртуальної реальності;
- аналіз досліджень у галузі оцінки та сприйняття користувачами інтерфейсів віртуальної реальності.

У заключній частині проводяться: аналіз результатів виконання НДР, складання звіту по НДР, захист звіту.

Найбільш складною й відповідальною частиною при плануванні НДР є розрахунок трудомісткості робіт, тому що трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на строки розробки [19].

Для виконання роботи було залучено 77 осіб. Групу робочої сили склали:

- учасники тестування – 71 особа, заробітна плата 8 000 грн./міс.;
- керівник тестування – 2 особи, заробітна плата 12 000 грн./міс.;
- дизайнер інтерфейсів – 1 особа, заробітна плата 18 000 грн./міс.;
- спеціаліст в сфері обробки статистичних даних – 1 особа, заробітна плата 22 000 грн./міс.;
- спеціаліст для формування методики експерименту – 1 особа, заробітна плата 18 000 грн./міс.;
- керівник роботи – 1 особа, заробітна плата 12000 грн./міс.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{ср.дн.}$) розраховується за формулою:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{Z_{\text{ср.міс.}}}{n}, \quad (4.1)$$

де $Z_{\text{ср.міс.}}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

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

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудомісткість робіт, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	Керівник роботи	4	545,45	2 181,8
1.2 Підготовка довідкових матеріалів та даних для виконання НДР	1	Керівник роботи	5	545,45	2 181,8
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	Керівник роботи	2	545,45	1 090,9
2.2 Розробка прототипів	1	Дизайнер інтерфейсів	12	818,18	9 818,16
2.3 Група тестування	71	Учасник тестування	1	363,63	25 817,73
2.4 Проведення тестування	1	Керівник тестування	2	545,45	1 090,9
2.5 Проведення опитування	1	Керівник тестування	2	545,45	1 090,9
2.6 Обробка результатів експериментів	1	Спеціаліст обробки даних	3	1000	3000
2.7 Обробка результатів опитувань	1	Керівник тестування	2	545,45	1 090,9

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
3. Заключний етап					
3.1 Аналіз результатів експрементів	1	Керівник роботи	4	545,45	2 181,8
3.2 Технічне оформлення звіту про виконання НДР	1	Керівник роботи	2	545,45	1 090,9
Всього			39		50635,79

4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, освітлення) та вартість інтернету [19].

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції. Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (4.2)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

Q_j – кількість використаних одиниць j -го виду матеріалів, $j = (1 \div n)$;

C_j – ціна одиниці j -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість од.	Ціна, грн	Сума, грн.
Олівець механічний	уп.	2	60	120
Ручки	уп.	2	50	100
Папір	уп.	3	80	240
Заправка для картриджу	шт.	1	180	180
Кофе та чай	уп	4	50	200
Всього				840

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 50 635,79 грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов'язкового державного соціального страхування в обов'язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов'язкового державного соціального страхування [19].

Для об'єкта дослідження ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22% від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 11 139,88 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: комп'ютер вартістю 40000 грн., принтер вартістю 2700 грн. та шолом віртуальної реальності 18000 грн. Вищенаведене устаткування є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР.

Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.3)$$

$$AB = \frac{40000 \cdot 39}{560} + \frac{20000 \cdot 14}{560} + \frac{2700 \cdot 4}{560} = 2\,785,71 + 500 + 19,3 = 3\,305,01 \text{ грн},$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення 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.

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{кВм}, \quad (4.4)$$

$$Z_e = (0,5 \cdot 39 \cdot 8 + 0,014 \cdot 14 \cdot 8 + 0,8 \cdot 3) \cdot 1,68 = (156 + 1,568 + 2,4) \cdot 1,68 = 268,75 \text{ грн},$$

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

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

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

Споживна потужність комп'ютера складає 500 Вт/годину, шолом віртуальної реальності 14 Вт/годину та принтера 0,8 кВт/годину [20]. Тариф споживачів складає 1,68 кВт/годин (з ПДВ).

До інших статей витрат відносяться такі:

- адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці;
- вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме: Інтернет – із розрахунку 160 грн. на місяць (безлімітний пакет); всього 320 грн. за 39 днів виконання НДР.

