



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: 09.03.04 «Программная инженерия»  
ООП/ОПОП: Разработка программно-информационных систем  
Отделение школы (НОЦ): ОИТ

### **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
<b>Разработка механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве</b>

УДК 004.94:621.315.17

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лоскутов Виталий Валерьевич			

### **КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### **ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Чердынцев Евгений Сергеевич	к.т.н		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
ОПК(У)-2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
ОПК(У)-5	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем.
ОПК(У)-7	Способен осуществлять выбор платформ и инструментальных программно-аппаратных средств для реализации информационных систем
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен выполнять интеграцию программных модулей и компонент.

<b>ПК(У)-2</b>	Владение навыками моделирования, анализа и использования формальных методов конструирования программного обеспечения.
<b>ПК(У)-9</b>	Способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.
<b>ПК(У)-13</b>	Способность использовать информационные технологии и инструментальные средства при разработке проектов.



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 09.03.04 Программная инженерия  
Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП/ОПОП  
\_\_\_\_\_ Чердынцев Е.С.  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич

Тема работы:

<b>Разработка механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	09.06.2023
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Объектом исследования является разработанный тренажер виртуальной реальности для монтажа линии электропередач.</p>
---	---

<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор технологий для реализации тренажера виртуальной реальности,</li> <li>2. Проектирование компонентов и механик тренажера виртуальной реальности,</li> <li>3. Реализация компонентов и механик тренажера виртуальной реальности,</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слайды в формате *.pptx, демонстрирующие результаты работы</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.03.2023</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лоскутов Виталий Валерьевич			

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8K93	Прокопчик Станислав Евгеньевич		



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 – 09.03.04 «Программная инженерия»  
Уровень образования – Бакалавриат

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич

Тема работы:

<b>Разработка механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве</b>		
Срок сдачи обучающимся выполненной работы:		09.06.2023
<b>Дата контроля</b>	<b>Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)</b>	<b>Максимальный балл раздела (модуля)</b>
30.03.2023	Обзор технологий для реализации тренажера виртуальной реальности	20
25.04.2023	Проектирование компонентов и механик тренажера виртуальной реальности	20
25.05.2023	Реализация компонентов и механик тренажера виртуальной реальности	30
15.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	10
15.05.2023	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Лоскутов Виталий Валерьевич			

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОИТ ИШИТР	Чердынцев Евгений Сергеевич	к.т.н.		

**Обучающийся**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич		

## Оглавление

Реферат .....	10
Введение.....	11
Цель работы .....	13
Обозначения и сокращения.....	14
1. Обзор технологий.....	15
1.1. Выбор шлема виртуальной реальности.....	15
1.2. Обзор существующих движков для реализации тренажеров виртуальной реальности .....	17
1.3. Обзор существующих тренажеров в виртуальной реальности ..	18
1.3.1. НоваТранс .....	18
1.3.2. PROMVR.....	20
1.3.3. Varmin.....	21
2. Проектирование тренажера.....	23
2.1. Выбор используемых средств разработки.....	23
2.2. Реализация тренажера в рамках обучающей системы DIVE.....	24
2.3. Этапы прохождения тренажера .....	25
2.4. Проектирование алгоритмов интерактивного взаимодействия с тренажером .....	26
2.4.1. Установка монтажных опор .....	26
2.4.2. Настройка параметров опор .....	27
2.4.3. Установка опор близко друг к другу.....	28
2.4.4. Установка опор в запрещенных местах .....	29
2.4.5. Прокладка кабеля в хаотичном порядке .....	29
2.4.6. Визуальное отображение опор .....	30
2.4.7. Поднятие по опорам.....	31
2.4.8. Прокладка кабеля .....	35
2.4.9. Натяжка кабеля.....	36
3. Реализация механик тренажера .....	39
3.1. Взаимодействие с интерактивными предметами .....	39
3.2. Анимация кистей рук.....	43

3.3.	Установка монтажных опор .....	46
3.4.	Установка опор близко друг к другу.....	48
3.5.	Установка опор в запрещенных местах .....	49
3.6.	Визуальное отображение опор .....	50
3.7.	Поднятие по опорам.....	52
3.8.	Прокладка кабеля .....	54
3.9.	Натяжка кабеля.....	57
3.10.	Завершение работ в тренажере .....	58
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	
	.....	60
	Введение.....	60
4.1.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	61
4.1.1.	Потенциальные потребители результатов исследования .....	61
4.1.2.	Анализ конкурентных технических решений .....	61
4.1.3.	SWOT-анализ.....	63
4.2.	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	66
4.3.	Планирование научно-исследовательских работ .....	66
4.3.1.	Структура работ в рамках научного исследования .....	66
4.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ .....	67
4.3.3.	Разработка графика проведения научного исследования .....	70
4.3.4.	Бюджет научно-исследовательских работ.....	70
4.3.4.1.	Расчет материальных затрат НИР .....	71
4.3.4.2.	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей .....	72
4.3.4.3.	Основная заработная плата исполнителя темы .....	73
4.3.4.4.	Расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы. ....	75
4.3.4.5.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления). ....	75
4.3.4.6.	Накладные расходы .....	77
4.3.4.7.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	78
4.3.4.8.	Стоимость разработки .....	78

4.4.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	78
	Вывод по разделу .....	80
5.	Социальная ответственность .....	84
	Введение.....	84
5.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.....	85
5.1.1.	Правовые нормы трудового законодательства .....	85
5.1.2.	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	85
5.2.	Производственная безопасность .....	87
5.2.1.	Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения, отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения, повышенная яркость света.....	88
5.2.2.	Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса .....	89
5.2.3.	Факторы, связанные с электрическим током .....	90
5.2.4.	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	90
5.3.	Экологическая безопасность.....	91
5.4.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
	Вывод по разделу .....	94
	Заключение .....	96
	Список использованных источников .....	98

## Реферат

Ключевые слова: VR, тренажёр, алгоритмы, механики, взаимодействия, интерактив, погружение.

Объект исследования: разработанный тренажер виртуальной реальности для монтажа линии электропередач.

Предмет исследования: разработка и реализация тренажера виртуальной реальности для монтажа линии электропередач.

Цель работы: проектирование основных механик интерактивного взаимодействия для монтажа линии электропередач в виртуальном пространстве.

В процессе исследования был проведен обзор существующих тренажеров, описаны процессы создания интерактивных предметов и способы взаимодействия с ними, были спроектированы и разработаны основные механики тренажера.

В результате исследования получено приложение, которое реализует основные механики интерактивного взаимодействия для монтажа линии электропередач в виртуальном пространстве.

Область применения: обучение и практическая подготовка специалистов в сфере монтажа линий электропередач.

В будущем планируется: доработать нахождение объектов в безопасной зоне опоры для обеспечения меньшей ресурсозатратности алгоритма, добавить механику закрепления кабеля на опоре с использованием специализированного инструмента, добавить механику проверки кабеля на обрыв замером его сопротивления, добавить механику завершения монтажа подключением кабеля к распределительному щиту.

## Введение

Развитие техники программирования, быстрый рост производительности полупроводниковых микросхем, разработка специальных средств передачи информации человеку и обратной связи, как звуковой и визуальной, так и тактильной – всё это создало новое качество восприятия виртуальных миров.

Главный эффект погружения в виртуальный мир, когда человек попадает в мир, похожий на настоящий или предварительно сценарированный командой разработчиков, и может не только наблюдать за происходящим, но и самостоятельно принимать решения и действия, которые приводят к желаемому результату.

С появлением шлемов виртуальной реальности взаимодействие с искусственно созданными мирами вышло на новый уровень. Если раньше технологии виртуальной реальности были непопулярны, дорого стоили и работать с ними было тяжело, то сейчас технология вышла в массы, стала доступней и дешевле, а также появилось множество фреймворков для работы с ними. Но в большинстве случаев технология используется для развлечения пользователя.

Целесообразно использовать технологию в образовательных целях, имитируя процессы из реального мира в виртуальном. К тому же, это имеет ряд достоинств, которые применимы как для обучающегося, так и для обучающей организации. Достоинства интеграции в обучающую среду тренажеров в виртуальной реальности:

- Обучающийся получит возможность погрузиться в роль специалиста, что сформирует ассоциативные связи между теорией и практикой;
- Отсутствуют риски для жизни при работе с опасным оборудованием, и можно не бояться сломать дорогостоящее;

– Экспериментирование в виртуальной среде дает возможность обучающемуся не только оттачивать навыки, но и совершать неверные действия, последствия которых продемонстрирует, к какой чрезвычайной ситуации это может привести;

– Внедрение технологий виртуальной реальности в обучение позволяет снизить стоимость на проведение обучающих работ, ведь не нужно организовывать поездки на объекты, а в реальной практике студент уже будет знаком с основами и используемым оборудованием;

– Особенно актуальной представляется возможность интеграции тренажеров виртуальной реальности в устоявшийся обучающий процесс университетов – например, в популярные образовательные платформы, такие как Moodle.

## **Цель работы**

Целью данной работы является проектирование основных механик интерактивного взаимодействия для монтажа линии электропередач в виртуальном пространстве.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- Проектирование механики установки монтажных опор;
- Подъем и спуск пользователя по опорам;
- Прокладка кабеля;
- Натяжка кабеля.

Главной целью тренажера является показать пользователю алгоритм работ при прокладке кабеля по опорам, поэтому часть действий упрощаются и адаптируются под виртуальную реальность.

## **Обозначения и сокращения**

VR – virtual reality – виртуальная реальность.

3д – трехмерное пространство.

HMD – Head-Mounted Displays – шлем виртуальной реальности.

ТПУ – Томский политехнический университет.

## 1. Обзор технологий

### 1.1. Выбор шлема виртуальной реальности

На рынке доступно множество шлемов и очков виртуальной реальности. Очки представляют из себя маску с линзами, в которую необходимо устанавливать смартфон, в то время как шлемы уже имеют в себе экраны и платы управления, которые отслеживают позицию пользователя в пространстве.

В отличие от шлемов, очки виртуальной реальности, за счет неприспособленности смартфонов к вычислению позиционирования пользователя в пространстве, имеют жесткие ограничения положения пользователя. Как правило, при использовании очков, смартфон может лишь рассчитать вращения головы пользователя, в то время как шлемы виртуальной реальности способны не только отследить повороты головы, но и положение пользователя в пространстве.

Очки виртуальной реальности больше не имеют целесообразности использования, так как поддержка программного обеспечения для смартфонов прекращена.



Рис. 1: Очки виртуальной реальности

Шлемы необходимо подключать к мощному компьютеру для вывода изображения на экраны и перемещения пользователя в виртуальном пространстве посредством рассчитанных данных положения в реальном

пространстве встроенными камерами в устройство, либо отдельным станциями отслеживания движений. Но имеются и автономные устройства, которые набирают всё большую популярность, где за вывод изображения и перемещения пользователя в виртуальном пространстве отвечает встроенный в шлем микрокомпьютер. Ввиду меньшей мощности микрокомпьютера в сравнении со стационарным компьютером, автономные шлемы виртуальной реальности не могут похвастаться высоким качеством обрабатываемого виртуального мира и выводимого изображения.

Шлемы виртуальной реальности имеют контроллеры для рук, которые отслеживаются камерами на шлеме и определяют положения рук в пространстве. А за счет клавиш на контроллерах пользователь способен взаимодействовать с виртуальным миром.



Рис. 2: Шлем Samsung HMD Odyssey

## 1.2. Обзор существующих движков для реализации тренажеров виртуальной реальности

На данный момент на рынке существуют следующие открытые движки, в которых можно реализовать тренажёр виртуальной реальности (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение игровых движков.

Название движка	Плюсы	Минусы
Unity3d	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Бесплатное использование</li> <li>– Поддержка кроссплатформенности</li> <li>– Низкие системные требования</li> <li>– Подробная документация и большое количество обучающего контента</li> <li>– Используется язык программирования C#</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Малое количество бесплатного контента</li> </ul>
Unreal Engine	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Бесплатное использование</li> <li>– Поддержка кроссплатформенности</li> <li>– Графическая составляющая</li> <li>– Открытый исходный код</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокие системные требования</li> <li>– Знание C++, требующий высоких навыков разработчика</li> </ul>
Godot	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Бесплатное использование</li> <li>– Поддержка кроссплатформенности</li> <li>– Используются языки программирования C# и Python</li> <li>– Открытый исходный код</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Малое сообщество</li> <li>– Плохая графическая составляющая</li> <li>– Малое количество обучающего контента</li> </ul>

### **1.3. Обзор существующих тренажеров в виртуальной реальности**

Существуют производственные тренажеры, направленные на симуляцию реальных процессов на производстве и обучение пользователя технологиям производства без рисков и тренажеры публичные в виде компьютерных игр и называются они симуляторами, где пользователя погружают в среду, приближенную к реальности, но в игровой развлекательной форме и с сильно упрощенным процессом, без сопутствующих нюансов.

VR – тренажеры направлены на обучение пользователя регламенту работы с дорогостоящим или опасным оборудованием без рисков для жизни, вероятности поломки и опасности возникновения чрезвычайных ситуаций. С помощью технологий виртуальной реальности у пользователя формируются ассоциативные связи между теорией и практикой. Он усваивает новые знания и сразу применяет их на практике.

Также VR-тренажеры используются для обучения производственной безопасности и охране труда.

Помимо обучения, тренажеры помогают сократить расходы компании на проведение обучающих работ и содержания штата тренеров и наставников.

С развитием технологий использование тренажеров в виртуальной реальности поможет пользователям тренироваться и обучаться, не только используя зрительный контакт, но и тактильно ощущать производимые действия. Это позволит усваивать полученные навыки не только зрительным путем, но и тактильным.

На рынке имеются следующие производственные тренажеры, которые представлены в виде выполненных кейсов и не находятся в открытом доступе:

#### **1.3.1. НоваТранс**

Тренажеры НоваТранс направлены на обучение пользователя разным реальным процессам, происходящие у рабочего на железной дороге.

Из достоинств тренажеров выделяются:

- Приятное качество визуального исполнения окружения;
- Каждое действие сопровождается как текстовой, так и аудио инструкцией;
- Присутствие анимации правильного хвата инструментов.

Из недостатков выделяются:

- Отсутствие анимации кистей правильного хвата во многих представленных тренажерах;
- Интерактивная часть сводится к нажатию одной клавиши на контроллере, остальное тренажер делает за пользователя;
- Перемещение в виртуальном пространстве реализовано только с использованием «телепортации» пользователя в указанную им точку.

На официальном сайте удалось найти только поддержку устройств HTC VIVE, что подразумевает необходимость в производительном компьютере.

В виде завершенных кейсов на официальном сайте представлены тренажеры:

- Управление электропоездом ЭД9М локомотивной бригадой;
- Смена железобетонных шпал на щебеночном балласте при раздельном скреплении кб;
- Тренажер дежурного по переезду;
- Охрана труда работа на высоте;
- Устранение пожара в электричках и другие.

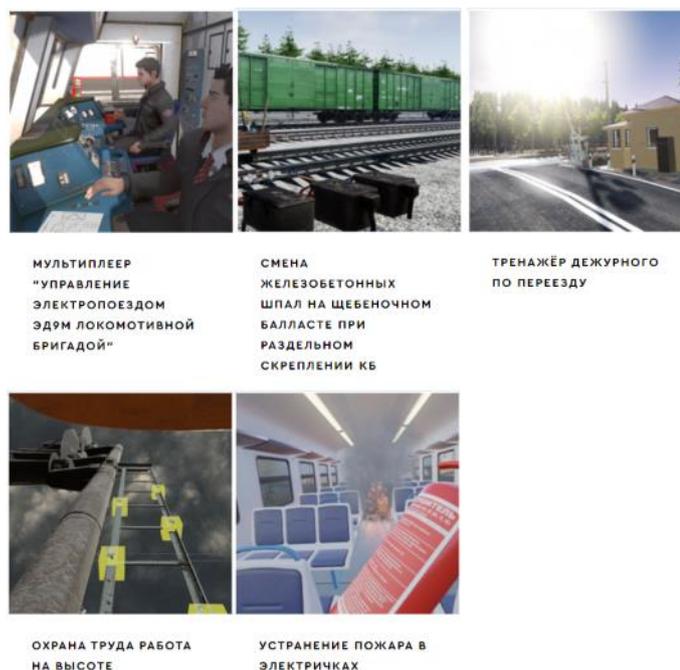


Рис. 3: Кейсы реализованных тренажеров НоваТранс

### 1.3.2. PROMVR

Тренажеры PROMVR направлены на обучение пользователя охране труда в процессе производства. В тренажерах учтены законодательные требования безопасного выполнения работ, сценарии прописаны по статистике наиболее распространенных несчастных случаев на производстве.

Из достоинств тренажеров выделяются:

- Возможность использовать дополнительные устройства ввода, например, рулевое колесо, для управления погрузчиком;
- Каждое действие сопровождается как текстовой, так и аудио инструкцией.

