

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

ІІРЕ ФФРЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

Інформаційні технології електронних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Система для навчання у віртуальній
 реальності операторів зварювального робота

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТ-518м

Спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніки
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Кобзев Д.О.
 (прізвище та ініціали)

Керівник Т.М. Шило
 (прізвище та ініціали)

Рецензент Зеленцова Л.І.
 (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ІІРЕ, ФРРЕТ
 Кафедра ІТЕЗ
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технічні мікросистемні радіоелектронні техніки
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ
Т.М. Шило
 « 16 » грудня 20 19 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кобзева Демиса Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Система для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота

керівник проекту (роботи) Шило Т.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 08 » листопада 20 19 року № 368

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) модель зварювального робота, середовище розробки UNITY.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз технічного завдання та встановлення завдань;

2. Вибір інструментарію для реалізації системи.

3. Реалізація системи.

4. Тестування та впровадження системи.

5. Економічне обґрунтування.

6. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентаційний слайди.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
1	Шило П.М., д.т.н., зав. каф. ІТЕЗ		
2	Шило П.М., д.т.н., зав. каф. ІТЕЗ		
3	Шило П.М., д.т.н., зав. каф. ІТЕЗ		
4	Шило П.М., д.т.н., зав. каф. ІТЕЗ		
5	Ливонська Т.В. доц. каф. АТБД		
6	Якимов Ю.В., к.т.н., доц. каф. ОП:НС.		
Коректор	Госюк С.Є., с.п.в. каф. ІТЕЗ		

7. Дата видачі завдання « 03 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Узгодження теми, складення змісту.	17.09	
2	Збір матеріалу на дипломну роботу.	01.10	
3	Виконав 1-2 розділи	15.10	
4	Виконав 3 розділи	29.10	
5	Виконав 4 розділи	12.11	
6	Виконав 5-6 розділи	26.11	
7	Оформлення навчальної записки	10.12	

Студент(ка)

(підпис)

Кодзев Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Шило П.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 77 сторінок , 28 рисунків, 6 таблиць, 22 джерел.

Об'єкт досліджень: Система для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота.

У першому розділі було розглянуто аналіз технічного завдання та постановка задачі, аналіз існуючих систем для навчання у віртуальній реальності та аналіз існуючих систем для навчання операторів зварювального приладдя у віртуальній реальності.

У другому розділі проводиться вибір інструментарію для реалізації системи для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота.

У третьому розділі розробляється сценарій роботи та 3D модель пульта керування.

Четвертий розділ включає в себе тестування та впровадження системи.

У п'ятому розділі проводиться розрахунок економічної ефективності та теоретичної окупності науково-дослідного проекту.

У шостому розділі розглядаються питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, НАВЧАННЯ, OCULUS RIFT, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ РОБОТ, РОБОТИЗОВАНА ЧАСТИНА, BLENDER, UNITY

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	10
1.1 Аналіз існуючих систем для навчання у VR.....	10
1.2 Аналіз існуючих систем для навчання операторів зварювального приладдя у VR	Ошибка! Закладка не определена. 18
1.3 Опис процесу навчання операторів зварювальної техніки.....	Ошибка! Закладка не определена. 21
1.4 Постановка технічного завдання	Ошибка! Закладка не определена. 24
2 ВИБІР ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ	27
2.1 Інструментарії для 3D моделювання.....	27
2.2 Вибір програмного забезпечення для створення середовища.....	30
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	35
3.1 3D модель пульта	35
3.2 Розробка скрипта для зв'язку пульта зі зварювальним роботом	38
3.3 Реалізація лабораторних робіт	40
4 ТЕСТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ	42
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	48
5.1 Визначення трудомісткості та тривалості	48
5.2 Визначення витрат на розробку пристрою	51
5.2.1 Розрахунок основної заробітної плати.....	51
5.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати	52
5.2.3 Відрахування на єдиний соціальний внесок	52
5.2.4 Визначення затрат на матеріали	52
5.2.5 Витрати на спеціальне обладнання	53

5.2.6 Інші прямі витрати	57
5.2.7 Розрахунок загальнопромислових витрат	58
5.3 Розрахунок техніко-економічної ефективності моделі	59
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	62
6.2 Заходи з забезпечення безпеки	63
6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	64
6.4 Заходи з пожежної безпеки	70
6.5 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях	72
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VR – Віртуальна реальність

AR – Доповнена реальність

MR – Змішана реальність

UE4 – Unreal Engine 4

API - Програмний інтерфейс програми

SDK - Комплект для розробки програмного забезпечення

RHG – Підвісний пульт

GameObjects – Ігровий об'єкт

ВСТУП

Співвіднесення швидкості розвитку технологій і, як наслідок, соціально-економічних та інфраструктурних трансформацій з людським життям дозволяє констатувати якісний стрибок швидкості розвитку, що знаменує перехід до нової темпоральної епохи. Завдяки неупинному впливу Четвертої промислової революції (Industry 4.0) в усі сфери життєдіяльності людини впроваджуються сучасні технології. В технічній освіті стає популярним метод викладання за безпосереднім використанням доповненої (Augmented Reality), змішаної (Mixed Reality) та віртуальної реальності (Virtual Reality), що надає можливість отримати навички роботи зі спеціалізованим складним обладнанням, створити сценарії аварійних ситуацій.

Використовуючи доповнену реальність користувач може отримати інтерактивний досвід середовища реального світу, де об'єкти, що перебувають у реальному світі, посилюються комп'ютерною перцептивною інформацією, іноді через різні сенсорні модальності, включаючи зорову, слухову, гаптичну, соматосенсорну та нюхову. Наприклад, при застосуванні такого метода у навчанні ми маємо можливість доповнювати звичайні друковані матеріали 3D моделями у просторі.

Змішана реальність дозволяє бачити взаємодію реальних і віртуальних об'єктів. У випадку змішаної реальності людина вже може оцінити передній і задній план, як об'єкти розташовані щодо один одного і, найважливіше - з'являється точка дотику реальних і віртуальних об'єктів. На відміну від доповненої реальності де реальний світ замінюється частково, на існуючий світ накладається віртуальне зображення. А також, змішана реальність відрізняється автоматичним розпізнаванням системою реальних і віртуальних об'єктів. Наприклад система може витягувати всю інформацію з інформаційних моделей будівельного проекту і висвічувати підказки. Наприклад, ми досліджуємо вірність прокладених комунікацій в новобудові. Одна частина з них вже прокладена, а інша - тільки проектується. Доповнена реальність просто покаже

нам зображення, де у теорії повинні бути ці комунікації. Роль та місце змішаної реальності у навчальних процесах на даний момент дуже незначна через складність технології.

Об'єкти віртуальної реальності зазвичай ведуть себе близько до поведінки аналогічних об'єктів матеріальної реальності. Користувач може впливати на ці об'єкти в злагоді з реальними законами фізики (гравітація, властивості води, зіткнення з предметами, відображення і т. П.). Весь оточуючий світ переданий людині імітує як вплив, так і реакції на вплив. Користувачам віртуальних світів дозволяється більше, ніж можливо в реальному житті, а саме шанс на помилку, яка не буде критичною на відміну від реального світу, в якому можливі наслідки.

Віртуальна реальність надає можливість забезпечити найбільше занурення користувача у середовище та створити симуляцію реальної поведінки технічного обладнання. Тому такий підхід є актуальним у навчанні технічних спеціалістів у роботі зі складним або високотехнологічним та дорогим обладнанням. До такого класу систем можна віднести робототехнічний комплекс для зварювання YASKAWA MOTOMAN MA з пультом управління DX-покоління. Навчання роботи з таким комплексом проводиться в компанії «Триада-Сварка». Віртуальна реальність може бути використана для створення умов навчання студентів кафедри обладнання та технології зварювального виробництва НУ «Запорізька політехніка» та в Науково-методичному центрі професійно-технічної освіти у Запорізькій області, або на підприємствах при залученні нового персоналу.

Таким чином, метою дипломного проекту є створення системи для навчання робітників та студентів профтехучилищ з робототехнічним комплексом для зварювання у віртуальній реальності.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз існуючих систем для навчання у віртуальній реальності

Віртуальна реальність (VR) - це імітація досвіду, яка може бути схожою або зовсім відрізнятись від реального світу. Застосування віртуальної реальності може включати розважальні (тобто ігрові) та навчальні цілі (тобто медичну, військову, технічну чи інший тип підготовки).

Наразі стандартні системи віртуальної реальності використовують або гарнітури віртуальної реальності, або багато проєктовані середовища для створення реалістичних зображень, звуків та інших відчуттів, що імітують фізичну присутність користувача у віртуальному середовищі. Людина, яка використовує обладнання віртуальної реальності, здатна оглядати штучний світ, рухатися в ньому та взаємодіяти з віртуальними об'єктами чи предметами. Ефект зазвичай створюється VR гарнітурами, що складаються з головного дисплея з невеликим екраном перед очима (рис. 1.1) та додатковими пристроями для впливу на VR оточення(рис. 1.2).



Рисунок 1.1. – Окуляри віртуальної реальності Oculus Rift



Рисунок 1.2 – Маніпулятори Oculus Touch і сенсори Oculus Rift CV1

Віртуальна реальність, як правило, включає в себе слуховий і відео зворотний зв'язок, але може також дозволити інші типи сенсорних і силових зворотних зв'язків за допомогою гаптичної технології.

VR використовується для того, щоб допомогти учням розвивати навички без реальних наслідків невдач, особливо корисних у царинах із наслідками життя чи смерті. Спеціальний пристрій, який використовується для надання враження від VR, будь то через мобільний телефон або настільний комп'ютер, не впливає на освіту.

Медицина у віртуальній реальності

Технологія VR має багато корисних застосувань у галузі медицини. Через VR початківці хірурги мають можливість проводити складні операції, не заходячи в операційну. Лікарі, які відчували симуляції VR, покращили свою спритність та працездатність в операційній значно більше, ніж контрольні групи. VR може створити тривимірне зображення анатомії конкретного пацієнта, що дозволяє хірургам достроково скласти операцію.

3D Organon VR Anatomy - повнофункціональний атлас анатомії у віртуальній реальності. Користувач має змогу вивчити анатомію людини з більш ніж 4000 реалістичними анатомічними моделями/структурами (рис. 1.3), сумісними з якісними текстовими описами на структуру тіла.

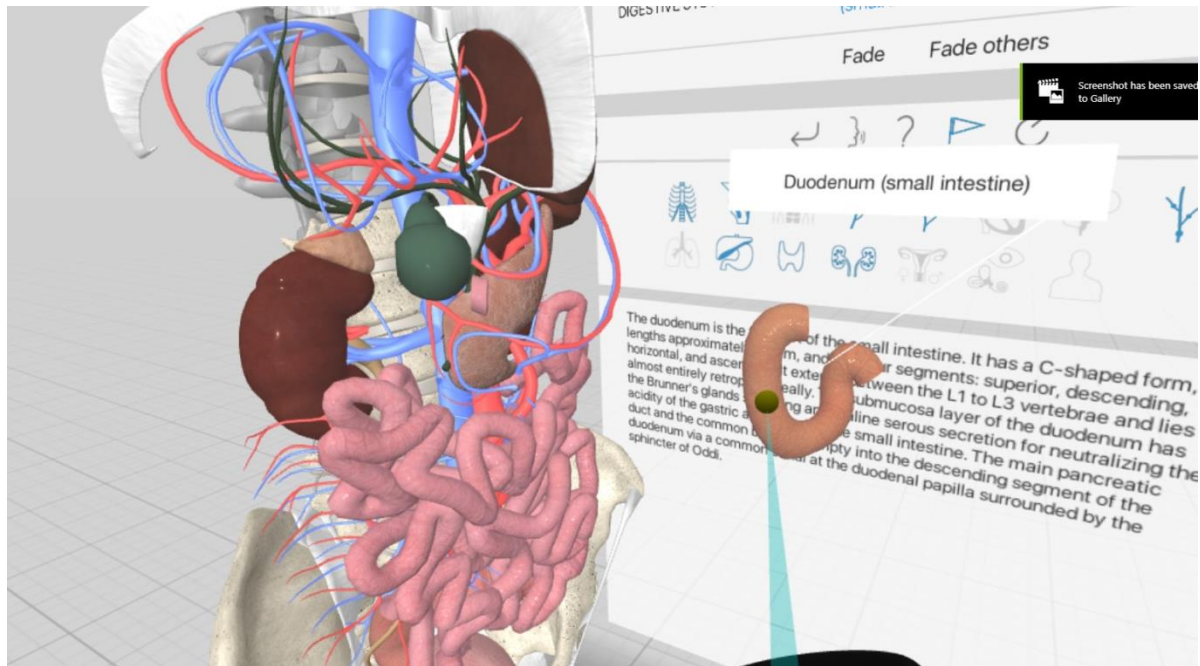


Рисунок 1.3 - Кадр із системи 3D Organon VR Anatomy

RCSI Medical – користувачі цього додатку переживають та моделюють травматичний сценарій після ДТП та працюють над критичними рішеннями, необхідними для їх пацієнта(рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Кадр із RCSI Medical

Космос у віртуальній реальності

NASA десятиліттями використовувало технологію VR. Найбільш помітним є їх використання занурювальної VR для підготовки космонавтів до польотів. Моделювання VR включають вплив робочих середовищ з нульовою гравітацією, навчання способу проходження в космос та використання інструментів з використанням макетів інструментів з низькими витратами.