Для виконання НДР використовувалося безкоштовне ПО, наприклад, Unity, Oculus SDK. Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	50 635,79
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	11139,88
3	Матеріальні витрати	840
4	Амортизація основних засобів	3 305,01
5	Витрати на спожиту електроенергію	268,75
6	Інші витрати, у тому числі:	–
6.1	Адміністративні витрати (20,0 % від п.1)	10127,16
6.2	Вартість послуг інтернету	320
	Усього витрати	76636,59

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями 1-6 складає 76636,59 грн.

4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій виконаних при НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково–технічним рівнем [19].

Відповідно до теми даної атестаційної роботи можна зробити висновок про те, що у якості результату впровадження НДР є зменшення часу на користуванням меню в віртуальній реальності.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = |X_{\bar{b}j} - X_{n_j}|, \quad (4.5)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1,m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{\bar{b}j}$ – найбільше значення j -ої характеристики;

X_{n_j} – найменше значення j -ої характеристики.

У якості досліджуваної характеристики виступає час користування меню в віртуальній реальності для першого експерименту, а для другого – середній час вибору. Отримані результати тестування наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Час досягнення мети користувачем

Час виконання завдання (сек.)	Прототип 1	Прототип 2	Прототип 3	Прототип 4
експеримент 1	66,26	73,41	77,1	79,85
експеримент 2	4,32	11,25	10,92	

Підставивши відповідні значення до формули (4.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_1 = |79,85 - 66,26| = 13,59 \text{ (сек.)};$$

$$\Delta P_2 = |11,25 - 4,32| = 6,93 \text{ (сек.)};$$

$$\Delta P_j = 6,93 + 13,59 = 20,52 \text{ (сек.)}.$$

Для першого експерименту прототип 1 виявився більш зручним та зрозумілим у користуванні, що дозволило скоротити час досягнення мети користувачем на 13,59 секунд.

Для другого експерименту прототип 1 виявився більш зручним та зрозумілим у користуванні, що дозволило скоротити час досягнення мети користувачем на 6,93 секунд.

Далі проведено оцінку економічної ефективності отриманого результату виконаної науково–дослідної роботи.

4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати», який розраховується за формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (4.6)$$

$$K_{ев} = \frac{20,52}{76636,59} \cdot 100\% = 0,026 (\%),$$

де B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн.;

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

У результаті проведених досліджень, можна зробити висновок про те, що кожна гривня витрат на розробку НДР забезпечує зниження затрат часу на користування меню у віртуальній реальності на 0,026 %. Дана науково–дослідна робота має позитивний показник економічної ефективності. Роботу у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має науковий та технічний рівень.

ВИСНОВКИ

Технічний прогрес, а особливо розвиток комп'ютерних технологій привнесли в лексикон людей безліч нових слів. Зараз словосполучення віртуальна реальність знає кожен школяр і, більш того, навіть зможе пояснити його сенс. І справа не в тому, що прийнято з самого дитинства вчити визначення цього терміна, просто віртуальна реальність – досить широке і глибоке поняття, і можна дати тисячі його визначень.

Термін віртуальна реальність був введений в 1989 році американським вченим Джароном Ланьєром, а піонером в даному напрям вважається Майрон Крюгер, який ще в кінці 1960-х говорив про штучну реальність.

Віртуальна реальність – це сукупність засобів, що дозволяють створити у людини ілюзію перебування в штучно створеному світі шляхом підміни звичайного сприйняття навколишньої дійсності інформацією, що генерується комп'ютером. 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. При появі нової технології, вона спочатку має тенденцію імітувати особливості і обмеження її прародителів. Наприклад, коли з'явилися веб-ресурси, вони були зроблені по образу друкованих ЗМІ. Вони не використали нові можливості, які представляло комп'ютерне середовище. Коли технологія стає популярнішою і зрілою, розробники використовують нові можливості і технологія стає ефективнішою і самостійною.