Из недостатков выделяются:

- Отсутствие анимации кистей во многих представленных тренажерах, пользователь в виртуальном пространстве видит «летающие» модели контроллеров;

– Интерактивная часть сводится к нажатию одной клавиши на контроллере, остальное тренажер делает за пользователя.

В виде завершенных кейсов на официальном сайте представлены тренажеры:

- Безопасное выполнение работ на высоте;
- Оказание первой медицинской помощи;
- Сварочные работы;
- Выполнение работ на погрузчике и другие.



Рис. 4: Кейсы реализованных тренажеров PROMVR

### 1.3.3. Varmin

Тренажеры Varmin направлены на введение пользователя в должность, работу с оборудованием и обучение промышленной безопасности для сфер нефтегаза, энергетики и металлургии.

Из достоинств тренажеров выделяются:

- Приятное качество визуального исполнения окружения;
- Каждое действие сопровождается как текстовой инструкцией.

Из недостатков выделяются:

- Отсутствие анимации кистей правильного хвата;

- Интерактивная часть сводится к нажатию одной клавиши на контроллере, остальное тренажер делает за пользователя;
- Перемещение в виртуальном пространстве реализовано только с использованием «телепортации» пользователя в указанную им точку;
- Имеются проблемы с русской локализацией.

В виде завершенных кейсов на официальном сайте представлены тренажеры:

- VR-тренажер для демонстрации тепловычислителя;
- Обучающий виртуальный тренажер Varmin Такелаж VR Lab;
- VR-курсы по обучению сотрудников правильной эксплуатации оборудования.

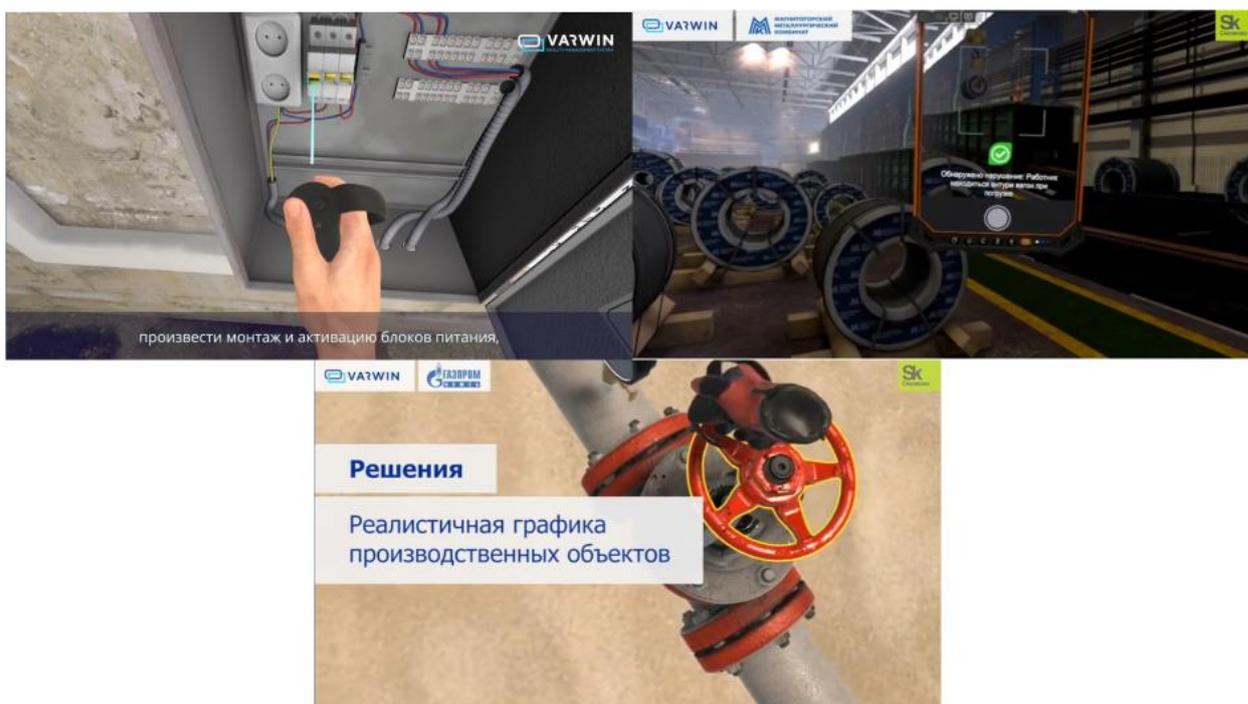


Рис. 5: Кейсы реализованных тренажеров Varmin

У компании Varmin и PROMVR имеется много похожих тренажеров, что говорит о том, что основные механики, соответствующие требованиям тренажеров, разработаны не внутренними силами компаний, а куплена у одного стороннего разработчика.

## **2. Проектирование тренажера**

### **2.1. Выбор используемых средств разработки**

Для реализации тренажера был использован игровой движок Unity, так как он является бесплатным. В нем имеется большое количество ассетов для разработки, и используемая система DIVE заточена под работу с данным игровым движком.

Код был написан с использованием языка программирования C#. В качестве редактора кода был выбран Visual Studio 2019 года, так как он поддерживает работу с Unity и является стандартным средством разработки для этого движка.

В качестве ассетов были использованы:

- VR Interaction Framework – дополнение для Unity, которое содержит основу для реализации взаимодействий пользователя с виртуальным миром, такие как захват предмета, слоты инвентаря, передвижение персонажа и так далее, а также упрощает разработку под разные шлемы виртуальной реальности;

- Obi Rope – дополнение для Unity, которое реализует физику поведения веревки и имеет возможность работы в многопоточном режиме для ускорения сложных расчетов физики.

VR Interaction Framework был выбран за его простоту использования, наличия встроенных анимаций, возможности создавать собственные анимации, а также наличия сцен с примерами реализаций на его основе.

Obi Rope использовался из-за возможности расчета физики в многопоточном режиме, модификации компонентов ассета и отсутствия аналогов.

Во время разработки был использован шлем виртуальной реальности Samsung HMD Odyssey, который был предоставлен преподавателем.

## 2.2. Реализация тренажера в рамках обучающей системы DIVE

Работа была реализована в рамках системы DIVE, которая имеет интеграцию с обучающей средой Moodle ТПУ. Также она дает возможность подключения к любой другой платформе, помимо Moodle.

DIVE позволяет:

1. Получать данные из курсов Moodle, такие как задание по варианту, данные о пройденных лабораторных и результаты последней сессии, если лабораторная не была завершена до конца;
2. Позволяет использовать тренажеры на разных устройствах с сохранением последних действий;
3. Выставлять штрафные баллы, например, за несоблюдение техники безопасности или при неверно выполненных действиях.



Рис. 6: Схема работы системы DIVE

С помощью данной системы уже были реализованы аналогичные тренажеры, которые сейчас используются для обучения студентов в Томском политехническом университете в рамках лабораторных работ.

В рамках работы был использован следующий функционал системы DIVE:

- Авторизация пользователя по логину и паролю, используемым в Moodle;
- Получение варианта задания из курса Moodle;
- Использование тренажера на разных устройствах;
- Выставление штрафных баллов;
- Формирование баллов по отправленным в конце работы данным.

### 2.3. Этапы прохождения тренажера

Для создания тренажера, имитирующего процесс монтажа линии электропередач в реальной жизни, мы выделили следующие этапы:

1. Установка флагов на места расположения опор;
2. Выбор типа опоры, её углубление и, при необходимости, угол поворота;
3. В выпадающем меню выбрать нумерацию прокладки кабеля по опорам;
4. После установки параметров опор нажать клавишу «Построить всё», опоры построятся, а кабель проложится автоматически;
5. После постройки опор необходимо взобраться по конечной опоре и закрепить кабель на ней;
6. Затем пользователь взбирается на следующую опору, натягивает кабель портативной лебедкой и закрепляет кабель на ней. Действия проводятся, пока кабель не будет закреплён на всех опорах;
7. После пользователю необходимо измерить сопротивление кабеля мультиметром для его проверки на обрыв;
8. Конечным этапом считается подключение кабеля к распределительному щиту.

## **2.4. Проектирование алгоритмов интерактивного взаимодействия с тренажером**

### **2.4.1. Установка монтажных опор**

В жизни установка монтажных опор производится следующим образом:

1. На место пригоняют буровую установку;
2. Установкой бурят котлован;
3. Опору поднимают краном и опускают в котлован;
4. После установки опоры засыпают грунтом или заливают фундамент.

Весь процесс установки не является главной целью тренажера, и было решено упростить действия до установки флажка в землю, который указывает, где должна быть установлена опора.

Действия пользователя по установке монтажных опор в тренажере:

1. Пользователь берет флаг;
2. Устанавливает в подходящее место;
3. В появившемся меню выбирает тип опоры, поворачивает её на необходимый угол, устанавливает глубину и выставляет очередность прокладки кабеля.

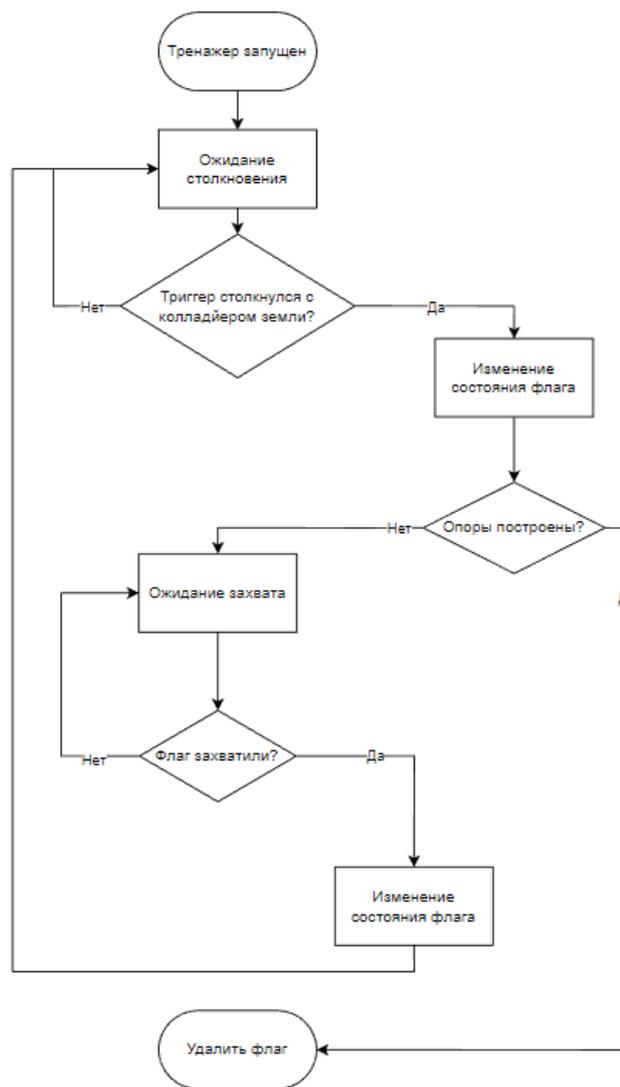


Рис. 7: Алгоритм работы установки флага

При разработке данной механики необходимо учесть такие факторы, как:

- Возможность установки опор близко друг к другу;
- Установка опор в запрещенных местах, например, в здании или за зоной установки;
- Прокладка кабеля в хаотичном порядке.

#### 2.4.2. Настройка параметров опор

Для обеспечения контроля установки опор было спроектировано меню, через которое пользователь сам выбирает тип устанавливаемой опоры, угол

поворота опоры, углубление опоры и выставляет нумерацию, относительно которой будет прокладываться кабель. Нажатием кнопки с иконкой глаза позволяет появиться силуэту опоры, а кнопка «Построить всё» позволяет построить сразу все опоры, которые были установлены.

Ручная установка нумерации прокладки кабеля обеспечивает пользователю вольность в очередности установки опор, а постройка всех опор нажатием одной кнопки из любого меню уменьшает монотонность и ускоряет процесс постройки опор.

### **2.4.3. Установка опор близко друг к другу**

Для предотвращения возможности установки опор близко друг к другу была спроектирована механика проверки области вокруг опор.

При проектировании было замечено, что если зоны пересекаются и сменить тип опоры, то коллайдер типа триггер другого типа опоры не отправляет событие при пересечении из-за того, что он изначально появился в зоне и пересечение при перемещении не произошло. Для этого необходимо реализовать алгоритм, который проверяет объекты вокруг опоры в заданном радиусе. Если в радиусе была замечена безопасная зона другой опоры, то алгоритм оправляет запрет на строительство. Необходимо учесть ресурсоёмкость такой операции. Поэтому алгоритм проверки объектов по радиусу должен срабатывать единожды при переключении типа и при установке и вынимания флага из земли.

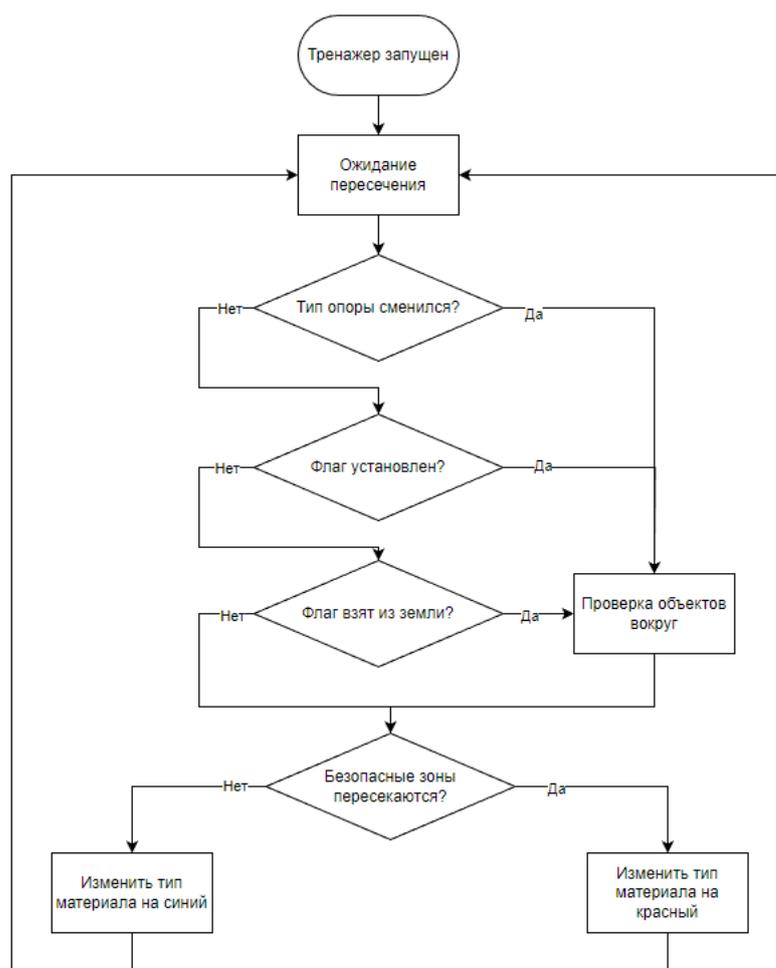


Рис. 8: Алгоритм проверки нахождения в безопасной зоне

#### 2.4.4. Установка опор в запрещенных местах

Для ограничения пользователя в области возможной установки флага, нужно выделить только те зоны, в которых планируется установка опор. Выставляя зоны, обеспечивается больший контроль над пользователем и уменьшается количество разрабатываемых условий защиты тренажера от неверных действий пользователя.

#### 2.4.5. Прокладка кабеля в хаотичном порядке

При установке флага в меню необходимо выбрать, в каком порядке должен прокладываться кабель. Однако пользователь может допустить ошибку или установить опоры так, что кабель будет пересекать сам себя.

Чтобы предотвратить это, был спроектирован алгоритм, который при нажатии клавиши «Построить всё» проверяет последовательность опор в соответствии с установленной последовательностью. Для этого производится сравнение расстояний между опорами: расстояние между первой и второй опорой должно быть меньше, чем расстояние между первой и третьей опорой. Также производится проверка пересечения двух линий в трехмерном пространстве, где линией считается вектор, проведенный между двумя опорами.