Universe Sandbox 2 – це фізичний космічний симулятор в віртуальній реальності(рис.). Він об'єднує гравітацію, клімат, зіткнення і матеріальні взаємодії. В цьому симуляторі користувач експериментує з різними космічними тілами, тобто створювати, знищувати і взаємодіяти в масштабі (рис. 1.5).

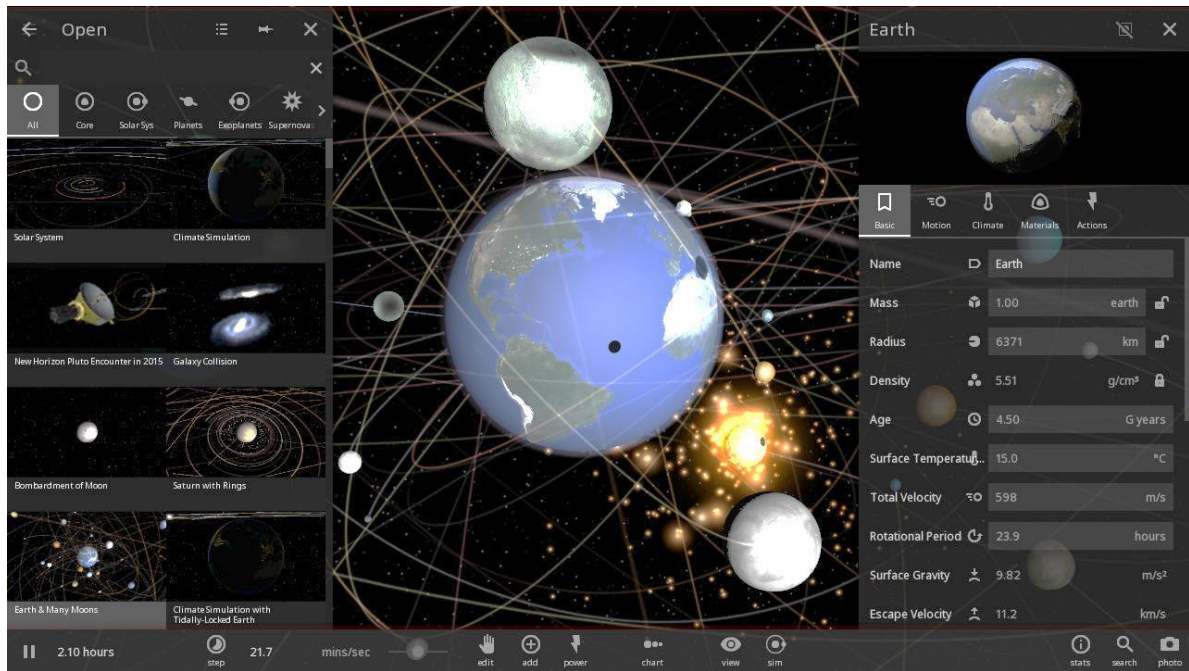


Рисунок 1.5 – Кадр із симулятора Universe Sandbox 2

Apollo 11 VR - дає можливість взяти участь і подивитися за першим польотом людини на Місяць. Можна бути як повністю пасивним глядачем, так і при бажанні взяти в руки управління стикуванням на орбіті (рис.1.6) і при приземленні.



Рисунок 1.6 – Панель для управління стикуванням на орбіті в Apollo 11 VR

Home - A VR Spacewalk – додаток який дає змогу відчути себе в порожнечі на 250 миль над Землею на цьому VR-просторі, натхненний навчальною програмою NASA і дивним досвідом її космонавтів (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 - Home - A VR Spacewalk

Програми для польотів та автомобілів у віртуальній реальності

Тренажери для польотів (рис. 1.8) - це форма підготовки до ВР. Вони можуть варіюватися від повністю закритого модуля до моніторів комп'ютера, що забезпечують точку зору пілота. Симулятори водіння можуть навчати водіїв танків до основ, перш ніж дозволяти їм керувати реальним транспортним засобом. Подібні принципи застосовуються у симуляторах руху автомобілів для спеціалізованих транспортних засобів, таких як пожежна машина. Оскільки у цих водіїв часто є обмежені можливості для реального досвіду, навчання VR забезпечує додатковий час навчання.



Рисунок 1.8 – Тренувальна капсула детально імітуюча реальну кабінку Ми -171

Військові у віртуальній реальності

Стверджувалося, що віртуальні навчальні середовища підвищують реалістичність при мінімізації витрат, наприклад, за рахунок економії боєприпасів. У 2016 році дослідники американської дослідницької лабораторії США повідомили, що відгуки інструкторів необхідні для віртуального навчання. Віртуальне навчання використовувалося для підготовки комбінованих озброєнь та інструктування солдатів навчитися стріляти.

Військові програми, такі як Системи знань бойових командувань (BCKS) та Інформація та технології розширених солдатських датчиків (ASSIST), були призначені для сприяння розвитку віртуальної технології. Описаними цілями ініціативи ASSIST були розробка програмного забезпечення та носіїв датчиків для солдатів для поліпшення обізнаності та збору даних на полі бою. Дослідники заявляли, що ці програми дозволять солдату оновлювати своє віртуальне середовище у міру зміни умов. Віртуальний бойовий простір 3 (VBS3(рис. 1.9), наступник більш ранніх версій з назвою VBS1 та VBS2) -

широко використовуване військове навчальне рішення, адаптоване з комерційного позаштатного продукту.



Рисунок 1.9 – Британські військові які тренуюся у віртуальному бойовому просторі VBS3

Жива, віртуальна, конструктивна - інтегрована архітектура (LVC-IA) - це військова технологія США, яка дозволяє щоб безлічі навчальних систем працювати разом для створення інтегрованого навчального середовища. Повідомлялося, що основними напрямками використання LVC-IA були тренування в прямому ефірі, віртуальне навчання та конструктивне навчання(рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Студент навчається керувати парашутом у VR

Таким чином, віртуальна реальність використовується при створення систем навчання у різних сферах людської діяльності та надає можливість проводити навчання без ризику для життя людини, виходу з ладу вартісного обладнання, підвищити мотивацію до навчання та швидкість засвоєння матеріалу.

1.2 Аналіз існуючих систем для навчання операторів зварювального приладдя у віртуальній реальності

Аналіз сучасних систем для навчання спеціалістів-зварювальників показав, що можна виділити два типа таких систем:

- віртуальне середовище та обладнання;
- віртуальне середовище з реальними макетами обладнання.

При використанні першого типу систем все середовище створюється з допомогою 3D-моделей без використання макетів. До цього типу можна віднести:

VRTEX® дозволяє користувачам практикувати методи зварювання в безпечному середовищі віртуальної реальності, що реалізує інструменти, параметри, матеріали, візуальні зображення та звуки процесу зварювання. Являє собою пристрій імітуючий зварювальні засоби, та програмне забезпечення до нього (рис.1.11). Навчання проводиться за програмою ручного зварювання різних типів металів.

REALWELD® надає користувачам можливість практикувати реальне дугове зварювання в контрольованому середовищі за допомогою аудіо тренера для наведення швидкості зварювання, кутів, цілі, контактної наконечника / відстані тощо. Оснастять професійних зварювальних машин та професійних зварювальників необхідною підготовкою для досягнення успіху в професійному зварювальному середовищі.



Рисунок 1.11 – Система VRTEX®

Комплекс обладнання вчить професійному зварюванню та розвиває навички за допомогою навчальних систем, які спеціально запрограмовані для підвищення кваліфікації учнів із зварювання на кожному рівні.

Реалізація симулятора зварювання guideWELD® VR (рис. 1.12) дозволяє користувачам удосконалювати основні навички зварювання. Вони також вивчають правильні методи зварювання та досліджують шляхи кар'єрного зварювання, заощаджуючи на дорогих витратних матеріалах. Симулятор забезпечує негайний зворотний зв'язок щодо робочого кута, кута руху, швидкості, відстані між формою насадки та пластини.



Рисунок 1.12 - Система guideWELD®

1.3 Опис процесу навчання операторів зварювальної техніки

Швидкісний 6-осний робот «YASKAWA MOTOMAN MA» має довгу «руку» з найбільшим діапазоном вигину у 2 метри (максимум 2010 мм), а вантажопідйомність робота становить від 3 до 15 кг. Таким чином робот може працювати в площинах і місцях, раніше недоступних для роботів такого плану, незважаючи на важкий зварювальний пальник.

«YASKAWA MOTOMAN MA» був спеціально розроблений для зварювання тонких компонентів, розроблених за допомогою яких "система переднього витягування" або з водяним охолодженням

Цей робот дозволяє з його просунутими порожниста структура (діаметр 50 мм) верхньої озброює внутрішнє наведення пакету зварних труб, продовжуючи його термін експлуатації а контур перешкод зменшується.

«YASKAWA MOTOMAN MA» із своєю компактною конструкцією вимагає мінімального місця для встановлення, що робить дуже легким об'єднання декількох однакових маніпуляторів у систему, для виконання послідовних конвеєрних дій. Крім того, це забезпечує швидкі рухи та залишає можливість великого виходу робочої частини (рис. 1.13).

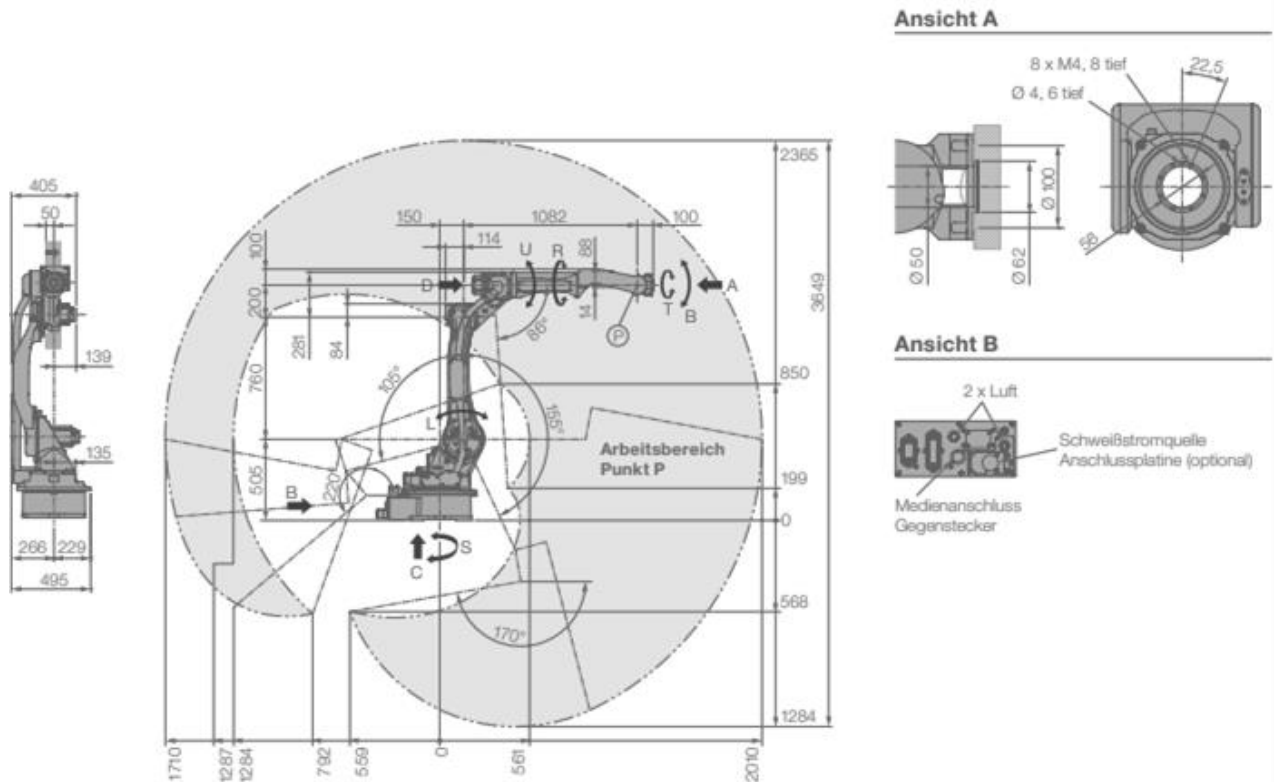


Рисунок 1.13 – Схематичне зображення габаритів та можливостей «YASKAWA MOTOMAN MA»

Модуль DX 200– це продукт послідовного подальшого розвитку генерації DX-управління.

