

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Специальность 09.04.02 Информационные системы и технологии
 ООП Мобильные приложения и виртуальная реальность
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА «ПОДСТАНЦИЯ 220 КВ» ПОД МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

УДК 004.415:004.946:621.31.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Шерстнев В. С.	к. т. н., доцент		

Консультант отделения ОИТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Видман В. В.	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Т. В.	канд.экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко О.Ю.	д-р мед. наук, профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.04.02«Информационные системы и технологии»	Савельев А.О.	к. т. н., доцент ОИТ		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
по направлению 09.04.02 Информационные системы и технологии

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социальноэкономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
ОПК(У)-4	Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем

ОПК(У)-6	Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования
ОПК(У)-7	Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий
ОПК(У)-8	Способен осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать и администрировать системы управления базами данных
ПК(У)-2	Способен проектировать сложные пользовательские интерфейсы
ПК(У)-3	Способен управлять процессами и проектами по созданию (модификации) информационных ресурсов
ПК(У)-4	Способен осуществлять руководство разработкой комплексных проектов на всех стадиях и этапах выполнения работ
ПК(У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) 09.04.02 Информационные системы и технологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Савельев А.О.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ВКР магистра

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА «ПОДСТАНЦИЯ 220 КВ» ПОД МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 45-48/с от 14.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
---	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования и разработки является виртуальный симулятор по
---------------------------------	--

	<p>выводу и вводу автотрансформатора в работу;</p> <p>Особые требования к продукту: гарнитура виртуальной реальности Oculus Quest 2.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ предметной области 2. Обзор архитектуры тренажера «Подстанция 220 кВ»; 3. Проектирование системы обучения; 4. Разработка системы обучения; 5. Финансовый менеджмент; 6. Социальная ответственность; 7. Раздел на английском языке.
<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рисунки, в анализе предметной области; 2. Рисунки, демонстрирующие результаты; 3. UML-диаграмма архитектуры приложения; 4. UML-диаграмма классов системы подсказок; 5. Диаграмма Ганта.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН, ШБИП, к.э.н., Былкова Т.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Профессор ООД ШБИП, д.м.н., Федоренко О.Ю.</p>
<p>Английский язык</p>	<p>Доцент ОИЯ ШБИП, к.п.н., Сидоренко Т.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

Архитектура приложения «Подстанция 220 кВ»

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР ТПУ	Шерстнев В. С.	к. т. н., доцент		

Консультант ОИТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Видман В. В	—		

Задание принял к исполнению:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР магистра

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА «ПОДСТАНЦИЯ 220 КВ» ПОД МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	70
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
	Социальная ответственность	10
	Приложение на английском языке	10

СОСТАВИЛ РУКОВОДИТЕЛЬ ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР ТПУ	Шерстнев В. С.	К. Т. Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТ ОИТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Видман В. В	—		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.04.02«Информационные системы и технологии»	Савельев А.О.	К. Т. Н., доцент ОИТ		

ОБУЧАЮЩИЙСЯ:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30,2 % отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Представить Устав научно проекта магистерской работы
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Разработать план управления НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Рассчитать сравнительную эффективность исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Диаграмма FAST</i>
4. <i>Матрица SWOT</i>
5. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
6. <i>Оценка ресурсной, финансовой эффективности НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Проектирование и разработка тренажера "Подстанция 220 кВ" под мобильное устройство VR.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: VR тренажер для обучения операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию</p> <p>Область применения: образование</p> <p>Все работы проводились в офисном помещении с помощью персонального компьютера. Площадь помещения – 25,2 м². Помещение освещалось посредством трех светильников с люминесцентными лампами.</p> <p>Рабочее место: рабочий стол с персональным компьютером.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка программного обеспечения с использованием персонального компьютера</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021). – ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. – СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – СП 52.133330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и
--	---

	<p>требования к проведению контроля.</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – повышенная напряженность электрического поля; – статические перегрузки; умственные перегрузки; перегрузки анализаторов; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – поражение электрическим током; <p>Требуемые средства для коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: наушники, устройства для вентиляции и очистки воздуха, источники света.</p> <p>Расчет: расчет системы искусственного освещения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу, селитебную зону не происходит.</p> <p>В работе проведен анализ негативного воздействия на литосферу: утилизация отходов.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Техногенные аварии (пожар); – Геологические воздействия (землетрясение, обвалы, оползни и т.п.). <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
П старший преподаватель	Федоренко Ольга Юрьевна	Доктор медицинских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 146 страниц, 36 рисунков, 27 таблиц, 39 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: виртуальная реальность, Unity, симулятор, система обучения, Virtual Reality, VR.

Объектом исследования является – проектирование и разработка тренажера "Подстанция 220 кВ" под мобильное устройство VR. Целью тренажера является обучение операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию.

При исследовании был произведен аналитический обзор виртуальной реальности. Был произведен анализ рынка в России и влияние геополитической ситуации на данный рынок. Было произведено сравнение классических методов обучения и обучения с использованием виртуальной реальности. Были рассмотрены методы обучения в виртуальной реальности. Был произведен анализ VR тренажеров в сфере электроэнергетики. Была спроектирована и разработана система обучения.

Список терминов и сокращений

VR (виртуальная реальность) – созданный с помощью технических средств мир, передаваемый человеку через его ощущения, а именно: зрение, слух, обоняние и другие. Виртуальная реальность может имитировать как воздействие, так и реакции на воздействие;

Скрипт – это программный файл-сценарий, который автоматизируют некоторую задачу, которую пользователь делал бы вручную, используя интерфейс программы. В среде Unity 3D скрипты прикрепляются к какому-либо объекту на сцене;

Сцена в Unity – виртуальное пространство, в которое разработчик может добавлять различные объекты. Между сценами можно переключаться в любой необходимый момент;

Фреймворк (англицизм от framework) – программное обеспечение, которое объединяет компоненты программного проекта и облегчает процесс разработки, предоставляя готовые программные решения.

Компонент — в программировании, множество классов и языковых конструкций, объединенных по общему признаку.

API (от англ. «Application Programming Interface» – «программный интерфейс приложения») — описание способов (набор классов, процедур, функций, структур или констант), которыми одна компьютерная программа может взаимодействовать с другой программой

REST API – это способ взаимодействия сайтов и приложений с сервером.

Графический конвейер – это последовательность операций, которые преобразуют вершины и текстуры мешей в пиксели

Класс – в объектно-ориентированном программировании, представляет собой шаблон для создания объектов, обеспечивающий начальные значения состояний: инициализация полей-переменных и реализация поведения функций или методов.

Интерфейс – программная/синтаксическая структура, определяющая отношение между объектами, которые разделяют определённое поведенческое множество и не связаны никак иначе.

Метод в объектно-ориентированном программировании – это функция или процедура, принадлежащая какому-то классу или объекту.

Игровой движок — это рабочая среда, в которой создают игры.

Актор в агентно-ориентированном программировании и модели акторов – программная сущность заданной структуры и механизмов взаимодействия.

Игровой ассет или Игровой ресурс — цифровой объект, преимущественно состоящий из однотипных данных, неделимая сущность, которая представляет часть игрового контента и обладает некими свойствами.

Префабы — это особый тип ассетов, позволяющий хранить игровой объект со всеми компонентами и значениями свойств.

B2B (от англ. «business-to-business») – термин, определяющий вид информационного и экономического взаимодействия, классифицированного по типу взаимодействующих субъектов, в данном случае это — юридические лица, которые работают не на конечного рядового потребителя, а на такие же компании, то есть на другой бизнес.

B2C (от англ. «business-to-consumer») – термин, обозначающий коммерческие взаимоотношения между организацией и частными лицами, так называемыми «конечными» потребителями.

B2G (от англ. business-to-government) – отношения между бизнесом и государством.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	19
1. Обзор технологии виртуальной реальности	21
1.1 Виртуальная реальность	21
1.2 Проблемы связанные с виртуальной реальностью.....	22
1.3 Рынок виртуальной реальности в России.....	24
1.4 Влияние геополитической ситуации на рынок виртуальной реальности в России.....	27
1.5 Виртуальная реальность как способ обучения	27
1.6 Сравнение традиционных методов обучения с обучением в виртуальной реальности.....	28
1.7 Способы обучения в виртуальной реальности.....	30
1.8 Обзор обучающих систем в различных тренажерах	33
1.8.1 DE&M - Electrical Substation Training Platform	33
1.8.2 DreamPort - VR simulator for power engineers	34
1.9 Сравнение системы обучения у различных тренажеров.....	36
1.10 Вывод по главе «обзор технологии виртуальной реальности»	36
2. Архитектура тренажера «Подстанция 220 кВ»	38
2.1 Системные компоненты	39
2.1.1 Системный менеджер	39
2.1.2 Система управления сценами	39
2.1.3 Система локализации.....	40
2.1.4 Система сетевых взаимодействий	41
2.1.5 БД приложения	41
2.1.6 Система загрузки компонентов	41
2.1.7 Система переходов пользователя	42
2.2 Компоненты работы с пользователем.....	42
2.2.1 Актор пользователя.....	42

2.2.2	Обработка пользовательского ввода	43
2.2.3	Система пользовательского интерфейса	43
2.2.4	Система перемещения	43
2.2.5	Система интерактивных взаимодействий.....	45
2.2.6	Система инвентаря	45
2.3	Компоненты VR-тренажёра	46
2.3.1	Логика и задачи VR-тренажёра	46
2.3.2	Интерактивные объекты тренажёра	46
2.3.3	Обучение работе в тренажёре	47
2.4	Вывод по главе архитектура тренажера	47
3.	Проектирования системы обучения.....	48
3.1	Вывод по главе проектировании системы обучения.....	53
4.	Разработка системы обучения	55
4.1	Инструменты разработки	55
4.1.1	Unity 3D	55
4.1.2	OpenXR.....	56
4.1.3	High Definition Render Pipeline (HDRP)	57
4.2	Состав и параметры технических средств, под которые совершается разработка	58
4.3	Разработка системы обучения.....	59
4.4	Разработка расширений редактора Unity.....	70
4.4.1	Расширение для управления последовательностью подсказок.....	70
4.4.2	Расширение для управления группой подсказок	71
4.4.3	Расширение для менеджера подсветки клавиш контроллера	73
4.5	Результаты работы	74
4.6	Вывод по главе «Разработка системы обучения».....	76
5.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	78
	Введение.....	78

5.1 Предпроектный анализ	78
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	78
5.1.2 Анализ конкурентных решений.....	79
5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	81
5.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	84
5.1.5 FAST-Анализ	84
5.1.6 SWOT-анализ.....	91
5.2 Инициация проекта	93
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	94
5.4 Определение сравнительной эффективности исследования	105
Вывод по главе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	107
6. Социальная ответственность	109
Введение.....	109
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	109
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	112
6.2 Производственная безопасность.....	113
6.2.1 Микроклимат	114
6.2.2 Освещенность	115
6.2.3 Шум	117
6.2.4 Электробезопасность	118
6.3 Экологическая безопасность.....	119
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	120
6.4.1 Возможные чрезвычайные ситуации	120
6.4.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и меры по ликвидации ее последствий	122

Вывод по главе «социальная ответственность».....	124
Заключение	125
Conclusion.....	127
Список источников	129
Приложение А	135
Приложение Б. Диаграмма классов системы подсказок.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Виртуальная реальность (VR), зародилась как нишевый продукт в игровой индустрии, но теперь ее преимущества перешли в более широкую сферу бизнеса. С помощью виртуальной реальности предприятия могут создавать реалистичные симуляции с минимальными затратами. В настоящее время наблюдается усложнение тех или иных технологических объектов [1]. Детальность операторов на таких объектах принимает все менее и менее алгоритмизированный характер. Поэтому вопрос о обучении операторов ставится по-новому. Согласно исследованиям [2] самым эффективным способом обучения является – практическое, персональное обучение. Но в большинстве случаев такое обучение невозможно. Причины могут быть разные, например, экономические - заработная плата наставников, оплата командировок, риск поломки дорогостоящего оборудования неопытным сотрудником. Помимо этого, обучение на реальном объекте может угрожать жизни обучающегося. Выходом из данной ситуации могут стать тренажеры в виртуальной реальности. Тренажер (симулятор) виртуальной реальности – это программный-аппаратный комплекс, который моделирует основные элементы реального объекта и способы взаимодействия с ним. Тренажер виртуальной реальности состоит из двух частей – программной и аппаратной.

- Программная часть — это приложение, которое моделирует реальный объект и процесс, в пределах которого пользователь может выполнять различные действия, перемещается и взаимодействовать с окружающим миром;

- Аппаратной частью — может состоять из очков, подвижной платформы, джойстиков, рулей, педалей, датчиков для отслеживания движений рук пользователя и других электронных компонентов, в том числе изготовленных на заказ. Они интегрированы с программным

обеспечением и их использование гарантирует полное погружение обучаемого.

Целью данной работы является разработка тренажер "Подстанция 220 кВ" под мобильное устройство VR. Целью тренажера является обучение операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию.

1. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

1.1 Виртуальная реальность

Виртуальная реальность (VR) определяется как «окно, через которое пользователь воспринимает виртуальный мир так, как если бы он выглядел, ощущался и звучал аутентично, и в котором пользователь может вести себя реалистично» [3]. Получая опыт, пользователь, кажется, не осознает вмешательства, что заставляет его поверить, что он присутствует в виртуальной среде. Виртуальная реальность использует компьютеры, программное обеспечение и периферийное оборудование для создания моделируемой среды для пользователя. Это позволяет пользователям перемещаться и взаимодействовать с различными трехмерными (3D) моделями объектов, таким образом у пользователей создается эффект полного погружения. Это приводит к ощущению присутствия в виртуальном мире. Виртуальный мир относится к воспринимаемому миру, который является частью желаемого опыта виртуальной реальности, тогда как реальный мир относится к физическому миру, в котором пользователь присутствует во время опыта.

Присутствие, интерактивность и погружение — наиболее распространенные характеристики, связанные с виртуальной реальностью. Присутствие — это ощущение присутствия в окружающей среде, даже когда человек физически находится в другом месте [4]. Интерактивность — это степень, в которой пользователь может изменять среду виртуальной реальности в режиме реального времени [4]. Погружение — это степень, в которой дисплеи создают яркую иллюзию реальности в восприятие пользователя [4].

Термины «виртуальная среда» и «виртуальная реальность» использовались исследователями взаимозаменяемо. Виртуальную реальность можно разделить на три основные категории [5]:

- Системы без погружения (настольные);
- Полуиммерсивные системы;
- Полностью иммерсивные системы.

Неиммерсивная виртуальная реальность создает компьютерный мир, позволяя пользователю осознавать свое физическое окружение и управлять им. Неиммерсивный опыт виртуальной реальности лучше всего иллюстрируется видеоигрой. Полуиммерсивные виртуальные опыты позволяют пользователям погрузиться в частично виртуальный мир и очень напоминают авиасимуляторы. Пользователи по-прежнему будут чувствовать, что они находятся в другой реальности, когда они сосредотачиваются на проецируемых цифровых изображениях, но они смогут оставаться на связи со своим физическим миром. Наиболее реалистичные впечатления от симуляции обеспечивают полностью иммерсивные симуляции, в которых опыт усиливается за счет задействования нескольких органов чувств, таких как зрение и слух. Полное погружение в окружающую среду достигается с помощью головных дисплеев.

1.2 Проблемы связанные с виртуальной реальностью

Несмотря на разнообразие приложений и растущую популярность, при использовании виртуальной реальности возникают определенные проблемы. Векция, или иллюзия самодвижения, является одной из часто встречающихся проблем, связанных с виртуальной реальностью [6]. Когда зрительное восприятие сообщает мозгу, что пользователь ускоряется, но его чувство равновесия сообщает, что он все еще движется, возникает

конфликт. Это вызывает болезнь симулятора. Например, при перемещении в виртуальной реальности с помощью контроллеров глаза пользователей сообщают, что они находятся в движении; однако их тело не движется в реальном мире. Симптомы включают тошноту, сонливость, повышенное слюноотделение, холодное потоотделение, головную боль, усталость и напряжение глаз [7]. Эти симптомы могут сохраняться в течение нескольких часов после прекращения сеанса VR [7]. Во время исследований VR исследователи сообщали о таких симптомах у людей и в области химической безопасности. Несколько студентов сообщили, что испытывали тошноту во время эксперимента по титрованию в виртуальной реальности [8]. Кроме того, более длительные сеансы также не рекомендуются операторам, которые никогда раньше не использовали виртуальную реальность.

Еще одним потенциальным препятствием является нежелание пожилых работников использовать современные технологии. Анализ опроса показал, что опытные операторы не решались использовать виртуальную реальность для обучения [9].

Тем не менее, проблемы, связанные с болезнью симулятора и неготовностью адаптироваться к технологиям, можно преодолеть, предоставив пользователям достаточно времени, чтобы ознакомиться с использованием технологии виртуальной реальности. Исследования показали, что этот метод может уменьшить эффект болезни симулятора и повысить эффективность виртуальной реальности [10].

Еще одной проблемой, связанной с виртуальной реальностью, является оценка и проверка систем виртуальной реальности для таких приложений, как обучение и образование. Чтобы виртуальная реальность была эффективной, человек, обученный ей, должен иметь возможность воспроизвести свои действия в соответствующих условиях реального

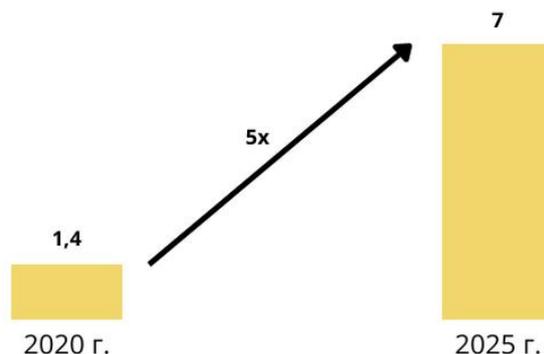
мира. Кроме того, необходимо обеспечить, чтобы подход, основанный на виртуальной реальности, приводил к лучшим результатам с точки зрения результатов обучения и пользовательского опыта по сравнению с существующими традиционными методологиями.

Кроме того, затраты, связанные с разработкой обучающих программ виртуальной реальности, не являются незначительными. В недавнем исследовании сообщалось, что использование виртуальной реальности для обучения студентов бакалавриата мембранным реакторам с псевдооживленным слоем стоит около 4755 евро (включая затраты на разработку и оборудование) [11]. Тем не менее, затраты в целом снижаются и зависят от различных факторов, таких как количество используемых датчиков, точность измерений, уровень погружения и т. д.

1.3 Рынок виртуальной реальности в России

Последние открытые данные об исследовании российского рынка виртуальной реальности датируются февралем 2021 года, когда компании Huawei и «ТМТ-Консалтинг» объявили о том, что российский рынок AR/VR за 2020 год вырос на 16% и составил 1,4 млрд рублей и что в перспективе до 2025 года его объем будет ежегодно прирастать на 37% и достигнет 7 млрд рублей (рисунок 1) [12].

Объем российского рынка в млрд рублей *



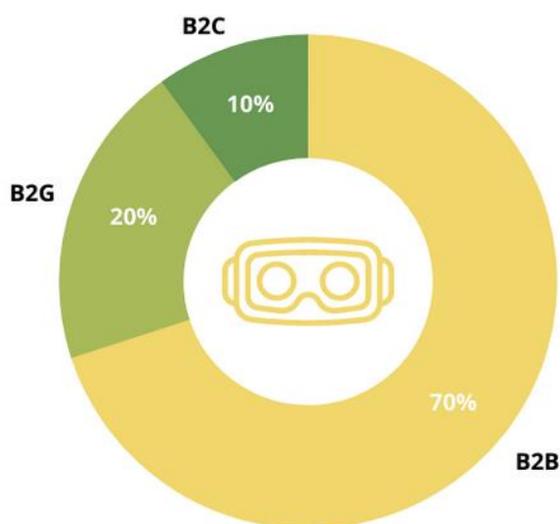
* По оценке TMT Консалтинг

Рисунок 1 – Объем российского рынка VR

Годом ранее свой прогноз показателя среднегодового прироста этого рынка в нашей стране сделал Аналитический Центр при правительстве РФ. По его данным, рынок VR будет расти на 31% в год и к 2022 году его объем может составить от 9,2 млрд. руб. до 18,7 млрд. руб.