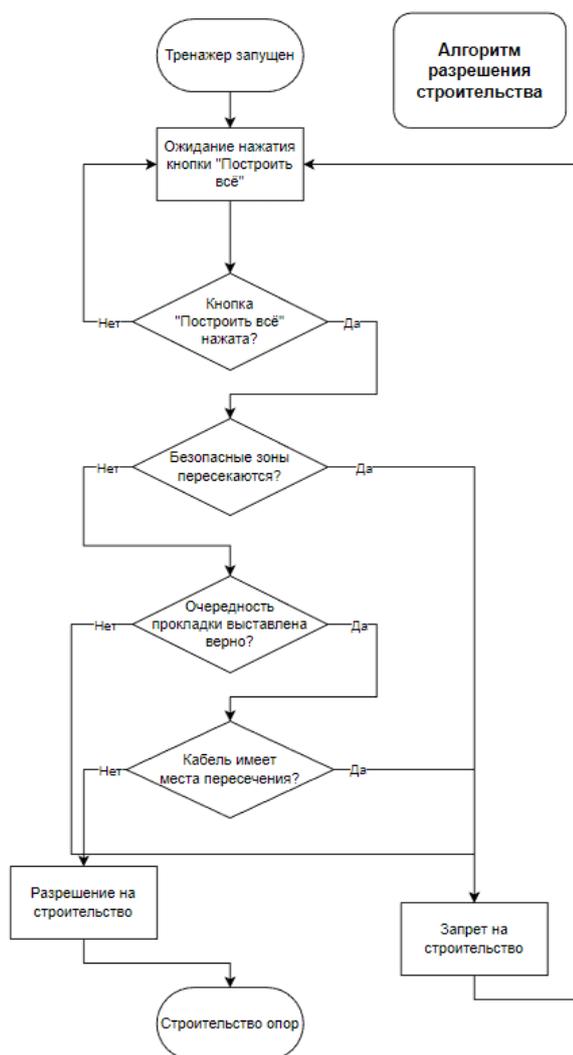


Рис. 9: Алгоритм работы проверки порядка прокладки кабеля

#### 2.4.6. Визуальное отображение опор

Для упрощения понимания, как будет установлена опора, можно включить её визуальное отображение кнопкой с иконкой глаза в меню. Пока

опора не построена, будет виден её силуэт. Голубой силуэт сигнализирует пользователю, что опора может быть построена, а красный, напротив, запрещает строительство.

#### **2.4.7. Поднятие по опорам**

В реальной жизни, для обеспечения безопасности при работе на высоте, необходимо закрепиться страховкой вокруг опоры. Она спасает специалистов от опрокидывания, случайного срыва и служит дополнительной точкой опоры, что упрощает подъем. Для закрепления страховки необходимо снарядить страховочную привязь, закрепить страховку с одной из сторон, обвести карабин страховки вокруг опоры и закрепиться им на другой стороне привязи.

Чтобы определить, что пользователь обвел карабин вокруг опоры, был спроектирован алгоритм, по которому между нагрудным слотом и карабином каждый кадр пускается луч, который при пересечении объекта проверяет его тип. Если луч пересек объект типа «опора» и карабин был положен в левый нагрудный слот, то активируется визуализация цепи, которая перемещается в зону пояса пользователя.

Помимо закрепления страховки, необходимо производить имитацию действия страховки на человека. Для этого был спроектирован алгоритм, который не дает пользователю далеко отойти от опоры, и при попытке отойти плавно возвращает его обратно.

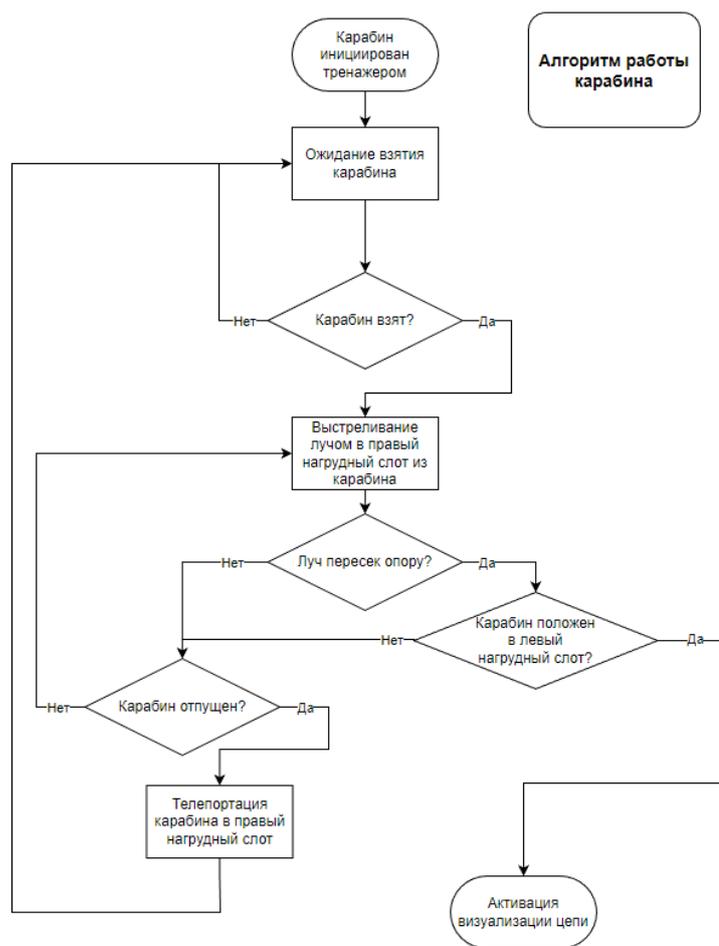


Рис. 10: Алгоритм обнаружения опоры карабином

После закрепления страховки пользователь может начать подъем. В реальном процесс для этого используются специализированные зацепы, прикрепляемые к обуви. Переставляя ноги выше, специалист взбирается по опоре. В большинстве устройств виртуальной реальности используются только контроллеры в руках, ноги никак не участвуют. Поэтому и подниматься по опоре в тренажере приходится с помощью рук, хватаясь и подтягиваясь. Для имитации удержания на опоре был спроектирован алгоритм, отключающая гравитацию, когда пользователь поднимется на высоту 1 метр.

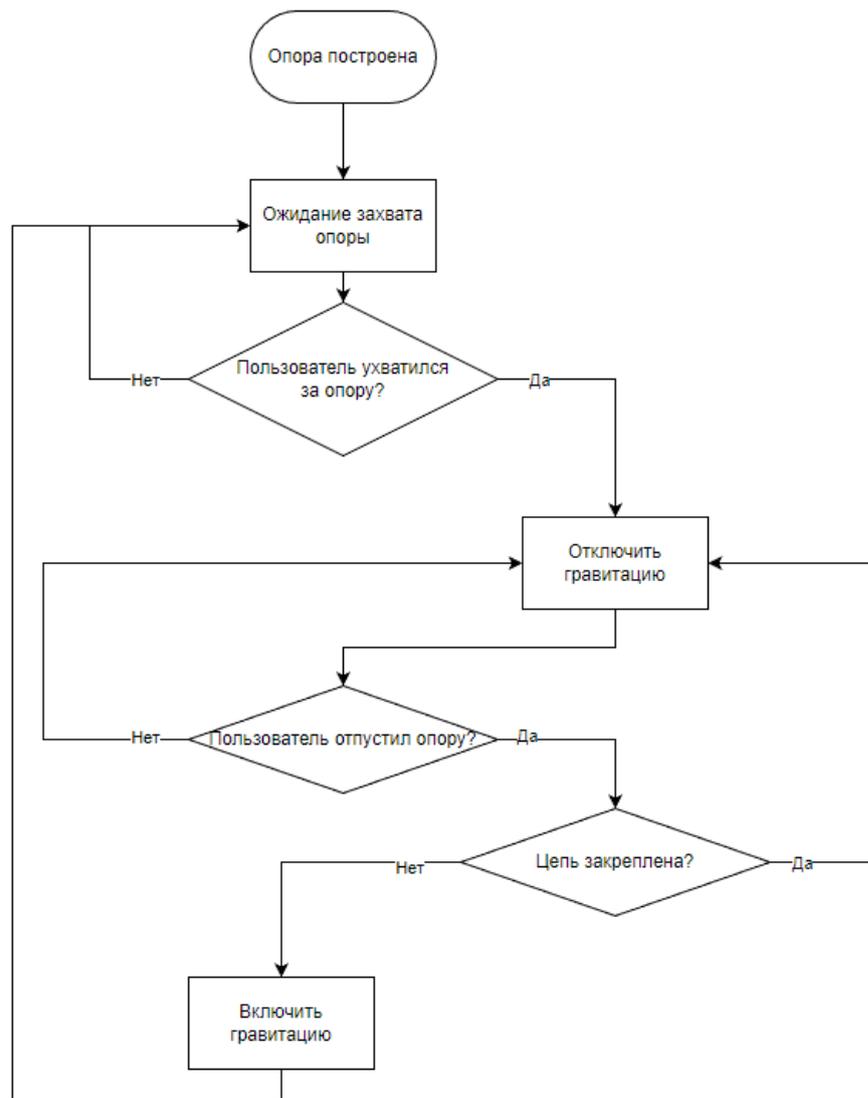


Рис. 11: Алгоритм работы поднятия по опоре

Так как в реальной жизни для этого используются ноги — это нужно показать пользователю. При достижении высоты в 1 метр появляется визуализация ног, которые перемещаются в шаговом порядке в зависимости от преодоленной высоты.

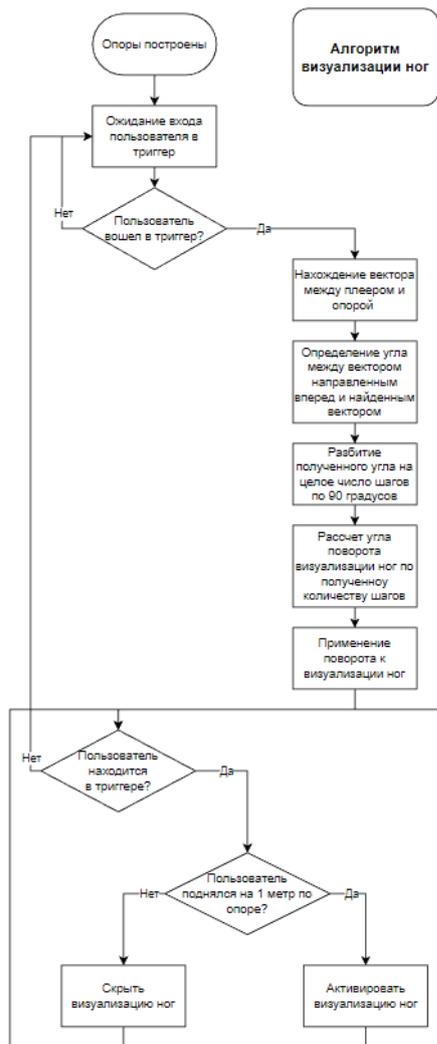


Рис. 12: Алгоритм визуализации ног

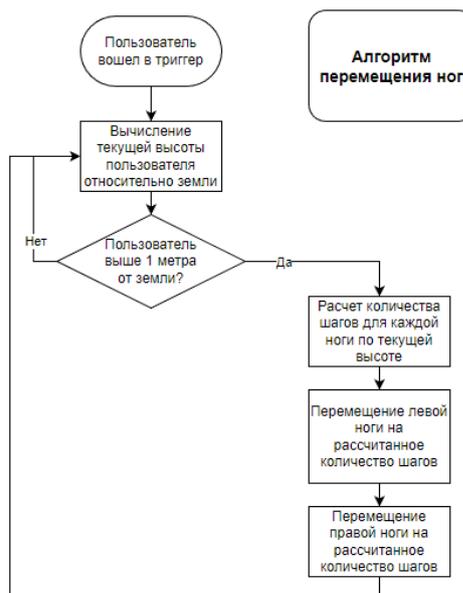


Рис. 13: Алгоритм перемещения ног

## 2.4.8. Прокладка кабеля

Как только пользователь построил опоры, кабель прокладывается по роликам автоматически, а сам кабель состоит из нескольких частей. Эти упрощения были применены в угоду сохранения стабильности системы при расчете длинного гибкого кабеля и ускорения процесса его прокладки.

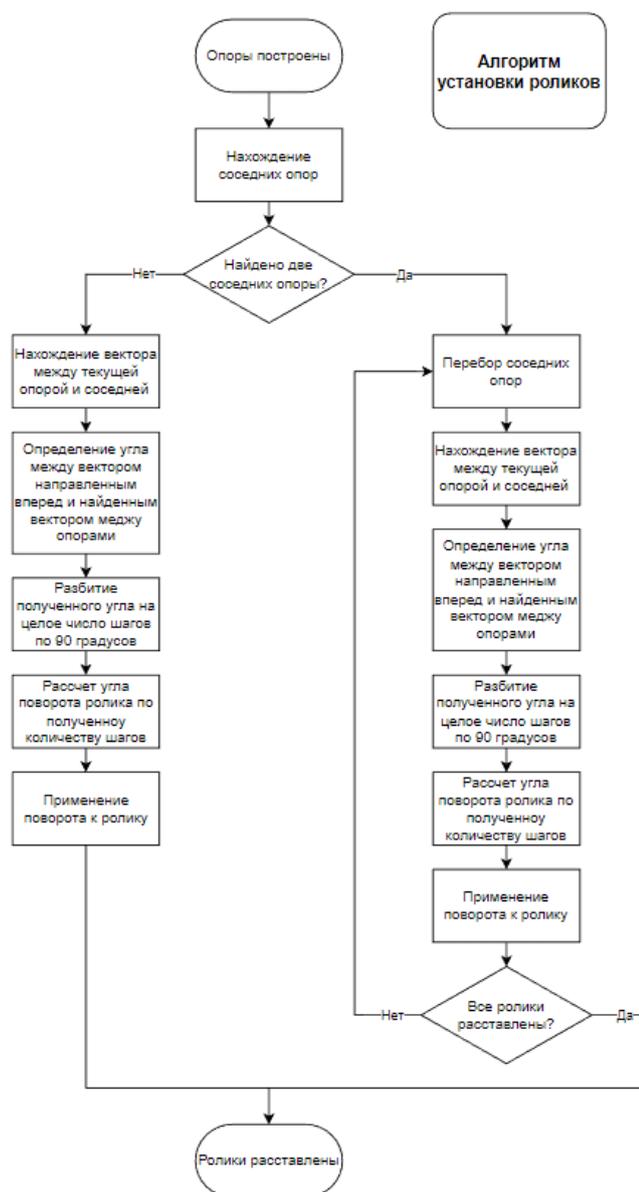


Рис. 14: Алгоритм определения верного положения роликов

Когда опоры построены отправляется оповещение на генерацию кабелей между опорами.

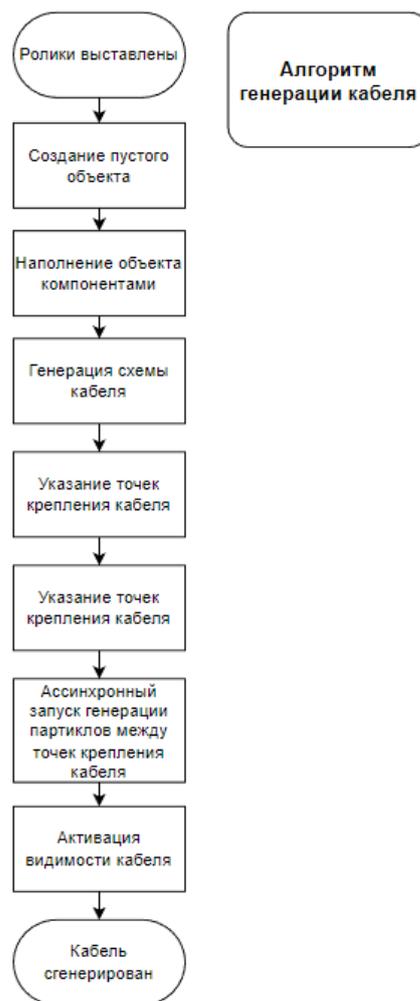


Рис. 15: Алгоритм генерации кабеля

#### 2.4.9. Натяжка кабеля

Для натяжки, длина каждого протянутого кабеля уменьшается, имитируя натяжку одного длинного, намоткой на бобину. Для правильной натяжки кабеля, специалисту необходимо измерить длину стрелы провеса кабеля.

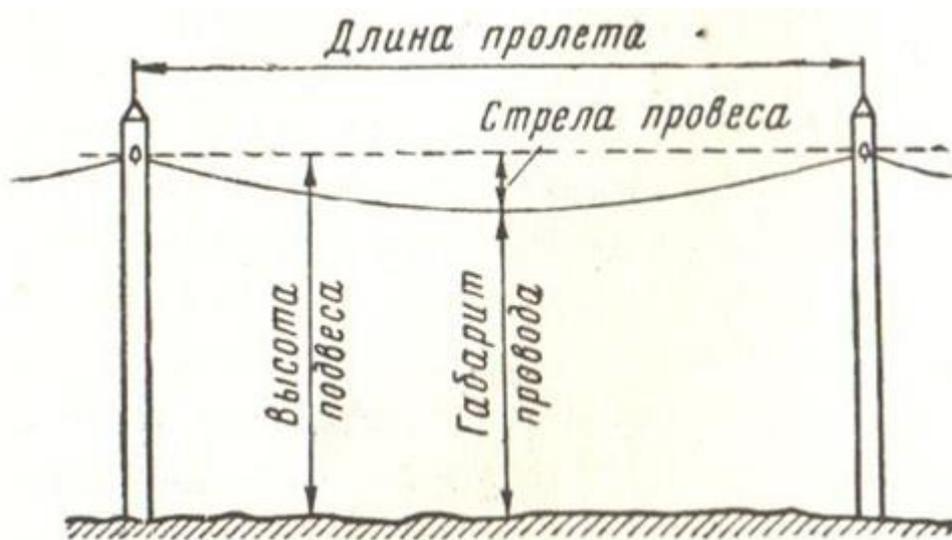


Рис. 16: Обозначения параметров стрелы

Сам кабель состоит из множества сегментов, и при изменении длины кабеля в заранее определенной точке сегменты добавляются или удаляются. Для нахождения длины провеса кабеля находится прямая между точками крепления кабеля и её центр. У кабеля берется центральный элемент, и вычитая из координаты высоты центральной точки координаты центрального элемента, находится длина провеса.