Модуль DX200 з підвісним пультом (рис 1.14) має:

Запатентований багаторазовий контроль робота до 72 осей або 8 роботів;

Застосування конкретних функціональних пакетів і більше ніж 120 функцій;

Комплексна релейна логіка обробки вкл. 4,096 адреси введення/виводу;

Економія енергії "Індивідуальне відключення живлення" в разі виробничих перерв;

Вбудований контролер безпеки для установки до 32 охоронних зон та 16 інструментів;

Зв'язок через цифрові/аналогові входи/виходи, Ethernet, Web (FTP, OPC) параметри сервера і загальних інтерфейсних модулів;

Дуже легкий, на основі Windows CE підвісний пульт (PHG) з сенсорним кольоровим екраном з декількома можливими відображення вікна;

Системне програмування як PHG так і зовні за допомогою систем на базі персональних комп'ютерів (API), автономних системах моделювання таких як MotoVRC, Robcad, Labview і конкретного користувача HMI;

Корпус управління має IP 54.[(Yaskawa, 2016)]



Рисунок 1.14 - Модуль DX200 з підвісним пультом

Таким чином, системи навчання у віртуальній реальності повинні забезпечувати функціонал: занурення, реалістичність створеного середовища, схожий на реальний відгук приладу на дії користувача, Основним недоліком таких систем є спрямованість їх розробки на кожний клас робіт окремо. Для робототехнічного комплексу YASKAWA MOTOMAN MA з пультами управління DX-покоління не існує схожої учбової системи, достатньої для швидкого та безпечного навчання, тому виникає необхідність створення її з використанням VR-технології. Основною перевагою такого типу систем є можливість навчання без виготовлення додаткових макетів.

1.4 Постановка задачі

Мето проекту є створення системи для навчання робітників та студентів профтехучилищ з робототехнічним комплексом для зварювання у віртуальній реальності.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі для реалізації системи для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота:

- Аналіз можливостей середовища для навчання технічних спеціалістів та студентів у профтехучилищах;
- Вибір системи для створення 3D моделей;
- Створення наближеного до реального 3D моделі пульта для програмування зварювального робота;
- Розробка «скелету» робота та програмування його переміщення за осями;
- Розробка програмного забезпечення для зв'язку зварювального робота з пультом для програмування цього робота;
- Тестування програмного забезпечення;
- Оформлення пояснювальної записки.

Вимоги до системи для навчання операторів зварювального робота виглядають таким чином:

Врахування зросту користувача який використовує систему.

Створення реального середовища лабораторії «Тріада-Сварка»

Розробка системи керування роботом з використанням реалістичного підвісного пульта програмування.

Забезпечити окремі сценарії для отримання навичок для роботи з різними групами осей зварювального робота YASKAWA MOTOMAN MA.

Забезпечити можливість роботи системи з використанням Oculus Rift.

Потрібно враховувати, що користувачем може бути людина не середньостатистичного зросту, тобто віртуальний «аватар» повинен

підлаштовуватись під зріст будь-якої людини. Таким чином людина буде мати змогу оцінити розміри робочого місця та масштаб робота у порівнянні до себе.

Для підвищення занурення у віртуальну реальність вирішено використовувати точне оточення реального робота, тобто виробничий цех підприємства «Тріада-Сварка».

Використовуючи фотографії реального підвісного пульта для управління роботом (рис. 1.15) у магістерській роботі маємо змогу змоделювати точну копію для віртуальної симуляції, задля того щоб підвищити рівень занурення та імерсивності.



Рисунок 1.15 – Реальне зображення пульта

Завдання у лабораторній роботі є набуття навичок експлуатації зварювального промислового робота Yaskawa в різних системах координат та

вивчення напрямків його рухів по осям, за методичними вказівками до виконання практичної роботи № 3 «Системи координат зварювального промислового робота Yaskawa та рух його осей» з дисципліни «Роботизація зварювання та споріднених технологій» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» всіх форм навчання. Після проходження навчання у віртуальній реальності користувач повинен мати можливість без допоміжних засобів або інструктажів безпомилково виконати усі завдання практичної роботи на реальному зварювальному роботі.

Окуляри та маніпулятори Oculus Rift мають свою специфічну систему підключення, тому необхідно враховувати сумісність цієї системи з середовищами для розробки. Враховуючи те, що не усі середовища для розробки підтримують.

2 ВИБІР ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

2.1 Інструментарій для 3D моделювання

Для створення оточення наближеного до фотореалістичного потрібно спеціалізоване програмне забезпечення. Для порівняння пропонується наступний список програмних засобів:

- CINEMA 4D Studio;
- Autodesk Maya;
- КОМПАС 3D;
- Modo;
- Blender.

CINEMA 4D Studio – програмне забезпечення для 3D-дизайну і роботи з 3D графікою. Разом з даною утилітою, можна з легкістю досягти приголомшливого результату при моделюванні персонажів і формуванні анімацій. Можливе налаштування і обробка таких характеристик, як текстури, освітлення, матеріали та багато іншого. 4D Studio, володіє зрозумілим інтерфейсом, реалізованому українською мовою, що робить управління досить комфортним.

Можливості CINEMA 4D: опція створення анімаційних ефектів, всі необхідні сучасні інструменти моделювання, можливість створювати скрипти на декількох мовах програмування, функціонал динамічного 3D-дизайну, здатність працювати з параметрами текстур, освітлення і матеріалів, зручне формування скульптурного моделювання. Переваги: швидкий процес створення анімації і відмінний вбудований набір інструментів, мова інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу – українська одразу при інсталяції, у кожному оновленні, додані нові інструменти від розробників, відмінні показники оптимізації з процесорами Intel, Amd, потужні анімаційні технології, в тому числі якісно промальовані волосся, фізичний контакт з вітром та інше.

Також наявні недоліки: досить значні системні вимоги, наявність мінімум 1024 ОЗУ, займає багато дискового простору, великі можливості ліцензійних пакетів CINEMA 4D Prime Studio, Broadcast і Visualize (починаючи від 4D R14), кілька урізані в демо-версії, яка діє всього 42 дні, велика ціна за ліцензійну повну версію.

Autodesk Maya - професійне програмне забезпечення для роботи з тривимірною анімацією. Широко застосовується в кінематографі і на телебаченні, при створенні об'ємної комп'ютерної графіки.

Можливості Autodesk Maya: розвинені засоби 3D-анімації, моделювання, рендеринга і композитинга, велика кількість візуальних ефектів і верств, створення персонажів високої якості, функція імпорту SVG файлів, реалістична деформація об'єктів, імітація водної поверхні і атмосфери за допомогою опції Fluid Effects, доступно розширення функціональності за рахунок плагінів (підтримка доповнень мовою Python), здатність передавати динаміку твердих і гнучких тіл. (2; 2019)

Переваги Autodesk Maya: висока якість 3D анімації та моделювання об'єктів, має відкритий вихідний код, підтримка всіх популярних мультимедійних форматів, наявність вбудованого редактора вузлів, розробка плаваючих заголовків і логотипів, безліч навчальних відео-роликів у відкритому доступі, створення динамічних ефектів на основі кривих, остання версія програми від Autodesk оптимізована з ОС Windows 10. Нажаль присутні і недоліки такі як: англійська мова інтерфейсу і відсутність української, високі системні вимоги, працює тільки з 64-розрядними Microsoft Windows, а інші операційні системи взагалі не підтримуються, пробний період діє протягом 30 днів.

КОМПАС 3D є універсальною системою для тривимірного моделювання та автоматизованого проектування. Містить потужний набір інструментів для створення складних конструкцій і оформлення професійної проектної документації.

Можливості КОМПАС-3D: зручна система спливаючих підказок, наявність вбудованого текстового редактора, функції повороту і масштабування об'єкта, швидке оформлення конструкторської документації, можливість створення креслень, специфікацій і таблиць, синхронізація даних між декількома комп'ютерами, побудова асоціативних видів моделей в автоматичному режимі, установка додаткових модулів: машинобудівна, будівельна і приладобудівна конфігурація.

Переваги КОМПАС 3D: наявність форуму користувачів, зворотній зв'язок зі службою підтримки, забезпечення високої швидкості роботи, створення тривимірної моделі, креслення або фрагмента, складання звіту і висновок на друк в кілька кліків, зберігає текстові документи і зображення в популярних форматах, сумісність поточної версії КОМПАС-3D з ОС Windows XP, Vista, 7 (32, 64 bit) і вище, доступний експорт/імпорт файлів у форматі STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF з інших програмних продуктів CAD, широкий спектр професійних інструментів для креслення різних деталей і стандартних виробів будь-якого виду.

Недоліки КОМПАС 3D: безкоштовна версія програми має функціональні обмеження.

Modo є повноцінним продуктом для моделювання, малювання, анімації і візуалізації. Включає також інструменти скульптинга і текстурного фарбування. Завдяки зручності користування і високої продуктивності, у Modo репутація одного з найшвидших інструментів моделювання. Modo популярний в сфері реклами, розробки ігор, спецефектів і архітектурної візуалізації.

Можливості Modo: полігональне і моделювання SDS, сучасні інструменти анімації, динаміка твердих і м'яких тіл, система малювання, матеріал Fur (хутро) для створення волосся, трави і хутра, інструменти ліплення, швидка і якісна візуалізація.

Основними перевагами Modo є потужний і зрозумілий інструментарій, а також висока продуктивність. Із недоліків можна виділити: малу кількість інформації для навчання.

Blender - програма для 3D моделювання, включає в себе велику кількість розвинених інструментів створення графіки. Підтримує скульптурне моделювання, об'єктний режим.

Основні можливості Blender: це можливість створення 3D анімації і рендерингу, імітація зіткнення об'єктів і фізичних явищ в режимі реального часу, підтримка векторних шрифтів і графічних примітивів, присутня здатність тривимірного моделювання об'єктів, у наявності широкий набір інструментів для скелетної анімації і динаміки м'яких та твердих тіл, експорт файлу .BLEND в поширені формати тривимірної графіки, а також функція автоматизації завдань.

Серед переваг є можливість виділити: компактний розмір інсталяційний файл; комфортний не перевантажений інтерфейс програми, великий набір 3D ефектів, розвинені засоби моделювання комп'ютерної графіки, постійні оновлення від офіційного розробника. Також присутній невеликий недолік у вигляді відсутності українськомовного перекладу інтерфейсу. (2019)

Таким чином, підсумовуючи основні переваги та недоліки переглянутих програм для створення графічних 3D моделей ,а також порівнявши їх за основними критеріями, такі як: робота з 3D / 2D графікою, створення анімації, набір фільтрів /ефектів, налаштування кольору текстур, інструменти малювання і креслення, вбудована бібліотека матеріалів, згладжування, додавання тексту, регулювання шарів сцени, спільна робота над проектом, створення проектною документації, вирішено для створення системи для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота обрати Blender.

2.2 Вибір програмного забезпечення для створення середовища

При створенні дизайну для віртуальної реальності дуже схожий на дизайн відеоігор, оскільки в обох випадках ми маємо справу з інтерактивним 3D-досвідом. Різниця в тому, що в середовищах віртуальної реальності потрібно

приділяти особливу увагу ефекту присутності та заглибленості, що не викликає нудоти переміщенню і графічної оптимізації, а також

Більшість VR-розробників вважають за краще використовувати ігрові середовища для розробки. Найпопулярніші - Unreal Engine 4 (UE4) і Unity. Обидва мають дуже широкі можливості і є надійними інструментами. Навколо обох склалися активні спільноти з численними інформаційними ресурсами. Обидва середовища для розробки дозволяють управляти 3D-оточенням, імпортувати власний контент (3D-моделі, зображення, звук, відео), а також програмувати інтерактивність.

Серед VR-розробників не було знайдено загальноприйнятої думки, що один з цих двигунів кращий за інший. У кожного є свої особливості.

UE4 (рис. 2.1) вважається більш оптимізованим з точки зору обчислень, дає більш достовірну картинку, але має більш круту криву навчання.