В исследовании российского рынка AR/VR компаниями Huawei и «ТМТ-Консалтинг», о котором упоминалось выше, отмечалось, что в 2020 году основной спрос на решения в этой области формировался коммерческими организациями. На долю приходится 70% рынка [12].

Структура рынка VR в России*



* По оценке TMT Консалтинг, 2020 год

Рисунок 2 – Структура рынка VR в России

В 2021 году этот тренд никуда не делся. Промышленные предприятия, входящие в состав госкорпораций «Росатом», «Русгидро», «Газпром нефть», в рамках стратегий цифровизации технологических процессов внедряли технологии виртуальной и дополненной реальности [13]. Большое количество таких внедрений были связаны с обучением персонала и навигацией по технологическим процессам. Это связано с тем, что многие предприятия, в особенности в регионах, испытывают сегодня потребность в квалифицированных кадрах рабочих специальностей: электриках, электромонтажниках, слесарях и т.д. Преодолеть этот дефицит помогают VR-технологии. Они делают сложные операции выполнимыми даже для не очень опытных работников.

1.4 Влияние геополитической ситуации на рынок виртуальной реальности в России

Санкции, объявленные против России коллективным западом и ограничивающие поставки высокотехнологичной продукции в нашу страну, замедлили рост индустрии виртуальной реальности в России. Связано это с несколькими причинами:

- Большинство программ для AR/VR-проектов разрабатывается на основе зарубежных 3D-движков;
- Не запущено в серию массовое производство отечественных VR-шлемов, хотя такие разработки в России уже имеются [14].
- Сектор технологий виртуальной реальности сильно зависит от поставок компьютерной техники и видеокарт, так как полноценный VR требует хороших графических станций для работы с промышленными задачами.

Некоторые компании нашли выход из сложившейся ситуации, начав заключать контракты с индийскими и китайскими партнерами. В долгосрочной перспективе такое сотрудничество может привести к снижению стоимости VR-проектов для заказчиков, так как аналоги китайских и индийских производителей дешевле, чем у западных производителей.

1.5 Виртуальная реальность как способ обучения

Виртуальная реальность предлагает множество преимуществ при обучении операторов в различных областях, включая электростанции, авиацию, подводные лодки, железные дороги, хирургию и строительный сектор, благодаря своему преимуществу в моделировании мира природы без риска. Виртуальная реальность обеспечивает безопасную виртуальную рабочую среду, в которой учащиеся могут репетировать задачи для

улучшения навыков и развития способностей распознавания опасностей и вмешательства. Предлагая практическое обучение без сопутствующих рисков, виртуальная реальность никогда не ставит под угрозу безопасность и здоровье. Сценарии виртуальной реальности, в которых сотрудники могут столкнуться с неудачей и ее последствиями без каких-либо затрат или штрафов в реальном времени, могут быть одним из наиболее ценных инструментов обучения. VR позволяет пользователям взаимодействовать в виртуальной среде, где действия имеют запрограммированные результаты, что приводит к мгновенной обратной связи с пользователем, что приводит к эффективному обучению. Кроме того, виртуальная реальность повышает мотивацию пользователей и заставляет уделять больше внимания обучению [15]. В целом тренировки с помощью виртуальной реальности могут повысить производительность на 17–49% [15].

1.6 Сравнение традиционных методов обучения с обучением в виртуальной реальности

Интерактивность считается наиболее фундаментальным аспектом эффективного обучения. Учащиеся, как правило, сохраняют знания гораздо дольше, когда проходят обучение с элементами интерактивности, чем при использовании традиционных методов обучения [16]. Это связано с полной вовлеченностью и высоким эмоциональным и физиологическим возбуждением, которое учащиеся испытывают в среде виртуальной реальности [16].

Исследователи [17] протестировали прототип VR-тренажера «Therme Vals» для обучения архитекторов и обнаружили, что учащиеся смогли воспроизвести пространственную конфигурацию смоделированного здания, не посещая его физически. Они утверждали, что виртуальная реальность может быть более простым, дешевым, безопасным и

эффективным способом накопления «высокоспецифичных архитектурных знаний» по сравнению с посещением объектов.

В другом исследовании, [18] авторы разделили людей на две группы. Людям из первой группы было предложено пройти обучение с использованием виртуальной реальности, людям из второй группы был предоставлен обучающий материал в виде методички. В конце обучающие сдавали тест, который демонстрировал знание материала. Среднее количество верных ответов было примерно одинаковое в обеих группах. Тем не менее люди, которые обучались с использованием VR оставляли больше положительных отзывов о непосредственном процессе обучения.

Обучение техники безопасности является обязательной частью процесса введения в должность каждого инженера-технолога. Важность обучения техники безопасности невозможно переоценить, поскольку ошибки могут привести к различным катастрофическим последствиям. В высшем образовании основное внимание уделяется развитию концептуальных знаний о безопасности процессов, в то время как в промышленности внимание уделяется приобретению процедурных знаний. Наиболее широко используемый метод проведения занятий по технологической безопасности в – это лекции с мультимедийными презентациями. Однако лекции критиковали как неэффективные и неинтересные [19]. В качестве решения многие компании внедрили технологии виртуальной реальности в программы обучения и обучения технике безопасности в дополнение к традиционным методам обучения [20].

Ряд исследователей [21] представили VR-тренажер, в котором обыгрывался сценарий столкновением рабочей машины с трубой рядом с дистилляционной колонной. Их исследование показало, что операторы, которые были обучены с помощью VR, работали значительно лучше

(уровень успеха в диагностике неисправностей на 50% выше), чем те, кто обучался с помощью обычных презентаций по всем протестированным ключевым показателям эффективности.

VR-тренажеры могут быть эффективным дополнением или альтернативой традиционной педагогике. Эта технология может помочь учащимся в развитии концептуальных и процедурных навыков, необходимых на текущем и будущем рабочем месте.

1.7 Способы обучения в виртуальной реальности

Перед тем как перейти к способам обучения в виртуальной реальности стоит рассмотреть, как человек воспринимает окружающий мир. Восприятие – это способ познания окружающего мира. [21]. Восприятие включает в себя как распознавание различных стимулов, так и действия в ответ на эти стимулы. Через процесс восприятия мы получаем информацию о свойствах и элементах окружающей среды, которые имеют решающее значение для нашего выживания. Восприятие не только создает наш опыт окружающего мира, а также позволяет нам действовать в пределах нашего окружения.

Согласно исследованиям [22] информация перерабатывается в нашей голове на основе одной из преобладающих сенсорных систем.

Выделяют три основных типа сенсорных систем [22]:

- Визуальная. Доминирующей системой является зрительная обработка информации: цвет, форма, расположение.
- Слуховая. Доминирующей является слуховая система обработки информации: звуки, мелодии, их тон, громкость, тембр, чистота
- Кинестетическая. Доминирующей является чувственная информация: прикосновения, вкус, запах, температуры

Таким образом для эффективного обучения в виртуальной реальности тренажер должен воздействовать на каждую из сенсорных систем.

Для воздействия на визуальную сенсорную систему в тренажере должны присутствовать:

- Высокодетализированные модели реальных объектов. Причем расположение, цвет и форма должны соответствовать реальному объекту.
- Интерактивные текстовые сообщения. Подобные окна с сообщениями могут появляться во время прохождения и содержать в себе различного рода информацию, например с описанием промышленного объекта или инструмента. Пример интерактивного текстового сообщения приведен на рисунке 3.

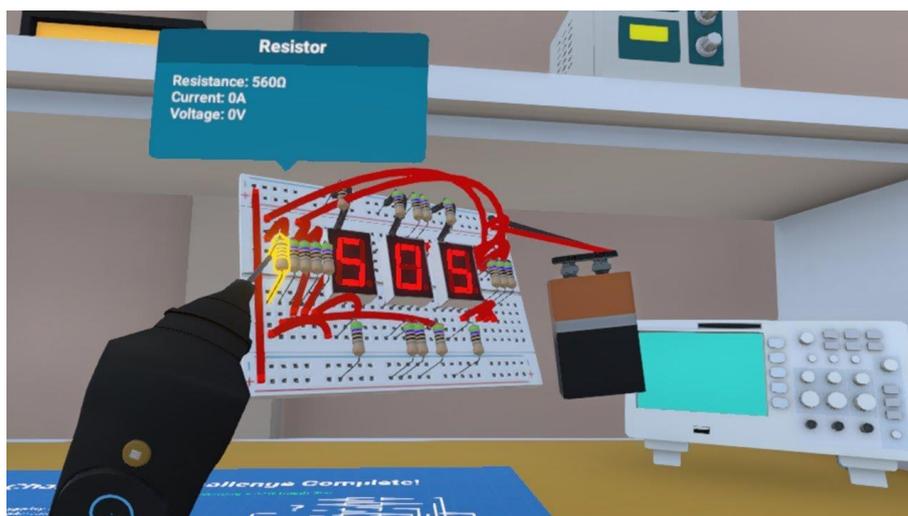


Рисунок 3 – Пример интерактивной текстового сообщения

- Подсветка объектов. Например, выделение различных конструктивных частей объекта с которым взаимодействует пользователь. Пример подсветки объекта приведен на рисунке 4.

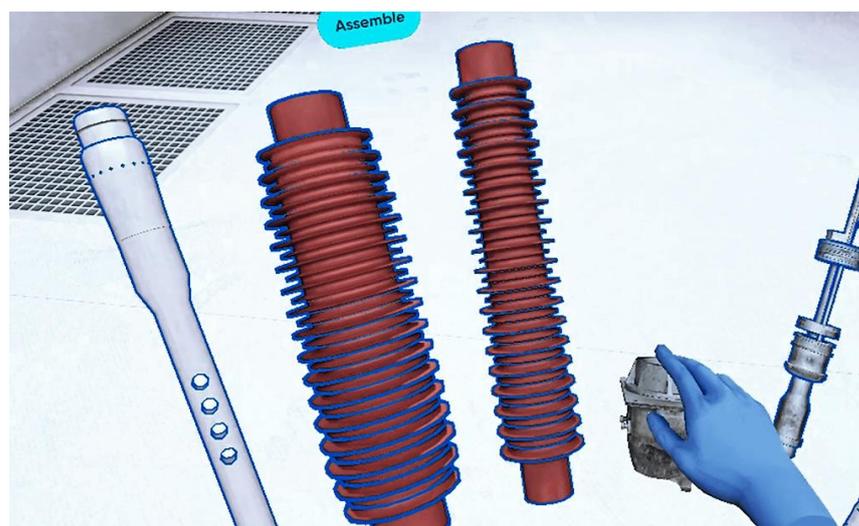


Рисунок 4 – Пример подсветки объекта

Для воздействия на слуховую сенсорную систему в тренажере должны присутствовать:

- Аудио сообщения. Данные сообщения могут содержать различную информацию, например последовательность действий, который должен совершить пользователь для выполнения текущей задачи или справочную информацию об промышленном объекте.
- Звуковое сопровождение, которое соответствует звукам реального промышленного объекта и меняется в зависимости от той или иной ситуации.

Для воздействия на кинестетическую сенсорную систему в тренажере должны присутствовать:

- Интерактивные объекты. Пользователь должен иметь возможность взаимодействовать с объектами, с которыми ему предстоит работать, например брать их в руки, вращать, передвигать и т. д.
- Интерактивные предметы должны давать обратную связь. Достичь данного эффекта возможно с помощью вибрации на контролере. Задавая амплитуду и частоту вибрации, можно передавать пользователю информацию о характеристиках реального объекта.

Помимо этого, в тренажере должно быть обучение базовому управлению. Пользователь должен знать какая кнопка на контроллере позволяет выполнять то или иное действие. Сообщить о управлении можно различными способами: аудиосообщение, интерактивное текстовое сообщение или по необходимости демонстрировать модель контроллера с подсвеченной кнопкой.

1.8 Обзор обучающих систем в различных тренажерах

Рассмотрим обучающие системы, которые реализованы в популярных тренажерах, связанных с электроэнергетикой. Разберем основные плюсы и минусы данных систем

1.8.1 DE&M - Electrical Substation Training Platform

Компания Digital Engineering and Magic (DE&M) разработала Учебную платформу электрических подстанций на основе технологий 3D и виртуальной реальности для персонала электрических подстанций высокого напряжения. На рисунке 5 приведен скриншот, демонстрирующий работу тренажера.

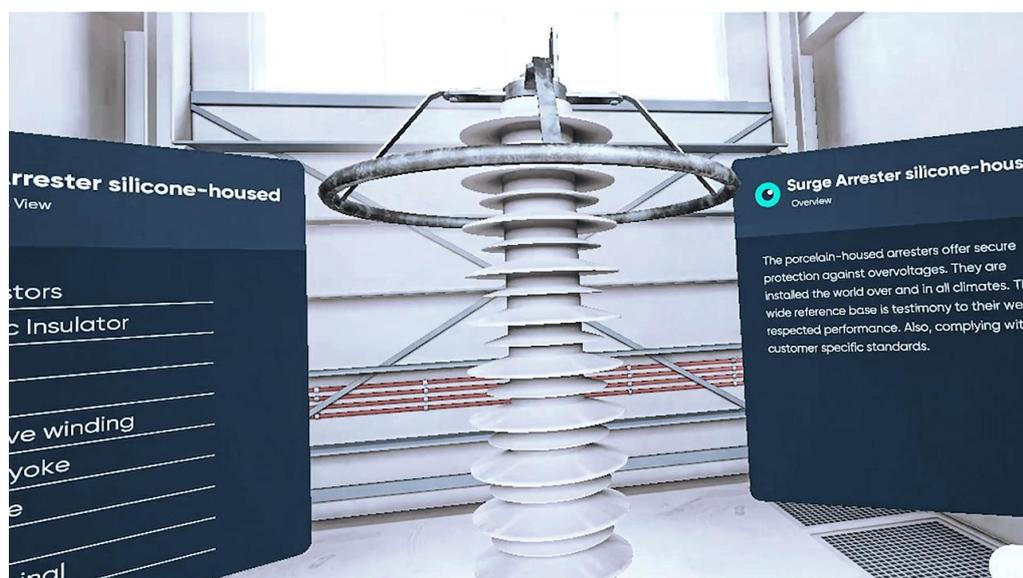


Рисунок 5 – Electrical Substation Training Platform

Платформа «Electrical Substation Training» предназначена для университетов, учебных центров и организаций, энергетических и горнодобывающих компаний, желающих обеспечить повышение квалификации студентов и сотрудников [23].

Промышленное решение DE&M направлено на устранение причин наиболее распространенных несчастных случаев, таких как предвзятое отношение к риску и неправильное использование оборудования [24].

Плюсы «Electrical Substation Training»:

- Высокодетализированное окружение.

Минусы «Electrical Substation Training»:

- Отсутствует система обучения управлению;
- Отсутствует возможность взаимодействия с окружением;
- Отсутствует звуковое сопровождение;
- Отсутствуют аудиосообщения

1.8.2 DreamPort - VR simulator for power engineers

Тренажер «VR simulator for power engineers», разработанный компанией «DreamPort», предназначен для обучения работников электросетевых компаний безопасным методам и приемам выполнения работ с непосредственным выполнением технологических операций, обеспечивающих безопасность работ в электроустановках [25]. Обучение реализуется в формате виртуальной реальности и дает полный эффект погружения в среду производственной деятельности с ощущением присутствия обучающегося в каждом эпизоде технологического процесса подготовки и выполнения рабочего задания. На рисунке 6 приведен скриншот, демонстрирующий работу тренажера.



Рисунок 6 – VR simulator for power engineers

Надев шлем, обучаемый погружается в трехмерное реалистичное пространство, где происходит пошаговый процесс обучения безопасному ведению работ на силовой установке. Каждый эпизод технологического процесса реалистично моделируется в виртуальной реальности, а элементы оборудования, инструменты, приспособления, инвентарь, средства защиты и механизмы соответствуют реальным [26].

Плюсы «VR simulator for power engineers»:

- Высокодетализированное окружение.
- Звуковое сопровождение;
- Аудиосообщения;

Минусы «VR simulator for power engineers»:

- Отсутствует система обучения управлению;
- Пользователь не может самостоятельно взаимодействовать с интерактивными объектами

1.9 Сравнение системы обучения у различных тренажеров

В таблице 1 приведено сравнение системы обучения описанных выше тренажеров.

Таблица 1 Сравнение системы обучения тренажеров

Характеристика	Electrical Substation Training	VR simulator for power engineers
Высокодетализированные модели	+	+
Звуковое сопровождение	+	+
Аудиосообщения	-	+
Обучение управлению	-	-
Интерактивное взаимодействие с окружением	-	-

1.10 Вывод по главе «обзор технологии виртуальной реальности»

Учебные симуляторы виртуальной реальности или тренажеры виртуальной реальности можно использовать практически в любой отрасли, чтобы помочь обучать пользователей в иммерсивной виртуальной среде. Учащиеся и специалисты могут использовать виртуальные ситуации для улучшения общего учебного процесса, воспроизводя ситуации из реальной жизни, делая процесс обучения более увлекательным и запоминающимся. Предоставление пользователям такого опыта позволяет стажерам практиковать и развивать навыки, которые могут понадобиться в определенных профессиях с высоким уровнем стресса.

Ключевой задачей любого тренажера в виртуальной реальности является обучение пользователя. Для наиболее эффективного обучения тренажер должен воздействовать на все основные сенсорные системы. Для этого в тренажере должны быть заложены следующие основные системы обучения:

- Аудиосообщения;
- Подсветка предметов окружения;
- Детализированное окружение;
- Интерактивные текстовые сообщения;
- Интерактивные элементы окружения;
- Обучение управлению.

Также были проанализированы различные тренажеры, которые представлены на рынке, у данных решений были выявлены недостатки, которые будут устранены в разрабатываемом решении.

2. АРХИТЕКТУРА ТРЕНАЖЕРА «ПОДСТАНЦИЯ 220 КВ»

В данном разделе речь об общей структуре разрабатываемого тренажера. Будут рассмотрены ключевые компоненты, которые входят в состав тренажера.

На рисунке 7 представлена структурная схема тренажера, реализующего работу пользователя в виртуальном пространстве.

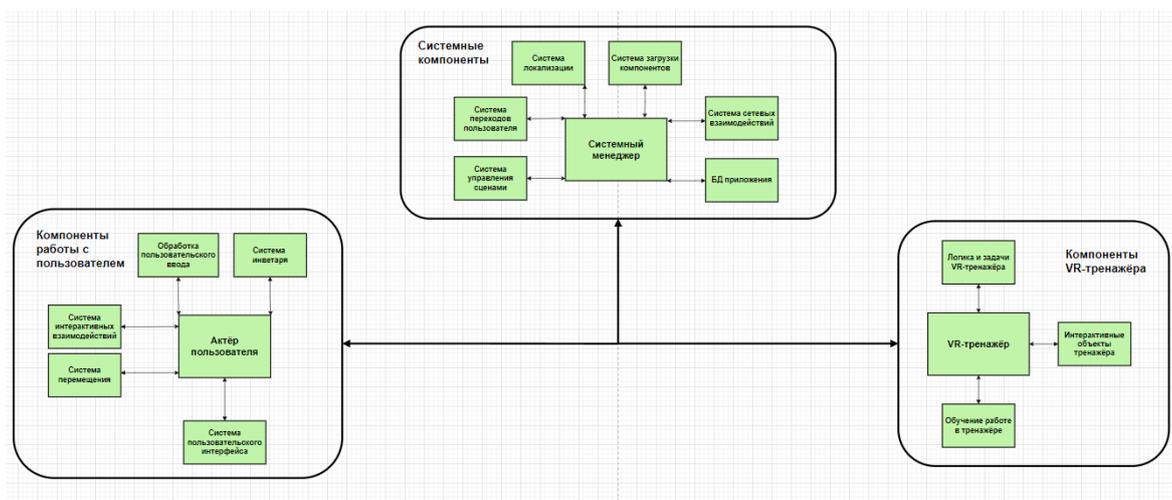


Рисунок 7 – Структурная схема тренажера

На схеме можно выделить три основных блока:

- **Системные компоненты.** Отвечают за функционирование среды и приложения в целом. Системные компоненты позволяют пользователю правильно взаимодействовать с тренажером, со средой, с веб-сервером, а также осуществляют ряд других вспомогательных функций.
- **Компоненты работы с пользователем.** Контролируют то, как пользователь в VR-тренажере будет взаимодействовать со средой. В обобщенном виде эти компоненты можно представить как отображение пользователя в виртуальное пространство.