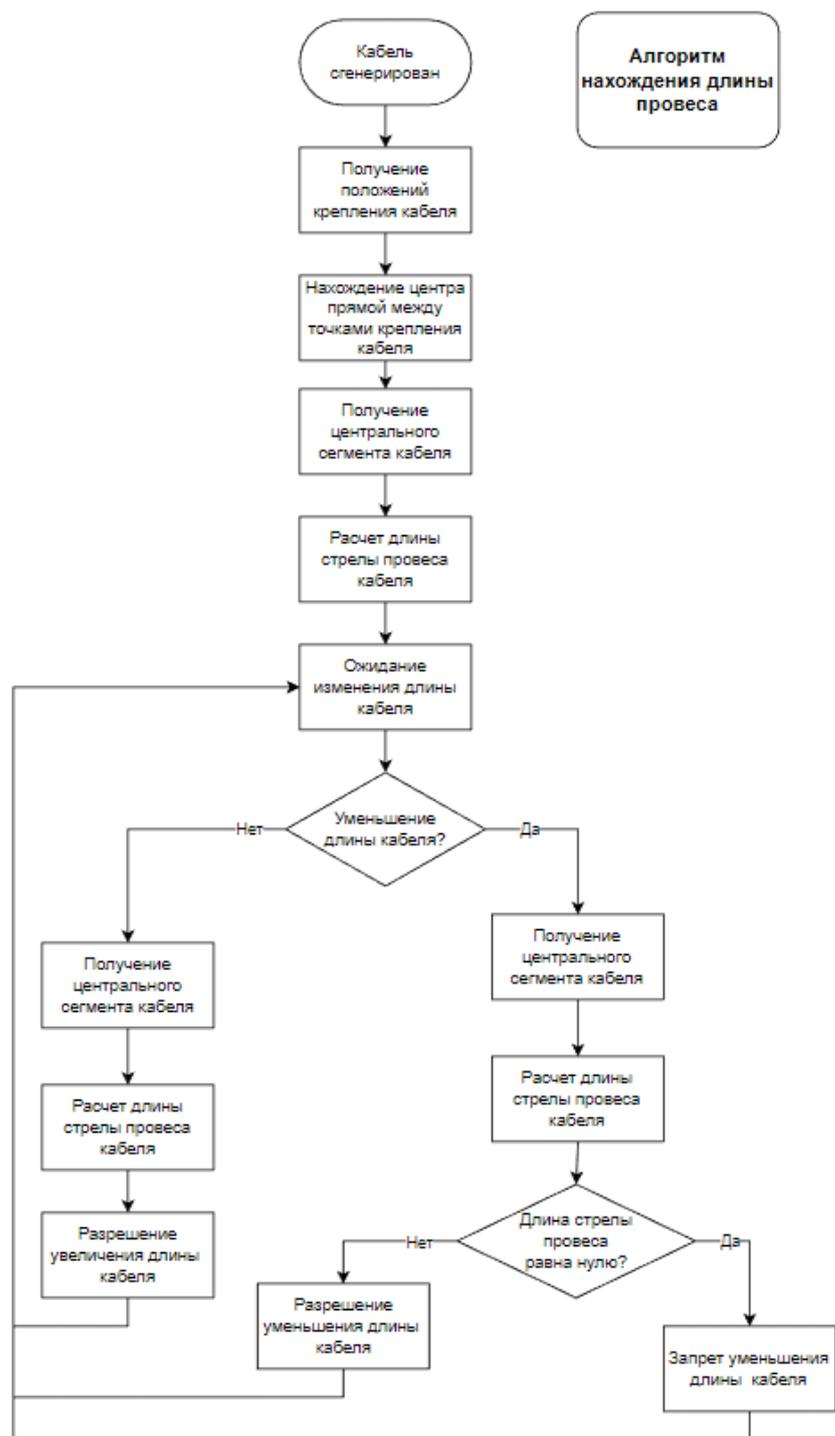


Рис. 17: Алгоритм нахождения длины стрелы провеса

### 3. Реализация механик тренажера

#### 3.1. Взаимодействие с интерактивными предметами

Весь пользовательский опыт в тренажерах складывается за счет взаимодействия с интерактивными предметами, вне зависимости от сложности поставленных задач. Поэтому необходимо подойти к их реализации с максимально возможным правдоподобием и постараться реализовать все действия, которые пользователь совершал бы в реальных условиях.

В основе всех предметов, с которыми пользователь может взаимодействовать, лежит компонент Grabbable.



Рис. 18: Демонстрация настроек компонента Grabbable

Grabbable позволяет настроить:

- По нажатию какой клавиши будет производиться взаимодействие с предметом;
- Физику захвата предмета (предмет будет перемещаться за счет придания ему скорости в направлении руки, за счет передачи предмету силы в направлении руки, за счет соединения предмета с рукой настраиваемым суставом);
- Для каждой физики захвата позволяет настроить дополнительные параметры, такие как: скорость перемещения предмета, множитель силы, ограничения свободы суставов;
- Удаленный захват предмета (удобно использовать, если на сцене необходимо взаимодействовать с большим количеством физических предметов, локация проведения работ большая, и большинство работ проводятся стоя, спасает пользователя от необходимости постоянно нагибаться за предметом, если случайно его уронил);
- Как предмет расположен на сцене относительно рук (являются ли руки родителем предмета по иерархии, и предмет перемещается в локальном пространстве относительно руки, или предмет перемещается в мировом пространстве, а рука находится в локальном пространстве относительно предмета);
- Анимацию кистей, будет ли использоваться заранее созданная анимация, или анимация будет автоматически формироваться в момент взаимодействия с предметом относительно его компонента Collider;
- Точки, за которые возможно захватить предмет.

Помимо компонента Grabbable, предмет должен содержать в себе компоненты Collider (определяют объем и форму предмета для физических столкновений) и Rigidbody (позволяет взаимодействовать объектам с помощью физики).

Для визуально корректного отображения расположения кистей на предмете необходимо расставить возможные точки захвата предмета GrabPoint.

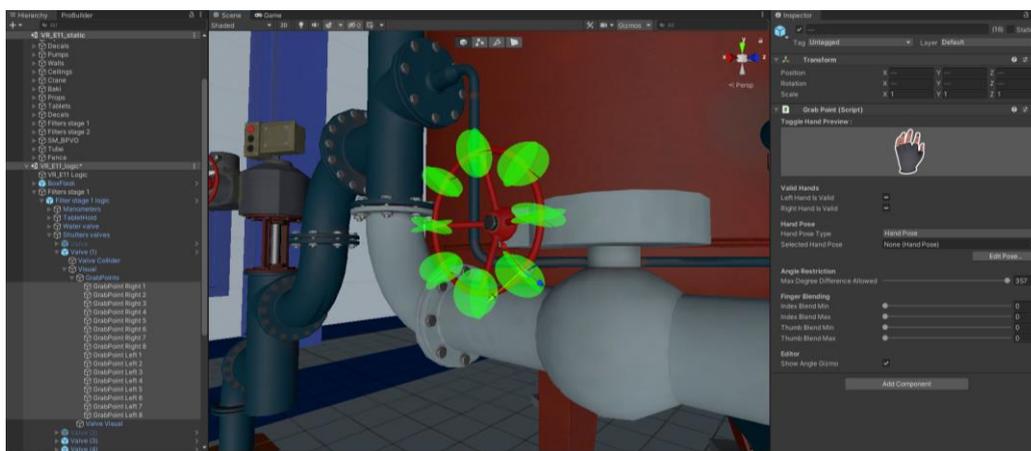


Рис. 19: Демонстрация расположения GrabPoint на предмете с большим количеством точек возможного захвата

На каждой точке должен находиться компонент GrabPoint, который позволяет настроить:

- Какой рукой возможно взять предмет за точку;
- Какой тип анимации кисти будет использован (автоматическая генерация анимации или заранее заданная);
- Угол, в диапазоне которого должна находиться кисть для захвата предмета.

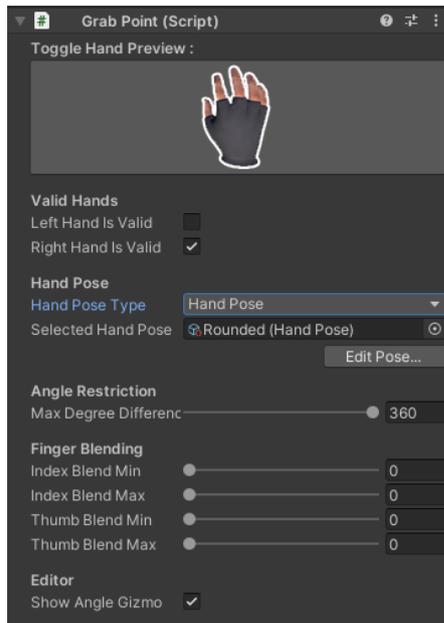


Рис. 20: Демонстрация настроек параметров GrabPoint

Также компонент позволяет включить отображение анимации в окне редактирования сцены, что дает понимание, как будет выглядеть кисть при запуске приложения.

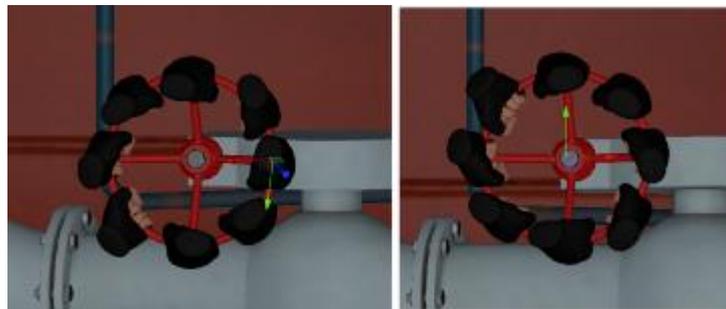


Рис. 21: Возможные положения левой и правой кисти на демонстрационном вентиле

### 3.2. Анимация кистей рук

Дополнительный эффект погружения - правильный хват интерактивного предмета, так как пользователь располагал свои руки на предмете в реальном мире.

Эффекта правильного хвата, помимо места хвата, позволяет достичь достоверное расположения пальцев кистей руки. Делается это при помощи анимации.

Анимации могут быть как заранее сгенерированы, так и рассчитываемые в реальном времени.

Расчет анимации в реальном времени может позволить достичь большего погружения и упрощает процесс разработки, но у этого способа есть существенные недостатки:

- Дополнительно нагружает систему, просчет анимации осуществляется в момент обновления каждого кадра;
- Непредсказуемость поведения: разработчик не в состоянии проконтролировать, как будет рассчитана анимация, и есть вероятность, что желаемый результат не будет достигнут;
- Плохое взаимодействие с маленькими предметами;
- Анимация просчитывается за счет столкновения коллайдеров пальцев с коллайдерами предмета, но часто коллайдеры предмета не совпадают с визуальной частью, из-за этого не получится достичь желаемого результата.

Нивелировать недостатки расчета анимации в реальном времени позволяют заранее подготовленные анимации. Разработчик заранее закладывает положение пальцев кисти, что позволяет точно контролировать их положение.

В редактор поз можно попасть, нажав на кнопку «Edit Pose...» в компоненте GrabPoint. После нажатия создаются дочерние элементы с компонентами HandPoser, AutoPoser, SkeletonVisualizer. Элементы

самоудалятся при запуске приложения, либо их можно удалить после создания ПОЗЫ КИСТИ.

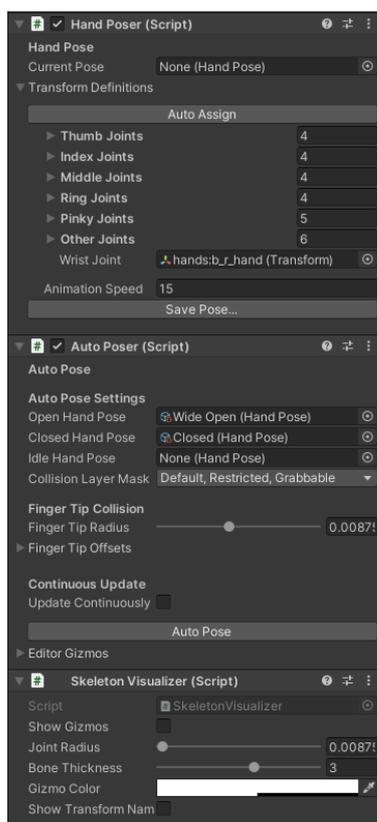


Рис. 22: Демонстрация настроек компонентов для анимации кистей рук

В компоненте HandPoser указываются кости кисти, за счет которых и создается верная поза. Изначально компонент уже содержит все необходимые кости, и необходимо лишь очистить список Other Joints, содержащиеся в нем кости не влияют на анимацию и буду только создавать лишние строки кода. Также в этом компоненте можно просмотреть существующие позы кистей, настроить скорость перехода анимации от начальной к текущей и сохранить созданную позу.

Компонент AutoPoser позволяет руке генерировать позу в реальном времени за счет столкновения коллайдеров на конце пальцев и интерактивного предмета. В компоненте необходимо указать начальную позу, когда рука раскрыта, и конечную позу, когда рука сжата в кулак. При необходимости в поле «Idle Hand Pose» можно указать промежуточную позу руки.

Изменяя параметр `Finger Tip Radius`,s изменяется физическая толщина пальца, что позволяет компенсировать приближение визуального отображения кисти к предмету.

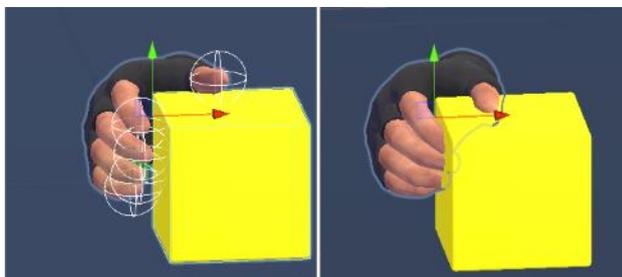


Рис. 23: Максимальная и минимальная ширина пальцев

После автоматической генерации позы есть возможность отредактировать положение каждой кости вручную, а для упрощения этого процесса используется компонент `SkeletonVisualizer`, который подсвечивает кости в редакторе.

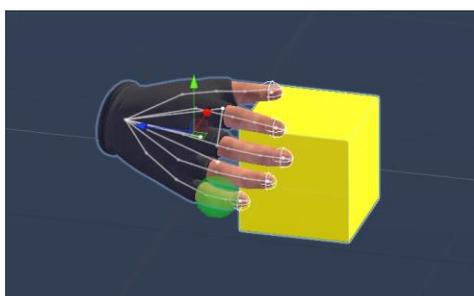


Рис. 24: Подсветка костей виртуальной кисти

### 3.3. Установка монтажных опор

Флаг для указания места установки опоры представляет собой интерактивный физический предмет на основе компонента Grabbable.

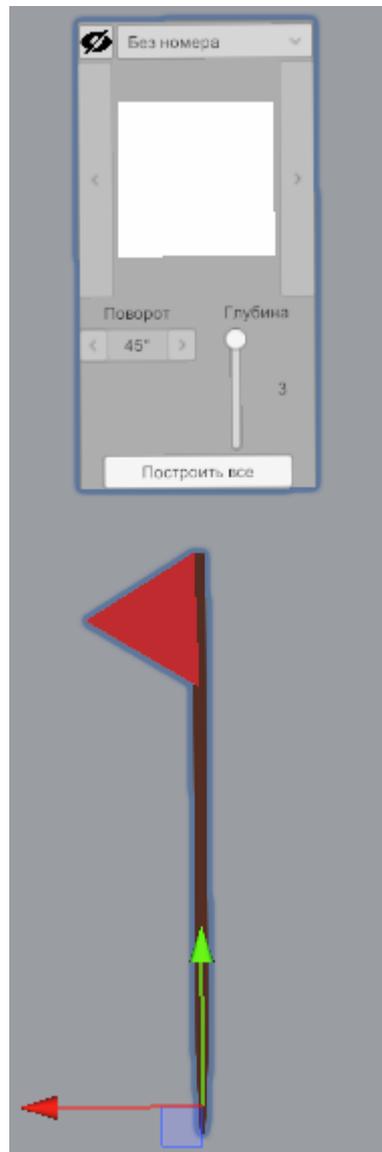


Рис. 25: Флаг для строительства с меню

Для реализации установки флага в землю на флаг устанавливается скрипт Flag Stickable и триггер на острие флага, а на землю устанавливается скрипт Terrain Stickable. Когда триггер сталкивается с землей, флаг изменяет своё состояние из физического в статический. При повторном захвате флага он переключается в физическое состояние.