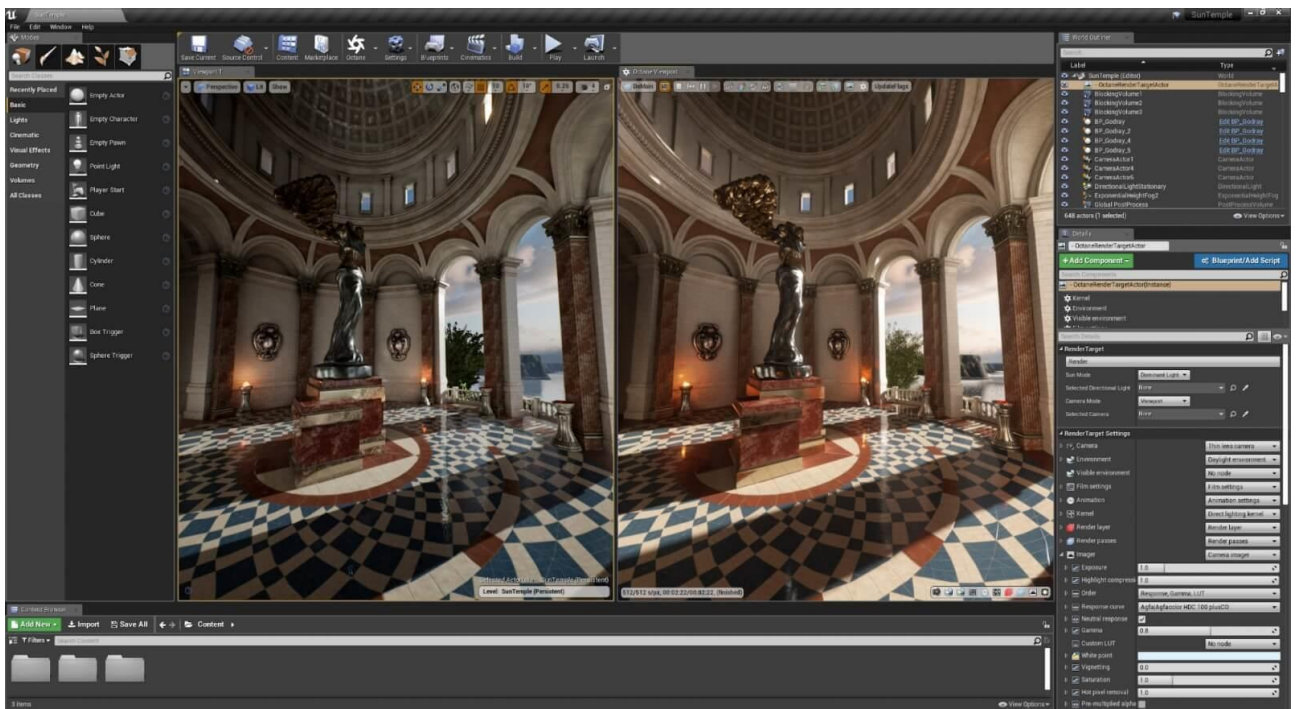


Рисунок 2.1 – Вікно середовища для розробки Unreal Engine 4

Використовуючи UE4 вся програмна частина буде створюватися на Blueprints Visual Scripting і C++. Система візуальних сценаріїв Blueprints в

Unreal Engine (рис. 2.2) - це повна система сценаріїв інтерактивних процесів, заснована на концепції використання інтерфейсу на основі вузла для створення елементів в Unreal Editor.

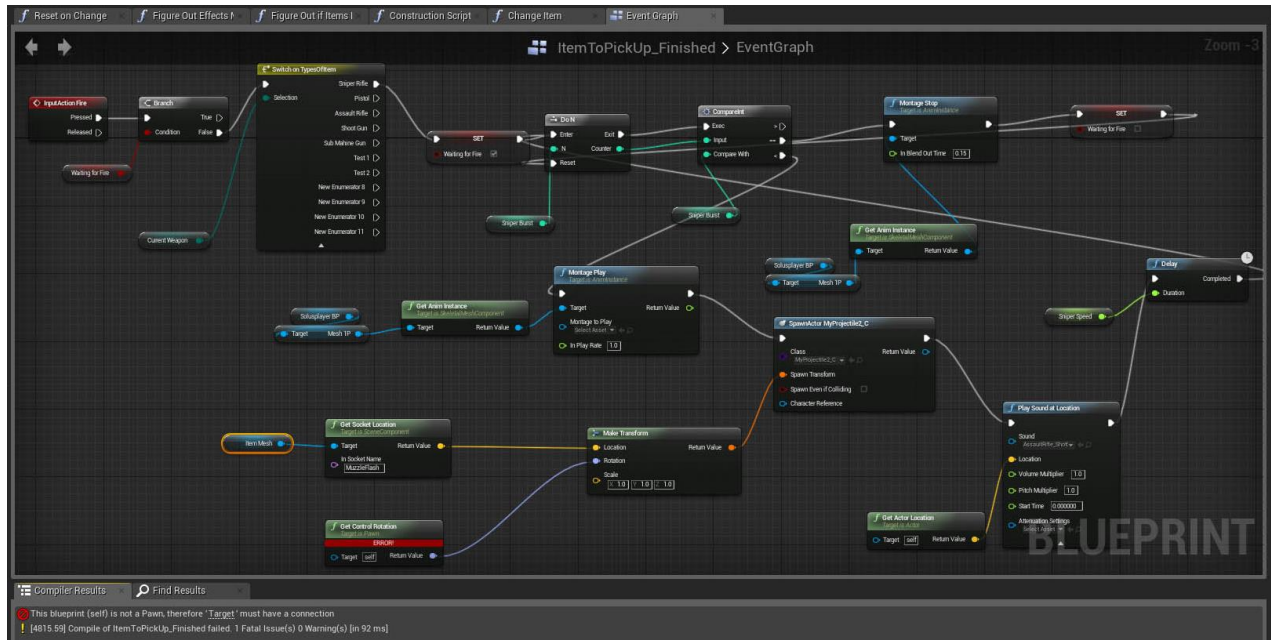


Рисунок 2.2– Приклад ділянки коду написаного з використанням Blueprints Visual Scripting

Як і у багатьох поширених мовах сценаріїв, він використовується для визначення об'єктно-орієнтованих класів або об'єктів у двигуні. Використовуючи UE4, ви часто виявляєте, що об'єкти, визначені за допомогою програми Blueprint, розмовно називаються лише «кресленнями».

Ця система надзвичайно гнучка і потужна, оскільки надає можливість дизайнерам використовувати практично повний спектр понять та інструментів, як правило, доступних лише програмістам. Крім того, розмітка, характерна для Blueprint, доступна в реалізації C++ Unreal Engine, дозволяє програмістам створювати базові системи, які можуть бути розширені дизайнерами.

Unity(рис. 2.3) - це 2D / 3D-двигун і фреймворк, які дають вам надають систему для розробки ігрових або прикладних сцен для 2D, 2.5D, 3D, AR та VR. Я кажу, що ігри та програми, тому що я бачив не просто ігри, а тренажери для

тренувань, додатки для першого реагування та інші програми, орієнтовані на бізнес, розроблені разом з Unity, які потребують взаємодії з 2D / 3D простором. Unity дозволяє взаємодіяти з ними за допомогою не тільки коду, але і візуальних компонентів, а також експортувати їх на всі основні мобільні платформи та ще багато іншого - безкоштовно. Unity підтримує всі основні 3D-програми та багато аудіоформатів, і навіть розуміє формат Photoshop .psd, щоб ви може просто впустити .psd файл у проект Unity. Unity дозволяє імпортувати та збирати активи, писати код для взаємодії з об'єктами, створювати або імпортувати анімацію для використання з розширеною системою анімації та багато іншого.



Рисунок 2.3 – Робоче вікно середовища для розробки Unity

Unity - це нативний ігровий двигун на основі C++. Вся логічна система та код пишеться у C # (рис. 2.4), JavaScript (UnityScript) або, рідше, у Boo. Код працює на Mono або Microsoft.

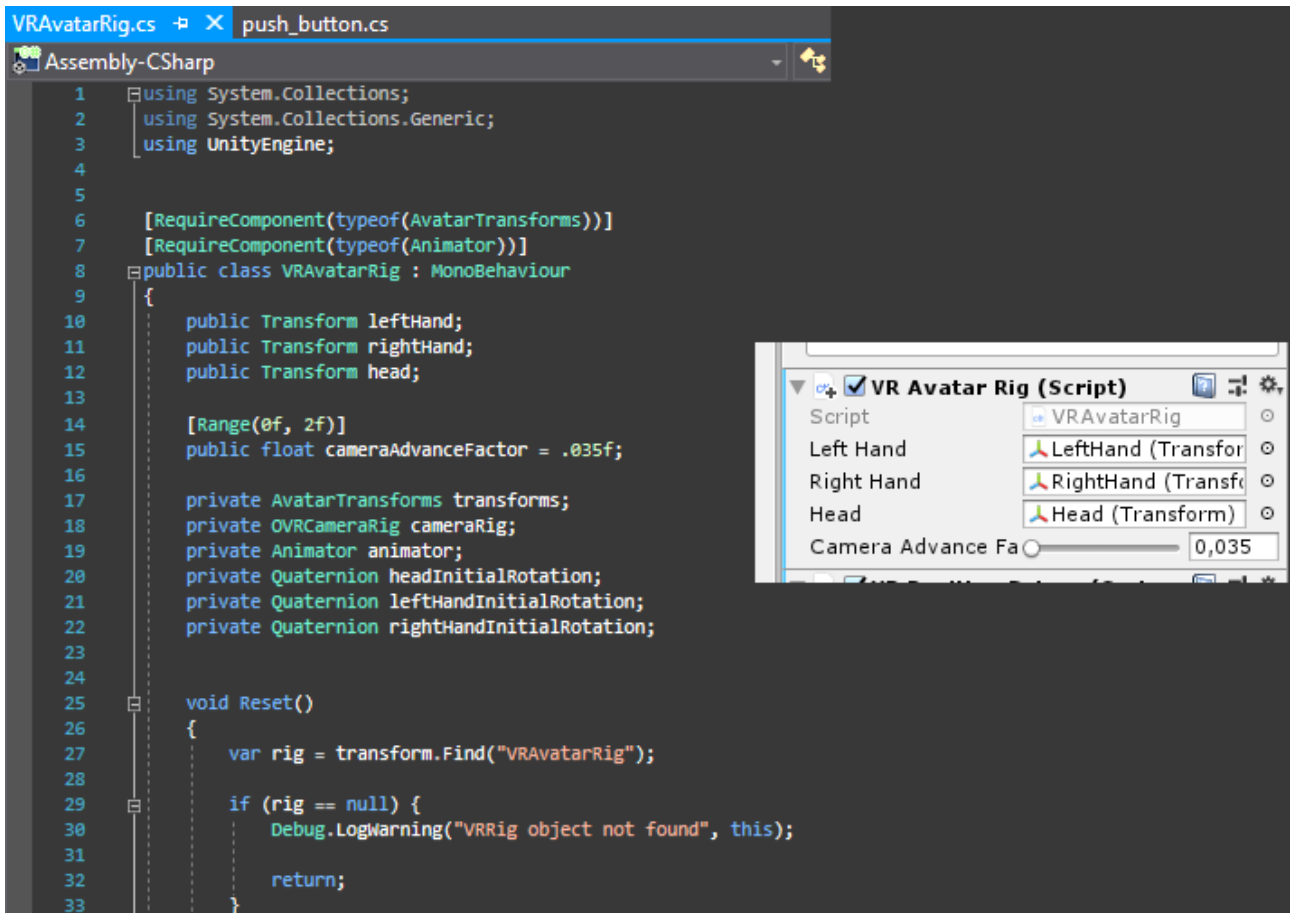


Рисунок 2.4 – Приклад коду на C# та його реалізація в Unity у вигляді нового блоку властивостей контрольованих об'єктів.

Крім ігрових движків, ми можемо звернутися до розробки інтерактивних VR-веб-сторінок. Це можна робити за допомогою мови розмітки Mozilla's A-Frame, за допомогою JavaScript, HTML5 і / або WebGL. Подібні експерименти ведуться в Chrome і Mozilla. Розробка для вебу дозволяє відображати VR-контент прямо на смартфонах користувачів. Також не доведеться компілювати або упаковувати код, можна буде легко ділитися системою через гіперпосилання.