- Компоненты VR-тренажёра. Отвечают конкретно за содержимое виртуального пространства в рамках заданного тренажёра, порядок действий пользователя, логику взаимодействий и т.п.

Далее будет рассмотрена функциональность каждого из составляющих компонентов.

2.1 Системные компоненты

Блок системных компонентов отвечает за функционирование среды и приложения в целом. Далее будет перечислен список системных компонентов с описанием их функциональности.

2.1.1 Системный менеджер

Системный менеджер является главным управляющим компонентом этого блока - взаимодействие объектов среды с системными компонентами происходит именно через него. Системный менеджер - синглтон, который обеспечивает корректное функционирование приложения, обеспечивает возможность взаимодействия пользователя с тренажёром. Системный менеджер загружается при первом запуске приложения на своей собственной сцене, после чего проводит инициализацию остальных системных компонентов.

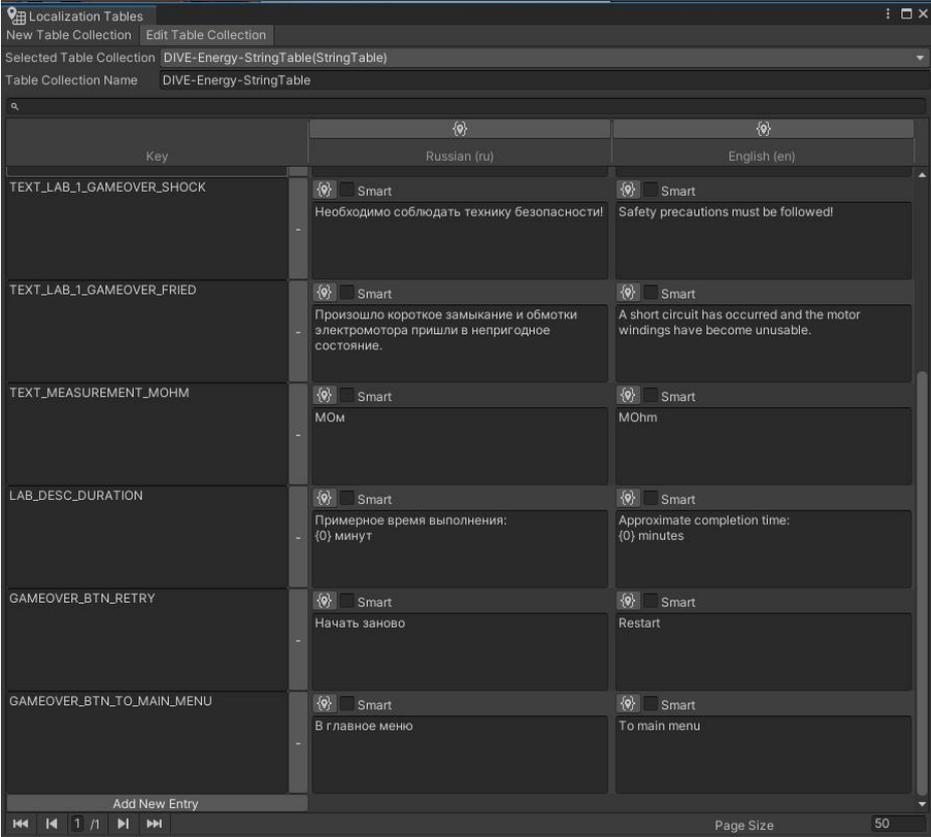
2.1.2 Система управления сценами

Система управления сценами отвечает за загрузку сцен, на которых происходят действия пользователя в VR-тренажёрах. Игрок и системные компоненты находятся на специальной контрольной сцене, которая не отгружается на протяжении работы всего приложения. При переходе в новую локацию, система управления сценами подгружает ещё две сцены - сцену логики и сцену графики для этой локации. В результате, на протяжении работы приложения практически всегда активны три сцены -

контрольная сцена, логика и графика (за исключением переходов между локациями, когда активна только контрольная сцена). Разделение локаций на сцены логики и графики делается ввиду удобства разделения работы и учёта возможности проведения нескольких различных тренажёров на одной виртуальной локации.

2.1.3 Система локализации

Этот компонент отвечает за локализацию всех текстов приложения, которые может увидеть пользователь. В системе есть таблицы текстов и ассетов, варианты которых отличаются от выбранного языка. Система локализации позволяет выгружать и загружать тексты в виде .csv-файла для человека, осуществляющего редакцию. К системе локализации преимущественно обращаются элементы пользовательского интерфейса. На рисунке 8 переведен пример таблицы с локализованными текстами.



The screenshot shows a software window titled "Localization Tables". It contains a table with three columns: "Key", "Russian (ru)", and "English (en)". The table lists several keys and their corresponding localized text in both languages. Each cell in the table has a "Smart" button next to it. The bottom of the window features a navigation bar with "Add New Entry" and "Page Size 50".

Key	Russian (ru)	English (en)
TEXT_LAB_1_GAMEOVER_SHOCK	Необходимо соблюдать технику безопасности!	Safety precautions must be followed!
TEXT_LAB_1_GAMEOVER_FRIED	Произошло короткое замыкание и обмотки электромотора пришли в непригодное состояние.	A short circuit has occurred and the motor windings have become unusable.
TEXT_MEASUREMENT_MOHM	МОм	MOhm
LAB_DESC_DURATION	Примерное время выполнения: {0} минут	Approximate completion time: {0} minutes
GAMEOVER_BTN_RETRY	Начать заново	Restart
GAMEOVER_BTN_TO_MAIN_MENU	В главное меню	To main menu

Рисунок 8 – Пример таблицы с локализованными текстами

2.1.4 Система сетевых взаимодействий

Этот компонент производит запросы к REST API сервера и осуществляет их обработку. Через систему сетевых взаимодействий происходит авторизация пользователя в системе с помощью интерфейса VR-тренажёра, сохранение пользовательских данных, загрузка и сохранение данных о прогрессе выполнения тренажёра и.т.п. Сетевые запросы выполняются в порядке очереди, асинхронно и в фоновом режиме.

2.1.5 БД приложения

Этот компонент осуществляет управление локальной базой данных внутри приложения. В БД могут храниться промежуточные данные в режиме оффлайн. В компоненте создаётся новая БД (если это необходимо), инициализируется и периодически синхронизируется с сервером. Также доступен интерфейс для взаимодействия с логикой VR-тренажёров.

2.1.6 Система загрузки компонентов

Система загрузки компонентов необходима для ожидания инициализации компонентов различных типов, и осуществления действий по окончании их загрузки. Некоторые компоненты могут иметь важный эффект на функционировании приложения, ввиду чего является целесообразным останавливать возможность пользователя взаимодействовать с чем-либо до завершения их загрузки. Система реализована в виде обработчика пакетов (batch), и выдаёт оповещения по окончании инициализации всех компонентов в пакете.

2.1.7 Система переходов пользователя

Эта система служит для визуальных эффектов, отображаемых пользователю при переходе между сценами или загрузки важных компонентов. При необходимости перехода пользователь помещается в специальный объект, который может скрывать видимость (затемнение камеры), отображать прогресс загрузки, оповещать о вынужденном окончании работы тренажёра с возможностью перезапуска и.т.п. Система переходов пользователя тесно связана с системой управления сценами.

2.2 Компоненты работы с пользователем

Блок компонентов работы с пользователем преимущественно отвечает за актора пользователя и всё, что непосредственно с ним связано. В обобщённом виде эти компоненты можно представить как отображение пользователя в виртуальное пространство. Далее будет перечислен список основных компонентов с описанием их функциональности.

2.2.1 Актор пользователя

Этот компонент является точкой обзора пользователя в виртуальном пространстве, он синхронизирован со шлемом и контроллерами VR-устройства. Все остальные компоненты работы с пользователем привязаны к актору напрямую или косвенно. Актор имеет физическое расположение в пространстве, может в нём перемещаться, подвержен действию сил гравитации, может взаимодействовать с интерактивными объектами среды и пользовательским интерфейсом. Системные компоненты и компоненты VR-тренажёров взаимодействуют именно с актором. Актор пользователя обладает графикой рук, которая изменяется в зависимости от входных данных с компоненты обработки пользовательского ввода и системы интерактивных взаимодействий. На рисунке 9 представлен ассет актора пользователя.

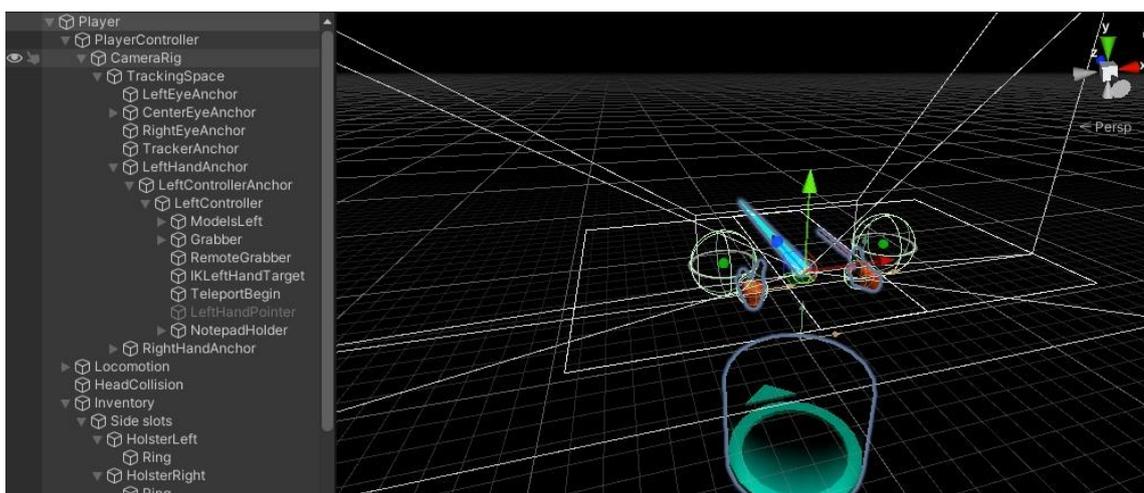


Рисунок 9 – Актор пользователя

2.2.2 Обработка пользовательского ввода

Компонент обработки пользовательского ввода служит для преобразования входных значений контроллеров, с учётом различных видов и моделей VR-устройств, в единообразные значения, которые могут считываться остальными системами в приложении.

2.2.3 Система пользовательского интерфейса

Система пользовательского интерфейса осуществляет взаимодействие пользователя с элементами UI. Взаимодействие может осуществляться как с помощью луча, так и физически (нажатие виртуальными пальцами). Система производит преобразование действий луча в действия курсора, которые могут рассматриваться как стандартное взаимодействие курсора с UI.

2.2.4 Система перемещения

Служит для передвижения пользователя в виртуальном пространстве. Передвижение осуществляется тремя основными способами - поворот, плавное перемещение и телепорт. Модуль поворота отвечает за поворот пользователя на заданный угол при использовании стика правого контроллера. Модуль плавного перемещения двигает актора в направлении

отклонения стика левого контроллера. Модуль телепорта прочерчивает линию траектории телепорта в указанную точку с помощью движения стика левого контроллера, а телепорт происходит при возврате стика в нейтральную позицию. Метод телепорта рекомендуется использовать менее опытным пользователям VR, а также для перемещения на труднодоступные места. Метод плавного перемещения предоставляет больше контроля над своим движением, но может вызывать неприятные ощущения у менее опытных пользователей VR. На рисунках 10-11 переведен пример передвижения с помощью телепортации.



Рисунок 10 - Пример перемещения с помощью телепорта. Начало телепортации



Рисунок 11 - Пример перемещения с помощью телепорта. Конец телепортации

2.2.5 Система интерактивных взаимодействий

Данная система играет ключевую роль для погружения пользователя в VR. В рамках системы осуществляется взаимодействие компонентов Grabber (хватаящий) и Grabbable (объект, который можно схватить). Схваченный объект привязывается к хватящему, и хватящий может совершать различные манипуляции над этим объектом - бросать, перемещать, отпускать, включать и т.п.

2.2.6 Система инвентаря

Некоторые объекты пользователь может прикреплять к себе на пояс, рукав и т.п., симулируя функциональность рюкзака, карманов или других приспособлений для держания предметов. В рамках данной системы существуют слоты инвентаря, которые привязаны к пользователю, могут держать в себе только определённые объекты (которые “подходят” в этот слот). Слоты, которые принимают только предмет определённой категории, могут выделяться, когда пользователь держит предмет этой категории в руках. На рисунках 12-13 переведен пример использования инвентаря.

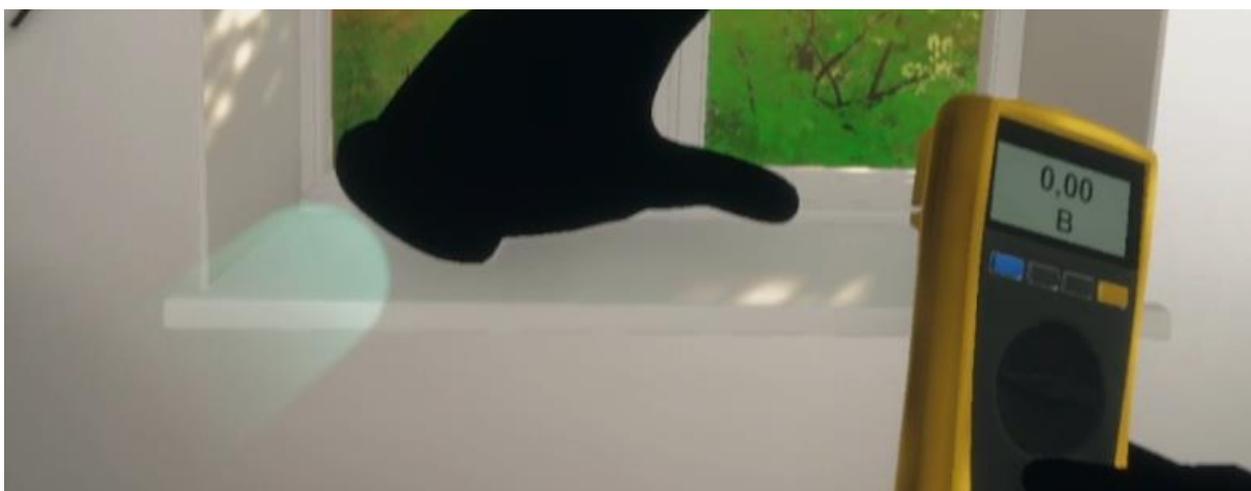


Рисунок 12 - Пример слота инвентаря на левой руке



Рисунок 13 - Пример прикрепления предмета

2.3 Компоненты VR-тренажёра

Блок компонентов, которые содержат в себе порядок действий пользователя, систему обучения и ряд интерактивных объектов необходимых для выполнения задачи тренажера

2.3.1 Логика и задачи VR-тренажёра

Этот раздел обобщённо относится группы программного кода, отвечающего за выполнение пользователем задач тренажёра. Также здесь проверяется правильная последовательность выполнения задач пользователем.

2.3.2 Интерактивные объекты тренажёра

В этот раздел обобщённо относятся группы программного кода, отвечающего за работу с интерактивными объектами в тренажёре, а также корректным образом сформированные префабы объектов.

2.3.3 Обучение работе в тренажёре

В рамках системы обучения реализованы подсказки в виде всплывающих окон с текстом, звуковых подсказок, подсказок с подсветкой/выделением нужных устройств и анимированные объекты, иллюстрирующие действия, которые необходимо совершить с помощью контроллеров (подсказки управления). Эти подсказки могут быть собраны в группы, чтобы показывать пользователю нужную последовательность действий.

2.4 Вывод по главе архитектура тренажера

В рамках данной главы была описана архитектура симулятора виртуальной реальности «Подстанция 220 кВ». Были описаны основные компоненты системы, входящие в состав тренажера, а именно:

- Компоненты системы;
- Компоненты работы с пользователем;
- Компоненты VR-тренажера.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ

В данном разделе речь об проектировании системы обучения для тренажера «Подстанция 220 кВ»

Образовательные игры виртуальной реальности (VR) имеют большой потенциал для обучения, особенно из-за их высокого погружения. Именно поэтому одной из ключевых систем тренажера является система обучения. Пользователя необходимо обучить основам механикам тренажера.

Обучение производится за счет подсказок, которые возникают во время прохождения тренажера. Как было сказано ранее для наиболее эффективного обучения необходимо воздействовать на все основные сенсорные системы, а именно слуховую, визуальную и кинестетическую. Для этого в тренажере необходимо реализовать различные типы подсказок, такие как голосовые команды, всплывающие сообщения с различной информацией как о задачах, который должен выполнить пользователь, так и содержащие информацию об объектах окружения, подсветка предметов с которыми можно взаимодействовать, либо которые являются важными в контексте тренажера, подсветка клавиш контроллера с помощью которых пользователь может совершать те или иные действия.

На основе этого было принято решение реализовать четыре вида подсказок:

- Аудио подсказки. С помощью данных подсказок можно сообщить пользователю, например, последовательность действий для выполнения текущей задачи;
- Интерактивные текстовые сообщения. Появляются во время игры могут содержать в себе, например, информацию о управлении, описание интерактивных объектов и т.д. Пример такой подсказке изображён на рисунке 14;

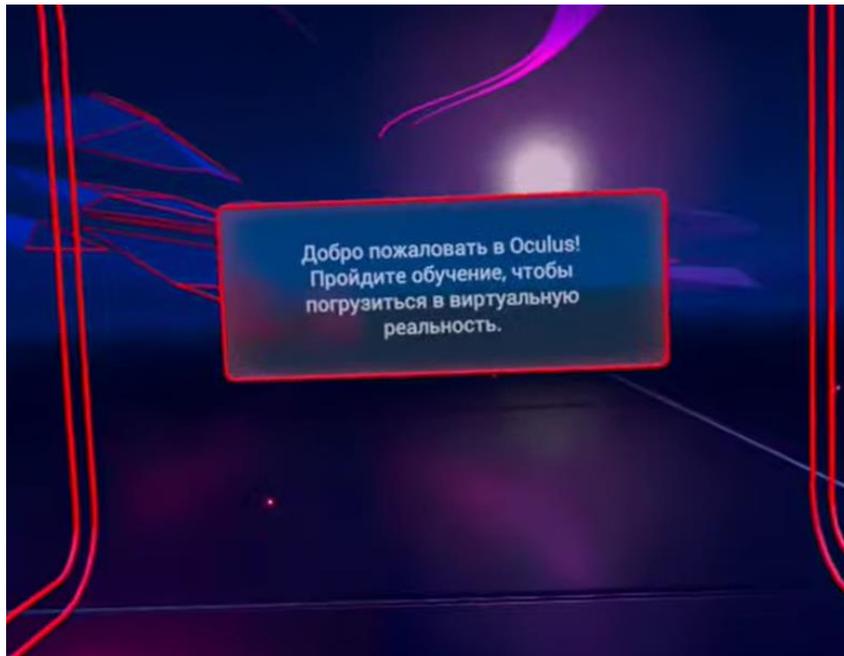


Рисунок 14 - Пример интерактивной текстовой подсказки

- Подсветка клавиш на контроллере «Oculus Touch». Данный тип подсказок используется для обучения управлению пользователем. Пример такой подсказке изображён на рисунке 15;



Рисунок 15 - Пример подсветки клавиш контроллера

- Подсветка интерактивных объектов. Выделение цветом интерактивных объектов или их частей, с которыми может

взаимодействовать пользователь. Пример такой подсказке изображён на рисунке 16.