Рис. 26: Устройство флага

### 3.4. Установка опор близко друг к другу

Для предотвращения возможности установки опор близко друг к другу была разработана механика проверки области вокруг опор. На каждой опоре установлена своя уникальная «зона безопасности», представляющая собой коллайдер типа триггер. Скрипт отслеживает пересечение таких зон, и если замечено пересечение, то на опоры с пересекающимися зонами отправляется запрет на строительство. Помимо отслеживания пересечения, была введена проверка объектов вокруг опоры по заданному радиусу. При каждой установке одного из флагов или смене типа опоры запускается функция на текущем и ранее установленном флаге, которая проверяет, появился ли посторонний объект в «безопасной зоне».

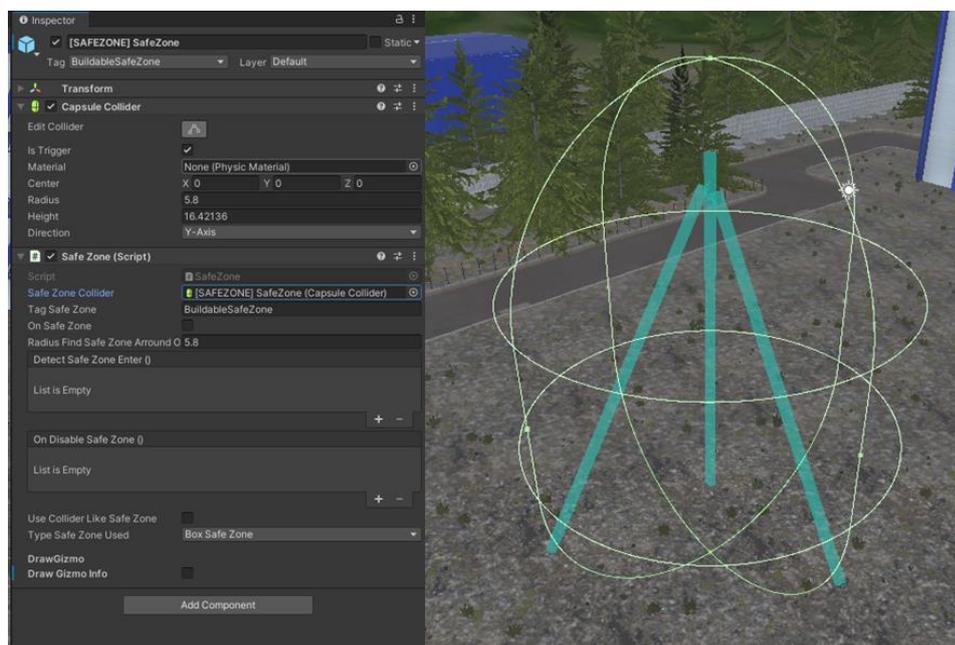


Рис. 27: Безопасная зона опоры

### 3.5. Установка опор в запрещенных местах

Для предотвращения установки опор в запрещенных местах была выделена определенная область, где можно устанавливать флаги. Область представляет собой коллайдер, по которому пользователь может передвигаться, и вместо установки скрипта Terrain Stickable на всё выделенное пространство для передвижения, он был установлен на выделенную область.

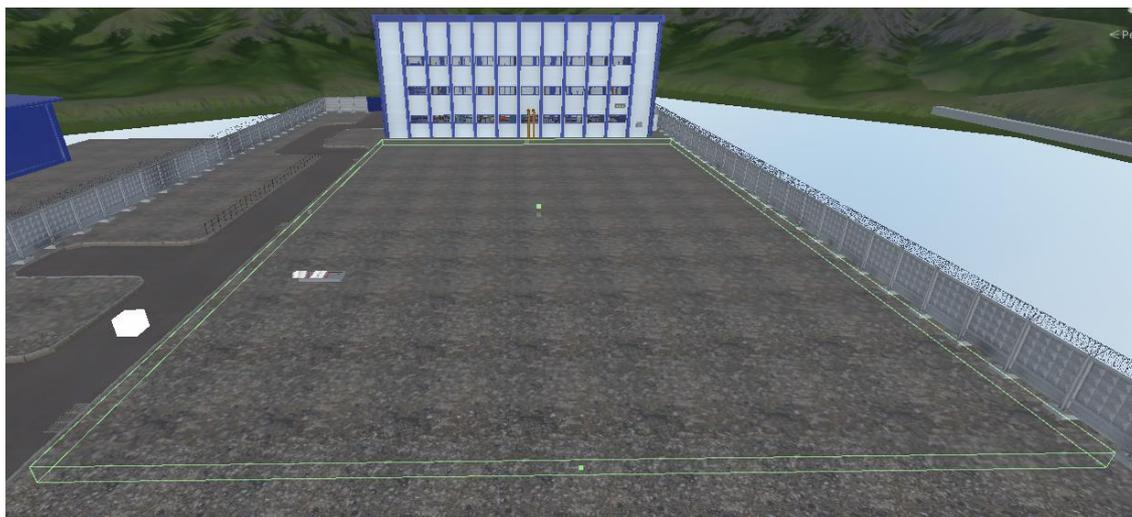


Рис. 28: Область установки флага

### 3.6. Визуальное отображение опор

Для упрощения понимания пользователя, как будет установлена опора, он может включить её визуальное отображение клавишей в меню. Пока опора не построена, будет виден её силуэт. Голубой силуэт сигнализирует пользователю, что опора может быть построена, красный, напротив, запрещает строительство.

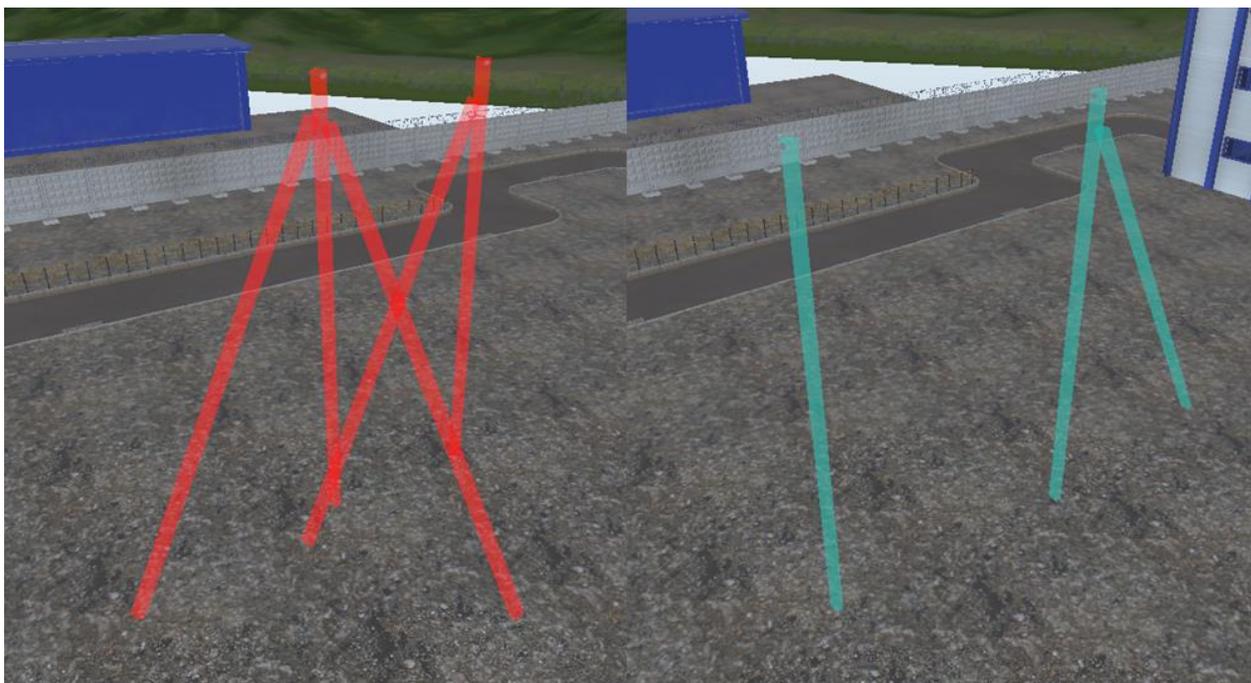


Рис. 29: Силуэты запрета и разрешения строительства

Если пользователем соблюдены все параметры, и он нажал на клавишу «Построить всё», силуэты опор заменяются физическими аналогами с материалом, приближенным к реальным опорам.

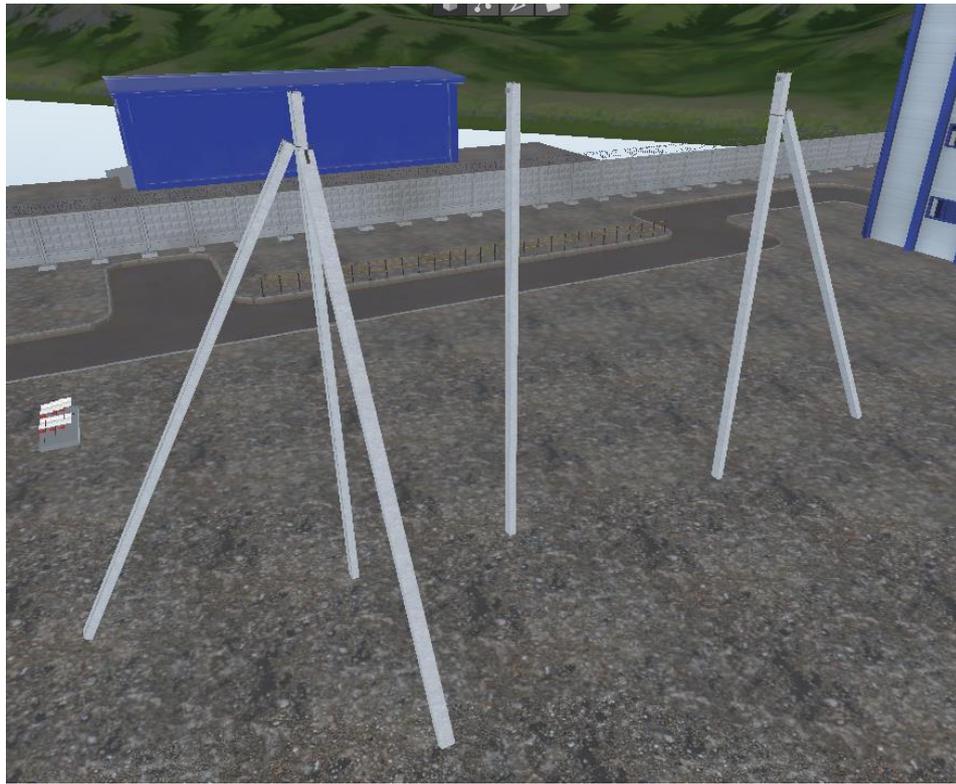


Рис. 30: Построенные опоры разных типов

### 3.7. Поднятие по опорам

После постройки опор пользователю необходимо обеспечить возможность подняться на опору и проводить высотные работы. Это реализовано с использованием написанного скрипта `PlayerClimbingAdjusted`.

`PlayerClimbingAdjusted` позволяет хвататься за предметы и подниматься по ним, как по лестнице. Также он содержит в себе логику закрепления страховкой вокруг опоры и визуализацию ног.

Для обеспечения правдоподобности процесса на игрового персонажа были добавлены два нагрудных слота: справа и слева. В правый нагрудный слот изначально помещен карабин.

Согласно технике безопасности, необходимо закрепить страховку вокруг опоры, чтобы предотвратить вероятность опрокидывания в одну из сторон. Для этого пользователю необходимо подойти к опоре, взять карабин из правого нагрудного слота, обвести его за опорой и положить карабин в левый нагрудный слот. При успешном проведении операции появится объект, примитивно визуализирующий страховку. В дальнейшем объект заменится на соответствующую 3д модель.

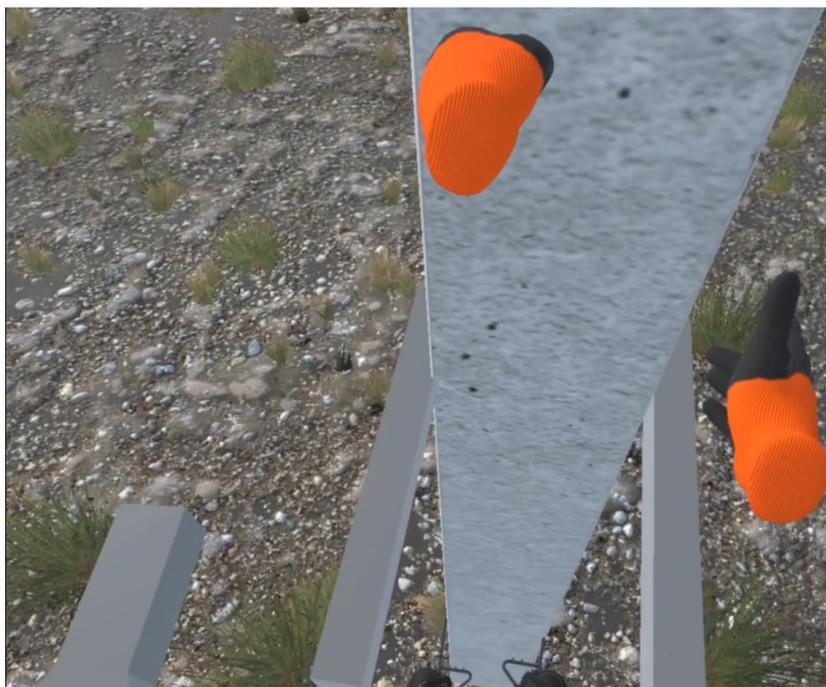


Рис. 31: Визуализация закрепленной страховки

При достижении высоты в 1 метр появляется визуализация ног, которые перемещаются в шаговом порядке в зависимости от преодоленной высоты.



Рис. 32: Демонстрация визуализации ног

Помимо прикрепления карабина к нагрудному слоту, его можно закрепить и на опоре, достигнув её вершины и закрепив карабин на торчащей арматуре.

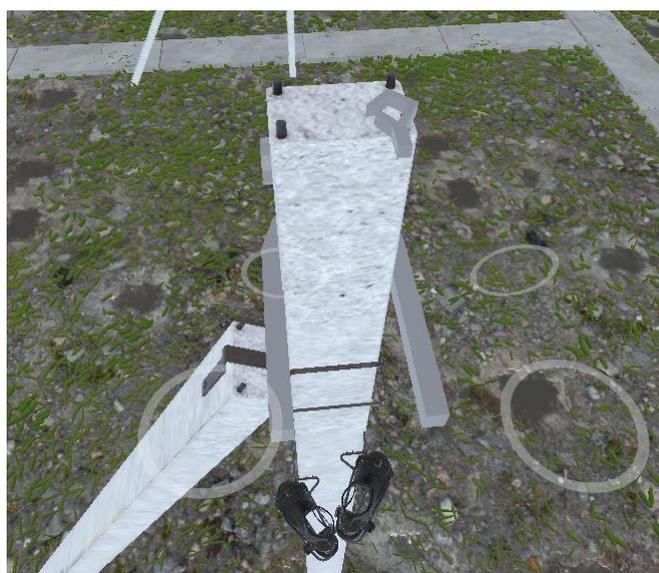


Рис. 33: Прикрепленный карабин к арматуре на опоре

### 3.8. Прокладка кабеля

Когда опоры построены, испускается оповещение о необходимости автоматической прокладки кабеля. Получив это оповещение, скрипт автоматически расставляет ролики на ту сторону, в диапазон которой входит вектор, направленный к соседнему столбу.

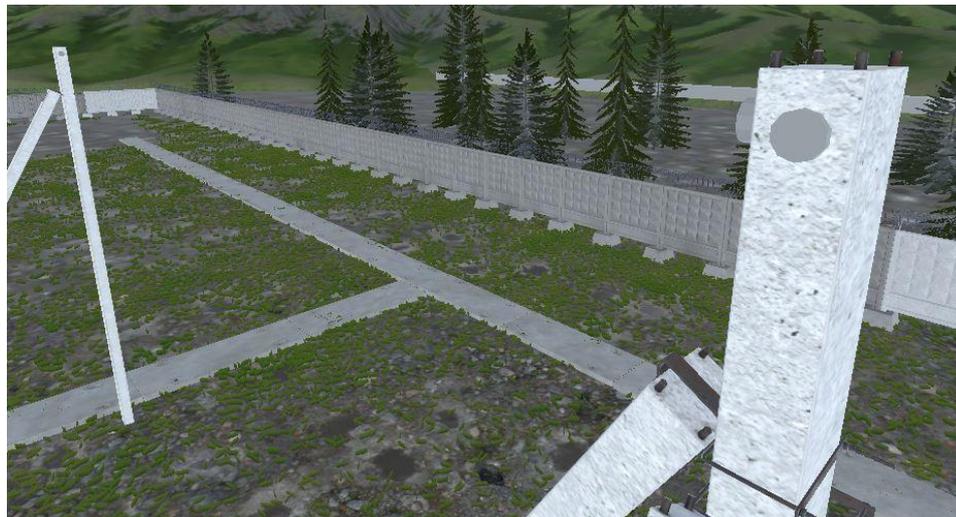


Рис. 34: Расстановка роликов относительно расположенных опор

Ролики расставлены, и скрипт запускает генерацию кабеля. После создания, кабель прокладывается автоматически по роликам.