Таким чином, для створення системи обрано Unity - нативний ігровий з основною мовою для програмування C#, що в результаті надасть можливість реалізувати відмінний зв'язок між програмними засобами Oculus та

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 3D модель пульта контролю системою зварювального робота

Так як початкове навколишнє середовище створено, текстуровано та налагоджене, для повноцінної роботи не вистачає пульта для контролю системою. Використовуючи фотографії реального пульта (рис. 3.1) є можливість створити максимально схожий пульт у віртуальній реальності.



Рисунок 3.1– Пульт та блок управління DX200

Працюючи у графічному редакторі під час створення моделі потрібно враховувати кількість полігонів та розмір файлів текстур.

Полігон це найпростіша площину, як правило з трьома-чотирма кутами. 3D моделі складаються з рельєфною сітки полігонів .

Кількість полігонів є лише однією з багатьох характеристик фінальної моделі. Туди так само входять: чіткість, різноманітність, опрацювання та динамічні властивості використовуваних текстур і матеріалів, види і складність карт висот, вид і якість застосованих алгоритмів тесселяції, структура анімаційної системи (суглоби, скелет, лицьова анімація, основна механіка виведення анімації тіла), опрацювання колізії (місце фізичного контакту 3D елементів), світло-тіньові властивості, складність і продуманість художнього дизайну моделі, її загальна оптимізація і т.д .

Як правило при розробці моделі ігрового персонажа, професійні дизайнери спочатку створюють високополігональну модель, а потім максимально зменшують кількість полігонів в тих місцях на моделі, які не рясніють складними дизайнерськими елементами. Це один з основних аспектів оптимізації. Добре оптимізована модель має безліч дизайнерських дрібних деталей, але порівняно невелика кількість полігонів .

Завдяки збільшенню розмірів текстур ми маємо змогу покращити загальний зовнішній вигляд пульта, для цього є дуже ефективний інструмент для текстурування робочих процесів середовища - Texel Density.

Texel (аббревіатура від двох слів «TEXTure» і «ELement» - текстура і елемент) - елемент текстури, «точка». Текстура, в свою чергу, являє собою масив текселей. Тексель може являти собою кольорову точку в зображенні. Але, оскільки, текстура може бути не тільки зображенням (двовимірним масивом кольорових крапок), а також і іншими масивами даних різних типів і розмірності, то тексель, як текстурний елемент - більш загальне поняття.

Засіб Texel Density дозволяє швидко масштабувати розміри острівців UV або окремих полігонів таким чином, що вони охоплюють приблизно однакову кількість текстурних пікселів на метр реального розміру. (UV острів - це

з'єднана група полігонів у UV-карті.) У проекті це допоможе нам, бо маємо справу з невідповідностями щільності текстури; у деяких випадках може бути або UV-речовини або текстури різного розміру, що призводить до видимих завищених деталей або недостатньо деталізованих ділянок відносно решти об'єкта або сцени. Зробити щільність текстури більш рівномірною може допомогти підтримувати стандартизований рівень деталізації текстури в об'єкті чи середовищі.

Інструмент густини Texel дозволяє задати роздільну здатність використовуваної текстури, що дозволяє правильно розраховувати щільність текселя для різних розмірів текстури, але при цьому залишатися візуально послідовними. Наприклад, щільність текселя 512 пікселів на метр потребує реального розміру на 1 метр, щоб охопити 2 UV-одиниці для текстури 256 x 256, але лише 1/2 UV-одиниці для текстури 1024 x 1024.



Рисунок 3.2– Вигляд пульта контролю змодельованого для віртуальної реальності

Текстуровано та пронумеровано саме ті клавіші які будуть необхідні під час виконання лабораторної практичної роботи, у зв'язку з цим, користувач не буде відволікатися на зайві клавіші.

3.2 Розробка скрипта для зв'язку пульта зі зварювальним роботом

Для створення алгоритмів у Unity використовується об'єктно орієнтована мова програмування C#.

C # відноситься до сім мов із C-подібним синтаксисом, з них його синтаксис часто розташований до C ++ та Java. Язык має статистичну типізацію, підтримує поліморфізм, перегрузку операторів (у тому числі операторів явного і явного приводу типів), делегати, атрибути, зміни, властивості, узагальнені типи і методи, ітератори, анонімні функції з підтримкою замикавання, LINQ, в тому числі теми XML.

Для побудови алгоритмів у Unity використовуються сценарії. Сценарій розповідає нашим GameObjects, як поводитися; це сценарії та компоненти, що додаються до GameObjects, і те, як вони взаємодіють між собою, створює наш ігровий процес. Тепер сценарій в Unity відрізняється від чистого програмування. В Unity нам не потрібно створювати код, який запускає програму, оскільки Unity робить це за нас. Натомість ми орієнтуєтесь на процеси у сценаріях.

Unity працює у великій петлі (рис. 3.3). Він читає всі дані, що знаходяться в ігровій сцені. Наприклад, він читає за допомогою вогнів, мешів, яка поведінка, і обробляє всю цю інформацію для нас.

```
void Update()  
{  
  ...  
}
```

Рисунок 3.3 – Ділянка коду, яка нескінченно повторюється

На телебаченні, у Північній Америці у нас є стандартом 29,5 кадрів/сек, Unity має зробити те саме. У ньому є окремі дискретні кадри, один за одним. Ми керуємо Unity інструкціями, написаними у своїх сценаріях, і Unity виконує їх кадр за кадром так швидко, як тільки це можливо.

Для деяких виключень можна використовувати функції які не залежать від оновлення кадрів на екрані(рис. 3.4). Таким чином є можливість досягти цілей які не мають потреби виконуватися кожен чіткий кадр.

```
void FixedUpdate()  
{  
    transform.localPosition = position_vector;  
    transform.localEulerAngles = rotation_vector;  
}
```

Рисунок 3.4 – Функція оновлення якої не залежить від кількості кадрів

Досягнення високої частоти кадрів означає, що не тільки, що наша симуляція буде виглядати більш текучою, але і ваші сценарії також виконуватимуться частіше, роблячи управління більш чутливим, це потрібно враховувати.

Для безпомилкової роботи файлу сценарію на його початку потрібно зазначити назви головних файлів або як їх ще називають – бібліотеки.

```
using System.Collections;  
using System.Collections.Generic;  
using UnityEngine;  
using UnityEngine.Bindings;  
using UnityEngine.Scripting;  
using UnityEngine.Internal;
```

Рисунок 3.5 – Приклад декількох бібліотек які використовуються в Unity

3.3 Реалізація лабораторної роботи

Під час виконання лабораторної роботи користувач виконує вказівки зображені на проекторі всередині симуляції. Всі підказки та вказівки проєціються на комфортному для перегляду місці, а саме на протилежному боці робочого цеху, на стіні.



Рисунок 3.6 – Робочий цех, вид згори (1- екран з проєкцією, 2 – модель користувача)

Після того як користувач освоїться в віртуальній реальності, налаштує окуляри і буде готовий до виконання роботи у нього буде можливість взяти пульт, після цього скрипт старту запустить перший слайд роботи. По мірі

виконання завдань, які ставляться на виконання лабораторної роботи, слайди змінюються і відповідно змінюються і завдання(рис. 3.7).

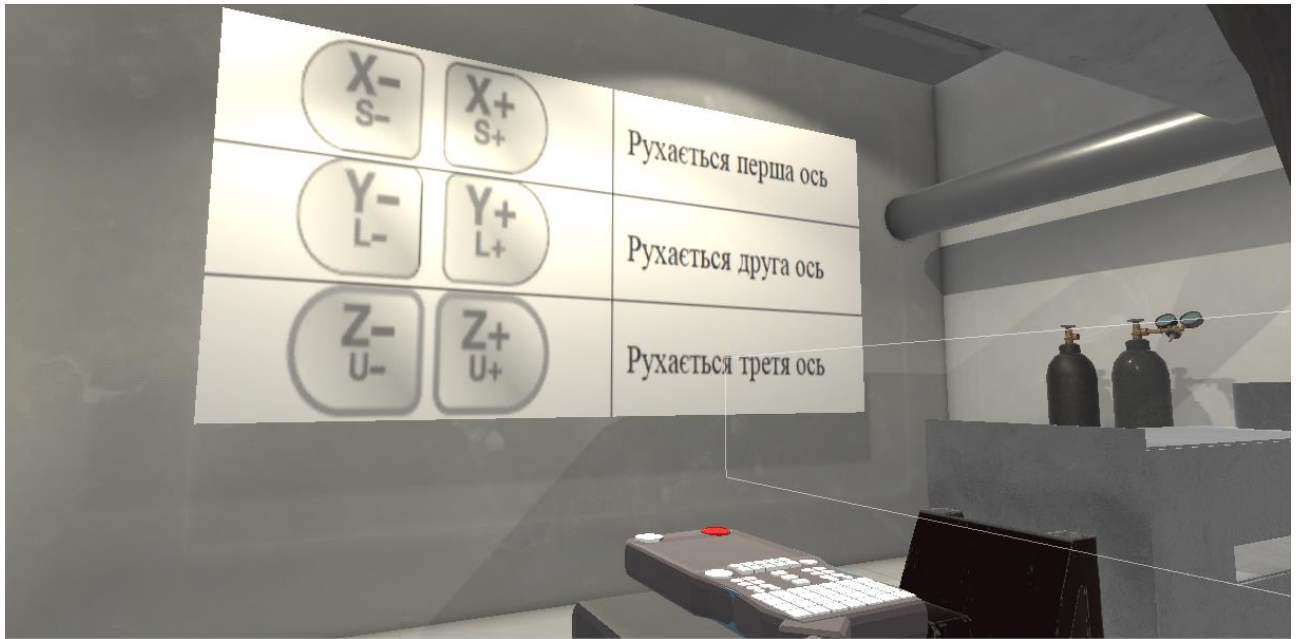


Рисунок 3.7 – Приклад одного зі слайдів і завдання на ньому

При натисканні неправильної кнопки на пульті контролю, кнопка буде засвічуватися червоним кольором. При натисканні вірної – пульт буде надсилати сигнал до зварювального робота та виконувати вказівки.

4 ТЕСТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ

Під час налагодження окулярів Oculus Rift перевірити наявність усього комплекту для роботи у віртуальній реальності. У комплект входять: комп'ютер, окуляри Oculus Rift (або Oculus Rift S), лівий та правий маніпулятори Oculus Touch, два сенсори Oculus Rift CV1 (рис. 4.1). Варто зазначити, що у випадку роботи з Oculus Rift S, сенсори Oculus Rift CV1 непотрібні.



Рисунок 4.1– Комплект Oculus Rift. (1-головна гарнітура Oculus Rift, 2-маніпулятори Oculus Touch, 3–сенсор Oculus Rift CV1)

Перед виконанням лабораторної роботи у віртуальній реальності з використанням окулярів Oculus Rift переконайтесь у їх справності. Кабелі з'єднання не повинні мати пошкоджень, перегибів або вузлів. Обов'язково є візуальна перевірка справності USB та HDMI штекерів.



Рисунок 4.2 – Приклад справногo USB роз'єму

Під час роботи необхідно додержуватися правил роботи з реальним роботом. Лабораторна робота №3 включає в себе безпосередній контакт з роботом

Вся робоча зона робота вважається небезпечною. Якщо не працює кнопка аварійної зупинки, яка розташована на ручному програматорі, зупинити робот в аварійному порядку неможливо. Це може призвести до смерті або травми внаслідок небезпеки заземлення.

Не можна експлуатувати робот, якщо кнопка аварійної зупинки не працює.

Перед експлуатацією робота необхідно перевірити працездатність кнопки аварійної зупинки. Після натискання кнопки аварійної зупинки напруга SERVO на ручному програматорі повинна негайно відключитися.

При відключенні напруги SERVO на ручному програматорі гасне світлодіод «SERVO ON» (SERVO ВКЛ.).

Деблокування кнопки аварійної зупинки здійснюється її поворотом.

Перш ніж деблокувати кнопку аварійної зупинки необхідно враховувати наступне:

- переконатися, що нікого немає в максимальній робочій зоні робота;
- попередньо видалити з ділянки всі предмети, з якими може зіткнутися робот;
- тільки після цього увімкнути напругу SERVO, натиснувши перемикач сигналу дозволу на ручному програматорі.

Якщо під час роботи хтось виявляється в робочій зоні робота або з'являються проблеми, завжди потрібно негайно натискати кнопку аварійної зупинки.

Необхідно дотримуватись наступних правил обережності під час програмування завдань в межах робочої зони робота:

- завжди залишати можливість спостерігання за роботом спереду;
- завжди стежити за тим, щоб дотримувалися запропоновані операції обслуговування;
- забезпечувати достатньо місця, щоб оператор міг відступити у аварійному випадку.