Рисунок 16 - Пример подсветки интерактивных предметов

Подсказки должны объединиться в группы, в которые могут входить одна или более подсказок. Это необходимо для того, чтобы воздействовать сразу на несколько сенсорных систем одновременно, таким образом получая наиболее эффективное усваивание информации пользователями.

Переход между группами подсказок должен совершаться по тому или иному условия. Причем условия могут быть разные. Компонент, который отвечает за переходы должен отслеживать состояние тех или иных объектов на сцене и, если у данных объектов изменилось состояние осуществлять переход к следующей группе подсказок. Было принято решение реализовать следующие условия переходов между группами подсказок:

- Переход по таймеру – переход к следующей группе подсказок осуществляется по срабатыванию таймера. Таймер начинает отсчет, когда группа подсказок начала выполнение;
- Переход при изменении состояния инструмента - переход к следующей группе подсказок осуществляется, когда инструмент меняет свое

состояние, например, когда переключается режим работы инструмента, либо когда инструмент включается или выключается;

- Переход при завершении группы подсказок - переход к следующей группе подсказок осуществляется, когда все подсказки из группы, которые могут быть завершены автоматически (например, аудио подсказка) завершили свое выполнение;

- Переход при взятии объекта в руку - переход к следующей группе подсказок осуществляется, когда игрок берет указанный предмет в руку.

- Переход при изменении состояния инвентаря, например, когда пользователь положил или извлек тот или иной интерактивный объект в инвентарь.

На основе вышеописанных входных данных была составлена базовая диаграмма классов системы обучения. Данная диаграмма представлена на рисунке 17.

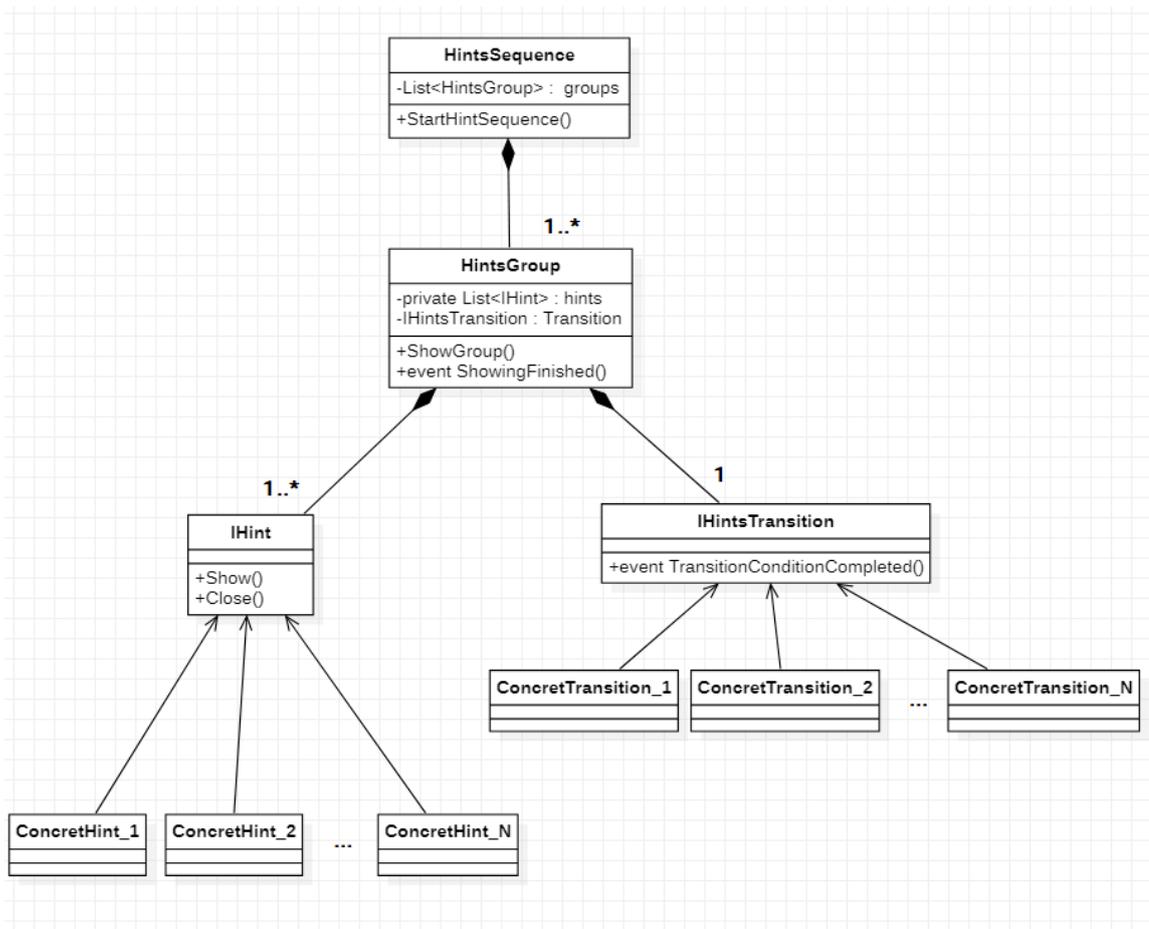


Рисунок 17 – Результат проектирование системы подсказок

В основе всей системы лежат два интерфейса «IHint» и «IHintsTransition».

«IHint» — это интерфейс, который абстрагирует логику подсказки. Интерфейс «IHint» реализуют конкретные типы подсказок. Интерфейс предоставляет два публичных метода, с помощью которых можно управлять поведением подсказки из вне, а именно начать или завершить демонстрацию подсказки.

Интерфейс «IHintsTransition» — это интерфейс, который абстрагирует логику условий перехода между группами подсказок. Данный интерфейс реализуют конкретные типы переходов. Интерфейс имеет публичное событие, которое вызывается, когда условие перехода было совершено.

Компонент «HintsGroup» содержит в себе массив ссылок на подсказки и ссылку на условие перехода, причем подсказок может быть несколько, а условий перехода всегда строго одно. Компонент содержит в себе публичные методы, которые позволяют запустить выполнение группы подсказок, а также событие, которое вызывается, когда группа подсказок была завершена, другими словами, произошло условие перехода.

Группы подсказок объединены и содержатся в компоненте «HintSequence». Данный компонент содержит в себе последовательность групп подсказок и отвечает за корректное отображение групп подсказок, в рамках заранее заданной последовательности

3.1 Вывод по главе проектировании системы обучения

В данной главе был описан процесс проектирование системы обучения. В основе системы обучения лежат подсказки, которые возникают во время прохождения пользователем тренажера. Планируется реализовать четыре вида подсказок:

- Интерактивные текстовые сообщения;
- Аудио сообщения;
- Подсветка клавиш контроллера;
- Подсветка интерактивных предметов.

Было принято решение объединять подсказки в группы для того, чтобы сразу воздействовать на несколько сенсорных систем и таким образом повышать общую эффективность обучения. Переходы между группами возникают при выполнении определенного условия. Планируется реализовать следующие условия перехода между граппами подсказок:

- Переход по таймеру;
- Переход при изменении состояния инструмента;
- Переход при завершении группы подсказок;

- Переход при взятии объекта в руку;
- Переход при изменении состояния инвентаря.

В конце главы была представлена UML-диаграмма классов разрабатываемой системы.

4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ

В данном разделе речь об разработке системы обучения

4.1 Инструменты разработки

Далее будут рассмотрены основные инструменты разработки, а именно игровой движок, фреймворк для VR, графический конвейер.

Выбор инструментов разработки обусловлен тем, что в дальнейшем планируется интегрировать данный тренажер в приложение, которое содержит в себе ряд тренажеров, объединённых общей тематикой. В данном приложении основными используемыми технологиями являются Unity, OpenXR и HDRP соответственно для интеграции разрабатываемого тренажера необходимо использовать именно эти технологии.

4.1.1 Unity 3D

Игровой движок Unity 3D, созданная компанией Unity Technologies в 2005 году, является одним из наиболее широко используемых систем для разработки игр.

Из основных преимуществ Unity 3D можно выделить:

- Кроссплатформенность. Движок поддерживает большое множество различных платформ, на которые можно собрать разрабатываемый проект;
- Магазин «Unity Asset Store». Данный магазин содержит широкий выбор разнообразных ассетов, причем существенная часть ассортимента данного магазина является бесплатной;
- Документация. Unity имеет огромный набор различного обучающего материала и подробную документацию.

Из основных минусов движка Unity 3D можно выделить:

- Много сырых версий движка, большое количество багов;

- **Закрытый исходный код;**
- **В приоритете разработки обновлений движка - мобильные платформы;**

4.1.2 OpenXR

«OpenXR стремится упростить разработку программного обеспечения AR/VR, позволяя приложениям работать с более широким спектром аппаратных платформ без необходимости портировать или переписывать их код. С помощью OpenXR у разработчиков появляется возможность создавать кроссплатформенные AR/VR приложения»

Без межплатформенного стандарта приложения и механизмы виртуальной и дополненной реальности должны использовать проприетарные API каждой платформы. Новые устройства ввода нуждаются в индивидуальной интеграции драйверов. Схематично данная ситуация представлена на рисунке 18.

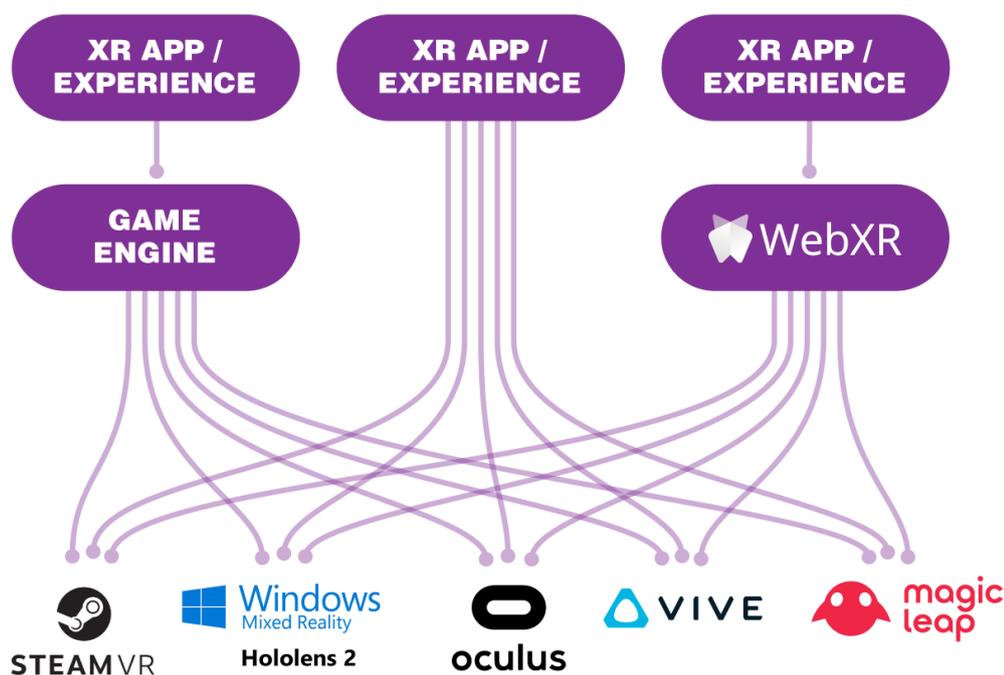


Рисунок 18 – Проект без использования OpenXR

OpenXR обеспечивает межплатформенный высокопроизводительный доступ непосредственно к разнообразным средам выполнения устройств XR на разных платформах. На рисунке 19 изображена схема взаимодействия приложения и OpenXR.

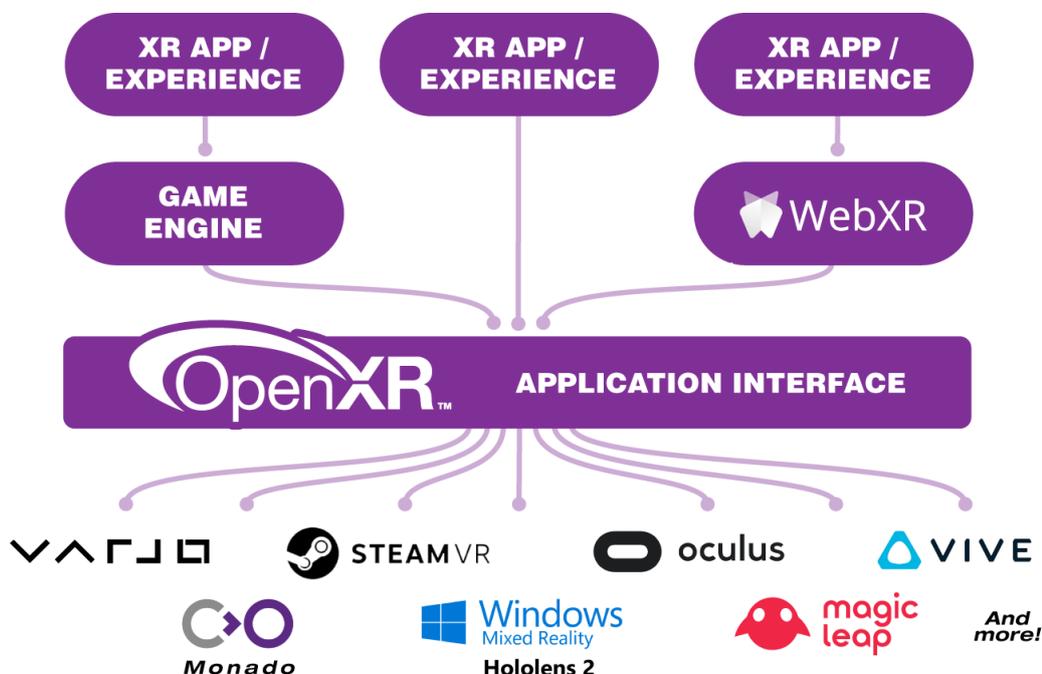


Рисунок 19 – Проект с использованием OpenXR

4.1.3 High Definition Render Pipeline (HDRP)

High Definition Render Pipeline (HDRP) – это графический конвейер, доступный в Unity, который основан на физически точном расчете освещения в сцене.

HDRP использует методы физического освещения, линейное освещение, HDR-освещение и настраиваемую гибридную архитектуру отложенного/прямого освещения предоставляя инструменты, необходимые для создания игр с высоким графическим стандартом. Кроме того, HDRP предоставляет встроенные усовершенствованные шейдеры с подповерхностным рассеиванием, прозрачностью, радужностью, анизотропией и тесселяцией, которые работают в реальном времени.

HDRP позволяет воспроизводить широкий спектр реалистичных непрозрачных и прозрачных поверхностей — от сочетания сложных диэлектрических и металлических поверхностей до более сложных с вычислительной точки зрения материалов, таких как волосы, ткань, глаза.

4.2 Состав и параметры технических средств, под которые совершается разработка

Тренажер разрабатывается под мобильную систему виртуальной реальности «Oculus quest 2» Данная система обладает следующими техническими характеристиками:

- Экран: LCD, разрешение 1832×1920px на один глаз;
- Угол обзора: 90 градусов;
- Частота обновления экрана: нативная — 90Гц, рабочая — 72Гц;
- Межзрачковое расстояние: 3 режима 58мм, 63мм и 68 мм;
- Трекинг: Внутренний трекинг, 6 степеней свободы;
- Процессор: Qualcomm® Snapdragon XR2, Adreno 650;
- Оперативная память: 6Гб LPDDR5;
- Встроенная память: опции 64/256Гб;
- Платформа: Oculus Mobile (на базе Android 10);
- Батарея: 3640 мАч с 10 Вт зарядкой;
- Вес шлема: 503 г;
- Подключение: 1x USB-C;
- Минимальное игровое пространство: 2 x 2 м.

Для передвижения пользователей и взаимодействия с окружением в системе виртуальной реальности «Oculus quest 2», используются контролеры «Oculus Touch» Это два вытянутых пластиковых контроллера с кольцом сверху. Они выполнены из пластика. На каждом контроллере есть кнопки хвата, триггер, кнопки АВ/ХУ и аналоговый стик.

4.3 Разработка системы обучения

Основываясь на системе, спроектированной в предыдущей главе, была разработана следующая система – рисунок 20 (приложение Б).

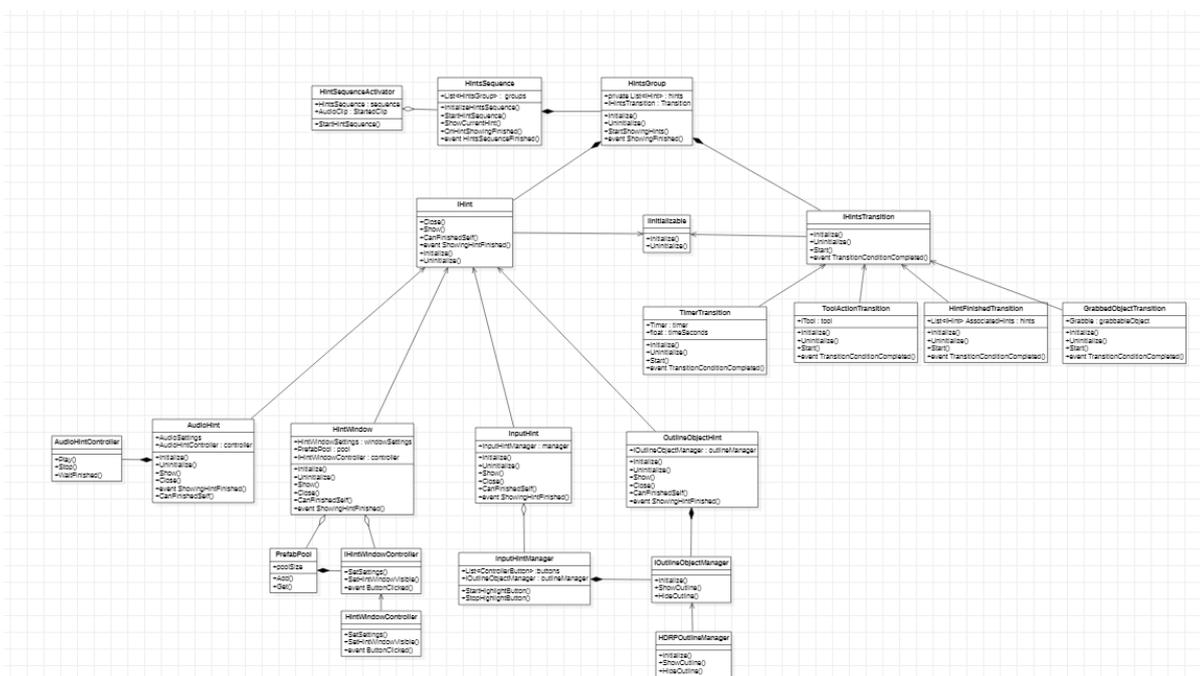


Рисунок 20 – UML диаграмма системы обучения

Краткое описание скриптов и основах методов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Описание классов системы подсказок

Наименование класса	Описание класса	Наименование метода	Описание метода
HintSequenceActivator	Запускает указанную последовательность подсказок	StartHintSequence	Начинает проигрывать последовательность подсказок
HintsSequence	Содержит группы подсказок, отвечает за	InitializeHintsSequence	Инициализирует все группы

	переключение текущей группы подсказок		подсказок
		StartHintSequence	Запускает последовательность подсказок
		ShowCurrentHint	Показывает текущую группу подсказок
		OnHintShowingFinished	Переключает текущую группу подсказок
		HintsSequenceFinished	Событие, которое испускается, когда все подсказки были показаны
HintsGroup	Контейнер, который содержит и управляет коллекцией подсказок. Также содержит класс, который отвечает за переходы между подсказками	Initialize	Инициализирует ассоциированные подсказки
		Uninitialize	Деинициализирует ассоциированные подсказки
		StartShowingHints	Начинает показывать ассоциированные подсказки
		ShowingFinish	Событие, которое

		ed	испускается, когда ассоциированные подсказки были показаны
IInitializable	Интерфейс, абстрагирующий инициализируемые объект	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
IHintsTransition	Интерфейс, абстрагирующий условие перехода между группами подсказок	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Start	Метод, который запускает отслеживание проверки выполнения условия перехода
		TransitionConditionCompleted	Событие, которое испускается, когда условие перехода было выполнено
ITimerTransition	Реализует интерфейс IHintsTransition. Условие перехода,	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует

	выполняется по завершению отсчета таймера		объект
		Start	Метод, который запускает отслеживание проверки выполнения условия перехода
		TransitionConditionCompleted	Событие, которое испускается, когда условие перехода было выполнено
ToolActionTransition	Реализует интерфейс IHintsTransition. В качестве параметра принимает ссылку на интерфейс IToolAction, который возвращает события сигнализирующие о изменении состояния различных инструментов	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Start	Метод, который запускает отслеживание проверки выполнения условия перехода
		TransitionConditionCompleted	Событие, которое испускается, когда условие перехода было выполнено

HintFinishedTransition	Реализует интерфейс IHintsTransition. Условие перехода срабатывает, когда все подсказки входящие в группу заканчиваются	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Start	Метод, который запускает отслеживание проверки выполнения условия перехода
		TransitionConditionCompleted	Событие, которое испускается, когда условие перехода было выполнено
GrabbedObjectTransition	Реализует интерфейс IHintsTransition. В качестве параметра принимает объект, который можно взять в руку, когда пользователь берет данный объект срабатывает условие перехода	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Start	Метод, который запускает отслеживание проверки выполнения условия перехода
		TransitionCondition	Событие, которое

		itionCompleted	испускается, когда условие перехода было выполнено
IHint	Интерфейс, абстрагирующий подсказку	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Show	Начинает показ подсказки
		Close	Закрывает подсказку
		CanFinishedSelf	Может ли подсказка быть завершена сама
		ShowingHintFinished	Событие, которое испускается, когда подсказка была закрыта
AudioHint	Реализует интерфейс IHint. Представляет из себя аудио подсказку	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Show	Начинает показ подсказки
		Close	Закрывает

			подсказку
		CanFinishedSe If	Может ли подсказка быть завершена сама
		ShowingHintFi nished	Событие, которое испускается, когда подсказка была закрыта
AudioHintContr oller	Вспомогательный класс, предназначенный для управления аудио клипов	Play	Начинает проигрывать аудио клип
		Stop	Останавливает проигрывание аудио клипа
		WaitFinished	Сопрограмма, которая уведомляет о завершении аудио клипа
HintWindow	Реализует интерфейс IHint. Представляет из окно с подсказкой	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Show	Начинает показ подсказки

		Close	Закрывает подсказку
		CanFinishedSe If	Может ли подсказка быть завершена сама
		ShowingHintFi nished	Событие, которое испускается, когда подсказка была закрыта
IHintWindowC ontroller	Интерфейс, абстрагирующий окно с подсказкой	SetSettings	Применяет настройки окна
		SetHintWindo wVisible	Устанавливает видимость окна на сцене
		ButtonClicked	Событие, которое испускается, когда была нажата кнопка «закрыть» на окне
HintWindowCo ntroller	Реализует интерфейс IHintWindowController. Конкретная реализация окна	SetSettings	Применяет настройки окна
		SetHintWindo wVisible	Устанавливает видимость окна на сцене
		ButtonClicked	Событие, которое

			испускается, когда была нажата кнопка «заккрыть» на окне
PrefabPool	Вспомогательный класс, который который создает и кэширует ссылки на HintWindowController, чтобы не создавать лишние окна во время выполнения	Add	Возвращает ссылку на HintWindowController в кэш
		Get	Возвращает HintWindowController. Если ссылка есть в кэше, то возвращает эту ссылку, если нет, то создает новый экземпляр
InputHint	Реализует интерфейс IHint. Представляет подсказку пользовательского ввода	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Show	Начинает показ подсказки
		Close	Закрывает подсказку
		CanFinishedSe	Может ли

		If	подсказка быть завершена сама
		ShowingHintFinished	Событие, которое испускается, когда подсказка была закрыта
InputHintManager	Управляет подсветкой клавиш на контроллере	StartHighlightButton	Подсвечивает указанную кнопку на контроллере
		StopHighlightButton	Скрывает подсветку указанной кнопки на контроллере
OutlineObjectHint	Реализует интерфейс IHint. Представляет подсказку, которая подсвечивает объекты на сцене	Initialize	Инициализирует объект
		Uninitialize	Деинициализирует объект
		Show	Начинает показ подсказки
		Close	Закрывает подсказку
		CanFinishedSelf	Может ли подсказка быть завершена сама
		ShowingHintFinished	Событие, которое

		nished	испускается, когда подсказка была закрыта
IOutlineObject Manager	Интерфейс, абстрагирующий менеджер для управления подсветкой объекта	Initialize	Инициализирует ассет, который занимается подсветкой предмета
		ShowOutline	Начинает подсвечивать указанный объект
		HideOutline	Скрывает подсветку для указанного объекты
HDRPOutlineM anager	Реализует интерфейс IOutlineObjectManager. Представляет из себя менеджер подсветки объекта.	Initialize	Инициализирует ассет, который занимается подсветкой предмета
		ShowOutline	Начинает подсвечивать указанный объект
		HideOutline	Скрывает подсветку для указанного

			объекты
--	--	--	---------

4.4 Разработка расширений редактора Unity

Система обучения, как отмечалось ранее, является ключевой в любом тренажере. Поэтому было принято решение разработать универсальную систему, которая не была бы привязана к какому-то либо конкретному тренажеру. Хотя компоненты относящиеся к системе обучения являются обособленными и не связными с остальными системами тренажера, составление группы подсказок осуществляется через код, который привязан к данному тренажеру. Для решения данной проблемы было разработано расширение редактора Unity.

Расширение редактора Unity – это отдельные компоненты, которые позволяют расширить функционал движка, добавить пользовательские окна для редактирования тех или иных объектов, расширить функционал, связанный с работой над объектами и ассетами.

4.4.1 Расширение для управления последовательностью подсказок

В первую очередь было написано расширение, которое позволяет создавать группу подсказок из окна редактора (рисунок 21). Данное расширение включает в себя две кнопки, с помощью, которых можно создать новую группу подсказок и удалить подсказки, которые не используются в последовательность, также расширение включает в себя список с непосредственно группой подсказок и описанием данной группы. Каждая группа создается как отдельный объект, который прикрепляется к объекту, содержащему последовательность подсказок.

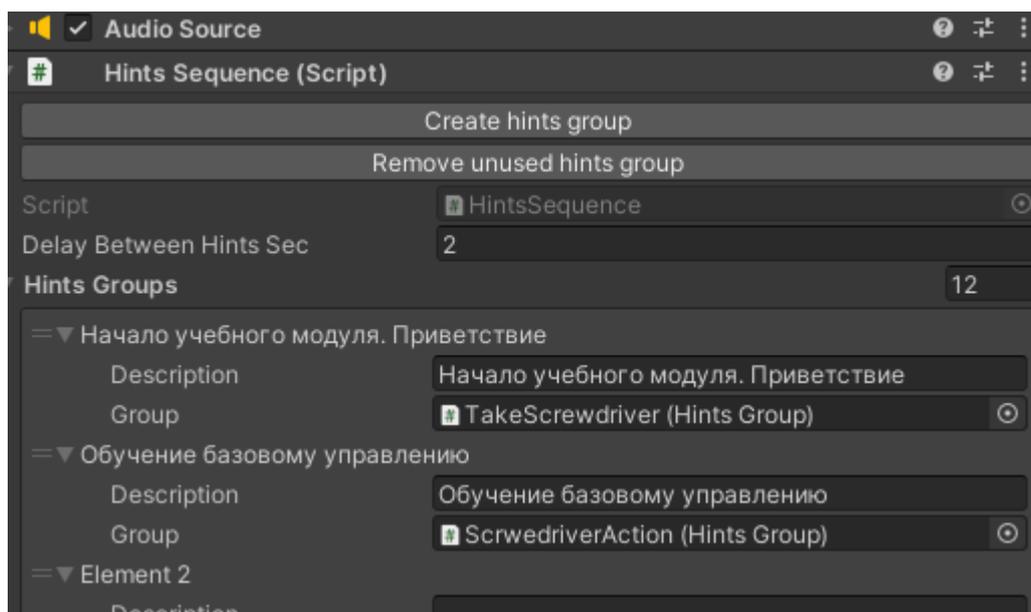


Рисунок 21 – Пример подсветки интерактивных предметов

4.4.2 Расширение для управления группой подсказок

Для управления группой подсказок также было создано отдельное расширение (рисунок 22). Данное расширение содержит два сплывающих списка в которых содержатся все реализации подсказок (рисунок 23) и переходов (рисунок 24) соответственно. Имеется кнопка для добавления подсказки в группу, кнопка для создания перехода, и кнопка, которая отвечает за обновления списка реализаций подсказок и переходов. После создания подсказки, подсказка добавляется в список, где содержатся настройки этой подсказки.

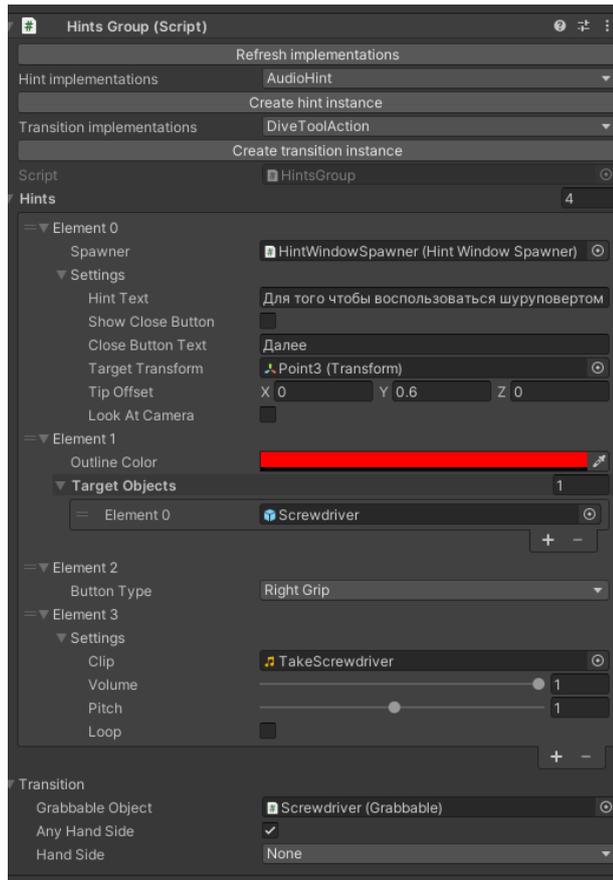


Рисунок 22 – Пример подсветки интерактивных предметов

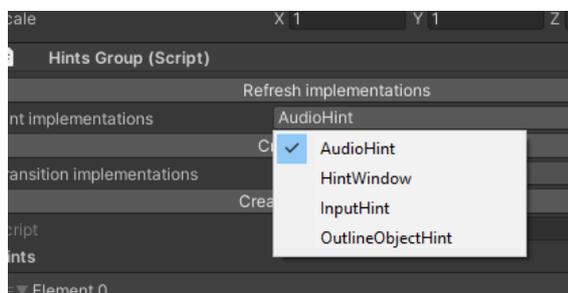


Рисунок 23 – Пример подсветки интерактивных предметов

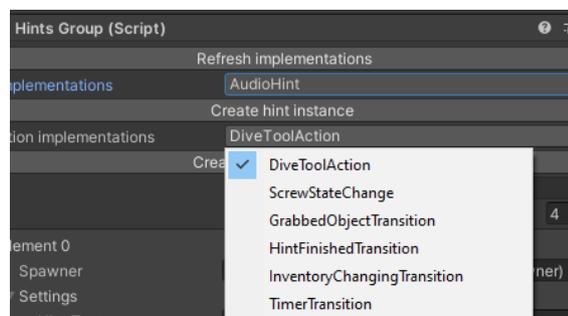


Рисунок 24 – Пример подсветки интерактивных предметов

4.5 Результаты работы

Рассмотрим первые три шага обучения в тренажере. В первую очередь, в начале игры, игроку предоставляется выбор, проходить ли обучение или нет. Делается это путем интерактивного текстового сообщения (рисунок 27)

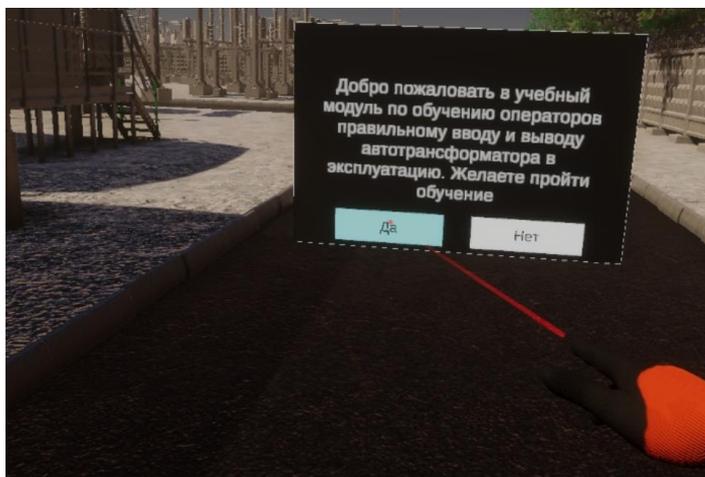


Рисунок 27 – Интерактивное текстовое сообщение

Если пользователь нажимает «нет», обучение производится не будет. Если пользователь нажимает «да», то активируется последовательность подсказок.

Первая группа подсказок состоит из аудио сообщения, текстового сообщения, подсветки интерактивного предмета и кнопки на контроллере (рисунок 28). Группа подсказок завершается, когда пользователь берет в руки интерактивный предмет (рисунок 29).

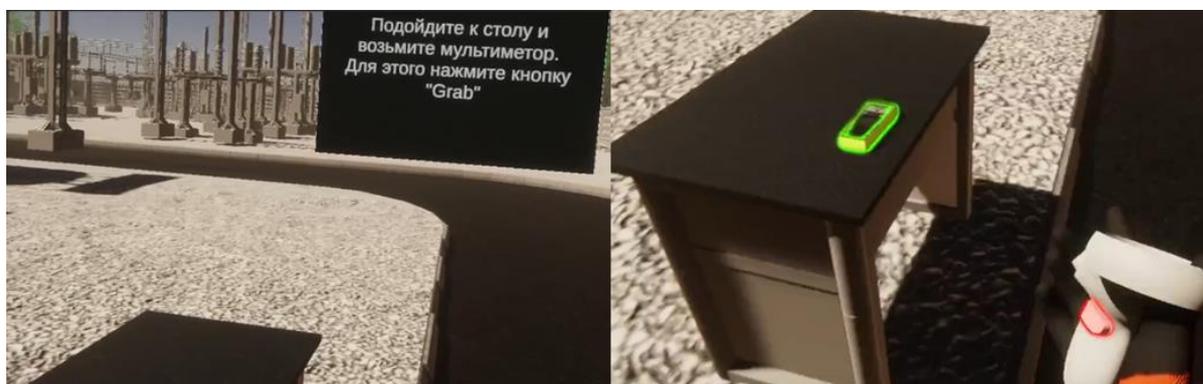


Рисунок 28 – Первая группа подсказок



Рисунок 29 – Первый переход между группами подсказок. Пользователь берет в руку измерительный прибор.

После завершения первой группы, следует вторая, которая состоит из аудиосообщения и тестового сообщения (рисунок 30). Вторая группа подсказок завершается после того, как пользователь положит интерактивный предмет в инвентарь (рисунок 31).



Рисунок 30 – Вторая группа подсказок



Рисунок 31 – Второй переход между группами подсказок. Пользователь берет в руку измерительный прибор.

Третья группа подсказок состоит из аудиосообщения, текстового сообщения и подсветки клавиши контроллера (рисунок 32). Переход осуществляется, когда пользователь изменяет состояние интерактивного объекта (рисунок 33).

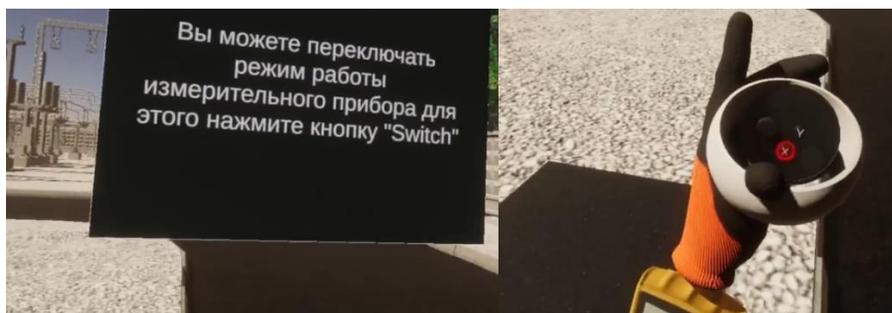


Рисунок 32 – Третья группа подсказок

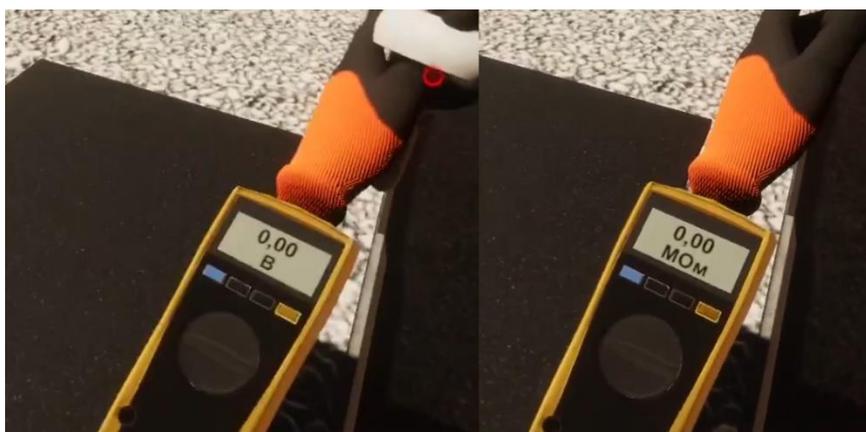


Рисунок 33– Третий переход между группами подсказок. Пользователь переключает режим работы измерительного прибора.

Таким образом переходя от одной группы подсказок к другой, происходит комплексное обучение пользователя.

4.6 Вывод по главе «Разработка системы обучения»

В данной главе был описан процесс разработки системы обучения.

В первую очередь были описаны инструменты, которые использовались в ходе разработки. Также были приведены характеристики мобильной системы виртуальной реальности, под которую совершалась разработка.

Далее была разработана система обучения. Изначально спроектированная система отличается от финальной, реализованной версии, так как в процессе разработки появлялось необходимость в различных вспомогательных компонентах. В главе была приведена финальная версия UML диаграммы классов системы обучения. Также было составлена таблица содержащее краткое описание скриптов и методов для всех компонентов системы.

Для упрощения работы с системой обучения было принято решение разработать расширения редактора Unity, которые упрощали бы процесс составления последовательности подсказок. В итоге было разработано три расширения:

- Расширение для управления последовательностью подсказок;
- Расширение для управления группой подсказок;
- Расширение для менеджера подсветки клавиш контроллера.

В качестве демонстрации работы системы обучения, были приведены первые три группы подсказок.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Целью данной главы ВКР является оценка эффективности разработки тренажера "Подстанция 220 кВ" под мобильное устройство ВР. Тренажер создан для обучения операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время наблюдается тенденция усложнения объектов, представляющих из себя системы распределения, передачи и потребителей электрической энергии. Деятельность оператора приобретает плохо алгоритмизированный характер, что по-новому ставит задачу профессиональной подготовки операторов, обслуживающих данную технику. Кроме того, необходимо подчеркнуть, что это массовые операторские специальности, и возможности профессионального отбора кандидатов для специализированного обучения на них в значительной мере ограничены. Обучение в реальной деятельности зачастую невозможно в силу ее экстремальности и наличия угрозы жизни курсанту. Метод обучения «делай как я», в данной ситуации также имеет серьезные ограничения в силу необходимости выполнения значительного объема алгоритмических операций, непонятных практикантку и вызывающих в силу этого у него «информационный шок». Выходом из сложившегося положения является применение специальных тренажерных средств, формирующих искусственную среду обучения и моделирующих основные элементы реального объекта и условия применения изучаемой техники.

Разрабатываемый продукт нацелен в первую очередь на ряд компаний, работающих в секторе электроэнергетики. С помощью разрабатываемого продукта данные компании смогут обучать операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию. Тренажер в моделируемых условиях позволяет реализовать деятельность оператора, выполнение которой на реальной технике невозможно по экономическим критериям или так как это сопряжено с угрозой жизни оператора. Тренажерная подготовка является действенным методом обеспечения профессиональной готовности оператора.

5.1.2 Анализ конкурентных решений

При разработке приложения очень важно уделить внимание изучению ее конкурентоспособности. Для того, чтобы проект был конкурентоспособным, необходимо провести детальный анализ наиболее популярных VR тренажеров, связанных с электроэнергетикой: PromVR (к1), Knauf (к2), DreamPort (к3).

В качестве факторов конкурентоспособности были выбраны простота использования системы, удобный интерфейс пользователя, функциональные возможности, наличие системы обучения, потребность в ресурсах памяти. Детальный анализ целесообразно проводить с помощью оценочной карты, которая представлена в Таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Простота использования	0,10	5	4	5	5	0,5	0,4	0,5	0,5

системы						0	0	0	0
Удобный интерфейс пользователя	0,10	4	4	3	3	0,4 0	0,4 0	0,3 0	0,3 0
Функциональные возможности	0,30	4	5	3	2	1,2 0	1,5 0	0,9 0	0,6 0
Система обучения	0,08	5	5	4	3	0,4 0	0,4 0	0,3 2	0,2 4
Потребность в ресурсах памяти	0,08	5	5	4	4	0,4 0	0,4 0	0,3 2	0,3 2
Экономические критерии оценки эффективности									
Цена	0,20	5	2	4	5	1,0 0	0,4 0	0,8 0	1,0 0
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	5	5	0,2 5	0,1 5	0,2 5	0,2 5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	5	5	5	0,4 5	0,4 5	0,4 5	0,4 5
Итого	1					4,6	4,1	3,8 4	3,6 6

Анализ конкурентных решений определяется по Формуле 1:

$$K = \sum_{i=1}^N B_i + B_i \quad (1),$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурентного решения;

B_i – вес i -го критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го критерия (от 1 до 5);

N – количество критериев;

Исходя из полученных результатов, оценка основных технических и экономических характеристик конкурентных программных решений показывает, что разрабатываемое приложение является конкурентоспособным по сравнению с рассмотренными аналогами.

Основным недостатками конкурентных программных продуктов являются ограниченность функционала или сложность использования из-за перегруженности интерфейса.

5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Степень готовности научного проекта к коммерциализации можно оценить с помощью нескольких критериев. Для оценивания есть специальный бланк оценки, представленный в таблице 4.

Таблица 4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги)	5	5

	для предложения на рынке		
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на	2	3

	зарубежный рынок		
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	52	54

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) равна

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (2),$$

Значение $B_{\text{сум}}$ получилось 52 и 54, это свидетельствует о том, что перспективность разработки, с точки зрения инвестирования, является выше средней. Данная разработка перспективная и практически готова к коммерциализации. Необходимо ещё дополнительно проработать стратегию внедрения данной технологии на широкий рынок.

5.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Наиболее приемлемым методом коммерциализации приложения может стать организация совместного предприятия. Совместное предприятие позволит объединить команду разработчиков приложения, а также проводить автономное совершенствование продукта. Безусловно, помимо команды разработчиков в такое предприятие следует привлечь специалистов по маркетингу и правовым вопросам организации деятельности.

Очевидное достоинство организации такого предприятия состоит в том, что все его ресурсы направлены на развитие одного продукта, таким образом увеличивается эффективность развития и продвижения разрабатываемого приложения.

5.1.5 FAST-Анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д. Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;

4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования, то есть тренажер в виртуальной реальности, предназначенный для обучения операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию.

Выделим и опишем следующие функции объекта:

1. Главную функцию, т.е. внешнюю функцию, определяющую назначение, сущность и главную цель создания объекта в целом. Главной функцией выступает система обучения, которая закладывается в объект исследования.

2. Основная функция, которая представляет собой внутреннюю функцию объекта, обеспечивающую принцип работы объекта, и которая создает необходимые условия для осуществления главной функции. Таковыми являются следующие системы в разрабатываемом решении: система заданий, то есть определенная последовательность действий, которые необходимо выполнить пользователю для успешного ввода или вывода автотрансформатора в эксплуатацию и система подсказок, то есть система, с помощью которой пользователь будет обучаться взаимодействию с окружением.

3. Вспомогательные функции, т.е. внутренние функция, способствующие реализации основных функций. Таковыми являются следующие функции: система статистики, которая позволит отслеживать прогресс обучений пользователя, система звукового сопровождения

Представим выше описание функции в табличной форме (Таблица 5)

Таблица 5 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование системы	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Система обучения	Обучает операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию	X		
Система заданий	Очередность действий, который должен совершить пользователь для успешного ввода или вывода автотрансформатора в эксплуатацию		X	
Система подсказок	Обучения пользователя взаимодействию с окружением		X	
Система	Сохранение и			X

статистики	отображение статистики, чтобы пользователь мог видеть свой прогресс			
Система звукового сопровожд ения	Позволяет более интуитивные работать с различными приборами, отслеживать их поломку			X

Определим значимость выполняемых функций объектом. Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Во-первых, построим матрицу смежности (таблица 6)

Таблица 6 - Матрица смежности

	Систем а заданий	Система подсказо к	Система статистик и	Система звукового сопровождени я
Система заданий	=	>	>	>

Система подсказок	<	=	>	>
Система статистики	<	<	=	<
Система звукового сопровождения	<	<	>	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций (таблица 7)

Таблица 7 - Матрица количественных соотношений функций

	Система заданий	Система подсказок	Система статистик и	Система звукового сопровождения	Итого
Система заданий	1	1.5	1.5	1.5	5.5
Система подсказок	0.5	1	1.5	1.5	4.5
Система статистики	0.5	0.5	1	0.5	2.5
Система звукового	0.5	0.5	1.5	1	3.5

сопровождения					
Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»					$\Sigma =$ 16

Определим значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Таким образом относительные значимости равны: система заданий – 0.34375, система подсказок – 0.28125, система статистики – 0.15625, система звукового сопровождения - 0.21875.

Оценим уровень затрат на выполнение каждой функции (таблица 8)

Таблица 8. Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование системы	Выполняемая функция	Трудоемкость детали, нормо-ч	Заработная плата, руб.
Система обучения	Обучает операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию	–	–
Система заданий	Очередность действий, который должен совершить пользователь для успешного ввода или вывода	320	34700.8

	автотрансформатора в эксплуатацию		
Система подсказок	Обучения пользователя взаимодействию с окружением	200	21688
Система статистики	Сохранение и отображение статистики, чтобы пользователь мог видеть свой прогресс	80	8675.2
Система звукового сопровождения	Позволяет более интуитивные работать с различными приборами, отслеживать их поломку	120	13012.8

Суммируем затраты по каждой функции и определим общую стоимость каждой из них. Таким образом стоимость функции, следующая: система заданий – 0.445, система подсказок – 0.278, система статистики – 0.112, система звукового сопровождения - 0.167.

Основываясь на полученных результатах, построим функционально-стоимостную диаграмму (рисунок 28)

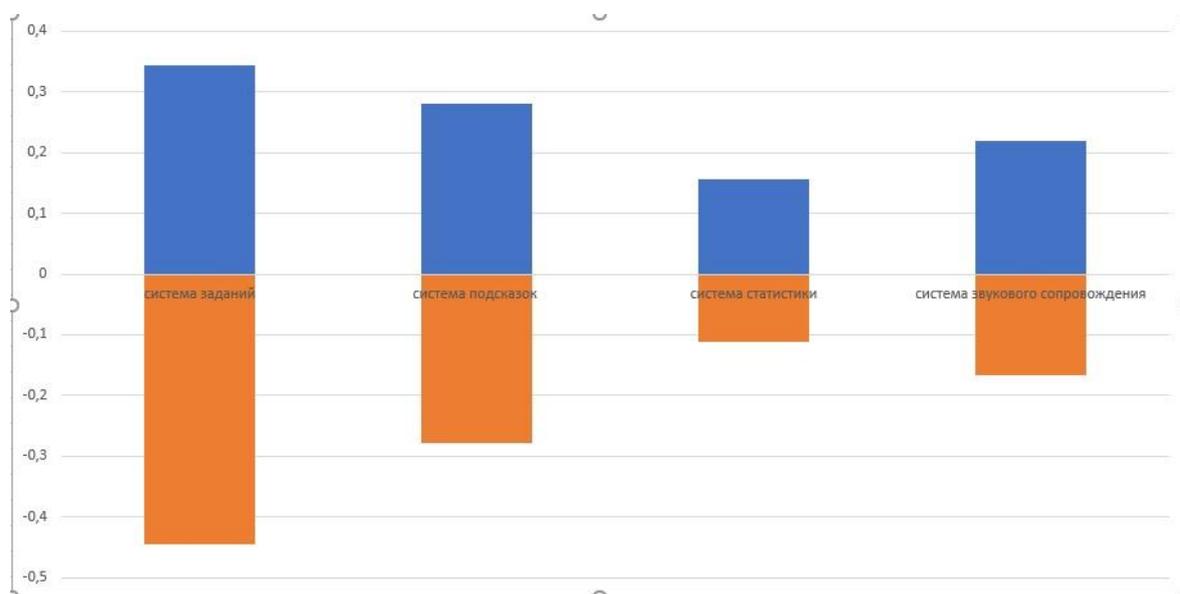


Рисунок 34 – Функционально-стоимостная диаграмма

Приведённая выше ФСД указывает на отсутствие диспропорции между важностью (полезностью) функции и затратами на них.

5.1.6 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, он позволяет выявить его сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Эти соответствия помогают выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Третий этап заключается в составлении итоговой матрицы SWOT-анализа. Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 9.

Таблица 9 - Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие полных аналогов на рынке; – современная графика; – высококачественные и точные модели реальных приборов – простота в настройке и использовании; – использование современных технологий в процессе разработки 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимость специального оборудования – шлема виртуальной реальности; – отсутствие технической поддержки после реализации.
<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обучение операторов без угрозы их жизням – интуитивно понятный интерфейс; – простота настройки; – возможность сэкономить на обучении операторов, так как поездка и проживание на реальном объекте гораздо дороже 	<p>Удобный интуитивно понятный графический интерфейс повышают эффективность использования.</p>	<p>Техническая поддержка продукта позволит контролировать и исправлять неполадки системы.</p>
<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокие системные требования 	<p>Низкоуровневые оптимизации требовательных к ресурсам.</p>	

5.2 Инициация проекта

Устав научного проекта магистерской работы:

1. Цели и результат проекта. Информация по заинтересованным сторонам проекта предоставлена в таблице 10.

Таблица 10 - Информация по заинтересованным сторонам проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТПУ	Предоставление результатов на конференциях, научных выставках. Внедрение разрабатываемого тренажера, как элемент обучения студентов некоторых специальностей
Компании чей профиль электроэнергетика	Обучение сотрудников

2. Организационная структура проекта. Информация предоставлена в табличной форме (таблица 11)

Таблица 11 - Организационная структура проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
-------	---------------------------------------	----------------	---------	--------------------

1	Мамич К. А., ТПУ, магистр	Инженер- программист	Основной разработчи кпроекта	600
2	Шерстнев В. С. ТПУ, доцент	Консультаци и по основным вопросам темы	Руководител ьпроекта	104
ИТОГО:				704

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

Для организации и систематизации работы сформирован перечень этапов, работ и распределения исполнителей представленный в таблице 12.

Таблица 12 - Перечень этапов, работ и распределения исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Аналитический обзор	3	Подбор и изучение литературы по теме	Инженер
	4	Выбор инструментов разработки	Инженер
Проектирование системы	5	Проектирования базовых систем тренажера	Инженер
	6	Проектирование дополнительных и вспомогательных систем для тренажера	Инженер
Реализация и тестирование	7	Разработка скриптов, создание моделей, запись звукового сопровождения	Инженер
	8	Разработка графического	Инженер

		конвейера	
	9	Тестирование функции	Инженер
Оценка результатов и оформление отчетности	10	Согласование выполненной работы	Руководитель, инженер
	11	Оценка результатов	Руководитель, инженер
	12	Оформление пояснительной записки и необходимой документации	Инженер

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы на чел.-дн.;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

По формуле 4 исходя из ожидаемой трудоемкости работ определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Наиболее удобным и наглядным графиком проведения научных работ является горизонтальный ленточный график в форме диаграммы Ганта.

Перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни ведется по формуле 5:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2020 году 366 календарных дней, из них 66 дней – выходные и праздничные дни. Таким образом, согласно формуле 6 коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22.$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 13.

Таблица 13 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Исполнитель	Трудоемкость работ, чел.-дн			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2	5	3,2	4	5
		И	2	5	3,2	4	5

2	Календарное планирование работ по теме	Р	2	3	2,4	3	4
		И	2	3	2,4	3	4
3	Подбор и изучение литературы по теме	И	7	14	9,8	10	13
4	Выбор инструментов разработки	И	2	3	2,4	3	4
5	Проектирования базовых систем тренажера	И	4	7	5,2	6	8
6	Проектирование дополнительных и вспомогательных систем для тренажера	И	2	5	3,2	4	5
7	Разработка скриптов, создание моделей, запись звукового сопровождения	И	14	21	16,8	17	21
8	Разработка графического конвейера	И	3	5	3,8	4	5
9	Тестирование функции	И	21	28	23,8	24	30
10	Согласование выполненной работы	Р	3	5	3,8	4	5
		И	3	5	3,8	4	5
11	Оценка результатов	Р	2	5	3,2	4	5
		И	2	5	3,2	4	5
12	Оформление пояснительной записки и необходимой документации	И	7	14	9,8	10	13
Итого		Руководитель				15	19
		Инженер				93	118

Р – научный руководитель; И – инженер-программист

На основе таблицы 9 построен календарный план-график исследования (диаграмма Ганта), представленный на рисунке 29.

№	Исполнитель	T _k	Продолжительность выполнения работ											
			февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Р	5	■											
	И	5	▨											
2	Р	4		■										
	И	4		▨										
3	И	13			▨									
4	И	4				▨								
5	И	8					▨							
6	И	5						▨						
7	И	21							▨					
8	И	5								▨				
9	И	30									▨			
10	Р	5											■	
	И	5											▨	
11	Р	5												■
	И	5												▨
12	И	13												▨

■ – руководитель ▨ – инженер

Рисунок 35 – Календарный план-график проведения исследования

При формировании бюджета используется группировка затрат по следующим статьям:

- затраты на материалы
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Таблица 14 - Затраты на материалы

Наименование оборудования	Время работы оборудования	Потребляемая мощность $P_{об}$,	Затраты Э _{об} ,
---------------------------	---------------------------	----------------------------------	---------------------------

	$t_{\text{об}}, \text{ час}$	кВт	руб.
Персональный компьютер	744*0,6	0,3	468,72
Итого:	468,72		

Статья затрат «Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей» включает в себя затраты на приобретение специального оборудования. При создании информационной системы были использованы два персональных компьютера (руководителя и студента), стоимость 40000 и 60000 рублей, суммарная стоимость 100000 рублей.

Согласно постановлению Правительства РФ №1 от 01.01.2002 (ред. от 27.12.2021) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы», персональные компьютеры относятся к группе 330.28.23.23 «Машины офисные прочие», срок полезного использования которых составляет 2-3 года [27].

Норма амортизации рассчитывается по Формуле 1:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% \quad (1),$$

где A_n – норма амортизации в процентах;

n – срок полезного использования в годах.

Подставив срок полезного использования ПК в Формулу 1, получим $A_n \approx 33,33\%$.

Годовые амортизационные отчисления вычисляются по Формуле 2:

$$A_r = \frac{(C * A_n)}{100\%} \quad (2),$$

где A_r – годовые амортизационные отчисления в рублях;

C – первоначальная стоимость оборудования;

A_n – норма амортизации в процентах.

В течение отчетного года амортизационные отчисления по объектам основных средств начисляются ежемесячно независимо от применяемого способа начисления в размере 1/12 годовой суммы [28].

Ежемесячные амортизационные отчисления находят по Формуле 7:

$$A_m = \frac{A_g}{12} \quad (7),$$

где A_m – ежемесячные амортизационные отчисления в рублях;

A_g – годовые амортизационные отчисления в рублях.

Итоговая сумма амортизационных отчислений определяется по Формуле 8:

$$A = A_m * n \quad (8),$$

где A – годовая сумма амортизационных отчислений в рублях;

A_m – ежемесячные амортизационные отчисления в рублях;

n – срок полезного использования ПК для исследования в месяцах.

Срок использования ПК для написания ВКР – 6 месяцев.

Подставив известные значения в формулы 1–4, найдем годовые, ежемесячные и итоговые амортизационные отчисления соответственно:

$$A_g = \frac{100000 * 33,33\%}{100\%} = 33333 \text{ руб.}$$

$$A_m = \frac{33333}{12} = 3030 \text{ руб.}$$

$$A = 3030 * 6 = 18180 \text{ руб.}$$

Исследование выполнялось с использованием программного обеспечения с бесплатной студенческой лицензией, поэтому амортизация на ПО не рассчитывается, а значит, итоговая сумма амортизации основных фондов равна сумме амортизации двух ПК, то есть 18180 рублей. Это действительно для всех вариантов проведения научно-исследовательской работы.

Статья затрат «Основная заработная плата исполнителей» включает основную заработную плату, премии и доплаты всех исполнителей проекта. В качестве исполнителей проекта выступают магистрант и научный руководитель.

Заработная плата рассчитывается по Формуле 9:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (9),$$

где $Z_{зп}$ – заработная плата исполнителя;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата исполнителя;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата исполнителя (12%-15% от размера основной заработной платы).

Основную заработную плату можно получить по Формуле 10:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p * (1 + K_{пр} + K_d) * K_p \quad (10),$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата исполнителя;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником в днях;

$K_{пр}$ – премиальный коэффициент (0,3);

K_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_p – районный коэффициент (для Томска 1,3);

Среднедневную заработную плату можно получить по Формуле 11

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} \quad (11),$$

где Z_m – месячный должностной оклад исполнителя;

M – Количество месяцев работы, равное:

При отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

При отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d - действительный годовой фонд рабочего времени персонала по разработке.

Должностные оклады исполнителей проекта представлены в Таблице 15.