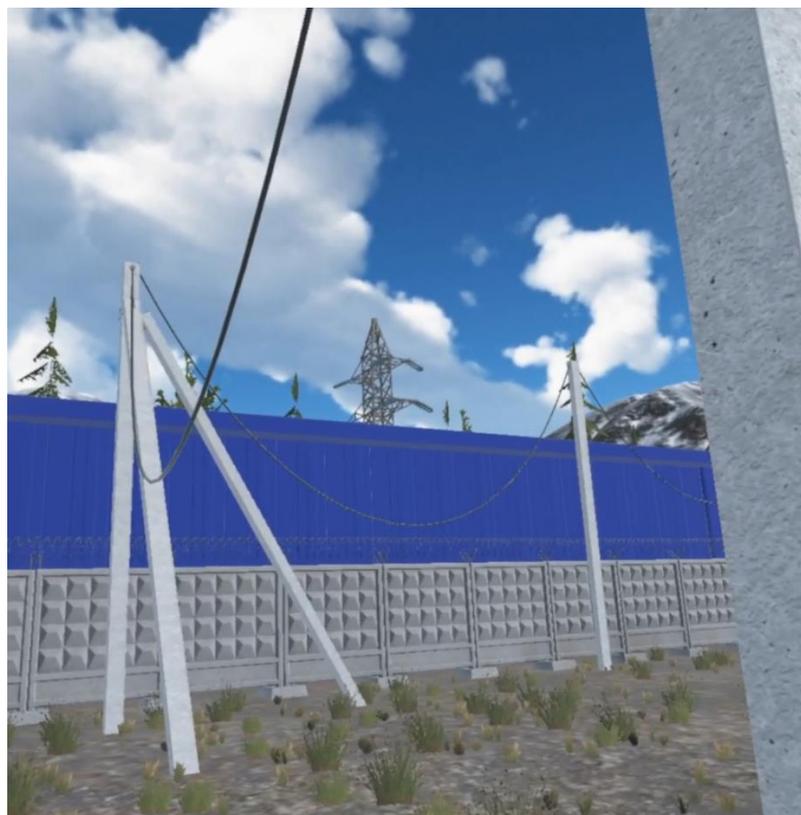


Рис. 35: Расстановка кабеля по роликам на опорах

Генерация кабелей между каждой опорой, а не прокладка одного длинного кабеля, была введена для обеспечения стабильности и плавности процесса. Если не обеспечить плавность приложения виртуальной реальности, то пользователь будет подвержен следующим эффектам: головокружение, тошнота, головная боль, потеря ориентации. Тесты показали, что расчет нескольких коротких кабелей процесс менее ресурсозатратный, чем расчет одного длинного кабеля. В ходе экспериментов получилось добиться стабильного количества кадров в секунду, которое не снижалось ниже 70, при использовании 24 кабелей в одном кадре длиной более 10 метров.

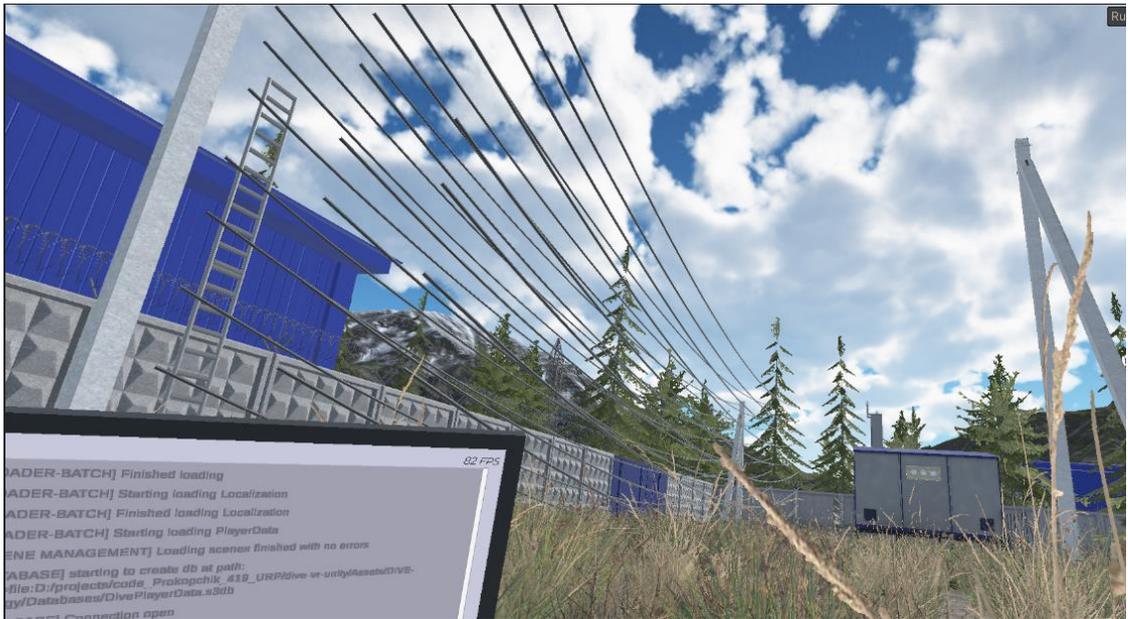


Рис. 36: Конечный результат тестирования стабильности кабелей

### 3.9. Натяжка кабеля

Специфика реализации физики взаимодействия сегментов друг с другом не позволяет сразу задать необходимую длину кабеля. При добавлении или удалении сегментов из кабеля требуется дополнительное время ожидания для растяжения или сжатия сегментов. Из-за этого возникает проблема: при быстром изменении длины положение центрального элемента не является корректным. На данный момент проблема решается ограничением скорости изменения длины.

Для натяжения кабеля используется портативная лебедка. Пользователю необходимо взобраться на каждую опору и, нажимая клавиши уменьшения или увеличения силы натяжки, добиться необходимой длины стрелы провеса кабеля, которая составляет 1 – 1.1 метр.

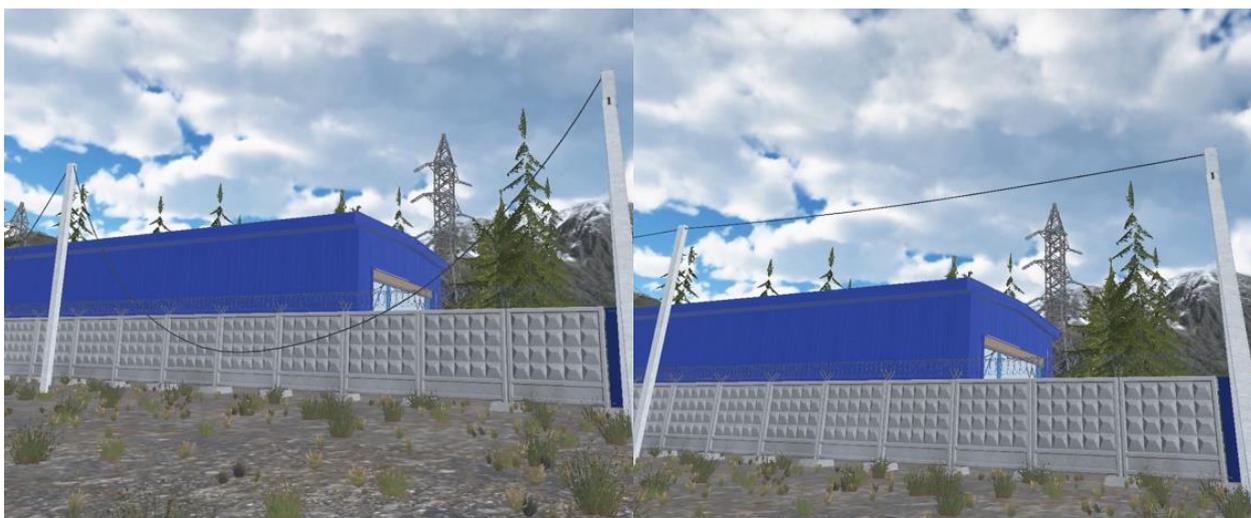


Рис. 37: Кабель до и после натяжения

### **3.10. Завершение работ в тренажере**

После выполнения основных шагов тренажера, пользователю становится доступна кнопка «Завершить работу» в меню задания интерактивного планшета. По нажатию на кнопку собираются данные о положении каждой опоры, их типах и соединениях. Если пользователь выполнил работу не до конца или совершил ошибку, то ему выставляются штрафные баллы. Собранные данные отправляются на сервер системы DIVE, где они анализируются, и выставляется оценка за выполнение действий в курс Moodle пользователя.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8K93	Прокопчик Станислав Евгеньевич

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение информационных технологий
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	09.03.04 Программная инженерия

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта НИ – 494243 руб. Затраты на заработную плату – 244772 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Районный коэффициент 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 15%, 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциальных потребителей; SWOT-анализ;
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки; Определение структуры и трудоемкости работ; Разработка графика Ганта; Формирование бюджета затрат;
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *График проведения и бюджет НИ*
4. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич		

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

##### **Введение**

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента. Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

## **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве.

Целевой рынок можно разделить на два сегмента по характеру применения разработки:

- Обучающие организации, применяющее ПО регулярно для обучения пользователей;
- Частные лица или ИП, применяющие ПО разово или нерегулярно с целью ознакомления, обучения или развлечения;

### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

Проведение детального анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Подобный анализ помогает вовремя вносить изменения в исследование, чтобы иметь возможность эффективно существовать на рынке.

На данный момент не удалось найти прямых конкурентов разрабатываемому тренажеру. Область тренажеров в виртуальной реальности ещё мала и малоизучена, но стремительно развивается. В открытом доступе нет подобных тренажеров из-за того, что зачастую подобные тренажеры разрабатываются под конкретные требования заказчика и используются им локально для обучения и тренировки персонала.

Исходя из отсутствия подобных тренажеров в открытом доступе можно провести сравнение тренажера с тренажерами из выполненных кейсов

компаний по разработке тренажеров в виртуальной реальности, которые имеют похожую тематику:

- Монтаж отпайки на ВЛ-0,4 кВ с помощью подъемных сооружений (к1)
- Работа на воздушных линиях электропередач. Устранение обрыва провода (к2)

Анализ конкурентных технических решений был проведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 2.

Таблица 2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений.

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
			Бф	Бк2	Бк3	Кф	К2	К3
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>								
1	Качество графики	0,2	4	3	3	0,8	0,6	0,6
2	Уникальность геймплея	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
3	Количество контента	0,1	4	1	2	0,4	0,1	0,2
4	Простота эксплуатации	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
5	Качество пользовательского интерфейса	0,2	3	2	2	0,6	0,4	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>								
1	Уровень проникновения на рынок	0,1	1	1	1	0,1	0,1	0,1
2	Цена	0,1	2	1	1	0,2	0,1	0,1
<b>Итого:</b>		<b>1</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>3,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>

Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum Vi \times Bi,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

Vi – вес показателя (в долях единицы);

Bi – балл i-го показателя.

Разработка превосходит представленных конкурентов в большинстве пунктов, к тому же тренажер реализует в себе весь функционал конкурентов и представляет контент, которого нет ни у одного из конкурентов.

#### 4.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории:

- Strengths (сильные стороны);
- Weaknesses (слабые стороны);
- Opportunities (возможности);
- Threats (угрозы).

Сильные (S) и слабые (W) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа, (то есть тем, на что сам объект способен повлиять); возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом). В рамках данного анализа выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы. Все параметры SWOT анализа данного проекта представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сильные и слабые стороны проекта.

<b>Сильные стороны</b>	<b>Возможности</b>
С1. Уникальный геймплей С2. Актуальность разработки С3. Постоянная поддержка проекта	В1. Слабая конкуренция на региональных рынках В2. Использование тренажера на разных устройствах В3. Расширение функционала В4. Появление дополнительного спроса на продукт
<b>Слабые стороны</b>	<b>Угрозы</b>
Сл1. Высокая вероятность в застое проекта из-за одиночной разработки Сл2. Отсутствие опыта реализации глобальных проектов	У1. Блокировка или переход на платную основу используемых средств разработки У2. Развитие конкурирующих разработок У3. Слабая заинтересованность целевой аудитории

Сл3. Высокие временные затраты на разработку	
--	--

В рамках второго этапа проведём анализ соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Анализ представлен ниже в виде интерактивных матриц, сильное соответствие отмечено знаком «+», слабое знаком «-».

Таблица 4 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта.

Возможности		C1	C2	C3
	B1	+	+	-
	B2	-	+	+
	B3	+	+	+
	B4	+	+	+

Направления реализации сильных сторон и возможностей: B1B2B3B4C2, B1B3B4C1, B2B3B4C2C3, B3B4C1C2C3.

Таблица 5 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта.

Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	+	+	+
	B3	+	+	+
	B4	+	+	+

Направления реализации слабых сторон и возможностей: B1B2B3B4Сл1Сл3, B2B3B4Сл1Сл2Сл3.

Таблица 6 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта.

Угрозы		C1	C2	C3
	У1	+	-	+
	У2	+	+	-
	У3	-	+	+

Направления реализации сильных сторон и угроз: У1У2С1, У1С1С3, У2У3С2, У2С1С2, У3С2С3.

Таблица 7 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта.

Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	+
	У2	+	+	+
	У3	+	-	+

Направления реализации слабых сторон и угроз: У1У3Сл1Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

Самой вероятной и большой угрозой является блокировка или переход используемых средств разработки на платную основу. Это приведет к невозможности разработки и поддержания тренажера в текущем состоянии и повлечет за собой необходимость в разработке проекта с использованием другого ПО практически с нуля, что является очень затратным по материальным ресурсам.

В заключение данного этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 8.

Таблица 8 – Итоговая матрица SWOT.

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Уникальный геймплей. С2. Актуальность разработки. С3. Постоянная поддержка проекта.	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Высокая вероятность в застое проекта из-за одиночной разработки. Сл2. Отсутствие опыта реализации глобальных проектов. Сл3. Высокие временные затраты на разработку.
<b>Возможности:</b> В1. Слабая конкуренция на региональных рынках. В2. Использование тренажера на разных устройствах. В3. Расширение функционала. В4. Появление дополнительного спроса на продукт.	Постоянная поддержка проекта в условиях доминирования на рынке позволит повысить его конкурентоспособность и расширить функциональные возможности, а, соответственно, и сферу влияния.	Привлечение дополнительных специалистов позволит ускорить сроки работы над проектом.
<b>Угрозы:</b> У1. Блокировка или переход на платную основу используемых средств разработки. У2. Развитие конкурирующих разработок. У3. Слабая	За счет актуальности, уникальности и постоянной поддержки проекта есть возможность сохранить дальнейшую конкурентоспособность. При блокировке используемых	Отсутствие спроса на товар и необходимость его изменения приведет к потере конкурентоспособности и потенциальных клиентов. Блокировка движка приведет к необходимости начинать

заинтересованность целевой аудитории.	средств разработки придется искать аналоги программ.	проект с нуля на другом движке.
---------------------------------------	--	---------------------------------

## 4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для выявления возможных альтернатив разработки проекта был использован морфологический подход. Он основан на подборе возможных решений для отдельных частей задачи и последующем систематизированном получении их сочетаний. В таблице 9 в виде матрицы представлены возможные варианты реализации разработки.

Таблица 9 – Морфологическая таблица.

	1	2	3
А. Вариант написания кода	Визуальное программирование	Язык движка	Комбинированный подход
Б. Движок для реализации	Unreal Engine	Unity	-
В. Среда разработки	Visual Studio 2022	Rider	-
Г. Используемые ассеты	Готовые бесплатные	Разработка собственных	Комбинированный подход

Путем комбинации различных параметров были определены три наиболее оптимальных варианта исполнения:

- А2Б1В1Г3;
- А2Б2В2Г3;
- А2Б2В1Г3.

Вариантом, используемым при разработке проекта, является А2Б2В1Г3. Это связано с наличием бесплатной студенческой лицензии для VisualStudio 2022 Enterprise, а также тем, что для Unity существует огромное количество бесплатных ассетов, что позволит ускорить разработку.

## 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Важным этапом проведения научно-исследовательских работ является необходимость планирования работ, которое включает в себя определение

полного перечня работ, а также их распределение между всеми исполнителями проекта. Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. Научный руководитель определяет цели и задачи для студента, направляет и контролирует его работу, оценивает результаты проделанной работы и дает рекомендации студенту. Студент полностью отвечает за выполняемую работу. В таблице 10 представлен перечень работ, а также распределение исполнителей по ним.