Перш ніж почати програмувати робот, обов'язково слід виконувати наступні контрольні операції:

- перевірте, чи немає ознак ускладнення при рухах робота;
- перевірте штекери на надійність з'єднання і всі кабелі на відсутність пошкоджень;
- після використання знову повісьте ручний програматор на блок керування роботом;
- переконайтеся, що ключ від перемикача режимів роботи (Teach/Automatik – режим програмування/автоматичний режим) ручного програматора зберігається у компетентної, спеціально навченої особи;
- ключ може перебувати в перемикачі режимів роботи ручного програматора тільки під час програмування і повинен після цього негайно витягуватися та зберігатися в надійному місці.

Негайно усувайте будь-який виявлений недолік та переконайтеся, що були проведені всі необхідні заходи.

При контакті з роботом або периферійними пристроями виникає небезпека отримання травм. Обов'язково необхідно дотримуватися наступних вказівок:

- принципово слід надягати дозволений спецодяг (інший одяг не допускається);
- при управлінні роботом не можна надягати рукавички;
- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) повинні відповідати вимогам директиви 89/656/EWG;
- забороняється носити великі прикраси, такі як сережки, кільця або кулони;
- за необхідністю, треба надягати засоби захисту: каски, взуття (з нековзною підошвою), респіратори, окуляри та рукавички.

Через небезпеку отримання травм та нанесення матеріальної шкоди, причиною яких є непередбачувані рухи, слід дотримуватись наступних вказівок:

- ніколи не переміщуйте осі робота силою;
- ніколи не опирайтесь на контролер робота;
- не допускайте натискання клавіш ручного програматора за необачністю;
- під час роботи не допускайте керування контролером робота неуповноваженим особам.

Дуже важливо дотримуватися плану виконання роботи.

Перевірка безпеки. Перед початком проведення роботи з контролером робота ще раз ознайомтесь з вказівками по техніки безпеки та огордіть зону навколо робота та периферійних пристроїв.

Вибір режиму навчання робота. Встановіть перемикач на ручному пристрої програмування у положення «TEACH».

Порядок вибору блоку керування. Якщо контролер робота має декілька блоків керування, то спочатку оберіть потрібний блок керування.

Якщо зареєстровані два або більше ROBOT, BASE, STATION, тоді перемикайте блоки керування, натискаючи [SHIFT] + [ROBOT] (РОБОТ) або [SHIFT] + [EX AXIS] (Зовнішня ось).

Після вибору JOB активується блок керування, який зареєстровано у вибраному JOB. Зареєстрований блок керування перемикається в редакторі JOB в [ROBOT] або [EX. AXIS].

Той або інший блок керування перевіряється в індикаторі статусів ручного пристрою програмування.

Порядок вибору системи координат. Для вибору системи координат необхідно натиснути [COORD] (КООРДИНАТИ). При кожному натисканні кнопки [COORD] (КООРДИНАТИ) система координат змінюється в наступному порядку:

Шарнір → Декартові → Циліндричні → Інструмент → → Користувача → TEACHING LINE (тільки для зварювання електричною дугою).

Перевіряйте обрану систему координат в індикаторі статусів ручного пристрою програмування.

Порядок налаштування ручної швидкості. Для вибору ручної швидкості натисніть [FAST] (ШВИДКО) або [SLOW] (ПОВІЛЬНО). Обрана швидкість дійсна не тільки для руху осі, але й для руху [FWD] (ВПЕРЕД) и [BWD] (НАЗАД).

Якщо робот керується вручну з ручного пристрою програмування, то максимальна швидкість TCP обмежується 250 мм/с.

При кожному натисканні [FAST] (ШВИДКО) швидкість змінюється в послідовності:

«INCH» (ДЮЙМ) → «SLOW» (ПОВІЛЬНО) → «MED» (СЕРЕДНЄ) → «FAST» (ШВИДКО).

При кожному натисканні [SLOW] (ПОВІЛЬНО) швидкість змінюється в послідовності:

«FAST» (ШВИДКО) → «MED» (СЕРЕДНЄ) → «SLOW» (ПОВІЛЬНО) → «INCH» (ДЮЙМ).

Перевіряйте обрану ручну швидкість переміщення в індикаторі статусів ручного пристрою програмування.

Вмикання серводвигунів. Натисніть [SERVO ON READY] (ГОТОВНІСТЬ ВМИКАННЯ СЕРВОДВИГУНІВ). Починає мигати світлодіод «SERVO ON».

Натисніть перемикач сигналу дозволу, починає мигати світлодіод «SERVO ON».

Порядок роботи осей. Натисніть [AXIS KEY] (КНОПКА ВІСІ). Вісь повинна переміститися згідно налаштувань блоку керування, обраної системи координат та ручної швидкості.

Почергово змінюючи системи координат здійсніть переміщення осей, шляхом натискання кнопок руху осей. Порівняйте відповідність здійснених рухів осей робота з їх описом згідно таблиць 2.2...2.6 та напрямками, які наведені на рис. 2.2...2.8.

Робота на підвищеній швидкості. Якщо разом з кнопкою HIGH SPEED] (ПІДВИЩЕНА ШВИДКІСТЬ) натискається кнопка [AXIS KEY] (КНОПКА ВІСІ), то робот працює на підвищеній швидкості.

Порядок закінчення роботи. Після практичного виконання всіх запланованих рухів робота в залежності від обраних систем координат, необхідно відімкнути напругу SERVO. На ручному програматорі повинен загаснути світлодіод «SERVO ON» (SERVO ВКЛ.).

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Розроблена магістерська робота «Система для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота». Поліпшення навички роботи з роботом та для навчання.

5.1 Визначення трудомісткості та тривалості

Весь комплекс моделювання можна розділити на етапи. Для кожного етапу вказуються трудомісткість, кількість виконавців і тривалість робіт. У дослідженні методів приймають участь Програміст і 3д дизайнер протягом 55 календарних днів. Дослідження починається шостого вересня і повинна бути виконана до тридцять першого жовтня 2019 року. Тривалість робіт визначають за формулою 5.1:

$$T_{\text{ц}} = \frac{Q}{R} = \frac{55}{2} = 27,5$$

(5.1)

де $T_{\text{ц}}$ - тривалість циклу, днів;

Q - трудомісткість, людино-днів;

R - кількість виконавців, чел.






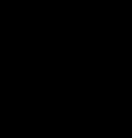
Отримана інформація зведена в табл. 5.1


Таблиця 5.1 - Завдання та обов'язки по моделюванню моделі

Найменування роботи	Трудомісткість		Виконавці	Тривалість, днів
	люд.- дні	%к підсумку		
1. Отримання технічного завдання	10	18,2	Програміст Зд дизайнер	5 5
2. Огляд реального робота	4	7,3	Програміст Зд дизайнер	2 2
3. Огляд літературних джерел	8	14,5	Програміст Зд дизайнер	4 4
4. Розробка 3д моделей	10	18,2	Зд дизайнер	10
5. Розробка програмного забезпечення	13	23,6	Програміст	13
6. Тестування ПО	10	18,2	Програміст	10
Разом	55	100		55

За даними табл. 5.1 складається зведений стрічковий графік планування моделювання моделі, який представляє собою таблицю, в першому стовпці якої розміщені в порядку збільшення термінів початку виконання всі види роботи, а навпаки - календарний період їх виконання. Даний графік наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Зведений стрічковий графік планування моделювання

Найменування робіт	Календарний період, дні					
	06.09-22.09.19	22.09-24.09.19	24.09-28.09.19	28.09-08.10.19	08.10-21.10.19	21.10-31.10.19
Отримання технічного завдання						
2. Огляд реального робота						
3. Огляд літературних джерел						
4. Розробка 3д моделей						
5. Розробка програмного забезпечення						
6. Тестування ПО						

 - 3д дизайнер

 - Програміст

5.2 Визначення витрат на моделювання елементів

Для визначення витрат на моделювання елементів складається калькуляція вартісної вартості робіт, яка включає наступні статті:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- єдиний соціальний внесок (ЄСВ);
- витрати на спеціальне обладнання;
- матеріали і комплектуючі вироби;
- накладні витрати;
- податки.

5.2.1 Розрахунок основної заробітної плати

Витрати за цією статтею складаються з планового фонду зарплати всіх категорій працівників, зайнятих в моделюванні моделі. Розрахунок зарплати ведеться на підставі даних про трудомісткості, представлених в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок основної заробітної плати

Посада виконавця	Чисельність, чол.	Місячний оклад, грн.	Кількість робочих днів	Сума ЗП, грн.
Програміст	1	9000	34	10200
Зд дизайнер	1	8000	21	5600
Разом	2			15800

5.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткову заробітну плату приймають рівною 10% від основної заробітної плати працівників і розраховують за формулою 5.2:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,1 \quad (5.2)$$

Підставивши величину основної заробітної плати в формулу 5.2, отримуємо:

$$ЗП_{доп} = 15800 \cdot 0,1 = 1580 \text{ грн}$$

5.2.3 Відрахування на єдиний соціальний внесок

Вони становлять 22% і беруться від основної та додаткової заробітної плати.

$$ОТ = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 0,22 \quad (5.3)$$

$$ОТ = (15800 + 1580) \cdot 0,22 = 3823,6 \text{ грн.}$$

5.2.4 Визначення затрат на матеріали

У цю статтю включають вартість основних і допоміжних матеріалів, напівфабрикатів, що купуються, і комплектуючих виробів. Транспортно-заготовчі витрати приймають рівними 3-10% від вартості матеріалів. Використовується 3 найменування матеріалів: флешка – 150 грн.; кабелі - 250 грн.; батарейки - 150 грн. (3 пачка).

Витрати на комплектуючі розраховують за формулою 5.4:

$$M = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot N_i \cdot (1 + K_{m.z.}) - C_{io} \cdot N_{io}), \quad (5.4)$$

де M - витрати на покупні напівфабрикати і комплектуючі вироби, грн.;

$K_{m.z.}$ - коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати;

C_i - ціна i -го найменування напівфабрикату і комплектуючого, грн.;

N_i - потреба в i -му напівфабрикаті і комплектуючому;

C_{io} - вартість зворотних відходів i -го найменування комплектуючого, грн.;

N_{io} - кількість зворотних відходів i -го найменування;

n - кількість найменувань напівфабрикатів і комплектуючих.

$$C_{io} = 0; N_{io} = 0; K_{m.z.} = 0,05;$$

$$M = (1 + 0,05) \cdot (150 + 250 + 150) = 577,5 \text{ грн.}$$

Разом, витрати на матеріали становлять 577,5 грн.

5.2.5 Витрати на спеціальне обладнання

У цю статтю входять витрати на придбання, транспортування, монтаж і налагодження нестандартного обладнання.

Практично, в даному випадку, в цій статті враховуються витрати на оплату машинного часу ЕОМ для моделювання. Для чого необхідно скласти кошторис «витрат на утримання і експлуатацію устаткування» виходячи з якої визначиться вартість одного машино-години роботи ПК, після множення якої на машинний час пішло на моделювання отримаємо витрати на оплату машинного часу. У табл. 5.4 наведене обладнання яке використовується при роботі.

Таблиця 5.4 – Спеціальне обладнання

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Apple MacBook AIR 13	шт.	1	24000	24000
Моноблок HP Pavilion Aoi 24-ХА0041UR	шт.	1	24000	24000
Стіл комп'ютерний	шт.	1	950	950
Крісло комп'ютерне	шт.	2	1100	2200
Шлем виртуальної реальності Oculus Rift S	шт.	1	21000	21000
Транспортно-підготовчі роботи 5%				3607,5
Разом				75757,5

Амортизаційні відрахування визначають за формулою 5.5:

$$A = \Phi_{\delta} \cdot \frac{H_a}{100}, \quad (5.5)$$

де Φ_{δ} - балансова вартість обчислювальної техніки, грн. ;

H_a - норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення обчислювальної техніки, для ПК 25%.

Балансова вартість обчислювальної техніки становить 75757,5грн.

Отримуємо:

$$A = 75757,5 \cdot 0,25 = 18939,37 \text{ грн.}$$

Статтю «Експлуатація обладнання» розраховують підсумовуванням витрат на електроенергію і допоміжні комплектуючі.

$$C_e = N_n \cdot \Phi_{ef} \cdot K_{зв} \cdot K_{зм} \cdot C_e, \quad (5.6)$$

де N_n - номінальна потужність ЕОМ, кВт;

Φ_{ef} - річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ, машино/год;

$K_{зв}$ - середній коефіцієнт завантаження за часом;

$K_{зм}$ - коефіцієнт завантаження по потужності;

C_e - ціна одного кВт/год електроенергії, грн./(кВт-ч).