Таблица 15 – Месячные должностные оклады исполнителей

Исполнитель	Районный коэффициент	Размер месячного оклада без учета районного коэффициента, рубли.
Научный руководитель (должность - доцент)	1,3	33664
Магистрант (ассистент)		21760

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в Таблице 16.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (выходные и праздничные)	66
Потери рабочего времени (отпуска и невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

На основе Таблиц 15 - 16 и Формулы 11 была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}}(\text{магистрант}) = \frac{21760 * 10,4}{243} = 931,3 \text{ рубля}$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{руководитель}) = \frac{33664 * 10,4}{243} = 1440,8 \text{ рубля}$$

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Здн,	Кпр	Кд	Кр	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
-------------	------	-----	----	----	--------------	------------

	руб.					
НР	1440,8	0,3	0,2	1,3	8	22476,48
ИМ	931,3	0,3	0,2	1,3	110	199763,85

Расчет затрат на дополнительную заработную плату приведен в Таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб
НР	22476,48	0,12	2697,18
ИМ	199763,85	0,12	23971,66

Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды приведен в Таблице 19:

Таблица 19 – Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб	$Z_{\text{доп}}$, руб	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{внеб}}$
НР	22476,48	2697,18	0,302	7602,45
ИМ	199763,85	23971,66		67568,12

Накладные расходы (Таблица 5.18) учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: бумагу, канцелярию, печать документов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется согласно следующей Формуле 14:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) * k_{\text{НР}} \quad (14),$$

где $k_{\text{НР}}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Расчет затрат на накладные расходы представлен в Таблице 20.

Таблица 20 – Накладные расходы

Статья	Сумма, руб.
Затраты на амортизацию основных	18180

средств	
Затраты на основную заработную плату	222240,33
Затраты на дополнительную заработную плату	26668,84
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	75170,57
Накладные расходы	54761,56

После того, как была подсчитана каждая из статей расходов, можно приступить к формированию общего бюджета затрат проекта. Итоговый бюджет затрат и для каждого из вариантов исполнения разработки представлен в Таблице 21.

Таблица 21 – Бюджет затрат научно-исследовательского проекта

Статья	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Затраты на материалы	-	468,72	468,72
Затраты на амортизацию основных средств	-	18180	18180
Затраты на основную заработную плату	222240,33	222240,33	222240,33
Затраты на дополнительную заработную плату	26668,84	26668,84	-
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	75170,57	74672,75	66672,09
Накладные расходы	54761,56	54681,91	35558,45

Всего	397021,30	397542,55	343119,59
--------------	-----------	-----------	-----------

5.4 Определение сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по Формуле 15:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (15),$$

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется Формулой 16:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (16),$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Критерии, их весовые коэффициенты и оценки вариантов исполнения разработки, необходимые для расчета, представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Простота использования системы	0,1	4	4	5
2. Скорость разработки	0,1	3	4	5
3. Функциональные возможности	0,5	5	3	1
4. Надежность	0,3	5	3	1
5. Производительность	0,1	4	4	5
Итого	1			

$$I_{p-исп1} = 4 * 0,1 + 3 * 0,1 + 5 * 0,5 + 5 * 0,3 + 4 * 0,1 = 5,1$$

$$I_{p-исп2} = 4 * 0,1 + 4 * 0,1 + 3 * 0,5 + 3 * 0,3 + 4 * 0,1 = 3,6$$

$$I_{p-исп3} = 5 * 0,1 + 5 * 0,1 + 1 * 0,5 + 1 * 0,3 + 5 * 0,1 = 2,3$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{исп.i}$ определяется по Формуле 17:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (17),$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта, представленную в таблице 23, и выбрать лучший вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по следующей формуле 18:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (18)$$

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель	0,99	1	0,86

	разработки			
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5,15	3,60	2,30
3	Интегральный показатель эффективности	5,2	3,6	2,67
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,44		1,95

Итак, согласно значениям интегрального показателя эффективности, наиболее эффективным является вариант исполнения 1.

Первый вариант разработки имеет высокое значение интегрального показателя ресурсоэффективности и интегральный финансовый показатель. Данный вариант является самым дорогим, и обеспечивает максимальное удобство разработки и использования, производительности и скорость разработки.

Вывод по главе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Итак, в ходе выполнения части работы по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению был проведен анализ разрабатываемого исследования.

Во-первых, оценен коммерческий потенциал и перспективность проведения исследования. Результаты, полученные в ходе исследования, говорят о потенциале и перспективности на уровне выше среднего.

Во-вторых, проведено планирование НИР, а именно: определена структура и календарный план работы, трудоемкость и бюджет НИИ. Результаты соответствуют требованиям к ВКР по срокам и иным параметрам.

В-третьих, определена сравнительная эффективность исследования, что показывает, что выбранная реализация проекта является наиболее эффективной.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Исследовательская работа заключается в проектирование и разработке тренажера "Подстанция 220 кВ" под мобильное устройство ВР. Целью тренажера является обучение операторов правильному вводу и выводу автотрансформатора в эксплуатацию.

Работа выполнялась в городе Томске в лаборатории университета и в домашних условиях в холодном и теплом периодах года.

Так как приложение будет использоваться на рабочем месте оператора персонального компьютера, то в данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при использовании средств вычислительной техники. Также раздел включает в себя выявление возможных вредных воздействий на окружающую среду, программ по их снижению и экономии невозможных ресурсов и способах защиты в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть на рабочем месте.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормативное регулирование охраны труда осуществляется посредством трудового кодекса РФ, согласно которому работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда [29];
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций

об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов [29];

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом [29];

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [29];

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности [29].

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на персональном компьютере (ПК) и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Вид трудовой деятельности на персональном компьютере в рамках данной работы соответствует группе В – творческая работа в режиме диалога с ПК, категория трудовой деятельности – III (до 6 часов непосредственной работы на ПК).

При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК, соответствующей описанным выше критериям необходимо через 1,5- 2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва устраивать регламентированные перерывы продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Продолжительность непрерывной работы на ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часа.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы (микропаузы) длительностью 1-3 минуты.

Регламентированные перерывы и микропаузы целесообразно использовать для выполнения комплекса упражнений и гимнастики для глаз, пальцев рук, а также массажа. Комплексы упражнений целесообразно менять через 2-3 недели.

Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет и инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены сокращается на один час. К работе в ночную смену не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Дополнительные отпуска 67 предоставляются работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, работникам имеющими особый характер работы, работникам 64 с ненормированным рабочим днем и работающим в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему местностях.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочие места с ПЭВМ требуют значительного умственного напряжения и высокой концентрации внимания. Организация рабочего места любого сотрудника, выполняющего длительную работу за ПЭВМ, регламентируется несколькими нормативными документами: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина» и рядом других. Основными элементами рабочего места программиста являются стол, кресло, монитор. А основное рабочее положение – сидя. 87 Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света [30]. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки, и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4-0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы [30]. Высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники. А его поверхность должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения работника [37]. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Помещение должно быть оборудовано системами вентиляции, кондиционирования и отопления.

6.2 Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны инженера-программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы. [31]

Таблица 24 – Классификация вредных и опасных факторов [31]

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Проектирование	Разработка	Формирование отчетности	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [32].
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.133330.2016 Естественное и искусственное освещение [33].
Недостаточная освещенность	+	+	+	СП 52.133330.2016 Естественное и искусственное освещение [34].

рабочей зоны				
Повышенная напряженность электрического поля	+	+	+	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [35].
Повышенный уровень шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [36].
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [37]. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [38]. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [39].

6.2.1 Микроклимат

Параметрами, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха; температура поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха [31].

Таблица 25 – Параметры микроклимата [31]

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м\с	
	Мин.	Макс.		Макс.	Мин.
Холодный	20-22	24-25	15-75	0,1	0,1
Теплый	21-23	25-28	15-75	0,1	0,2

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 22 °С и 21 °С при относительной влажности 45% в холодный период года; 24 °С и 23 °С при относительной влажности воздуха 50% в теплый период года, что соответствует нормам [31].

6.2.2 Освещенность

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с монитором. Низкий уровень освещенности рабочей зоны может привести к быстрому утомлению, головным болям, снижению остроты зрения и концентрации внимания, что может привести к ухудшению производительности труда.

Помещения, в которых проводится эксплуатация ПЭВМ, должны иметь совмещенное освещение. Это значит, что одновременно должны применяться естественное и искусственное типы освещений в течение полного рабочего дня. В случае, если в помещении не хватает естественного света по нормам, то оно должно дополняться искусственным [32].

В процессе разработки программисту приходится различать объекты на мониторе. Данный вид работ относится к подразряду «Г» 3-го разряда зрительных работ (работы высокой точности). В таблице 3 представлены требования к освещению для данного вида работ.

Таблица 26 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ЭВМ [32]

Характеристика зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение	
			Освещенность, лк	
			При системе комбинированно го освещения	При системе

			Всего	В том числе от общего	общего освещения
Высокой точности	Средний и большой	Светлый и средний	400	200	200

Работа над текущей работой велась в помещении прямоугольной формы с параметрами: длина помещения $A = 6$ м, ширина помещения $B = 4,2$ м, высота помещения $H = 3$ м, Площадь помещения $S = 25,2$ м². Коэффициент отражения стен $R_c = 30\%$, потолка $R_n = 50\%$. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$. Выбираем светильники типа ШОД, $\lambda = 1,2$. Приняв $h_c = 0,5$ м, определяем расчетную высоту: $h = H - h_c - h_{pn} = 3 - 0,5 - 0,7 = 1,8$ м

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda * h = 1,2 * 1,8 = 2,16 \text{ м}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 0,72 \text{ м}$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3} * L}{L} + 1 = \frac{4,2 - \frac{2}{3} * 2,16}{2,16} + 1 = 2,28 \approx 2$$

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3} * L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{6 - \frac{2}{3} * 2,16}{1,2 + 0,5} = 2,68 \approx 3$$

Размещаем светильники в два ряда. В ряду устанавливается 3 светильника типа ШОД 2-40, расстояние в ряду между светильниками составило 0,4 м.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)} = \frac{25,2}{1,8 * (6 + 4,2)} = 1.37$$

Определяем коэффициент использования светового потока: $\eta = 0,38$.

$$\Phi = \frac{E_H * S * K_S * Z}{N_{л} * \eta} = \frac{300 * 25,2 * 1,5 * 1,1}{12 * 0,38} = 2\,735 \text{ лм}$$

По таблице выбираем ближайшую стандартную лампу ЛТБ 2850 лм 40 Вт.

Определяем электрическую мощность осветительной установки $P = 12 * 40 = 480 \text{ Вт}$.

6.2.3 Шум

При выполнении работ, описанных выше, специалист может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в рабочем помещении: система вентиляции, кулеры ПК, серверов и пр. Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, следовательно, работа программиста может классифицироваться как труд средней степени напряженности с лёгкими физическими нагрузками. Для данной категории трудящихся, в помещении с установками вентиляции, эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 65 дБА [33].

При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочих местах должен не превышать 50 дБА. Шумящее оборудование, те, у которых уровни шума могут превышать нормированные, должны находиться вне помещения с ПЭВМ.

Снизить уровень шума в помещениях можно с помощью звукопоглощающих материалов с коэффициентами звукопоглощения в частотах 63 – 8000 Гц для отделки помещений.

6.2.4 Электробезопасность

Работа с ЭВМ может представлять опасность поражения электричеством. Взаимодействие организма человека с проходящим через него электрическим током оказывает термическое, электролитическое и биологическое воздействие. Последствия могут привести к ожогам, изменению свойств органических жидкостей.

Рабочие помещения должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации вычислительной техники и электроустановок [37]. Их не следует размещать вблизи силовых кабелей, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ. Нормы напряжения представлены в таблице.

Таблица 27 – Нормы напряжения прикосновения и токов, протекающих через тело человека [38]

Ряд тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Постоянный	8	1

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательно выполнение следующих мер предосторожности:

- перед началом работы следует убедиться в исправности и закреплении выключателей и розеток;
- при обнаружении повреждения оборудования необходимо сообщить об этом ответственному за оборудование.

6.3 Экологическая безопасность

В текущей работе выявлен предполагаемый источник загрязнения окружающей среды, а именно воздействие на литосферу в результате образования отходов при поломке предметов вычислительной техники и оргтехники. Утилизация компьютерного оборудования является достаточно сложной.

Вышедшие из строя ПК и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Непосредственная переработка большей части компонентов включает в себя их сортировку, последующую гомогенизацию и отправку для повторного использования, т.е. с предварительным помолом или переплавкой. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации [39].

Люминесцентные лампы представляют собой «чрезвычайно опасные» виды отходов. Содержание ртути в любых люминесцентных лампах составляет от трех до пяти миллиграмм ртути. С учетом этого необходимо обеспечивать определенные условия хранения, их эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам хранить ртутьсодержащие отходы необходимо в специальных герметичных контейнерах, доступ посторонним лицам к таким контейнерам должен быть запрещен. Транспортировка ламп на полигоны складирования должна выполняться организациями, которые специализируются на утилизации опасных отходов. Категорически запрещено размещение таких

отходов, как люминесцентные лампы на полигонах твердых бытовых отходов [39].

В ходе работы также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Возможные чрезвычайные ситуации

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации проектируемого решения:

- техногенные (взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения);
- природные (наводнения, ураганы, бури, природные пожары);
- биологические (эпидемии, пандемии);
- антропогенные (война, терроризм).

Общие правила поведения при чрезвычайных ситуациях:

1) Не паниковать и не поддаваться панике. Призывать окружающих к спокойствию.

2) По возможности немедленно позвонить по телефону «01», сообщить что случилось, указать точный адрес места происшествия, назвать свою фамилию и номер своего телефона.

3) Включить устройства передачи звука (радио, телевизор), а также прослушать информацию, передаваемую через уличные громкоговорители

и громкоговорящие устройства. В речевом сообщении будут озвучены основные рекомендации и правила поведения.

4) Выполнять рекомендации специалистов (сотрудников полиции, медицинских работников, пожарных, спасателей).

5) Не создавать условия, которые препятствуют и затрудняют действия сотрудников полиции, медицинских работников, спасателей, пожарных.

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные электронно-вычислительными машинами, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Причинами возникновения данного вида ЧС могут являться:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке;
- возгоранием устройств вычислительной техники из-за неисправности аппаратуры;
- возгоранием устройств искусственного освещения;
- возгоранием мебели по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок

Помещение для работы операторов ПЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д (из 5-ти категорий А, Б, В1-В4, Г, Д), т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии.

6.4.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и меры по ликвидации ее последствий

Пожарная безопасность подразумевает надлежащее состояние объекта с исключением возможности возникновения очага возгорания (пожара) и его распространения в пространстве. Обеспечение пожарной безопасности — приоритетная задача для любого предприятия. Создание системы защиты регламентировано законом и нормативными документами различных ведомств.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности [36]:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Работник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
 - принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
 - отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- Приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
 - при общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

План эвакуации при пожаре во время эксплуатации проектного решения представлен на Рисунке 36.



Рисунок 36 – План эвакуации

Вывод по главе «социальная ответственность»

В результате изучения и анализа стандартов и правил, касающихся работы в помещениях с электронно-вычислительными устройствами, можно сделать вывод, что выполнение проекта соответствовало всем заявленным нормам безопасности жизнедеятельности. Автор не подвергался серьезному воздействию опасных факторов.

Рабочее места и помещение в целом во время проведения исследовательской работы соответствовало региональным стандартам, а также санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы была проанализирована предметная область, были проанализированы социальные и финансовые аспекты касающиеся разработки проекта. Была описана архитектура тренажера в целом. Был спроектирован один из ключевых систем тренажера – система, которая отвечает за обучения пользователя. На основании результатов проектирования была реализована данная система.

В ходе анализа предметной области было показано, что тренажеры в виртуальной реальности являются одним из самых эффективных способов обучения операторов. Помимо эффективности обучения, VR-тренажеры снижают риски получения травмы обучаемым на реальном производстве и риски, связанные с поломкой дорогостоящего оборудования неопытным сотрудником, а также экономические издержки, например, на зарплату наставника, перевозку обучающего на объект и т. д.

Был проанализирован рынок виртуальной реальности в России. По мнению аналитиков, рынок связанный с VR-технологиями будет расти из года в год. Также был проведен анализ влияния геополитической ситуации на рынок в России, согласно которому хотя и на текущий момент рынок виртуальной реальности пострадал от санкций, направленных против России, но в долгосрочной перспективе стоимость VR-проектов может снизиться, а также в перспективе могут быть разработаны Российские аналоги, как и шлемов виртуальной реальности, так и программного обеспечения, которое необходимо для разработки.

Были рассмотрены способы восприятия человеком информации, на этой основе были сформулированы способы эффективного обучения в виртуальной реальности.

Были рассмотрены решения, которые существуют на рынке. Проанализированы слабые и сильные стороны данных решений. Анализ конкурентных решений осуществлялся в контексте способов обучения пользователя.

Опираясь на проведенный анализ, была спроектирована система, которая позволяет обучать пользователя в виртуальной реальности. Разработанная система является универсальной и может быть использована в любом другом тренажере.

CONCLUSION

In the course of this work the subject area was analyzed, social and financial aspects related to the development of the project were analyzed. The architecture of the simulator as a whole was described. One of the key systems of the simulator was designed - a system that is responsible for user training. Based on the design results, this system was implemented.

During the analysis of the subject area, it was shown that simulators in virtual reality are one of the most effective ways to train operators. In addition to the effectiveness of training, VR simulators reduce the risk of injury to trainees in real production, the risks associated with the breakdown of expensive equipment by an inexperienced employee, as well as economic costs, for example, for the salary of a mentor, transportation of a trainer to a facility, etc.

The virtual reality market in Russia was analyzed. According to analysts, the market associated with VR technologies will grow from year to year. An analysis was also made of the impact of the geopolitical situation on the market in Russia, according to which, although at the moment the virtual reality market has suffered from sanctions against Russia, the cost of VR projects may decrease in the long term, and Russian analogues may also be developed in the future, as well as virtual reality helmets, and the software that is necessary for development.

The methods of human perception of information were considered, on this basis, methods of effective learning in virtual reality were formulated.

Solutions that exist on the market were considered. The strengths and weaknesses of these solutions are analyzed. The analysis of competitive solutions was carried out in the context of user learning methods.

Based on the analysis carried out, a system was designed that allows the user to be trained in virtual reality. The developed system is universal and can be used in any other simulator.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Alexander, T., Westhoven, M., and Conradi, J. (2017). "Virtual environments for competency-oriented education and training," Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42070-7_3 (дата обращения: 20.12.2021).
2. Akçayır, M., and Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: a systematic review of the literature. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X16300616?via%3Dihub> (дата обращения: 05.05.2022).
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092656609000294?via%3Dihub> (дата обращения: 20.12.2021).
4. Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/963459> (дата обращения: 05.01.2022).
5. Vacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., and Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Augmented+reality+trends+in+education%3A+a+systematic+review+of+research+and+applications%2E&journal=J%2E+Educ%2E++Technol%2E+Soc%2E&author=Vacca+J.&author=Baldiris+S.&author=Fabregat+R.&author=and+Graf+S.&publication_year=2014&volume=17&issue=133 (дата обращения: 05.01.2022).
6. Baños, R. M., Botella, C., Garcia-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., and Alcaniz, M. (2000). Presence and reality judgment in virtual environments: a unitary construct? » [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

- <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cpb.1999.2.143> (дата обращения: 03.01.2022).
7. Baños, R., Botella, C., García-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., and Gallardo, M. (2009). Psychological variables and reality judgment in virtual environments: the roles of absorption and dissociation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389> (дата обращения: 03.01.2022).
 8. Baus, O., and Bouchard, S. (2014). Moving from virtual reality exposure-based therapy to augmented reality exposure-based therapy: a review [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3321>. (дата обращения: 05.05.2022).
 9. Биосса, F. (1997). The cyborg's dilemma: progressive embodiment in virtual environments. Режим доступа: <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997>. (дата обращения: 04.01.2022).
 10. Биосса, F., Harms, C., and Gregg, J. (2001). « The networked minds measure of social presence: pilot test of the factor structure and concurrent validity,» in 4th Annual International Workshop on Presence» Режим доступа: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=%22The+networked+minds+measure+of+social+presence%3A+pilot+test+of+the+factor+structure+and+concurrent+validity%2C%22+in&journal=4th+Annual+International+Workshop+on+Presence&author=Biocca+F.&author=Harms+C.&author=and+Gregg+J.&publication_year=2001&pages=1-9. (дата обращения: 05.05.2022).
 11. Анализ рынка VR/AR в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%D0%B2%D0%B8%D1%80

D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B8_%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8._%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80_TAdviser_2 (дата обращения: 05.01.2022).