Нині інтерфейси віртуальної реальності здебільшого повторюють традиційні 2D-інтерфейси. У міру того, як технологія удосконалюється, дизайнери все більше враховують і будуть використовувати той факт, що користувачі можуть переміщатися в тривимірному просторі і

використовувати своє тіло для взаємодії з інтерфейсами. Ця велика перевага віртуальної реальності в порівнянні з інтерфейсами двомірних застосувань.

В ході дослідження були вивчені існуючі методи взаємодії людини із середовищем віртуальної реальності. Були виявлені їх основні недоліки, а саме: відсутність універсальності (обмежені можливості маніпуляцій), складність в використанні; висока вартість.

В результаті виконання атестаційної роботи були досліджені інтерфейси віртуальної реальності і їх методи створення, а також розроблені рекомендації по створенню інтерфейсів для віртуальної реальності. 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 нових способів відображення, структуризації і навігації в інтерфейсах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Фантоматика Станислава Лема. URL: <https://nestor.minsk.by/kg/2000/03/kg00309.html> (дата звернення 15.11.2020).
2. Human Computer Interaction. URL: <https://xd.adobe.com/ideas/principles/human-computer-interaction> (дата звернення 17.12.2020).
3. Oculus For Developers. URL: <https://developer.oculus.com/> (дата звернення 17.12.2020).
4. Эффективные устройства управления в VR. URL: <https://habr.com/ru/post/387935/> (дата звернення: 18.11.2020).
5. Alger M. Visual Design Methods for Virtual Reality. September, 2015. 98 p.
6. Designing Screen Interfaces for VR (Google I/O '17). URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ES9jArHRFHQ> (дата звернення 21.11.2020).
7. Sticker sheet. URL: <https://developers.google.com/vr/design/sticker-sheet> (дата звернення 22.11.2020)
8. Эвристическая оценка, методы ее проведения и как она помогает улучшить продукт? URL: <https://uprook.ru/translation/heuristic-evaluation> (дата звернення 22.11.2020).
9. Как проводить эвристическую оценку. URL: <http://webkomora.com.ua/ru/articles/web/usability/188.html> (дата звернення 23.11.2020).
10. Интервью полустандартизированное. URL: https://sociology_encyclopedia.academic.ru/411/ (дата звернення 23.11.2020).
11. Барнум К.М. Основы юзабилити-тестирования. Morgan Kaufmann, 2010. 408 с.
12. Usability Testing от А до Я: подробный гид. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/usability-testing-guide/> (дата звернення 25.11.2020).
13. Исследуйте пользователя: Краткое руководство по проведению опросов в Интернете. URL: <https://usabilitylab.ru/usability/massovyij-opros/> (дата звернення 26.11.2020).

14. Понимание основных концепций исследований пользователей.
URL: <https://coderlessons.com/articles/dizain/ponimanie-osnovnykh-kontseptsi-i-issledovaniy-polzovatelei> (дата звернення 27.11.2020).

15. Пирожное меню – Pie menu Пирожное меню. URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/Pie_menu (дата звернення 28.11.2020)

16. Когда стоит нарушить закон Фиттса. URL: <https://cmsmagazine.ru/journal/items-fittss-law-and-user-experience/> (дата звернення 29.12.2020).

17. Восемь именных законов в UX дизайне (часть 1). URL: <https://habr.com/ru/company/dbtc/blog/443306/> (дата звернення 01.12.2020).

18. Квазиэксперимент. URL: <https://encyclopedia.autism.help/terms/kvazieksperiment> (дата звернення 02.12.2020).

19. Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проектів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей / Л.В. Соколова та ін. Харків: ХНУРЕ, 2015. 49 с.

20. Сколько электроэнергии потребляет компьютер. URL: <https://ecoblog.pro/skolko-potreblyayet-komp/> (дата звернення: 03.12.2020).

21. Кулішова Н.Є. Методичні вказівки з виконання магістерської атестаційної роботи для напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа». Харків: ХНУРЕ, 2010. 44 с.

22. Белий А. Навигация и интерфейс в средах виртуальной реальности.
URL: <https://pandia.ru/text/79/296/17440.php/> (дата звернення 31.11.20).