Номінальна потужність ЕОМ - 0,5 кВт. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ становить 1800 годин. Середні коефіцієнти завантаження за часом і за потужністю рівні відповідно 0,9 і 0,6. Ціна однієї кіловат-години електроенергії становить 2,68 грн.

Отримуємо:

$$C_e = 0,5 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2,68 = 1302,5 \text{ грн.}$$

Зарплата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою 5.7:

$$ЗП_{обсл} = ФЗП_r \cdot (1 + K_{отч}) \cdot \frac{t_{обсл}}{\Phi_{ef.обсл}} \quad (5.7)$$

де $ФЗП_r$ - річний фонд заробітної плати (основної і додаткової) обслуговуючих робітників, грн.;

$K_{отч}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування і в інші фонди;

$t_{обсл}$ - час протягом року, необхідне на технічне обслуговування ЕОМ, ч/рік;

$\Phi_{\text{эф.обсл}}$ - річний ефективний фонд часу обслуговуючого персоналу, ч/рік.
 Місячна заробітна плата обслуговуючого персоналу становить 8000 грн., а річний фонд заробітної плати відповідно дорівнює 96000 грн. Річний ефективний фонд робочого часу обслуговуючого ПК працівника дорівнює 1750 год / рік.

$$ЗП_{\text{обсл}} = 96000 \cdot (1+0,22) \cdot 12/1750 = 803,1 \text{ грн.}$$

Стаття «Поточний ремонт обладнання» приймається рівною 3% від балансової вартості обладнання і складає 2272,7 грн.

Стаття «Інші витрати» приймається рівною п'яти відсоткам від суми всіх попередніх статей витрат на утримання і експлуатацію обладнання. Сума всіх попередніх статей дорівнює 23317,67 грн., 5% від суми складають 1165,8 грн. Розраховані статті витрат на утримання і експлуатацію устаткування внесені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Кошторис витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Найменування статей витрат	Сума, грн.
Амортизація обладнання	18939,37
Експлуатація обладнання (крім витрат на поточний ремонт)	1302,5
Заробітна плата основна і додаткова обслуговуючих робітників з ЄСВ	803,1
Поточний ремонт обладнання	2272,7
Інші витрати	1165,8
Разом	24483,47

Витрати на оплату машинного часу ЕОМ для моделювання моделі і налагодження програмних засобів визначаються за формулою 5.8:

$$C_{mo} = P_{екс} \cdot t_{мо}, \quad (5.8)$$

де $C_{мо}$ - витрати на оплату машинного часу, грн.;

$P_{екс}$ - експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу цієї цифрової ЕОМ, грн. / машино-год.;

$t_{мо}$ - машинний час цифрової ЕОМ для написання і налагодження даного програмного продукту, машино-год.

Експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу використовуваної ЕОМ розраховують діленням суми витрат за кошторисом «Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (ЕОМ)» (табл. 5.4) на річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ дорівнює 1800 годин. В результаті експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу рівні:

$$P_{екс} = 24483,47/1800 = 13,6 \text{ грн./машино-год}$$

ЕОМ експлуатується 55 днів в одну зміну, що становить в сумі 440 годин. Таким чином, витрати на оплату машинного часу складуть:

$$C_{мо} = 13,6 \cdot 440 = 5984,8 \text{ грн.}$$

5.2.6 Інші прямі витрати

В інші прямі витрати включаються витрати на яке використовується при розробці системи комерційне програмне забезпечення:

- дольове ПЗ, що використовується постійно при роботі ПК (Windows 10) - 5000 грн. без НДС;

- цільове ПЗ, що купується для даного конкретного завдання (3D Max) - 5000 грн. без НДС.

$$S_{\text{дод.ПЗ}} = \frac{C_{\text{ПЗWindows}} \cdot T_{\text{КТС}}}{\Phi_{\text{еф.КТС}} \cdot T_{\text{с.ПЗ}}} \quad (5.9)$$

$$S_{\text{ціль.ПЗ}} = C_{\text{ПЗ A}}$$

де $S_{\text{дод.ПЗ}}$ - витрати на дольове ПЗ при моделюванні розробляється в розрахунку ПЗ, грн .;

$S_{\text{ціль.ПЗ}}$ - витрати на цільове ПЗ, що купується виключно для моделювання в розрахунку ПЗ, грн .;

$C_{\text{ПЗWindows}}$ - ціна ПЗ Windows (без ПДВ), грн;

$C_{\text{ПЗ A}}$ - ціна ПЗ 3D Max (без ПДВ), грн;

$T_{\text{КТС}}$ - машинний час КТС, необхідне користувачеві для моделювання моделі, машино-год / рік;

$\Phi_{\text{еф.кмс}}$ - річний ефективний фонд часу роботи КТС, машино-год / рік;

$T_{\text{с.ПЗ}}$ - термін служби дольової ПЗ, років.

$$S_{\text{дод.ПЗ}} = \frac{10000 \cdot 365}{1800 \cdot 5} = 405,5 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{ціль.ПЗ}} = 5000 \text{ грн.}$$

$$S_{\Sigma} = 405,5 + 5000 = 5405,5 \text{ грн.}$$

5.2.7 Розрахунок загальновиробничих витрат

До загальновиробничих витрат відносяться витрати на загальне управління і загальногосподарські потреби (заробітна плата апарату управління, канцелярські витрати і т.д.), утримання та експлуатацію будівель. Накладні витрати включаються до вартості моделювання непрямым шляхом - у

відсотках до основної заробітної плати розробників. В даному випадку накладні витрати становлять 40% до основної заробітної плати розробників, що складає 15800 грн.

Результати визначення витрат на моделювання моделі у вигляді калькуляції кошторисної вартості робіт наведені в табл. 5.5

Таблиця 5.5 - Калькуляція кошторисної вартості робіт з моделювання моделі

№	Найменування статей витрат	Сума, грн.	Питома вага до підсумку, %
1	Основна заробітна плата	15800	14,4
2	Додаткова заробітна плата	1580	1,49
3	ЄСВ	3823,6	3,49
4	Матеріали	577,5	0,57
5	Витрати на спец. обладнання	75757,5	69,33
6	Інші прямі витрати	5405,5	4,94
7	Загальновиробничі витрати	6320	5,78
8	Разом (S_{np})	109264,1	100

5.3 Розрахунок техніко-економічної ефективності моделі

Для теоретичних досліджень у більшості випадків важко чи навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їхню техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників:

- важливості дослідження для народного господарства;
- складності розробки;
- результативності й можливості використання.

Важливість теоретичного дослідження оцінюємо як пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень і ін.

Результативність НДР визначається по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає планованому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР і визначається за формулою (5.10):

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B_{\text{НДР}} \cdot t_{\text{НДР}}}, \quad (5.10)$$

де $K_{\text{НДР}}$ - рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР):

J^n - важливість роботи;

R - результативність роботи;

T - технічна складність виконання НДР;

$B_{\text{НДР}}$ - витрати на проведення НДР, років:

n - показник використання результатів НДР:

$n = 0$ - результати НДР не використовуються;

$n = 1$ - результати НДР використовуються частково;

$n = 2$ - результати НДР використовуються в дослідно-конструкторських роботах (ДКР);

$n = 3$ - результати НДР можуть бути використані без проведення ДКР.

Для НДР, у яких $B_{\text{НДР}} > 30$ тис. грн. і $t_{\text{НДР}} \leq 2$ років, можна застосовувати такі значення оцінних факторів наведених в табл. 5.6

Таблиця 5.6 – Значення оцінних факторів

Оцінні фактори	J	R	T	C	t_{ϕ}	n
Припустимі значення	2...5	1...4	1...3	-	-	1...8
Прийняті значення	5	4	3	-	-	7

Згідно значень з таблиці оцінних факторів, отримуємо такий вираз:

$$K_{\text{ндр}} = \frac{5^7 \cdot 4 \cdot 3}{109264,1 \cdot 0,15} = 1,28$$

Таким чином, так як коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР $K_{\text{ндр}} \geq 1$, в нашому випадку рівний $K_{\text{ндр}} = 1,28$, то дослідницька робота вважається ефективною.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Тема магістерської роботи «Система для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота».

Дослідження проводяться у приміщенні конструкторського бюро з довжиною 8 метрів та шириною 6 метрів, загальна площа становить 48 м².

Аналіз потенційних небезпек складається з визначення потенційно небезпечних або шкідливих виробничих чинників, пошуку причин їх появи та з'ясування можливих наслідків впливу на людину. До потенційних небезпек відносять:

- потенційні небезпеки, фізичного характеру механічне травмування, що може бути пов'язано з порушеннями правил охорони праці, зокрема, невикористання спеціальних приладів та запобіжних заходів;
- потенційні небезпеки психофізіологічного характеру, незадовільна організація робочого місця, що може бути пов'язана з недостатнім врахуванням вимог ергономіки, зокрема з нераціональним розташуванням технологічного обладнання та захаращеністю робочої зони або підвищеним психофізіологічним навантаженням при роботі з персональним комп'ютером через нераціональну організацію робочого часу;
- потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру, незадовільний стан повітряного середовища, незадовільний рівень освітленості, підвищений рівень шуму, вібрації, електромагнітних полів або іонізуючих випромінювань не виконання вимог до обладнання і організації робочих місць користувачів ПК та вимог до режиму праці й відпочинку;
- потенційні небезпеки, пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки, коротке замикання, що може призвести до виникнення пожежі, відсутність або неправильний вибір типу та необхідної кількості первинних засобів гасіння пожеж (вогнегасників), несправність електрообладнання;

- потенційні небезпеки, пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій, такі як невідповідність персоналу до дій в умовах надзвичайних ситуацій та інші ситуації.

6.2 Заходи з забезпечення безпеки

Для захисту людей в приміщенні конструкторського бюро встановлено трьохполюсні розетки з нульовим заземленням. Захист від дотику до струмопровідних частин: контроль і профілактика пошкодження ізоляції; використання малих напруг; електричне і механічне блокування, сигналізація та маркування.

Для захисту від ураження електричним струмом при дотику до не струмопровідних частин, на яку перейшла напруга використовують такі заходи: захисне заземлення, захисне занулення, захисне вимкнення.

Для виключення ураження персоналу електричним струмом в проекті передбачено:

організаційні заходи: провести інструктаж згідно вимог НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», з метою попередження можливих травмувань, з усіма працівниками, прийнятими на роботу, а також у період роботи проводити навчання з питань: охорони праці; надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків; правилам поведіння при виникненні аварій або навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на отримання та підвищення групи з електробезпеки.

технічні заходи: електроживлення обладнання ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление,

зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК не перевищує 4 Ом.

Для приміщення, обладнаного персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами (далі ПК з ВДТ), визначаються ергономічні характеристики моніторів, наприклад, відповідно до вимог розділу «Мінімальні вимоги з охорони праці», директиви ЕС 90/270 ЕЕС виконані основні вимоги до моніторів, які жорстко регламентують безпечні умови роботи і захист здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами:

- символи на екрані чіткі і добре розрізняються;
- зображення позбавлене блимання;
- яскравість та / або контрастність легко регулюються;
- екрани вільні від відблисків і відбиття;
- випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів.

Схемно-конструктивні заходи.

Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій.

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення. .

Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення

робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано використовувати перерви в роботі 10 хв. через кожні дві години. Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк.

Щоб тунельний синдром вас не турбував, потрібно дотримуватися кількох правил організації робочого місця:

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65-75 см;
- наявність ергономічних і зручних особисто для вас миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність килимка для миші з захистом від тунельного синдрому (спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті);
- наявність стільця або крісла з підлокітниками;

При роботі з мишкою і клавіатурою також слід дотримуватися певних правил. Коли ви набираєте текст, рука повинна бути зігнута в лікті під прямим кутом (90°), а при роботі з мишкою стежте, щоб кисть була прямою і лежала на столі якнайдалі від краю. До речі, час роботи з комп'ютером слід обмежити до дійсно необхідного.

Щоб попередити тунельний синдром потрібно робити спеціальні вправи для кистей – чим частіше, тим краще. Ці вправи допоможуть поліпшити

кровообігу в м'язах і розтягнути їх. Комплекс вправ потрібно повторювати приблизно кожні 45 хвилин, тривалість однієї вправи – 1-2 хв.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розробляються відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Проекти підприємств та їх побудова повинні відповідати вимогам «Санітарних норм і правил промислових підприємств» (СН245-7Г) і відповідним «Будівельним норми та правила» (БНіП), ці норми та правила становлять санітарні вимоги до промислових підприємств з урахуванням небезпечних речовин, що виділяються при технологічних процесах та метеорологічних умов. Удосконалення технічних процесів та обладнання з метою зменшення тепла у виробничих приміщеннях; раціональне розміщення технічного обладнання автоматизації дистанційного керування технічними процесами: вентиляція, опалення, кондиціонування повітря, захисні екрани, засоби індивідуального захисту; оздоровлення повітряного середовища, як один з основних напрямків у комплексі заходів.