Таблица 10 – Перечень работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Определение целей исследования	Студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Составление календарного плана	Студент
Реализация	5	Определение средств разработки	Студент
	6	Проектирование архитектуры	Студент
	7	Разработка тренажера	Студент
	8	Тестирование	Студент
	9	Разработка документации	Студент
Анализ результатов работы	10	Оценка соответствия программного проекта заявленным требованиям	Студент
Оформление отчета по ВКР	11	Составление пояснительной записки	Руководитель, Студент

#### 4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, трудовые затраты образуют основную часть стоимости исследования, поэтому важным этапом планирования научно-исследовательской деятельности является определение трудоемкости работ.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

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

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы (чел.-дни);

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистичная оценка) (чел.-дни);

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистичная оценка) (чел.-дни).

После оценки ожидаемой трудоемкости работ, производится определение продолжительности каждой работы в рабочих днях по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы (раб. дни);

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы (чел.-дни);

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

Для того чтобы в дальнейшем построить график работ с помощью диаграммы Ганта, необходимо также произвести перевод длительности работ из рабочих дней в календарные по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$  рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности;

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

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

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

С учётом того, что календарных дней в 2023 году 365, а сумма выходных и праздничных дней составляет 118 дней, коэффициент календарности равен  $k_{кал} = 1,48$ .

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования.

Работы	Исполнитель	Трудоёмкость			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	4	2,8	3	5
Определение целей исследования	Студент	1	3	1,8	2	3
Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5	10	7	7	11
Составление календарного плана	Студент	1	3	1,8	1	2
Определение средств разработки	Студент	1	3	1,8	1	2
Проектирование архитектуры	Студент	5	10	7	4	6
Разработка тренажера	Студент	22	33	26,4	27	40
Тестирование	Студент	5	7	5,8	6	9
Разработка документации	Студент	5	7	5,8	6	9
Оценка соответствия программного проекта заявленным требованиям	Студент	5	7	5,8	6	9
Составление пояснительной записки	Руководитель, Студент	7	12	9	9	14

### 4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

На основе данных таблицы 11 был построен календарный план-график, представленный на рисунке 38.

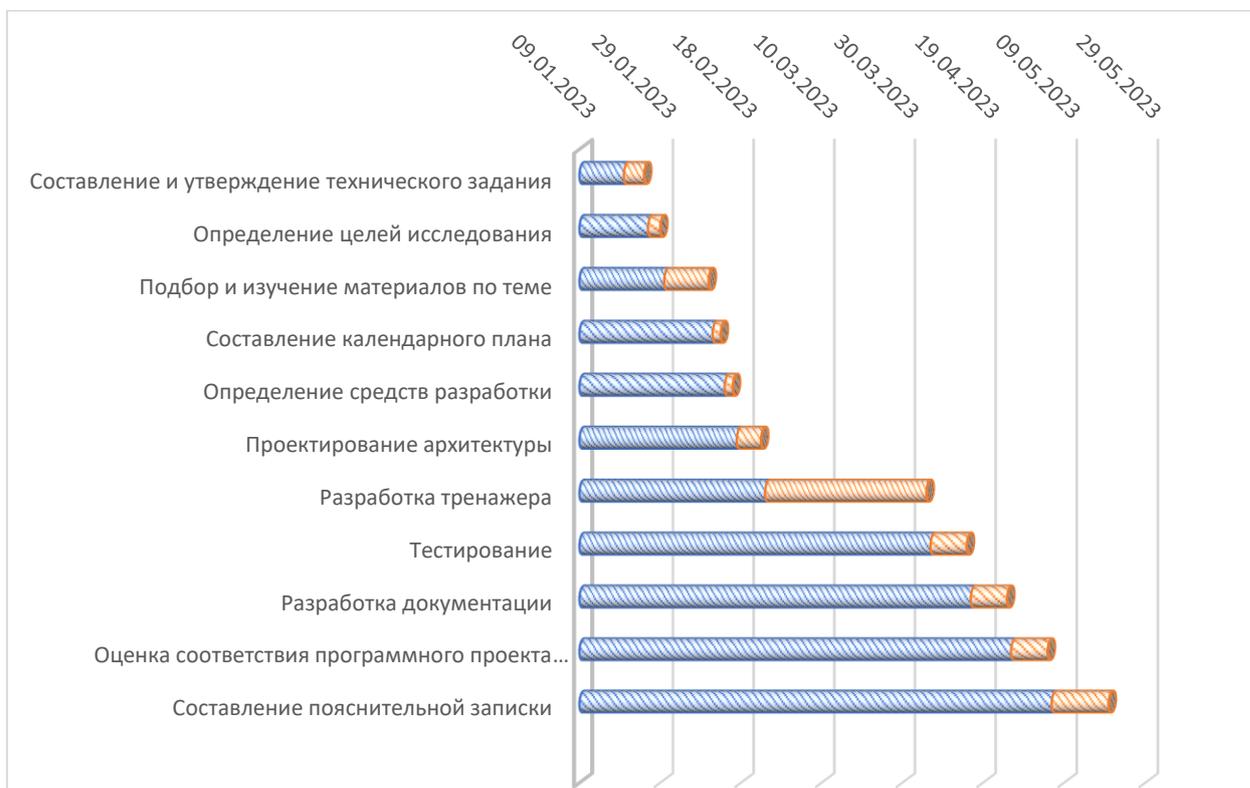


Рисунок 38 – Календарный график проведения работ.

### 4.3.4. Бюджет научно-исследовательских работ

В состав бюджета входит стоимость всех расходов, необходимых для выполнения работ по проекту. При формировании бюджета используется группировка затрат по следующим статьям:

- расчет материальных затрат НИИ;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

#### 4.3.4.1. Расчет материальных затрат НИР

Материальные затраты на создание рабочих мест научного руководителя и студента, включающих в себя комплект офисной мебели, в текущем проекте отсутствуют, так как они уже существуют и нет необходимости в их дополнении или модернизации под текущий проект. Амортизационные отчисления также отсутствуют по причине истекших (более шести лет) сроков уплаты отчислений. Статья аренды помещений не включена, так как разработка проекта осуществляется в дистанционном режиме. Затраты на канцелярские принадлежности будем учитывать, как накладные расходы.

Рассчитаем других статей материальных затрат НИР. Стоимость одного дня затрат электроэнергии рассчитывается по формуле:

$$\text{Э} = \text{Эл}_{\text{мощ}} * \text{Эл}_{\text{тариф}} * \text{Эл}_{\text{р.день}},$$

где Эл мощн – потребляемая электрическая мощность (КВтч),

Элтариф – тариф для населения (руб/КВтч),

Элр.день – количество часов в рабочем дне (час).

Таким образом расчет затрат за рабочий день составит

$$\text{Эл} = 0,6 * 4 * 8 = 19,2 \text{ руб.},$$

Стоимость затрат на услуги связи принимаем равный тарифному плану провайдера «TRU.net» 300 руб/месяц.

Материальные затраты НИР представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Материальные затраты.

Наименование статьи расходов	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб	Стоимость, руб
Компенсация затрат на электроэнергию	день	110	19,2	2112
Компенсация затрат на услуги связи	месяц	5	300	1500
<b>Итого:</b>				3612

Таким образом, сумма материальных затрат НИР составляет 3612 рублей.

#### 4.3.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение специального оборудования. В ходе работы над проектом использовалось оборудование, имеющееся у исполнителей, соответственно необходим расчет его амортизации.

При создании информационной системы был использован один шлем виртуальной реальности и один персональный компьютер общей стоимостью 140000 рублей. Программное обеспечение ОС Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016 поставлялось вместе с персональным компьютером и входят в его стоимость. Остальное используемое программное обеспечение (Microsoft Visual Studio, Unity) распространяется по бесплатной лицензии, затраты отсутствуют.

Расчет амортизации: первоначальная стоимость 140000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.26.20.11 составляет 36 месяцев. Планируемое время использования для написания ВКР - 6 месяцев. Норма амортизация основных средств линейным способом рассчитывается по формуле:

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

где n – установленный срок в месяцах;

$A_n$  – норма амортизации.

Тогда расчет амортизации ПК:

Норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% = \frac{1}{36} * 100\% = 2,78\%$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = 140000 * 0,0278 = 3892 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 3891 * 6 = 23352 \text{ руб.}$$

Таким образом, сумма затрат на специальное оборудование составляет 23352 рублей, в виде амортизационных отчислений.

#### **4.3.4.3. Основная заработная плата исполнителя темы**

Данная статья затрат включает основную заработную плату, премии и доплаты всех исполнителей проекта. В качестве исполнителей проекта выступают студент и научный руководитель. Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p * (1 + (K_{пр} + K_{д})) * K_r,$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата (руб.);

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

$K_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$K_r$  – районный коэффициент (для Томска 1,3);

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником (раб. дни).

Среднедневную заработную плату можно получить по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад исполнителя, рубли;

$M$  – количество месяцев работы равно:

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 13.

Таблица 13 – Месячные должностные оклады исполнителей.

Исполнитель	Районный коэффициент (для Томска)	Размер месячного оклада без учета коэффициента, рубли
Научный руководитель (должность-доцент, степень – кандидат технических наук)	1,3	40000
Студент	1,3	25000

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели).

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	118
Действительный годовой фонд рабочего времени	247

На основе формулы среднедневной заработной платы и таблиц 12-13 были рассчитаны значения для студента и научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{25000 \times 10,4}{244} = 1065,57 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{науч. рук.}) = \frac{40000 \times 10,4}{243} = 1704,92 \text{ руб.},$$

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на основную заработную плату.

Исполнители	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр	Зосн,руб.
Научный руководитель	1704,92	0,3	0,2	1,3	13	43219,67
Студент	1065,57	0,3	0,2	1,3	97	201553,28
<b>Итого:</b>						244772,95

Итоговая сумма затрат на основную заработную плату составила 244772,95 руб.

#### 4.3.4.4. Расчет дополнительной заработной платы исполнителей

##### ТЕМЫ

Данная статья расходов учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда и выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}},$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, (руб.);

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,2);

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата (руб.).

Расчет затрат на дополнительную заработную плату приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на дополнительную заработную плату.

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$ , руб.
Научный руководитель	43219,67	0,12	5186,36
Студент	201553,28	0,12	24186,39
<b>Итого:</b>			29372,75

Итоговая сумма затрат на дополнительную заработную плату составила 29372,75 руб.

#### 4.3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Федеральным законом от 14.07.22 г. № 239-ФЗ введен единый тариф страховых взносов с 2023 года в размере 30%.

К отчислениям во внебюджетные фонды относятся отчисления:

- отчисления органам государственного социального страхования (ФСС);
- отчисления в пенсионный фонд (ПФ);

– отчисления медицинского страхования (ФФОМС).

Сумма отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается на основе затрат на оплату труда исполнителей и может быть вычислена по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и др.);

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Также необходимо учесть что, в 2023 году на учреждения высшего образования распространяется пониженная ставка тарифа страховых взносов, а именно, для плательщиков перечисленных в пункте 1 статьи 427 Налогового кодекса РФ применяется пониженный тариф страховых взносов в размере 15% в отношении части выплат в пользу физического лица, определяемого по итогам каждого календарного месяца как превышение над величиной минимального размера оплаты труда, установленного федеральным законом на начало расчётного периода (п.2.4 ст. 427 НК РФ). с 01 января 2023 тариф с выплат выше минимального размера оплаты труда (далее - МРОТ) составляет - 15% (размер МРОТ установленный Федеральным законом от 19.12.2022 № 522-ФЗ на 2023 год составляет - 16242 рублей).

Таким образом, отчисления страховых взносов проводится для каждого сотрудника по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \left( (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) - (\text{МРОТ} * \text{Мес}) \right) * 0,15 + (\text{МРОТ} * 0,3 * \text{Мес})$$

Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	Отработанное время, месяц	МРОТ	$Z_{\text{внеб}}$ , руб.
-------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	------	--------------------------

Научный руководитель	43219,67	5186,36	1	16242	9697,20
Студент	201553,28	24186,39	5	16242	46042,45
<b>Итого:</b>					55739,66

Итоговая сумма отчислений во внебюджетные фонды составила 55739,66 руб.

#### 4.3.4.6. Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуг; носят комплексный характер. Накладные расходы вычисляются по формуле:

$$Z_{\text{нак}} = k_{\text{нр}} * \sum \text{статей},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент накладных расходов (16% от суммы затрат, подсчитанных выше).

Затраты возьмем из предыдущих разделов, суммируем, полученную сумму умножаем на коэффициент 0.16, результаты расчета приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет накладных расходов.

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	3612,00
Затраты на специальное оборудование	23352,00
Затраты на основную заработную плату	244772,95
Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям проекта	29372,75
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	55739,66
Сумма	356849,36
Накладные расходы	57095,90

Итоговая сумма накладных расходов составила 57095,9 руб.

#### **4.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

После того, как была подсчитана каждая из статей расходов, можно приступить к формированию общего бюджета затрат проекта. Итоговый бюджет затрат представлен в таблице 19.

Таблица 19. Расчет бюджета затрат проекта.

<b>Наименование статьи</b>	<b>Сумма, руб.</b>	<b>Удельный вес, %</b>
Материальные затраты	3612	0,8
Затраты на специальное оборудование	23352	5,59
Затраты на основную заработную плату	244772,95	59,35
Затраты на дополнительную заработную плату	29372,75	7,05
Страховые взносы	55739,66	13,45
Накладные расходы	57095,90	13,76
Общий бюджет затрат	411869,04	100,00

Таким образом, общий бюджет затрат НИИ составляет 411869,04 руб.

#### **4.3.4.8. Стоимость разработки**

Стоимость разработки можно определить, как:

Стоимость разработки = Бюджет затрат НИИ \* (1 + НДС).

Таким образом:

Стоимость разработки = 411869,04 \* (1 + 0,2) = 494242,848.

#### **4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности НИИ необходимо рассчитать интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель эффективности.

Интегральный финансовый показатель определяются по следующей формуле:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Определение интегральных показателей эффективности проведём при двух варианта исполнения системы:

1. Научное исследование реализуется в среде разработки Unity.
2. Научное исследование реализуется в среде разработки Unity Pro.

Существенным различием является публикация на игровых консолях, расширение количества разработчиков во встроенной системе управления версиями, официальные инструменты для проектов дополненной реальности, симуляционный физический движок Navok. Подписка на использование Unity Pro составляет 163600 рублей.

Данная разработка:

$$I_{\text{финр}} = 494242,848 / 657842,848 = 0,75.$$

Расчеты интегрального финансового показателя и интегральных показателей ресурсоэффективности обоих вариантов исполнения приведен в таблице 20 и 21.

Таблица 20 – Расчёт интегрального финансового показателя.

Вариант	$\Phi_{pi}$ , руб	$\Phi_{\text{max}}$ , руб	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Unity	494242,848	657842,848	0,75
Unity Pro	657842,848		1,00

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

	Весовой коэффициент параметра	Unity	Unity Pro
Гибкость настройки	0,1	5	5
Быстродействие	0,4	4	5
Удобство	0,2	4	4
Функциональность	0,2	4	5
Интерфейс	0,1	4	4
Итого	1,00	4,1	4,7

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Испі) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$\text{Испі} = \frac{I_{pi}}{nI_{фин\ респ\ i}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Расчет приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки.

	Интегральный показатель финансовой эффективности	Интегральный показатель ресурсоэффективности	Интегральный показатель эффективности
Unity	0,75	4,1	5,5
Unity Pro	1,00	4,7	4,7

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация программного обеспечения в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

### **Вывод по разделу**

В рамках данного раздела для определения сильных и слабых сторон проекта был проведен SWOT-анализ. Были выявлены возможные пути

дальнейшего развития и совершенствования проекта для повышения его конкурентоспособности и произведена оценка качества и перспективности данного проекта.

Также была оценена трудоемкость проекта и времязатраты на его реализацию, которые отражены в диаграмме Ганта.

Кроме того, был определен бюджет проекта. На основании материальных затрат, зарплат исполнителей, страховых отчислений, накладных расходов и амортизации.

Из сравнения интегральных показателей эффективности вариантов исполнения становится ясно, что использованный вариант является наиболее выгодным.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8К93		Прокопчик Станислав Евгеньевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОИТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	09.03.04 Программная инженерия

Тема ВКР:

Разработка механик интерактивного взаимодействия для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> приложение для обучения пользователя в среде виртуальной реальности  <i>Область применения:</i> обучающие организации  <i>Рабочая зона:</i> офис  <i>Размеры помещения:</i> 35 кв. м.  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер (1 шт.), шлем виртуальной реальности (1 шт.)  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка, тестирование</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.          ТК РФ Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени; ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>2. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;</li> <li>3. Повышенная яркость света;</li> <li>4. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.</li> </ol> <p><b>Опасные:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Факторы, связанные с электрическим током.</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной защиты от выявленных факторов:</b> системы естественного освещения, приборы искусственного освещения, изоляционные средства, предохранительные устройства.</p>

<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	<b>Воздействие на селитебную зону:</b> не выявлено <b>Воздействие на литосферу:</b> твердые и ядовитые отходы при неправильной утилизации оборудования <b>Воздействие на гидросферу:</b> твердые и ядовитые отходы при неправильной утилизации оборудования <b>Воздействие на атмосферу:</b> испарения ядовитых веществ от при неправильной утилизации оборудования
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<b>Возможные ЧС:</b> Обрушение здания, аварии на коммунальных системах, пожар, угроза пандемии. <b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8К93	Прокопчик Станислав Евгеньевич		

## 5. Социальная ответственность

### Введение

В рамках выпускной квалификационной работы был разработан тренажер для обучения пользователей монтажу линии электропередач в виртуальном пространстве. Задача тренажера – показать пользователю алгоритм действий при прокладке кабеля линии электропередач. Тренажер имеет интеграцию с обучающей средой Moodle ТПУ, а также имеет возможность подключения к нему любой другой платформы, помимо Moodle.