12. Цифровизация предприятий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/partnership/741021-gazprom-neft-v-ramkakh-pmef-2022-zaklyuchila-ryad-vazhnykh-soglasheniy-v-sfere-obrazovaniya-i-tsifro/> (дата обращения: 15.02.2022).
13. Российские шлемы виртуальной реальности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roscosmos.digital/services/vr-ar-tekhnologii/> (дата обращения: 15.02.2022).
14. Bohil, C. J., Alicea, B., and Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/nrn3122> (дата обращения: 25.02.2022).
15. Borrego, A., Latorre, J., Llorens, R., Alcañiz, M., and Noé, E. (2016). Feasibility of a walking virtual reality system for rehabilitation: objective and subjective parameters. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?Db=pubmed&Cmd=ShowDetailView&TermToSearch=27503112> (дата обращения: 05.05.2022).
16. Botella, C., Fernández-Álvarez, J., Guillén, V., García-Palacios, A., and Baños, R. (2017). Recent progress in virtual reality exposure therapy for phobias: a systematic review. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11920-017-0788-4> (дата обращения: 03.04.2022).
- 17.

18. Brown, A., and Green, T. (2016). Virtual reality: low-cost tools and resources for the classroom. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cpb.2005.8.162> (дата обращения: 03.04.2022).
19. Восприятие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.archive.org/web/20160304071505/http://www.vocabulary.ru/dictionary/30/word/vosprijatie> (дата обращения: 04.05.2022).
20. Теории и методы исследования восприятия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/teorii-i-metody-issledovaniya-vospriyatiya-4090373.html> (дата обращения: 04.05.2022).
21. Electrical Substation Training. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vrvisiongroup.com/electrical-engineering-substation-training-using-virtual-reality/> (дата обращения: 04.05.2022).
22. Electrical Substation Training Description. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.digitalengineeringmagic.com/vr-training/vr-training-hv-electrical-substation/> (дата обращения: 04.05.2022).
23. VR simulator for power engineers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.dreamport.pro/project/vr-simulator-for-power-engineers/> (дата обращения: 15.05.2022).
24. VR-тренажер для энергетиков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wadline.ru/project/7348/> (дата обращения: 05.05.2022).
25. Постановлению Правительства РФ №1 «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901808053> (дата обращения: 16.05.2022).
26. Приказ Министерства Финансов РФ от 17 сентября 2020 года N 204н «Об утверждении Федеральных стандартов бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 "Основные средства" и ФСБУ 26/2020 "Капитальные вложения"»

- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566007982> (дата обращения: 25.05.2022).
- 27.ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 22.05.2022).
- 28.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 22.05.2022).
- 29.ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 22.05.2022).
- 30.СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 22.05.2022).
- 31.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 22.05.2022).
- 32.ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012832> (дата обращения: 22.05.2022).
- 33.ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 22.05.2022).
- 34.ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [Электронный

- ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051575> (дата обращения: 02.05.2022).
- 35.ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 22.05.2022).
- 36.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 28.05.2022).
- 37.ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> (дата обращения: 28.05.2022).
- 38.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 28.05.2022).
- 39.ГОСТ Р 53692-2009 обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200081740> (дата обращения: 28.05.2022).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Chapter 1. Application Design

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ01	Мамич Кирилл Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестнев Владислав Станиславович	к.т.н.		

Консультант отделения ОИТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Видман Виталий Викторович	—		

Консультант-лингвист кафедры иностранных языков ИСГТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н		

1. Introduction

Virtual Reality (VR) started out as a niche product in the gaming industry, but now its benefits have spilled over into a broader business area. With virtual reality businesses can create realistic simulations without risk at minimal cost. Currently, there is a complication of certain technological objects. The detail of operators on such objects becomes less and less algorithmic. Therefore, the question of operator training is posed in a new way. This research shows that the most effective way of learning is learning through hands-on, but in most cases, such training is not possible. The reasons may be different, for example, economic – a salary of mentors, a payment of business trips, a risk of breakdown expensive equipment by an inexperienced employee. In addition, training on a real object can threaten the life of a student. The way out of this situation can be simulators in virtual reality. A virtual reality trainer (simulator) is a software-hardware complex that models the main elements of a real object and how to interact with it.

1. Application Design

In this section we are discussing general structure of a developed simulator. The key components that make up the simulator will be considered.

1.1. Architecture of Simulator "Substation 220 kV"

Figure 1 shows a block diagram of the simulator that implements user's work in a virtual space.

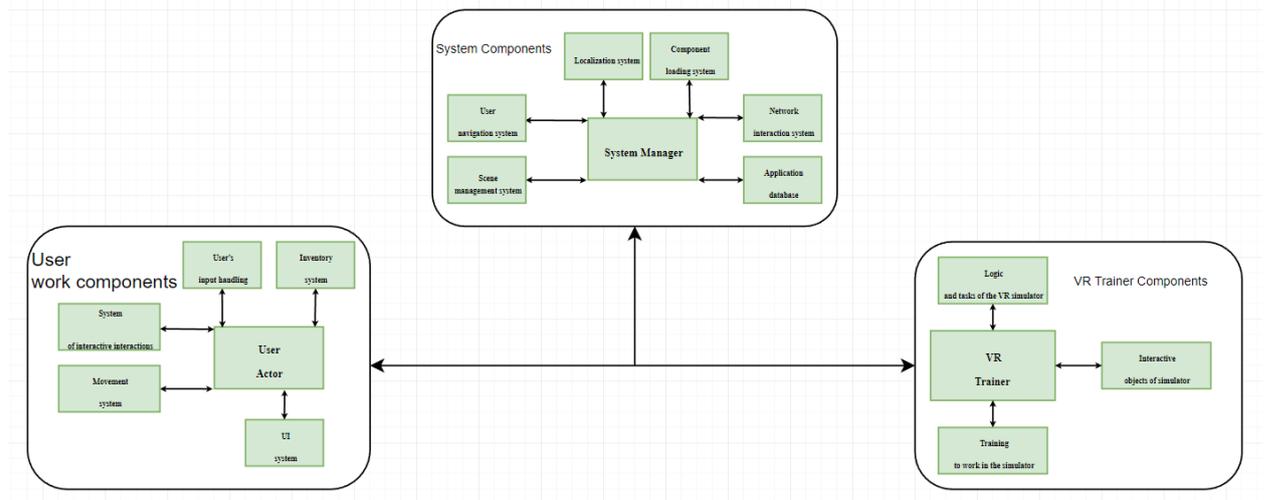


Figure 1 – Structural diagram of simulator

There are three main blocks in the diagram:

- system components. Responsible for the functioning of the environment and the application as a whole. System components allow the user to properly interact with the simulator, with the environment, with the web server, and also perform a number of other auxiliary functions;
- components of work with the user. They control how the user in the VR simulator will interact with the environment. In a generalized form, these components can be represented as a mapping of the user into the virtual space;

- components of a VR simulator. They are specifically responsible for the content of the virtual space within a given simulator, the user's actions, the logic of interactions, etc.

Next, the functionality of each of the constituent components will be considered.

1.2 System Components

The block of system components is responsible for the functioning of the environment and the application as a whole. The following is a list of system components with a description of their functionality.

1.2.1 System Manager

The system manager is the main control component of this block - the interaction of environment objects with system components occurs through it. The system manager is a singleton that ensures the correct functioning of the application, provides the possibility of user interaction with the simulator system. The system manager is loaded the first time the application is launched on its own stage, after which it initializes the rest of the system components.

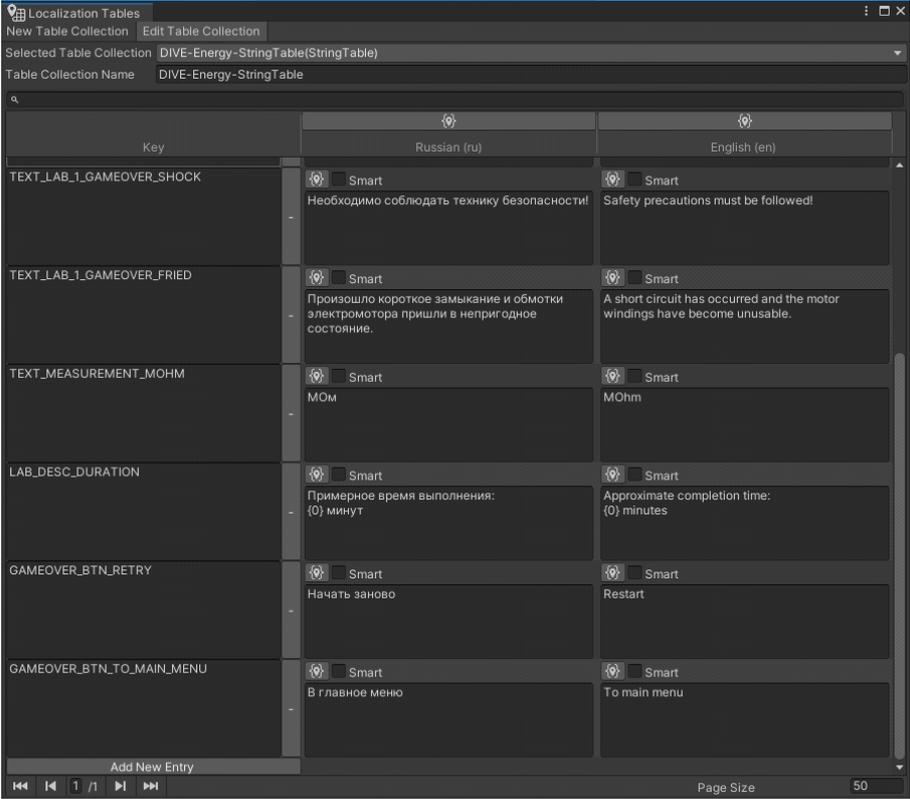
1.2.2 Scene Management System

The scene management system is responsible for loading the scenes on which the user's actions take place in the VR simulator. The player and system components are on a special control scene, which is not loaded during the entire application's run. When moving to a new location, the scene management system loads two more scenes - the logic scene and the graphics scene for this location. As a result, three scenes are almost always active during application's run - the control scene, logic and graphics (with the exception of transitions between locations, when only the control scene is active). The division of locations into scenes of logic and graphics is done due to the convenience of

dividing work and considering the possibility of conducting several different simulators in one virtual location.

1.2.3 Localization System

This component is responsible for localizing all application texts that the user can see. The system has tables of texts and assets, the variants of which differ from the selected language. The localization system allows you to upload and download texts as a .csv file for the editor. The localization system is predominantly accessed by user interface elements. Figure 2 shows an example of a table with localized texts.



The screenshot shows a software window titled "Localization Tables". It features a menu bar with "New Table Collection" and "Edit Table Collection". Below the menu, it displays "Selected Table Collection: DIVE-Energy-StringTable(StringTable)" and "Table Collection Name: DIVE-Energy-StringTable". The main area is a table with three columns: "Key", "Russian (ru)", and "English (en)". Each row contains a key and its corresponding translations in both languages. At the bottom, there is an "Add New Entry" button and a "Page Size" indicator set to 50.

Key	Russian (ru)	English (en)
TEXT_LAB_1_GAMEOVER_SHOCK	Необходимо соблюдать технику безопасности!	Safety precautions must be followed!
TEXT_LAB_1_GAMEOVER_FRIED	Произошло короткое замыкание и обмотки электромотора пришли в непригодное состояние.	A short circuit has occurred and the motor windings have become unusable.
TEXT_MEASUREMENT_MOHM	МОм	MOhm
LAB_DESC_DURATION	Примерное время выполнения: {0} минут	Approximate completion time: {0} minutes
GAMEOVER_BTN_RETRY	Начать заново	Restart
GAMEOVER_BTN_TO_MAIN_MENU	В главное меню	To main menu

Figure 2. An example of a table with localized texts

1.2.4 Network Interaction System

This component makes requests to the REST API of the server and processes them. Through the system of network interactions, the user is authorized in the system using the interface of the VR simulator, saving user

data, loading and saving data on the progress of the simulator, etc. Network requests are executed on a first come, first served basis, asynchronously, and in the background.

1.2.5 Application Database

This component manages the local database within the application. The database can store intermediate data offline. A new database is created in the component (if necessary), initialized and periodically synchronized with the server. An interface for interacting with the logic of VR simulators is also available.

1.2.6 Component Loading System

The component loading system is necessary to wait for the initialization of components of various types, and to perform actions upon completion of their loading. Some components can have an important effect on the functioning of an application, so it makes sense to stop the user from interacting with anything until they have finished loading. The system is implemented as a package handler (batch), and issues notifications when all components in the package are initialized.

1.2.7 User Navigation System

This system is used for visual effects displayed to the user when transitioning between scenes or loading important components. If a transition is necessary, the user is placed in a special object that can hide visibility (darkening the camera), display loading progress, notify about the forced termination of the simulator with the possibility of restarting, etc. The user transition system is closely linked to the scene management system.

1.3 User Work Components

The user work component block is primarily responsible for the user actor and everything directly related to it. In a generalized form, these

components can be represented as a mapping of the user into the virtual space. The following is a list of the main components with a description of their functionality.

1.3.1 User Actor

This component is the user's point of view in the virtual space, it is synchronized with the helmet and controllers of the VR device. All other components of the user experience are tied to the actor directly or indirectly. The actor has a physical location in space, can move in it, is subject to the action of gravitational forces, can interact with interactive objects in the environment and the user interface. System components and components of VR simulators interact with the actor. The user actor has hand graphics that change depending on the input data from the user input processing component and the interactive interaction system. Figure 3 shows the user actor asset.

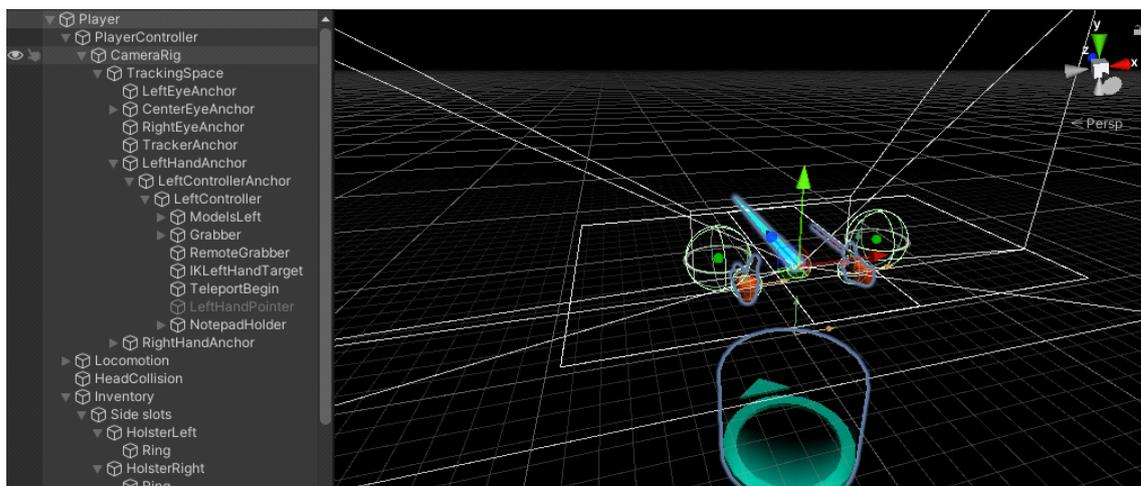


Figure 3. User Actor

1.3.2 User's Input Handling

A user data processing component for converting the input settings of controllers, considering different types and models of VR devices, into uniform values that can read sensations and cause sensations in the application.

1.3.3 UI system

The user interface system handles user interaction with UI elements. Interaction can be carried out both with the help of a beam and physically (pressing with virtual fingers). The system converts beam actions to cursor actions, which can be considered as standard cursor interaction with the UI.

1.3.4 Movement System

Serves for the movement of the user in space. Movement was carried out essentially - turn, smooth displacement and teleport. The rotation module is responsible for rotating the user to a given angle when Collecting the right controller stick. The module of the smooth movement of the actor's motor in the deflection of the left controller stick. The teleport module draws a teleport trajectory line at the specified point using the movement of the left controller stick, and the teleport occurs when the stick returns to the reverse scheme. The teleport method is recommended for less experienced users of virtual reality, as well as for moving to hard-to-reach places. The glide method provides more control over your movement, but can be uncomfortable for less experienced VR users. In figures 4-5, an example of movement using teleportation is translated.



Figure 4. An example of moving using a teleporter. Start of teleportation



Figure 5. An example of moving using a teleporter. End of teleportation

1.3.5 System of Interactive Interactions

This system plays a key role in immersing the user in VR. Within the framework of the system, the components Grabber (grabbing) and Grabbable (an object that can be grabbed) interact. The grabbed object is attached to the grasping one, and the grasping one can perform various manipulations on this object - throw, move, release, turn on, etc.

1.3.6 Inventory System

The user can attach some objects to his belt, sleeve, etc., simulating the functionality of a backpack, pockets or other devices for holding objects. Within this system, there are inventory slots that are tied to the user, can only hold certain objects (that “fit” in this slot). Slots that only accept an item of a certain category can be allocated when the user is holding an item of that category in their hands. Figures 6-7 show an example of the use of inventory.

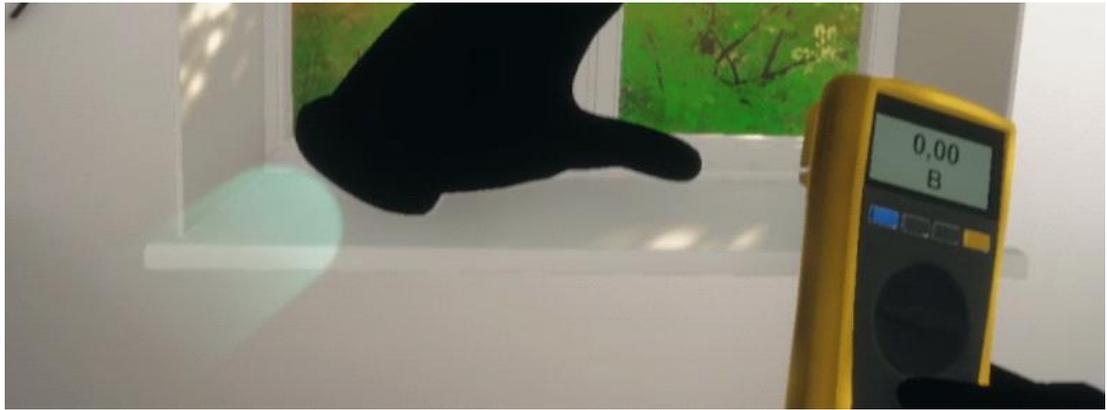


Figure 6. An example of an inventory slot on the left hand



Figure 7. An example of attaching an item

1.4. VR Trainer Components

A block of components that contain the user's actions, the training system and a number of interactive objects necessary to complete the task of the simulator.

1.4.1 Logic and Tasks of VR simulator

This section generally refers to the groups of program code responsible for the user to perform the tasks of the simulator. It also checks the correct sequence of tasks performed by the user.

1.4.2 Interactive Objects of Simulator

This section generally includes groups of program code responsible for working with interactive objects in the simulator, as well as correctly formed object prefabs.

1.4.3 Training to Work in Simulator

As part of the training system, tips are implemented in the form of pop-up windows with text, sound prompts, prompts with highlighting / highlighting the necessary devices, and animated objects illustrating actions that need to be performed using controllers (control prompts). These hints can be grouped together to show the user the desired sequence of actions.

1.4. Chapter Conclusions

Within the framework of this chapter, the architecture of the virtual reality simulator "Substation 220 kV" was described. The main components of the system that make up the simulator were described, namely:

- System components;
- Components of work with the user;
- VR Trainer Components

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ДИАГРАММА КЛАССОВ СИСТЕМЫ ПОДСКАЗОК