Оцінка умов праці на робочих місцях, аналіз впливу на працюючих санітарно-гігієнічних чинників і параметрів трудового процесу, передбачених гігієнічною класифікацією проводиться в процесі трудової діяльності. При цьому, оцінюється технічний і організаційний рівень робочого місця та ступінь можливого ушкодження здоров'я.

- Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для конструкторського бюро обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми

роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного виробничого середовища використовуємо ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ.

- Заходи щодо освітленості робочої зони та її забезпечення для конструкторського бюро обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»);

- Заходи щодо до рівня шуму в робочій зоні (згідно вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»);

- Заходи щодо виробничих вібрацій (згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» та ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги»);

- Заходи щодо іонізуючих випромінювань і неіонізуючих електромагнітних полів та випромінювання моніторів (згідно МРР II, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»);

- Заходи щодо важкості та напруженості праці (у відповідності до «Гігієнічної класифікації праці»);

- Заходи щодо режиму праці та відпочинку при роботі з ПК, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300...500 лк.

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 48 м^2 , довжина якої складає 8м, ширина – 6м, висота – 3м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k_3 \cdot S \cdot Z}{\eta}, \quad (5.1)$$

де: Φ – світловий потік, що розраховується, лм;

E – нормована мінімальна освітленість, лк; $E = 300$ лк;

S – площа освітлюваного приміщення $S = 48 \text{ м}^2$;

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $Z = 1,1$);

k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $k_3 = 1,5$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ($\rho_{\text{ст.}}$) і стелі ($\rho_{\text{стелі}}$)), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{ст.}} = 30\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (5.2)$$

де: S – площа приміщення, $S = 48\text{ м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h = 2,2$ м;

A – довжина приміщення, $A = 8$ м; B – ширина приміщення, $B = 6$ м.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{48}{2,9 \cdot (8+6)} = 1,18$$

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею 4 [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо $\eta = 0,46$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення загального світлового потоку Φ :

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,46} = 51652 \text{ лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛПО, світловий потік яких $\Phi = 3200$ лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_l}, \quad (5.3)$$

де: N – кількість ламп, що визначається;

Φ - світловий потік, $\Phi = 51652$ лм;

Φ_l - світловий потік лампи, $\Phi_l = 3200$ лм

$$N = \frac{51652}{3200} = 16$$

В приміщенні використовуються світильники типу ЛПО. Кожен світильник комплектується двома лампами ЛБ-40. Тобто необхідно використовувати 8 світильників по 4 у кожному ряді.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

- Згідно ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) «Пожарная техника. Классификация пожаров» у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – П-П_а.

- Обчислювальний центр, згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» відноситься до категорії «П-П_а», а клас можливої пожежі, згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», визначається як А та Е.

- У разі виникнення пожежі у конструкторського бюро, обладнаному ПК з ВДТ для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері.

- Обладнання, силові та освітленні мережі приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони до якої належить приміщення.

- З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ», встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

- Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (конструкторського бюро, дослідницької лабораторії тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

- Оскільки приміщення конструкторського бюро, що обладнане ПК з ВДТ має площу 48м², тому відповідно до вимог п. 3.8 розділу «Типові норми належності вогнегасників» ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

6.5 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходами забезпечення безпеки в загородній зоні, робочих та службовців, населення в надзвичайних ситуаціях є евакуація.

Евакуація проводиться на державному, регіональному, місцевому або об'єктовій рівні. Залежно від особливостей надзвичайними ситуації встановлюються різні види евакуації, а отже:

- обов'язкова;
- загальна або часткова;
- тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації приймають:

- на державному рівні - Кабінет Міністрів України;
- на регіональному рівні - обласні державні адміністрації;
- на місцевому рівні - районні державні адміністрації і органи місцевого самоврядування;
- на об'єктовому рівні - керівники об'єктів.

У разі виникнення радіаційних аварій рішення про евакуації населення приймається місцевими державними адміністрації на підставі висновку санітарно-епідеміологічної служби про прогнозовану дозу опромінення населення або на основі інформації, отриманої від керівників радіаційно небезпечних об'єктів. У невідкладних випадках, рішення про проведення екстреної евакуації населення може прийняти керівник робіт по ліквідації

наслідків надзвичайної ситуації, а в разі його відсутності - керівник будь якої аварійно-рятувальної служби, який першим прибув в зону надзвичайної ситуації.

Обов'язкову евакуацію населення проводиться в випадках виникнення наступних загроз:

- аварій з викидом радіоактивних або небезпечних хімічних речовин;
- катастрофічного затоплення місцевості;

- масових лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, а також інших геологічних і гідрогеологічних явищ і процесів;

- збройних конфліктів (з районів можливих бойових дій в безпечні райони, визначені Міністерством оборони України на особливий період).

Загальна евакуація проводиться для всіх категорій населення з зон:

- можливого радіоактивного та хімічного забруднення;
- катастрофічного затоплення місцевості, для якої час приходу хвилі прориву становить 4 години до руйнування гідротехнічної споруди.

Часткова евакуація проводиться для вивезення тих категорій населення, які за віком або за станом здоров'я, що не здатні самотійно евакуюватися, а також осіб, офіційно доглядаючих за ними.

Проведення евакуації забезпечується шляхом:

- створення регіональних, місцевих та об'єктових евакуаційних органів;
- планування евакуації;
- визначення безпечних районів, придатних для розміщення евакуйованого населення і майна;
- організацію оповіщення керівників об'єктів і населення про початок евакуації;
- організації управління евакуацією;
- життєзабезпечення евакуйованого населення в місцях їх безпечного розміщення;
- навчання населення діям при евакуації.

Для вивезення основної частини населення із зони надзвичайної ситуації або районів можливих бойових дій залучаються транспортні засоби об'єктів, а в разі безпосередньої загрози життю або здоров'ю населення - усі наявні транспортні засоби об'єктів і громадян.

Об'єктам і громадянам, транспортні засоби яких залучались для евакуації, компенсуються вартість надання послуг і фактичні витрати на рахунок коштів, що виділяються на ліквідації наслідків надзвичайної ситуації або усунення загрози її виникнення.

Працівники об'єктів, власники, користувачі, водії транспортних засобів, які відмовилися від надання послуг з перевезення населення в зв'язку з надзвичайною ситуацією, несуть відповідальність згідно закону.

Евакуація громадян України, які перебувають на території іноземних держав, в разі виникнення загрози їхньому життю або здоров'ю, проводиться силами Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Евакуація матеріальних і культурних цінностей проводиться тільки при наявності часу на її проведення.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті проведена розробка системи для навчання у віртуальній реальності операторів зварювального робота. Було обрано та обґрунтовано вибір програмного забезпечення для 3D моделювання, програмного забезпечення для створення головного середовища.

Розроблена система дозволяє проводити навчання студентів профтехучилищ та робітників підприємств на новому обладнанні. Система налагоджена у віртуальному середовищі, за допомогою скрипкової мови програмування. Таким чином основні програми поведінки підвісного пульта можуть змінюватися без загрози змінити основні налаштування віртуального середовища.

В ході роботи було розглянуто спеціалізоване програмне забезпечення, класифіковано та досліджено деякі сучасні системи віртуальної реальності.

Нескладна сценарна мова програмування робить легким обслуговування та виправлення системи.

Використання цієї системи може допомогти у вирішенні проблеми навчання студентів профтехучилищ та робітників підприємств

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гибсон У. Нейромант. // Одноим. авт. сб. - М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 1997.
2. Дацюк С. Ноу-хау виртуальных технологий. - PC Club, №30, 1997.
3. Дацюк С. Парадоксальные интенции свободы в Интернет, 1997.
4. Лем С. Сумма технологии. - М.: Мир, 1968.
5. Лем С. Кіберіада. (Перекл. с польськ.) - К.: Дніпро, 1990.
6. Лукьяненко С. Императоры Иллюзий. - М.: Локид, 1996.
7. Лукьяненко С. Лабиринт отражений. - М.: АСТ; СПб.: Terra fantastica, 1997.
8. Петрова Н. Виртуальная реальность как новый метод арт-терапии, или расставание с собой, 1998.
- 1 Гибсон У. Нейромант. // Одноим. авт. сб. - М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 1997. стр.- 21.
- 2 Гибсон У. Нейромант. // Одноим. авт. сб. - М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 1997. стр.-30.
- 3 Дацюк С. Ноу-хау виртуальных технологий. - PC Club, №30, 1997 стр.- 15.
- 4 Лукьяненко С. Лабиринт отражений. - М.: АСТ; СПб.: Terra fantastica, 1997. стр.-43.
- 5 Петрова Н. Виртуальная реальность как новый метод арт-терапии, или расставание с собой, 1998.стр.-54.
- 6 Лем С. Сумма технологии. - М.: Мир, 1968. стр.-23.
- 7 Дацюк С. Парадоксальные интенции свободы в Интернет, 1997..стр.- 63.
- 8 Лукьяненко С. Императоры Иллюзий. - М.: Локид, 1996. стр.-41.
- 9 Петрова Н. Виртуальная реальность как новый метод арт-терапии, или расставание с собой, 1998. стр.- 64.
- 10 Виртуальная реальность./ История философии: Энциклопедия. — Мн.: Интерпрессервис; Книжный Дом. 2002. — 1376 с. — с. 184-187.

11 Иванов Д. В.. Виртуализация общества. — СПб.: "Петербургское Востоковедение", 2000. — 96 с.

12 **Yaskawa** ІНОВАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЕР DX 200 ДЛІЯ КЕРУВАННЯ РОБОТАМИ МОТОМАН [З мережі] // Yaskawa Kiev. - 30 08 2016 р.. - 11 2019 р.. - <http://yaskawa.kiev.ua/infocentre/news/item/inovatsiinyi-kontroler-dx-200-dlia-keruvannia-robotamy-motoman.html>.

13 Легка програма для 3d моделювання. [З мережі] // a-mihaylov.ru. - 2019 р.. - 10 2019 р.. - <https://a-mihaylov.ru/uk/legkaya-programma-dlya-3d-modelirovaniya.html>.

14 Створення програми для 3d графіки. Прогресивні технології редагування. Легкість в навчанні [З мережі] // Beasthackerz.ru. - 31 03 2019 р.. - 10 2019 р.. - <https://beasthackerz.ru/uk/brauzery/sozдание-programmy-dlya-3d-grafiki-progressivnye-tehnologii.html>.

ДОДАТОК А

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class push_button : MonoBehaviour
{
    public Collider Button_zu_minus;

    public Transform Button_zu_minus_t;

    public Collider Button_zu_plus;

    public Transform Button_zu_plus_t;

    public Collider Button_yl_minus;

    public Transform Button_yl_minus_t;

    public Collider Button_yl_plus;

    public Transform Button_yl_plus_t;

    public Transform Button_xs_minus;

    public Transform Button_xs_plus;

    public Transform Button_xr_minus;

    public Transform Button_xr_plus;

    public Transform Button_yb_minus;

    public Transform Button_yb_plus;

    public Transform Button_zt_minus;

    public Transform Button_zt_plus;

    public Transform Button_8_minus;

    public Transform Button_8_plus;

    public Transform Button_e_minus;

    public Transform Button_e_plus;

    public Transform base_control_anchor_point[];

    public Text buttonName; //змінна для кнопок

    public Vector3 position_vector = new Vector3(0.149f, 0f, 0.025f) ;
    public Vector3 rotation_vector = new Vector3(0f, 90f, 0f);

    public Vector3 action = new Vector3(0.0f, 0.0f, 1.0f);

    void FixedUpdate()
    {
        transform.localPosition = position_vector;           //встановлення колайдери на
місце
        transform.localEulerAngles = rotation_vector;       //вирівнювання колайдери по
осям повороту
    }
}

```

```
}  
  
void OnCollisionEnter(Collision collision)  
{  
    if (collision.gameObject.tag == "Butt_ZU-")  
    {  
        if (collision.gameObject.name == "Butt_ZU-")  
        {  
            base_control_anchor_point[] = action;  
  
            buttonName.text = collision.gameObject.name; //назва натиснутої кнопки  
//з'являється на дисплеї пульта  
            Debug.Log("Collision ZU-"); //повідомлення у консоль  
//Unity, для відлагодження  
        }  
    }  
}
```