Данный тренажер может быть применен:

- **Обучающими организациями** – тренажер может быть применен обучающими организациями для обучения пользователей алгоритмам проводимых работ.
- **Для личного использования** – тренажер может быть применен для личного использования в ознакомительных целях и для оттачивания навыков при прокладке кабеля линии электропередач.

В процессе работы был использован 1 персональный компьютер и 1 шлем виртуальной реальности в связи, с чем автор мог подвергнуться различным вредным факторам, рассмотренным далее.

Рабочим местом является офисное помещение размером 35 м<sup>2</sup> оборудовано рабочими местами для комфортной работы за персональными компьютерами, соединенными между собой в локальную вычислительную сеть и имеющими доступ в сеть Интернет. Сам трудовой процесс характеризуется умственным напряжением, зрительным утомлением, повышенным уровнем концентрации, долгим положением сидя за компьютерным столом, что может привести к нервному напряжению, стрессу, болям в спине и общему дискомфорту.

## **5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения**

### **5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства**

Трудовые отношения между работодателем и работником регулируются посредством «Трудового кодекса Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) [20]. В нём регламентируются права и обязанности работодателя и работника, вопросы организации труда, режим труда и отдыха, оплата и нормирование труда, компенсации работникам, защита персональных данных работника, урегулирование трудовых споров.

Наиболее важные положения относительно трудового распорядка работников:

- Нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю;
- В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается;
- Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых).

Правилами внутреннего трудового распорядка или трудовым договором может быть предусмотрено, что указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов (в ред. Федерального закона от 18.06.2017 N 125-ФЗ).

### **5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Рабочее место должно быть организовано с учетом требований ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Согласно ГОСТ

12.2.032-78, взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования.

Если работник постоянно загружен работой с ПЭВМ, приемлемой является поза сидя. В положении сидя основная нагрузка падает на мышцы, поддерживающие позвоночный столб и голову. В связи с этим при длительном сидении время от времени необходимо менять фиксированные рабочие позы. При организации работы с ЭВМ, согласно указанным выше требованиям, должны быть соблюдены следующие условия:

1. Рабочие места с ПЭВМ должны располагаться на расстоянии не менее 1,5 м от стены с оконными проемами, от других стен на расстоянии 1 м, между собой на расстоянии не менее 1,5 м.

2. Конструкция рабочей мебели должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы.

3. При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения.

4. Окна в помещениях с ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами – жалюзи, занавески, внешние козырьки.

5. При размещении ЭВМ на рабочем месте должно обеспечиваться пространство для пользователя величиной не менее 850 мм.

6. Высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять 680 - 800 мм над уровнем стола.

При выполнении выпускной квалификационной работы правовых и организационных нарушений по указанным требованиям не было выявлено, рабочее место было оборудовано согласно всем нормам и правилам.

## 5.2. Производственная безопасность

Сотрудники офиса и программисты в основном подвержены физическим и психофизиологическим факторам на своем рабочем месте. В таблице №1 представлены все вредные и опасные факторы и их классификация в соответствии с нормативными документами.

Таблица 1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в офисе.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1) Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
2) Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [7]
3) Повышенная яркость света	
4) Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [8]
5) Факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [9] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [10] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно

	допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [11]
--	--

### **5.2.1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения, отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения, повышенная яркость света**

Основные причины недостатка необходимого естественного освещения служат неправильное расположение рабочих мест в помещении, недостаток окон или преграды на пути распространения света.

Недостаточный уровень света заставляет напрягать зрение, что приводит к быстрой усталости глазных мышц, общей сонливости головным болям и мигрени.

Рабочие места следует размещать так, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал больше всего слева. Окна в офисном помещении должны быть направлены на север.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>, а защитный угол светильников обязан превышать 40°.

Следует обеспечить равномерное распределение яркости в поле зрения программиста, при этом соотношения яркости между рабочими поверхностями должно быть меньше 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1. Эти данные указаны в СанПиН 1.2.3685-21 [13]. Нормы освещения в офисных помещениях также представлены в данном документе.

Рекомендованные значения можно найти в таблице 5.25 указанного документа. В ней приводятся следующие показатели для офисов:

- Естественное освещение (КЕО, ен) составляет 3,0 при верхнем или комбинированном освещении и 1,0 при боковом.
- Показатель КЕО при совмещенном освещении равен 1,8 при комбинированном или верхнем свете и 0,6 при боковом.
- Искусственная освещенность равна 400 лк при комбинированном и 300 лк при общем освещении.
- Допустимый коэффициент пульсации света составляет не более 15%.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) позволяет контролировать уровень естественного освещения офиса. Это тот свет, который проникает через оконные и прочие проемы в помещении. Когда показатели КЕО недостаточны, дополнительно к естественному свету устраивают искусственное освещение.

### **5.2.2. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса**

При длительной работе программист также подвержен нервно-психическим перегрузкам, определенные в ГОСТ 12.0.003-2015 [8].

Эмоциональные перегрузки способны вызвать изменения функционального состояния центральной нервной системы, что пагубно влияет на состоянии организма в целом. Они могут быть вызваны конфликтами с коллегами и начальством, стрессом или перенапряжением на рабочем месте. Умственное перенапряжение может проявляться из-за недостатка времени на отдых после длительной работы, нарушения режима приема пищи или недосыпа, может накапливаться и приводить к неблагоприятным последствиям и заболеваниям.

Главными признаками монотонной работы служат многократное повторение и однообразие рабочих процессов, и их короткая длительность. Таковой является работа программиста. В результате сотрудник теряет

интерес к рабочим процессам, и у него возникает состояние «производственной скуки». Монотонная работа отрицательно влияет на рабочие процессы: ухудшаются экономические показатели, растет текучесть кадров, возрастает уровень травматизма и повышается аварийность.

Для снижения нервно-психических перегрузок и перенапряжений предусмотрены перерывы в работе и выбор удобного времени для выполнения той или иной работы.

### **5.2.3. Факторы, связанные с электрическим током**

Основными причинами поражения электрическим током являются:

- Прикосновение к токовыводящим частям под напряжением;
- Неисправность изоляции и защитных устройств;

Прохождение электрического тока через тело человека сопровождается нарушением функций внутренних органов или ожогом тканей. Поражение током приводит к остановке сердца, судорогам, потере сознания.

Мерами защиты от воздействия электрического тока при неисправности изоляции являются защитное заземление, зануление [26] и использование устройств защитного отключения (УЗО).

### **5.2.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

Учитывая все вышесказанное, в офисе при организации и расположении рабочего пространства необходимо соблюдать следующие моменты:

- Заземлить крупные металлические предметы в офисе, где устанавливаются компьютеры и другая организационная техника.
- Разместить сетевые фильтры и провода электропитания как можно ближе к полу. Подключать не более 2-3 устройств к каждому групповому рабочему месту. Удалить источники питания, провода

соединения компьютера и периферийные устройства наиболее далеко от пользователя в пределах рабочего пространства.

- Обеспечить качественное освещение на рабочих местах пользователей. Продумать расположение мониторов, качество мебели и угол падения света.

- Определить время отдыха, включающее поддержание тонуса мышц, отдых зрительных органов и обеденный перерыв.

- Учитывать потоки воздуха от кондиционеров при расположении сотрудников и определить наиболее комфортное положение для всех с минимальным воздействием на здоровье.

### **5.3. Экологическая безопасность**

Загрязнение почвы веществами от компьютерной техники, батареек и других элементов питания может иметь серьезное воздействие на литосферу. Эти вещества, такие как свинец, кадмий, ртуть и другие токсичные вещества, могут проникать в почву и затем попадать в грунтовые воды, загрязняя их. ПДК в почве свинца – 32 мг/кг, кадмия – 0,96 мг/кг, ртути – 2,1 мг/кг.

Это может привести к серьезным последствиям для окружающей среды и здоровья людей, таких как отравления, рак и другие заболевания. Помимо этого, загрязнение почвы может привести к снижению плодородия почвы и ухудшению качества растительности.

Неверный способ утилизации рабочей техники может привести к серьезному загрязнению гидросферы. Когда рабочая техника утилизируется неправильно, отходы могут попадать в реки, озера и другие водные источники, загрязняя их.

Отходы, содержащие токсичные вещества, такие как ртуть, свинец и другие тяжелые металлы, могут проникать в воду, заражая ее и оказывая негативное воздействие на живые организмы, в том числе рыб и других морских животных. ПДК в воде ртути – 0,0005 мг/л, свинца – 0,03 мг/л. Это

может привести к сокращению численности популяций рыб и других водных животных, а также снижению качества воды для использования человеком.

Помимо этого, неправильная утилизация техники может привести к образованию мусорных свалок на берегах рек и озер, что также может привести к загрязнению водных ресурсов.

Поэтому очень важно правильно утилизировать рабочую технику, используя методы, которые не оказывают негативного воздействия на окружающую среду. Это может включать в себя переработку и утилизацию техники с использованием безопасных методов и в соответствии с законодательством и нормативами, а также соблюдение мер предосторожности при работе с техникой.

При неправильной обработке и утилизации компьютерной техники могут возникать различные проблемы, включая загрязнение воздуха. Некоторые компоненты компьютеров содержат опасные вещества, такие как свинец, ртуть, кадмий и другие. ПДК в воздухе свинца и его соединений – 0,0007 мг/м<sup>2</sup>, ртути – 0,0003 мг/м<sup>2</sup>, кадмия – 0,0003 мг/м<sup>2</sup>. При сжигании электронных отходов в неуправляемых условиях или их неконтролируемом разложении могут выделяться токсичные газы и пары, которые попадают в атмосферу. Это может привести к загрязнению воздуха и иметь негативные последствия для здоровья людей и окружающей среды.

На селитебную зону влияние не оказывается.

#### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при работе в офисе:

- Внезапное обрушение здания;
- Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения;
- Пожар;

- Угроза пандемии.

Пожары являются наиболее распространенной чрезвычайной ситуацией в офисе из-за большого количества компьютерной техники и перегрузки электрических сетей, а также из-за человеческого фактора.

Для того чтобы предупредить и избежать возникновения пожара нужно:

- Проводить плановые проверки оборудования и электросетей в офисе;
- Проводить инструктаж на рабочем месте сотрудников;
- Максимально уменьшить нагрузку на сеть;
- Установить датчики дыма и огня в помещении;
- Расположить планы эвакуации и огнетушители в доступных местах;
- Следить, чтобы выходы не были перекрыты.

Если же случилось возгорание, необходимо:

- Сообщить о возникновении пожара в пожарную часть и руководству;
- В случае угрозы жизни людей немедленно организовать эвакуацию с объекта;
- Отключить электроэнергию, кроме систем противопожарной безопасности;
- Остановить работы, кроме работ по тушению пожара;
- Помочь пожарной бригаде в выборе кратчайшего пути к очагу возгорания;
- Сообщать пожарной бригаде об опасных веществах, хранящихся на объекте.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ [16] классом возможного пожара является пожар класса А (Пожары твердых горючих веществ и материалов).

Первичные средства пожаротушения подразделяются на следующие типы:

1. Переносные и передвижные огнетушители;
2. Пожарные краны и средства обеспечения их использования;
3. Пожарный инвентарь;
4. Покрывала для изоляции очага возгорания;
5. Генераторные огнетушители аэрозольные переносные.

### **Вывод по разделу**

В ходе работы по разделу были выявлены основные законодательные акты, которые обеспечивают безопасность жизнедеятельности на рабочем месте. Были рассмотрены наиболее значимые опасные и вредные факторы, связанные с разработкой тренажера, а также описано влияние этого процесса на окружающую среду и необходимые меры для уменьшения негативного воздействия. Были проанализированы возможные чрезвычайные ситуации и принятые меры для их предотвращения.

Деятельность соответствовала всем заявленным нормам. Рабочее место во время работы соответствовало указанным стандартам, санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам. Для обеспечения необходимого уровня освещения используются несколько энергосберегающих ламп и дополнительное настольное освещение. Для защиты от воздействия электрического тока соблюдаются правила безопасности при работе с ПЭВМ. Согласно правилам установок электроустановок, рабочее помещение инженера-программиста относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током.

В рабочем помещении возможен пожар класса А, а рабочее помещение относится к категории Г пожароопасности.

По категории тяжести труда работа разработчика-программиста относится к категории 1б.

Так как работы выполнялись только на ПЭВМ, то согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок для выполнения ВКР достаточно только персонала, относящегося ко II группе по электробезопасности, что не требует стажа работы с электроустановками.

ПЭВМ, на котором выполнялась работа, относится к IV категории (объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду).

## **Заключение**

В ходе выпускной квалификационной работы были спроектированы и разработаны основные механики интерактивного взаимодействия для монтажа линии электропередач в виртуальном пространстве.

В процессе разработки были выполнены следующие этапы:

- Проведен обзор средств разработки тренажера в виртуальной реальности;
- Изучены основные механики взаимодействия с интерактивными предметами в виртуальном пространстве;
- Разработана механика строительства опор с настройкой параметров и выбором типа каждой опоры, и системой определения условий, запрещающих строительство;
- Разработана механика прокладывания кабелей и система управления длиной кабеля относительно длины стрелы провеса.

В результате работы было создано приложение на игровом движке Unity, интегрированное в обучающую среду DIVE, которая используется в учебном процессе ТПУ. В приложении реализованы расстановка и строительство опор с использованием защитных мер от неверных действий пользователя, поднятие и спуск по опоре с использованием дополнительных визуальных объектов для соответствия реальному процессу, генерация и прокладка кабеля по опорам по выставленной нумерации пользователя, изменение длины кабеля с учетом длины стрелы провеса.

На данный момент тренажер находится в стадии тестирования и дальнейших доработок. Планируется доработать нахождение объектов в безопасной зоне опоры для обеспечения меньшей ресурсозатратности алгоритма, добавить механику закрепления кабеля на опоре с использованием специализированного инструмента, добавить механику проверки кабеля на

обрыв замером его сопротивления, добавить механику завершения монтажа подключением кабеля к распределительному щиту.

Разработанный тренажер проектировался с участием экспертов из Инженерной школы энергетики ТПУ, и планируется к внедрению в учебный процесс на следующий учебный год.

## Список использованных источников

1. Visual Studio, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> свободный. (дата обращения: 20.03.2023)
2. Unity documentation, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/index.html> свободный. (дата обращения: 20.03.2023)
3. Unity, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://unity.com/ru> свободный. (20.03.2023)
4. VRIF Wiki, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://wiki.beardedninja.com/> , свободный. (дата обращения: 20.03.2023)
5. НОВАТРАНС, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://npcat.ru/catalog/vr--ar/vr/> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
6. PROMVR, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://promvr.net/> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
7. VARMIN, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://varwin.com/ru/vr-development/> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
8. Unity Asset Store – Obi Rope | Physics, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/obi-rope-55579> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
9. Unity Asset Store – VR Interaction Framework, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://assetstore.unity.com/packages/templates/systems/vr-interaction-framework-161066> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
10. Obi Rope Documentation, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://obi.virtualmethodstudio.com/manual/6.3/ropesetup.html> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)

11. UnityUIExtensions, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://unityuiextensions.tumblr.com/> , свободный. (дата обращения: 10.02.2023)
12. Виртуальная, дополненная и смешанная реальность [Электронный ресурс] URL: <https://www.arup.com/services/digital/virtual-augmented-and-mixed-reality> (дата обращения 13.04.2023)
13. Компьютерный имитационный тренажер 3D «Монтаж отпайки на ВЛ-0,4 кВ с помощью подъемных сооружений» [Электронный ресурс] URL: <https://www.tacis-dipol.ru/corp/catalog/kompyuternyj-imitatsionnyj-trenazher-montazh-otpajki-na-vl-0-4-kv-s-pomoshhyu-podemnyh-sooruzhenij/> (дата обращения 13.04.2023)
14. Компьютерный имитационный тренажер 3D «Работа на воздушных линиях электропередач. Устранение обрыва провода» [Электронный ресурс] URL: <https://www.tacis-dipol.ru/corp/catalog/rabota-na-vozdushnyh-liniyah-elektroperedach-3d-ustranenie-obryva-provoda/> (дата обращения 13.04.2023)
15. Почему тяжело писать про хороший код? [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/700272/> (дата обращения 13.04.2023)
16. Пулинг объектов в Unity [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/560880/> (дата обращения 13.04.2023)
17. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
18. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
19. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
20. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов