



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: Разработка программно-информационных систем

Отделение школы (НОЦ): ОИТ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

| Тема работы |
|--|
| Разработка интерактивной виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах |

УДК 004.94:796.71

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------|---------|------|
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОИТ ИШИТР | 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, должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОИТ ИШИТР | Чердынцев Евгений Сергеевич | К.Т.Н | | |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|---|--|
| Универсальные компетенции | |
| 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. |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | Способен применять естественнонаучные и общеинженерные 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 |
| Профессиональные компетенции | |
| ПК(У)-1 | Способен выполнять интеграцию программных модулей и компонент. |
| ПК(У)-2 | Владение навыками моделирования, анализа и использования формальных методов конструирования программного обеспечения. |

| | |
|-----------------|--|
| ПК(У)-9 | Способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования. |
| ПК(У)-13 | 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
_____ Чердынцев Е.С.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------|
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич |

Тема работы:

| | |
|--|--|
| Разработка интерактивной виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| <p>Исходные данные к работе (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>Объект исследования – разработка обучающей 3D-сцены. Предмет исследования – особенности механики вождения на гоночных трассах и обучения вождению на них.</p> |
|---|--|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (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"> 1. Аналитический обзор средств разработки виртуальных сцен при помощи игровых движков 2. Проектирование механик проекта 3. Реализация механик проекта 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность |
| <p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Слайды в формате pptx, демонстрирующие результаты работы |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение</p> | <p>Гасанов Магеррам Али оглы</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p> |

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

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|------------------------------------|------------------------|---------|------|
| <p>Старший преподаватель ОИТ ИШИТР</p> | <p>Лоскутов Виталий Валерьевич</p> | | | |

Задание принял к исполнению обучающийся:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|-------------|------------------------------|---------|------|
| <p>8К93</p> | <p>Заев Леонид Сергеевич</p> | | |



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:

| Группа | ФИО |
|---------------|-----------------------|
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич |

Тема работы:

| Разработка интерактивной виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах | | |
|--|--|---|
| Срок сдачи обучающимся выполненной работы: | | 09.06.2023 |
| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
| 30.03.2023 | Аналитический обзор средств разработки виртуальных сцен при помощи игровых движков | 20 |
| 25.04.2023 | Проектирование механик проекта | 20 |
| 25.05.2023 | Реализация механик проекта | 30 |
| 15.05.2023 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение | 10 |
| 15.05.2023 | Социальная ответственность | 10 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Старший преподаватель ОИТ ИШИТР | Лоскутов Виталий Валерьевич | | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент ОИТ ИШИТР | Чердынцев Евгений Сергеевич | к.т.н. | | |

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|-----------------------|----------------|-------------|
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич | | |

Реферат

Ключевые слова: проектирование, разработка, виртуальная сцена, Unity, обучение, вождение, гоночная трасса.

Объектом исследования является разработка обучающей 3D-сцены.

Предмет исследования – особенности механик вождения на гоночных трассах и обучения вождению на них.

Цель работы – разработка программы виртуальной сцены, которая позволит незнакомым с автоспортом людям обучиться особенностям вождения на гоночных трассах, а пилотам гоночных автомобилей поддерживать свои навыки.

В процессе исследования был проведен обзор существующих готовых решений автосимуляторов и дополнений для разработки на разных движках, разработаны основные механики приложения.

В результате исследования получено приложение, которое реализует основные механики обучения особенностям вождения на гоночных трассах.

Область применения: обучение незнакомых людей с автоспортом, поддержание формы пилотов гоночных автомобилей.

В будущем планируется: доработка трения-скольжения между поверхностью и колёсами автомобиля, увеличение вариативности в типах привода автомобиля, расширение функциональности системы обучения, добавление новых трасс и автомобилей, реализация приложения в виртуальной реальности.

Обозначения и сокращения

3D – 3-dimensional – трехмерное пространство.

UI – User Interface – интерфейс пользователя.

FIA - Federation Internationale de l'Automobile – международная федерация автомобилей.

КПП – коробка переключения передач.

АКПП – автоматическая коробка переключения передач.

Рис. – рисунок.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Реферат | 7 |
| Обозначения и сокращения..... | 8 |
| Введение..... | 12 |
| 1. Обзор технологий | 14 |
| 1.1. Обзор игровых движков и средств для работы с 3D..... | 14 |
| 1.2. Обзор существующих решений | 17 |
| 1.2.1. Анализ рынка автосимуляторов..... | 17 |
| 1.2.2. Анализ готовых решений физики автомобиля | 18 |
| 1.2.2.1. Физика автомобиля для Unity | 18 |
| 1.2.2.2. Физика автомобиля для Unreal Engine | 18 |
| 1.2.2.3. Физика автомобиля для Godot | 19 |
| 1.2.3. Анализ существующих автомобильных трасс | 19 |
| 1.2.4. Анализ обучающих программ других проектов | 21 |
| 2. Проектирование программы | 23 |
| 2.1. Выбор используемых средств для разработки | 23 |
| 2.2. Выбор автомобильной трассы для реализации в проекте | 23 |
| 2.3. Проектирование механик проекта | 24 |
| 2.3.1. Физические процессы автомобиля | 25 |
| 2.3.2. Визуальная часть программы..... | 30 |
| 2.3.3. Дополнительные механики проекта..... | 31 |
| 3. Реализация механик проекта | 33 |
| 3.1. Разработка физических процессов автомобиля..... | 33 |
| 3.1.1 Подвеска автомобиля..... | 33 |
| 3.1.2 Поворот колес на передней оси. Угол Аккермана..... | 35 |
| 3.1.3 Имитация процессов в двигателе, имитация звуков работы двигателя..... | 37 |
| 3.1.4 Трансмиссия..... | 39 |
| 3.1.5 Механическая и автоматическая коробка передач | 41 |
| 3.1.6 Имитация сцепления колёс с поверхностью | 42 |
| 3.1.7 Тормозная система | 44 |
| 3.2. Разработка визуальной части программы | 44 |
| 3.2.1. Разработка UI..... | 44 |
| 3.2.2. Разработка места для обучения вождению..... | 47 |
| 3.2.3. Программа обучения особенностям вождения на гоночных трассах..... | 54 |
| 3.3. Дополнительные механики проекта | 56 |
| 3.3.1. Разработка системы выбора автомобиля | 56 |

| | |
|---|----|
| 3.3.2. Реализация ввода с различных устройств..... | 57 |
| Заключение | 60 |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 63 |
| 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 63 |
| 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования | 63 |
| 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений..... | 64 |
| 4.1.3. SWOT-анализ | 65 |
| 4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований | 68 |
| 4.3 Планирование научно-исследовательских работ | 69 |
| 4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования..... | 69 |
| 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ..... | 69 |
| 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования..... | 72 |
| 4.4 Бюджет научно-исследовательских работ | 72 |
| 4.4.1 Расчет материальных затрат НИР | 72 |
| 4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей..... | 74 |
| 4.4.3 Основная заработная плата исполнителя темы | 75 |
| 4.4.4 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы..... | 77 |
| 4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... | 77 |
| 4.4.6 Накладные расходы | 79 |
| 4.4.7 Формирование бюджет затрат научно-исследовательского проекта..... | 80 |
| 4.4.8 Стоимость разработки | 80 |
| 4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 81 |
| 4.6 Вывод по разделу..... | 83 |
| 5. Социальная ответственность | 86 |
| 5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения | 86 |
| 5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства | 86 |
| 5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны | 88 |
| 5.2. Производственная безопасность | 89 |
| 5.2.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения | 90 |
| 5.2.2 Повышенный уровень шума | 91 |
| 5.2.3 Нагрузка на зрительный аппарат | 92 |
| 5.2.4 Опасность поражения электрическим током | 93 |

| | |
|--|----|
| 5.3. Экологическая безопасность | 93 |
| 5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 94 |
| 5.5. Вывод по разделу | 96 |
| Список использованных источников | 98 |

Введение

В 21 веке наблюдается значительное увеличение количества обучающих материалов, переносимых в цифровой формат. Данные события связаны с быстрым развитием технологий, а также возрастающий спрос на лёгкую доступность образовательных программ. Цифровые обучающие материалы могут представляться как электронные версии книг или видеолекции, так и как специальные программы, направленные на практическое обучение конкретным задачам.

Автосимуляторы также можно отнести к программам, которые направлены на обучение конкретным задачам, таким как управление автомобилем. Главным преимуществом использования виртуальных сцен для обучения вождению на гоночных трассах является повышенная безопасность пользователя, а также отсутствие необходимости покупки дорогостоящего оборудования.

В связи с событиями происходящими на мировом поле за последние 3 года, автоспортивная индустрия в России получила серьёзный удар. Частая отмена автомобильных соревнований, отсутствие необходимых деталей для автомобилей, снижение спонсорской поддержки и многие другие факторы. Данные проблемы можно частично решить при помощи разработки программного обеспечения, позволяющего пилотом гоночных автомобилей поддерживать свою форму, а не знакомым с автоспортом людям познакомиться и научиться искусству вождения автомобиля.

Целью данной работы является разработка программы виртуальной сцены, которая позволит незнакомым с автоспортом людям обучиться особенностям вождения на гоночных трассах, а пилотам гоночных автомобилей поддерживать свои навыки.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработка физических процессов автомобиля
- Разработка UI и виртуальной копии трассы

- Разработка обучения

Выполнение данных задач позволит реализовать проект, который сможет имитировать ощущения от управления автомобилем. Это положительно скажется на погружении пользователя в процесс обучения. Для реализации данных целей, существует ряд различных средств и подходов, которые будут проанализированы в обзоре технологии.

1. Обзор технологий

1.1. Обзор игровых движков и средств для работы с 3D

Для реализации проекта была решено использовать готовую среду для разработки интерактивного 3D контента, также называемого движок. Движок – это программное обеспечение, предназначенное для создания и разработки приложений или видеоигр. Он представляет собой набор инструментов, набор библиотек и ресурсов, которые помогают в разработке.

Для реализации проекта были рассмотрены следующие популярные движки на рынке: Unity, Unreal Engine и Godot. Для определения системы разработки была составлена таблица преимуществ и недостатков каждого из них (таблица 1).

Таблица 1 – сравнение игровых движков

| Название | Преимущества | Недостатки |
|----------|---|---|
| Unity | <ul style="list-style-type: none">•Бесплатное распространение для независимых разработчиков•В Unity используется компонентно-ориентированный подход•Удобный «Drag & Drop» интерфейс•Большое количество сторонних ассетов и плагинов для разработки•Низкие системные требования•Использование языка | <ul style="list-style-type: none">•Ограничения бесплатной лицензии•Закрытый исходный код |

| | C# | |
|-----------------|--|--|
| Unreal Engine 5 | <ul style="list-style-type: none"> •Бесплатное распространение для независимых разработчиков •Графический движок обеспечивает высокое качество визуальных эффектов •Для разработки доступен язык C++ или визуальная система программирования Blueprint •Удобный интерфейс разработки •Открытый исходный код | <ul style="list-style-type: none"> •Высокие системные требования •Ограничения бесплатной лицензии |
| Godot | <ul style="list-style-type: none"> •Бесплатное распространение для всех типов разработчиков •Открытый исходный код •Поддержка 3 языков программирования: GDScript, C++, C#. •Низкие системные требования | <ul style="list-style-type: none"> •Малое количество обучающей информации •Малое количество сторонних ассетов и плагинов |

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Также необходимо провести обзор программ для создания трёхмерной компьютерной графики. Были выбраны Blender, Fusion 360 и 3ds Max. Преимущества и недостатки каждого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – сравнение программ для создания трехмерной графики

| Название | Преимущества | Недостатки |
|------------|--|---|
| Blender | <ul style="list-style-type: none"> •Бесплатное распространение для всех типов разработчиков •Открытый исходный код •Большое количество обучающих материалов | <ul style="list-style-type: none"> •Ограничения в поддержке форматов файлов |
| Fusion 360 | <ul style="list-style-type: none"> •Широкий набор инструментов •Облачное хранение | <ul style="list-style-type: none"> •Ограниченная функциональной бесплатной версии •Требование постоянного подключения к сети интернет |
| 3ds Max | <ul style="list-style-type: none"> •Расширенные возможности в создании анимации •Расширяемость | <ul style="list-style-type: none"> •Временное распространение бесплатной версии программы |

| | | |
|--|------------------------------------|--|
| | функционала при помощи плагинов | •Поддержка только операционной системы Windows |
|--|------------------------------------|--|

1.2. Обзор существующих решений

1.2.1. Анализ рынка автосимуляторов

На сегодняшний день, рынок автосимуляторов обширен, почти каждый может найти что-нибудь по своему вкусу. Но в нашем случае необходимо придерживаться определенных критериев, таких как: гонки на специализированных гоночных трассах; использование реально существующих автомобилей; использование реалистичной физики поведения автомобиля.

Assetto Corsa Competizione - гоночный симулятор, выпущенный в 2018 году под издательством 505 Games и Game Source Entertainment. Является одним из лучших симуляторов поведения автомобиля на дороге. Благодаря использованию технологии Laserscan каждая трасса воссоздана с высокой точностью. Выпускалась на таких платформах как: PlayStation, Xbox, Windows.

iRacing – гоночный онлайн-симулятор, выпущенный в 2008 году студией iRacing. Считается максимально приближенным к настоящим гонкам на автомобильных трассах. Для участия необходимо проходить аттестацию, по итогам которой вас могут определить в подходящую для вас группу, либо вовсе не допустить до участия. Выпускалась на платформе Windows.

Gran Turismo – серия гоночных симуляторов, последняя часть которой вышла в 2022 году под издательством Sony Interactive Entertainment. Имеет режим обучения пилотирования автомобилем, а также проводятся турниры, для которых необходимо получить допуск. Выпускалась на платформе PlayStation.

Forza Motorsport – серия гоночных симуляторов, последняя часть которой вышла в 2017 году. Представляет собой гонки по специализированным трассам с доступом в онлайн-заездах. Выпускалась на таких платформах как: Xbox, Windows.

City Car Driving – не является гоночным симулятором, но обладает обучению ПДД. Выпущена в 2007 году и развивается по сей день. Выпускалась на платформе Windows.

Из всех перечисленных автосимуляторов – главным конкурентом является Gran Turismo, который обладает режимом обучения пилотирования автомобилем, но данный проект выпускается только на платформе PlayStation, что позволяет утверждать об отсутствии конкуренции на таких платформах как Xbox и Windows.

1.2.2. Анализ готовых решений физики автомобиля

1.2.2.1. Физика автомобиля для Unity

Edy's Vehicle Physics – дополнение для Unity, добавляет физику автомобиля разработанную Edy. Данное дополнение максимально облегчает пользователю работу с автомобилем и предназначено для тех, кто хочет реализовать в своём проекте автомобили, но не хочет разбираться с тонкостями их настройки. Больше подходит для проектов, направленных на развлечение, чем на симуляцию поведения автомобиля.

Realistic Car Controller - дополнение для Unity основано на встроенной физике колес Unity «Wheel Collider» и имеет все её недостатки. Позволяет при помощи нескольких кликов создать рабочую модель автомобиля. Подходит для проектов направленных на создание аркадных игр.

1.2.2.2. Физика автомобиля для Unreal Engine

Vehicle Advanced Pack – дополнение для Unreal Engine, предлагает реалистичную физику автомобиля с поддержкой сценариев, таких как дрифт, ралли и трековые гонки. Он включает в себя настраиваемый автомобильный контроллер, модели автомобилей с высокой детализацией, а также систему повреждений и частиц для создания реалистичных визуальных эффектов.

1.2.2.3. Физика автомобиля для Godot

На данный момент не удалось найти готового дополнения для Godot, которое позволило бы реализовать физику поведения автомобиля. Связано это с тем, что Godot относительно молодой игровой движок.

1.2.3. Анализ существующих автомобильных трасс

Все известные и большие трассы обладают категориями FIA Grade. Grade 1 позволяет участвовать всем классам автомобилей, в том числе Формула-1, с соотношением веса и мощности менее 1 кг/л.с. Grade 2 позволяет участвовать в соревнованиях автомобилям группы D (легковые автомобили) и E (свободная формула) с соотношением веса и мощности между 1 и 2 кг/л.с. Grade 3 позволяет участвовать автомобилям 2 категории (многоместные) с соотношением веса и мощности от 2 до 3 кг/л.с. Grade 4 позволяет участвовать автомобилям 2 категории с соотношением веса к мощности более 3 кг/л.с. Так же существует Grade 6, который относится к трассам для автокросса, ралли-кросса и ледовых гонок.

Moscow Raceway – гоночная трасса в Московской области, Волоколамском городском округе. Автодрому присвоена категория FIA – Grade 1, что позволяет проводить соревнования любого уровня. Длина трассы в максимальной конфигурации составляет 4070 метров.

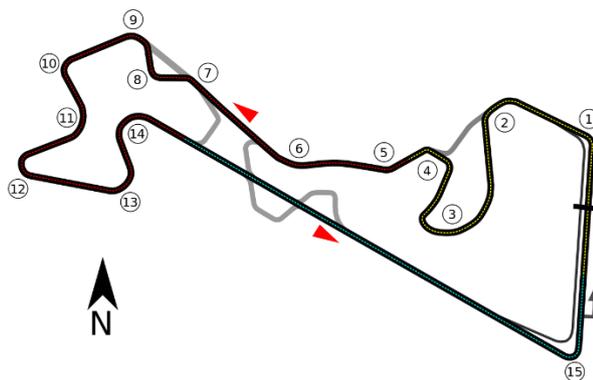


Рис. 1 – карта трассы Moscow Raceway

ADM Raceway – гоночная трасса расположенная в Московской области, Раменском районе. Категория автодрома соответствует FIA – Grade 4. Длина трассы в максимальной конфигурации составляет 3240 метров.

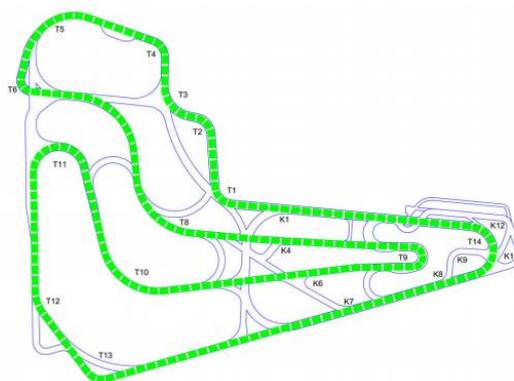


Рис. 2 – карта трассы ADM Raceway

Сочи автодром – расположен в Краснодарском крае, посёлок Сириус. Категория автодрома FIA – Grade 1. Длина трассы составляет 5858 метров

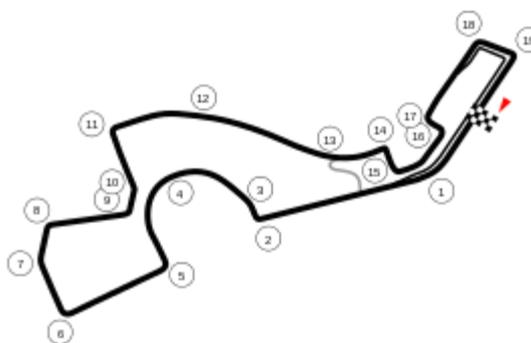


Рис. 3 – карта трассы Сочи автодром

Автодром Санкт-Петербург – трасса расположена в Ленинградской области, Санкт-Петербурге. FIA присвоила ей категорию Grade 2. Длина круга составляет 3100 метров.

Нижегородское кольцо – трасса расположена в Нижегородской области, города Богородск. Автодрому присвоена категория FIA – Grade 2. Максимальная длина трассы составляет 3222 метра.

KazanRing – гоночная автомобильная трасса расположена в Республике Татарстан, городе Казань. Категория автодрома является FIA – Grade 2. Длина трассы составляет 3476 метров.

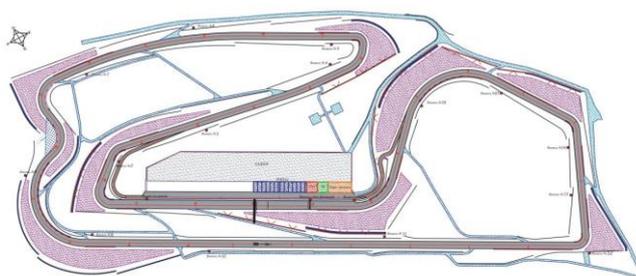


Рис. 4 – карта трассы KazanRing

Красное кольцо – расположено в Красноярском крае, Емельяновском районе. Информации о категории кольца найти не удалось, скорее всего данный автодром не обладает категорией FIA. Длина автодрома составляет 2160 метров.

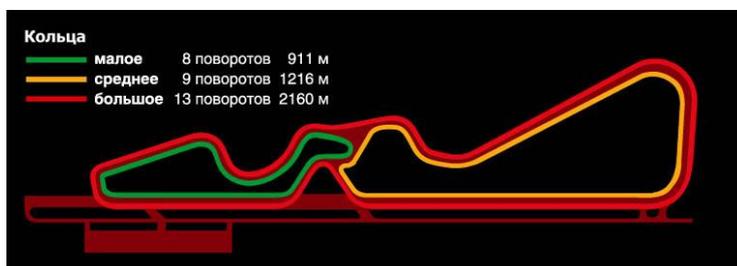


Рис. 5 – карта трассы Красного кольца

Смоленское кольцо – расположено в Смоленской области, рядом с посёлком Верхнеднепровский. Имеет категорию FIA – Grade 2. Длина кольца составляет 3357 метров.

1.2.4. Анализ обучающих программ других проектов

Gran Turismo 7 – обучающая программа нацелена на постепенное повышение навыков вождения. Изначально пользователю доступна национальная лицензия категории В, которая позволяет использовать в обучающих целях только городские автомобили. С прохождением обучающих материалов, которые построены на преодолении участка трассы за отведенное время, повышается и уровень лицензии. Максимальный уровень лицензии, который называется суперлицензия, даёт возможность обучиться вождению на мощных, подготовленных автомобилях. На рисунке 6 можно видеть главное окно выбора уровня обучения. На рисунке 7 представлено самое задание для выполнения.

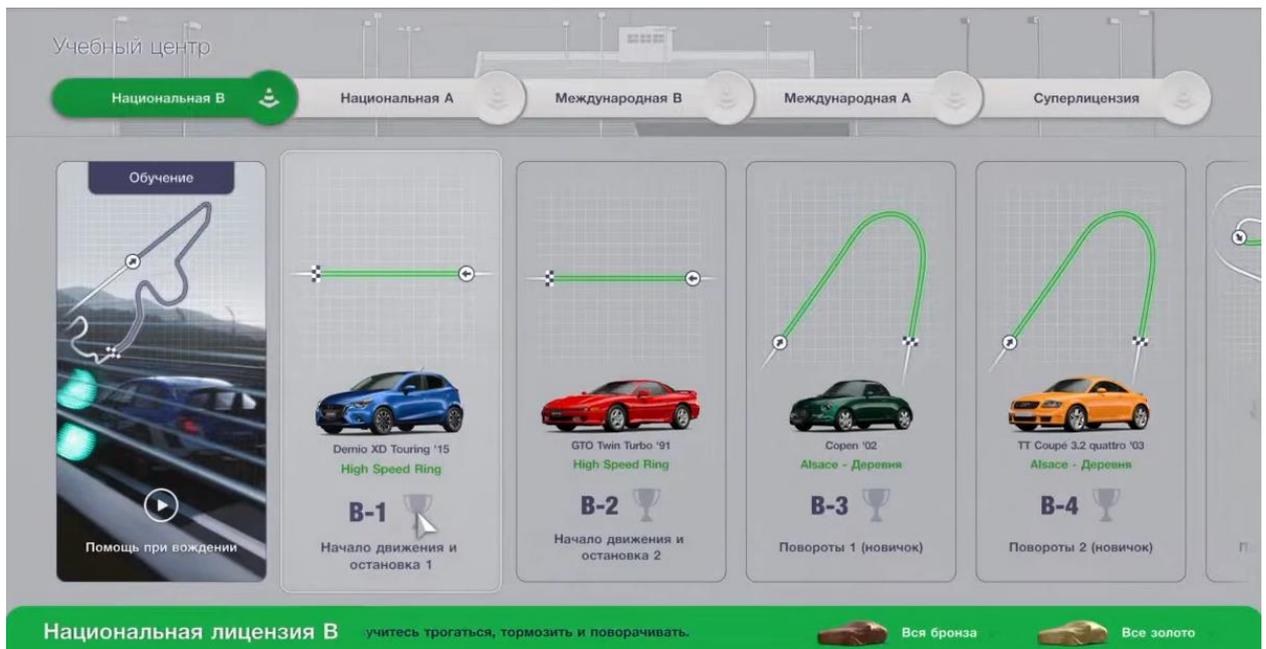


Рис. 6 – главное окно выбора уровня обучения Gran Turismo 7



Рис. 7 – задание для выполнения

iRacing – обучающая программа данного автосимулятора не встроена в саму игру, вместо этого разработчики сделали серию видеороликов с профессиональными автогонщиками, направленными на обучение вождению на гоночных трассах. Суть обучающей программы заключается в том, что вы можете посмотреть видеоролик и опробовать рассказанные и показанные действия в приложении.

2. Проектирование программы

Проанализировав содержание главы 1, было выявлено, что для разработки виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах необходимо реализовать физическую модель автомобиля, виртуальный аналог существующей трассы, пользовательский интерфейс, а также систему обучения.

2.1. Выбор используемых средств для разработки

Для реализации проекта был выбран игровой движок Unity. Данный выбор был сделан исходя из того, что он распространяется бесплатно, имеет большое количество обучающих материалов, а также задействует меньшее количество ресурсов по сравнению с аналогами.

Среди программ для 3D моделирования был выбран Blender, так как он распространяется бесплатно, а также имеет множество обучающих материалов в открытом доступе.

Код был написан при помощи языка C#. В качестве редактора кода выступал Visual Studio 2022. Данный редактор является одним из основных при разработке на языке C#, а также является стандартным при разработке на Unity.

В качестве ассетов были использованы:

- 3D объекты из дополнения Cartoon Race Track – Oval
- Текстуры травы, песка, асфальта из дополнения Terrain Textures Pack

2.2. Выбор автомобильной трассы для реализации в проекте

В качестве референса была выбрана трасса Moscow Raceway, которая находится в Московской области. Данный выбор был сделан ввиду того, что данная трасса обладает современной инфраструктурой, на ней проводится большая разновидность соревнований начиная от мотогонок и заканчивая дрифт-соревнованиями. Кроме того, указанная трасса находится в живописном и удобном месте, что позволяет зрителям и участникам не тратить много времени на дорогу до неё. Также на трассе проводятся

международные гоночные события, которые привлекают внимание не только жителей Российской Федерации.

2.3. Проектирование механик проекта

Для создания виртуальной сцены для обучения на гоночных трассах необходимо выделить следующие этапы:

1. Разработка физических процессов происходящих при использовании автомобиля.

В данный этап входит разработка подвески автомобиля, которая также выполняет роль колёс. На её точку касания с поверхностью передаются все прикладываемые силы. Разработка поворота колёс, для передачи подвески правильного угла прикладываемой силы. Разработка имитации процессов происходящих в двигателе и трансмиссии, для расчёта мощности автомобиля и корректной передачи сил с двигателя на колёса. Разработка имитации звуков работы двигателя, зависящей от оборотов двигателя. Разработка коробки переключения передач, которая служит связывающим звеном между двигателем и колёсами, и позволяет менять передаточное число, что приводит к повышению эффективности работы двигателя. Также необходимо разработать имитацию сцепления колёс с поверхностью, что позволит корректно применять силы действующие на автомобиль со стороны поверхности. Разработка тормозной системы, направленной на остановку транспортного средства.

2. Разработка визуальной части программы

В данный этап входит разработка пользовательского интерфейса, который направлен на предоставление выбора активности пользователю и на описание обучения. Также в данный этап входит разработка трассы, которая была выбрана ранее.

3. Разработка дополнительных механик программы

В данный этап входит разработка системы ввода с различных устройств, направленная на повышение погружения в обучающий процесс.

Также разработка системы выбора автомобиля, которая также может повлиять на погружение в обучающий процесс.

2.3.1. Физические процессы автомобиля

2.3.1.1. Подвеска автомобиля

Данная система отвечает за работу всей подвески. Она включает в себя точки контакта с поверхностью, длину пружины, длину сжатия и растяжения пружины, её силу, а также силу демпфера. Также при помощи данной системы к колёсам применяются силы полученные с двигателя, имитируется работа трансмиссии, сцепление колёс с поверхностью и торможение. Алгоритм работы подвески представлен на рисунке 8.

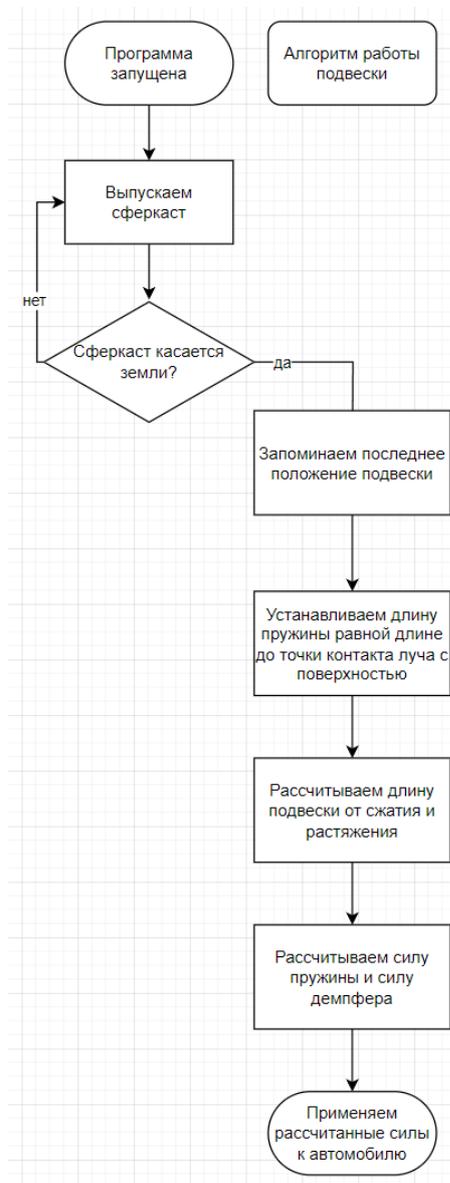


Рис. 8 – алгоритм работы подвески

2.3.1.2. Поворот передних колёс с учётом угла Аккермана

Данная система отвечает за поворот передних колёс по углу Аккермана. Благодаря ей каждое колесо поворачивает на необходимый угол, что происходит также и на реальных автомобилях. Алгоритм расчёта и применения угла Аккермана представлен на рисунке 9.

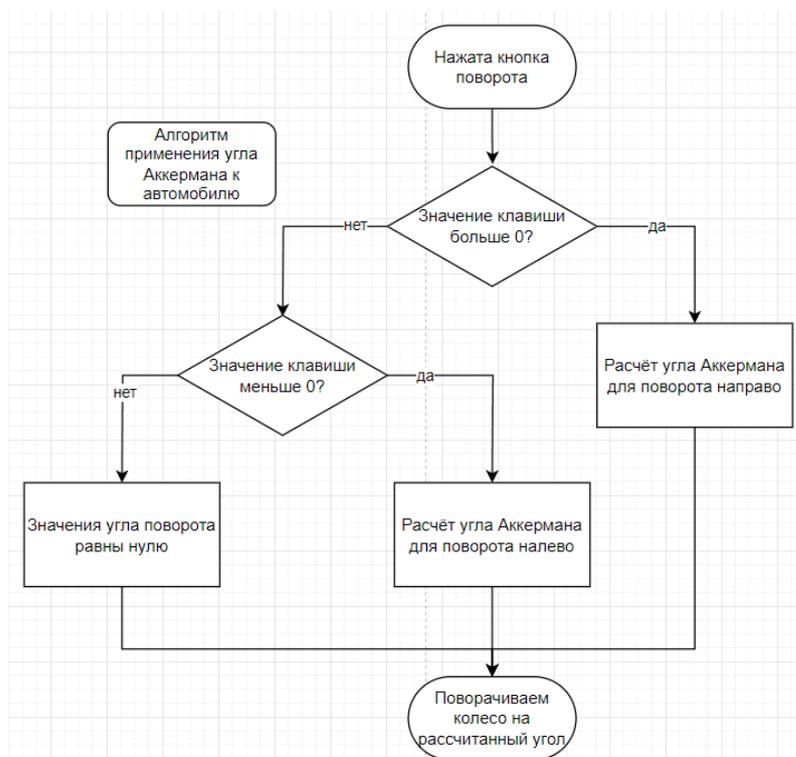


Рис. 9– алгоритм применения угла Аккермана к автомобилю

2.3.1.3. Имитация процессов происходящих в двигателе

Система имитации процессов происходящих в двигателе представляет собой расчёты таких параметров, как: кривая мощности двигателя, крутящий момент двигателя, момент инерции двигателя, угловое ускорение двигателя, скорость вращения диска сцепления, а также скорость вращения двигателя. Алгоритм расчётов и работы двигателя приведён на рисунке 10.

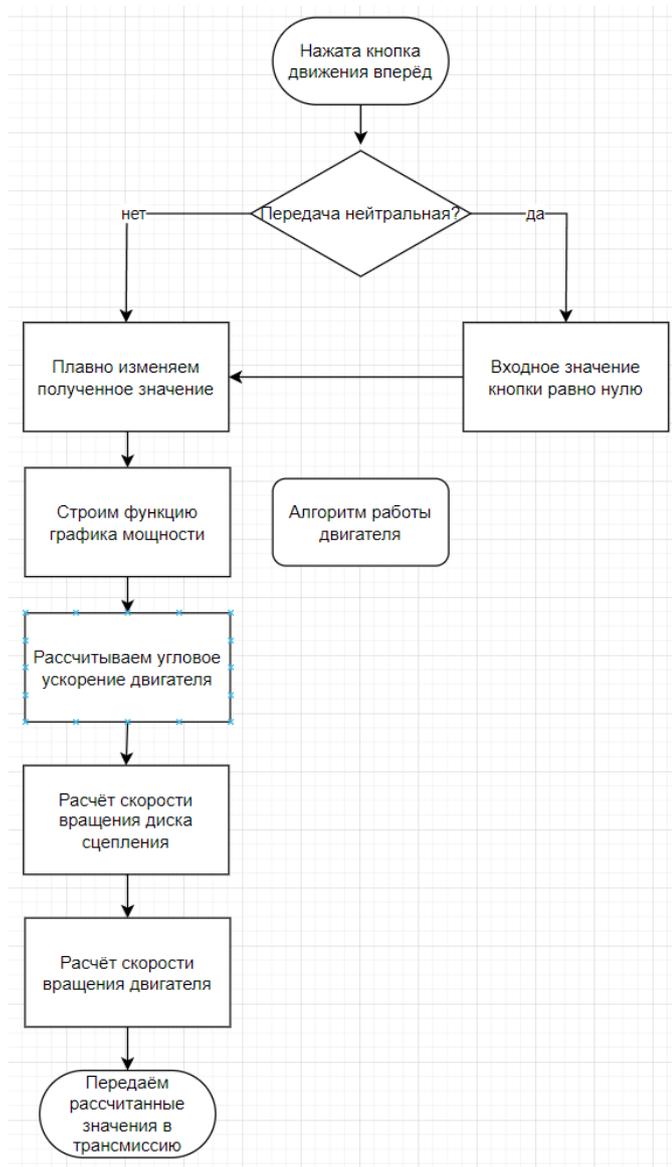


Рис. 10 – алгоритм работы двигателя

2.3.1.4. Имитация звуков работы двигателя

Система имитации звуков работы двигателя основана на принципе, что чем выше обороты двигателя, тем выше будет высота звука, который воспроизводится. Звук холостого хода автомобиля, который можно услышать при работающем двигателе на малых оборотах без нагрузки, зацикливается и воспроизводится при помощи данной системы.

2.3.1.5. Имитация работы трансмиссии

Данная система отвечает за передачу мощности с двигателя на подвеску автомобиля (они же колёса). Для этого необходимо рассчитать крутящий момент на всех колёсах, после чего найти инерцию колеса и

исходя из крутящего момента рассчитать угловую скорость вращения колеса, которая в дальнейшем передаётся на колёса. Алгоритм работы трансмиссии изображен на рисунке 11.



Рис. 11 – алгоритм работы трансмиссии

2.3.1.6. Переключение между ручной и автоматической коробки передач.

Данная система призвана осуществлять переключение между передачами в коробке передач. При использовании ручной коробки передач, пользователь сам переключает все передачи при помощи кнопок. При использовании автоматической коробки передач, пользователь выбирает между передачами “R”, “N”, “D”, которые соответствуют движению назад, нейтрالي и движению вперёд. При движении вперёд коробка переключения передач сама переключает передачи в соответствии с оборотами двигателя. На рисунке 12 представлен алгоритм работы ручной коробки передач. На рисунке 13 представлен алгоритм работы автоматической коробки передач.

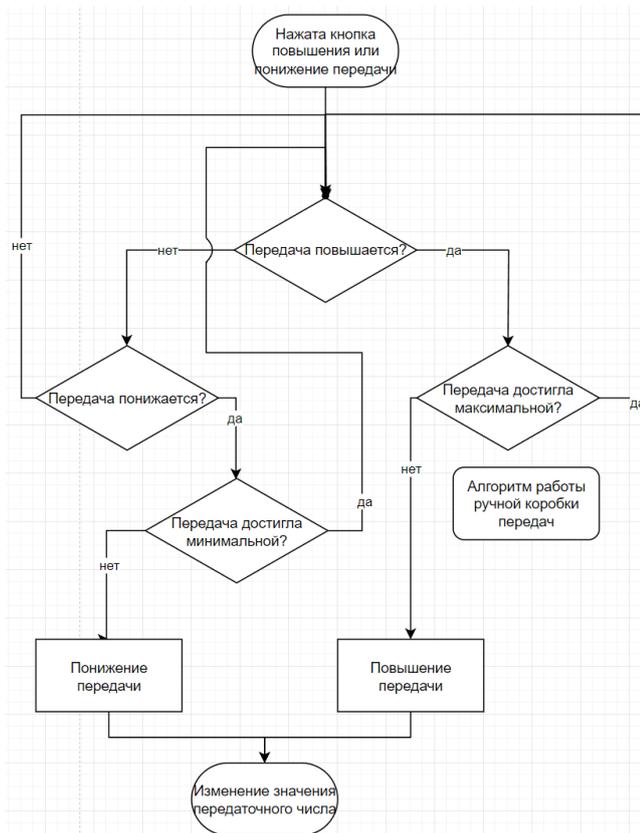


Рис. 12 – алгоритм работы ручной коробки передач

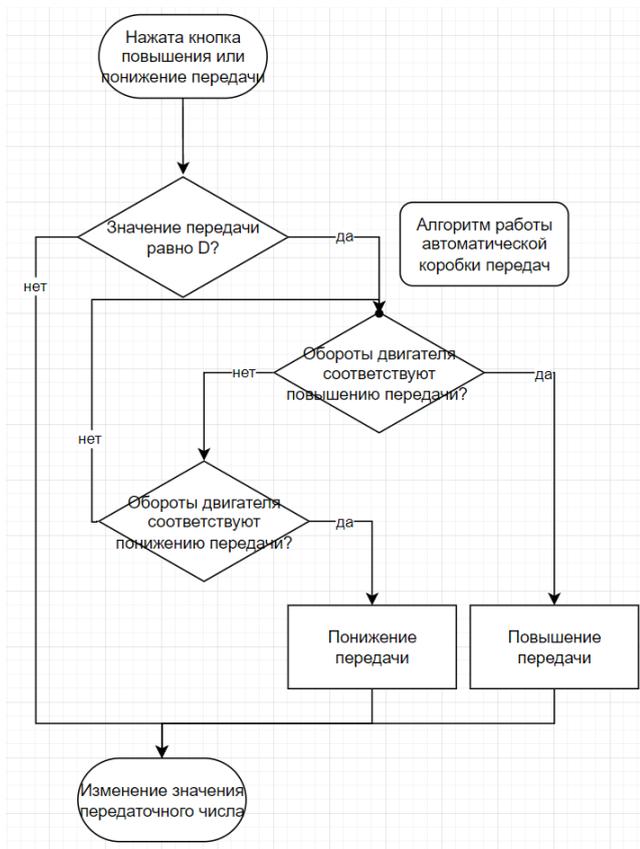


Рис. 13 – алгоритм работы автоматической коробки передач

2.3.1.7. Имитация сцепления колёс с поверхностью

Система имитации сцепления колёс с поверхностью направлена на вычисление сил, которые воздействуют на подвеску автомобиля (они же колёса). Для этого необходимо найти скорость колеса в локальном пространстве, величину продольного скольжения, поперечного скольжения и собрать из них вектор, который показывает направление действия сил трения покрышек. После нахождения вектора необходимо нормализовать его и рассчитать конечное трение покрышек с поверхностью. На рисунке 14 представлен алгоритм работы трансмиссии.



Рис. 14 – алгоритм работы трансмиссии

2.3.1.8. Тормозная система

Тормозная система направлена на замедление автомобиля до его полной остановки. Для этого к колесу прикладывается противодействующая сила, которая постепенно уменьшается с уменьшением скорости автомобиля.

2.3.2. Визуальная часть программы

2.3.2.1. Пользовательский интерфейс

Пользовательский интерфейс (UI) должен давать возможность выбора уровня обучения, старт уровня, автомобиля, свободного заезда или перейти

на предыдущее окно. Он должен давать описание выбранного уровня и в целом выводить необходимый текст. Также UI должно отображать скорость автомобиля, передачу и таймер.

2.3.2.2. Место для обучения

Местом для обучения выступает реально существующая гоночная трасса, расположенная на территории РФ. Данная трасса должна быть популярна как среди обычных автолюбителей, так и среди автомобильных пилотов. При разработке можно использовать готовые модели ограждений, трибун, покрышек и другое.

2.3.2.3. Метод обучения

Обучение должно быть интуитивно понятным и детально расписанным. Необходимо использовать таймер, для замеров времени прохождения отрезков трассы или трассы целиком.

2.3.3. Дополнительные механики проекта

2.3.3.1. Ввод с различных устройств

Программа должна поддерживать управления как при помощи руля и педалей, так и при помощи клавиатуры. Необходимо использовать Unity Input System для дальнейшего расширения количества возможно устройств ввода. Также необходимо чтобы данные, получаемые с устройства ввода соответствовали стандартным значениям, с которыми может работать программа. На рисунке 15 изображен алгоритм работы использования различных видов ввода.



Рис. 15 – алгоритм работы использования различных видов ввода

2.3.3.2. Выбор автомобиля

Программа должна предоставлять возможность выбора автомобиля для пользователя. Также необходимо разработать систему, позволяющую добавлять новые автомобили путём использования одного скрипта.

3. Реализация механик проекта

3.1. Разработка физических процессов автомобиля

3.1.1 Подвеска автомобиля

В упрощенном варианте подвеска автомобиля состоит из с демпфера с пружиной и предназначены они для того, чтобы поглощать толчки и удары от колеса самого транспортного средства, а также для передачи силы сцепления покрышек с дорожным покрытием. Такой составной элемент называют стойкой, и она соединяет колесо с кузовом автомобиля.

Стойка имеет собственную длину и имеет свойство сжиматься под действием сил.

В проекте стойка реализована за счет передачи силы на твердый объект в указанной точке. Передача силы действует по следующему принципу: на модели автомобиля с установленным коллайдером и RigidBody устанавливаем пустые тела в местах крепления стойки к автомобилю. Из каждого пустого тела испускается сфера, которая отбрасывается вдоль луча испускаемый вниз в локальной системе координат твердого объекта и служит она для отслеживания контакта колеса с дорогой или другими объектами. Сфера отбрасывается на расстояние равное сумме длины стойки и радиуса колеса. На рисунке 16 можно видеть, что `GameObject` – является точкой крепления, `restLength` – длинна подвески, `wheelRadius` – радиус колеса.

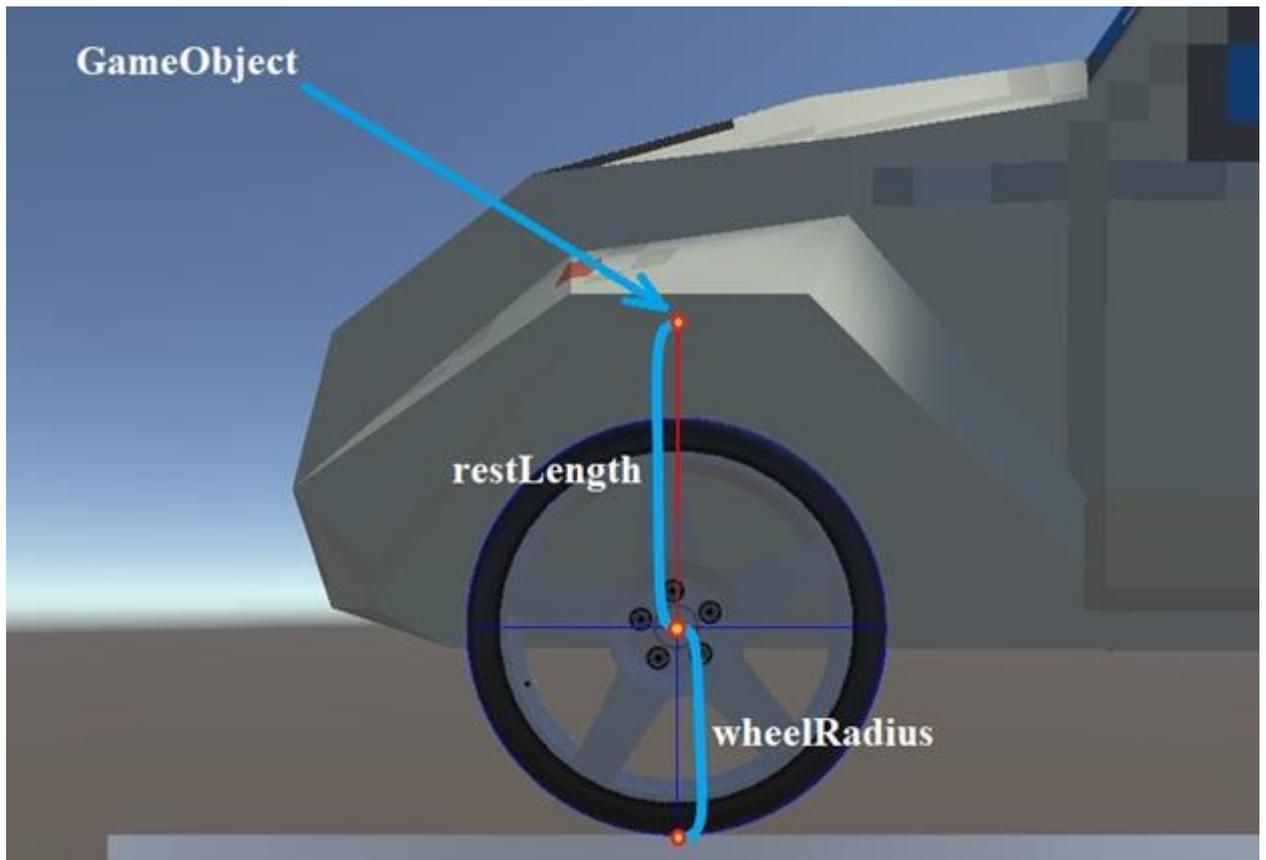


Рис. 16 – длина, радиус и точка испускания луча.

Чтобы облегчить расчеты, физика будет считаться только когда сфера касается земли.

Стойка имеет следующие параметры:

- Длина пружины
- Ход сжатия пружины
- Жесткость пружины
- Сила демпфера

Пружина в подвеске автомобиля подчиняется закону Гука для тонкого стержня:

$$F=k*\Delta l$$

F – сила, которой растягивают или сжимают стержень;

Δl – сжатие или удлинение стержня;

k – коэффициент упругости или жесткость.

В подвесках автомобиля используются демпферы с вязкой жидкостью внутри. Демпфирующая сила вязкого демпфера F_d принимается линейно по отношению к относительной скорости на двух концах демпфера:

$$F_d = C * (U_2 - U_1)$$

F_d – демпфирующая сила;

C – коэффициент вязкостного демпфирования;

U_2 – конечная скорость поднятия или опускания поршня;

U_1 – начальная скорость поднятия или опускания поршня.

Сила действия подвески на автомобиль равна сумме сил пружины и демпфера:

$$F_s = F + F_d$$

На рисунке 17 можно видеть, что `suspensionForce` – является обратной силой подвески на автомобиль.

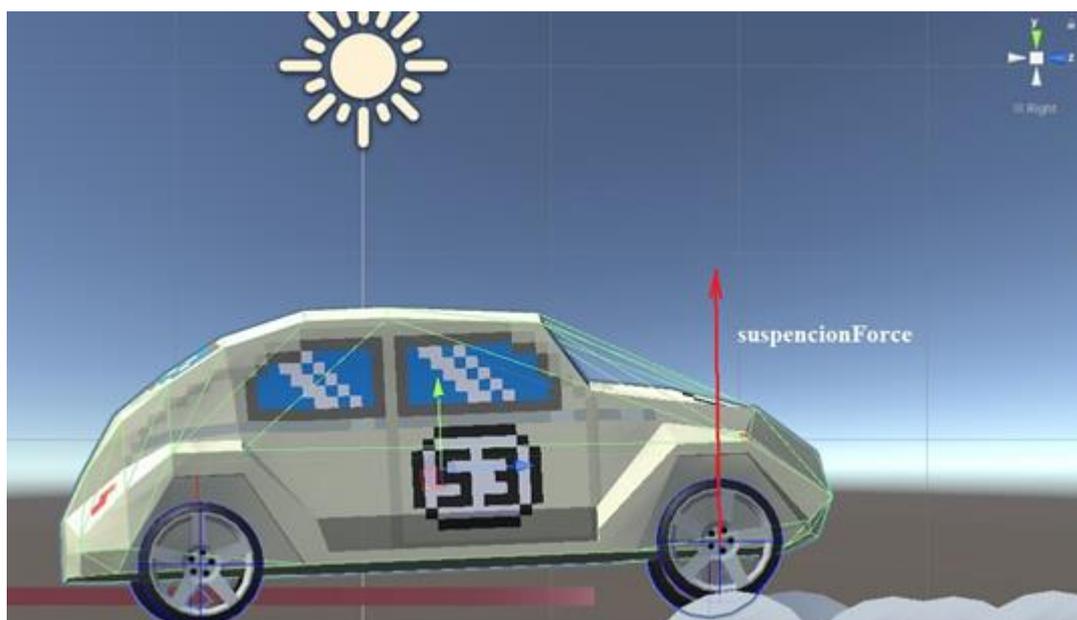


Рис. 17 – выталкивающая сила от подвески.

3.1.2 Поворот колес на передней оси. Угол Аккермана.

Принцип Аккермана определяет геометрию рулевого управления, с целью обеспечения необходимого угла поворота рулевых колёс при прохождении поворота. Принцип Аккермана применим для любых колесных транспортных средств.

При прохождении поворота автомобиль движется по окружности, но описываемая окружность колесом внутри поворота меньше, чем колесом снаружи и центры окружностей не сходятся в одной точке. Если оба колеса повернуты на одинаковую величину, внутреннее колесо будет скользить, из-за этого снизится эффективность руления, колесо будет нагреваться и быстрее изнашиваться. Чтобы избежать негативных последствий, внутреннее колесо должно поворачивать на больший угол, чем внешнее.

Угол Аккермана можно рассчитать, зная длину колёсной базы автомобиля (L), расстояние между осями поворота колёс (T) и радиус разворота автомобиля (R):

$$\alpha_i = \tan^{-1} \frac{L}{R - T/2}$$

$$\alpha_o = \tan^{-1} \frac{L}{R + T/2}$$

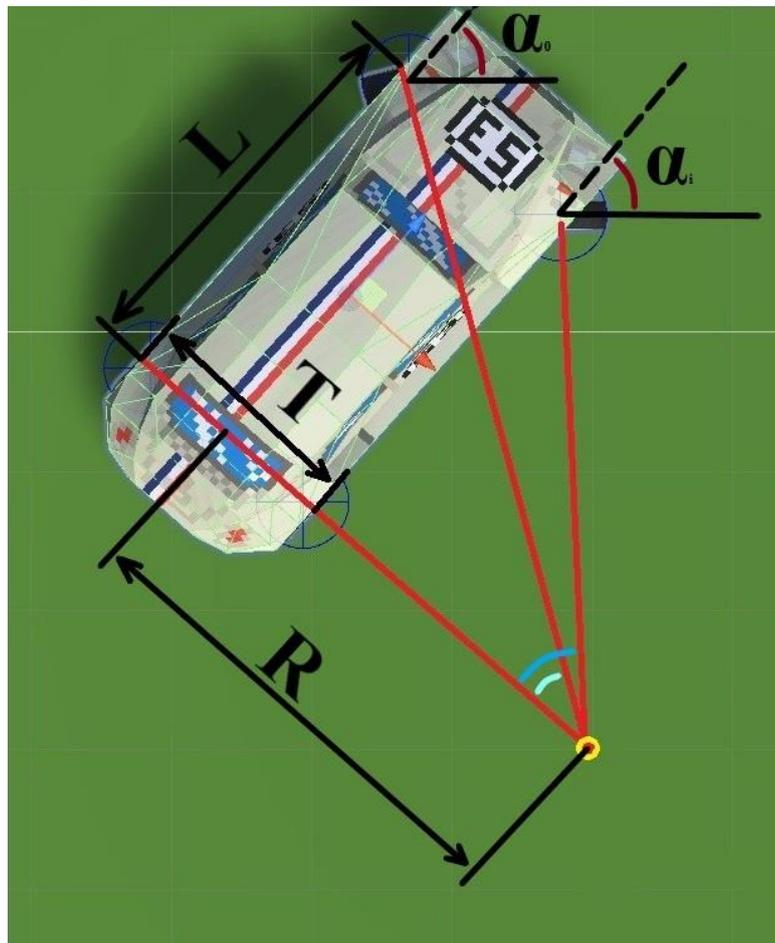


Рис. 18 – схема угла Аккермана.

3.1.3 Имитация процессов в двигателе, имитация звуков работы двигателя.

Двигатель в автомобиле – источник энергии. Он преобразует энергию сгорания топлива в механическую работу и отдает мощность в виде крутящего момента на трансмиссию или напрямую на ось колёс.

Каждый двигатель имеет свою кривую мощности, которую получают на династенде и она показывает зависимость мощности и/или крутящего момента на колесе на всём диапазоне значений оборотов двигателя.

Для упрощения разработки вместо расчета процессов приобретения и потери мощности, происходящих в двигателе, будут использоваться значения оборотов двигателя на холостом ходу, значения максимальных оборотов двигателя, функция мощности от текущих оборотов двигателя, момент инерции двигателя, величина обратного момента.

В коде кривая мощности задается формулой и выглядит следующим образом:

$$graphTorq = \frac{(rpm - 9000)^2}{324 * 10^8} - 250$$

Где rpm – обороты двигателя

Двигатель развивает крутящий момент, когда водитель жмет педаль газа. В коде рост крутящего момента происходит при нажатии пользователем клавиши W или нажатии на игровые педали от руля. Данные устройства ввода плавно передают изменяющееся значение $xInp_Up$ в диапазоне от 0 до 1, это позволяет имитировать плавное нажатие педали газа автомобиля. В зависимости от значения $xInp_Up$ изменяется выдаваемый крутящий момент двигателя в диапазоне от обратного момента двигателя, до максимального значения функции мощности.

При сгорании топлива в двигателе поршни толкают коленчатый вал с маховиком на конце, и он раскручивается. Каждый вращающийся элемент имеет массу, что и придает двигателю момент инерции, и он за счет момента раскручивает не только колёса, но и помогает раскручиваться себе.

Зная крутящий момент двигателя и его момент инерции производим расчет углового ускорения двигателя за счет вращательных движений его элементов:

$$angAccel = \frac{torque}{inertialEng}$$

Где *torque* – крутящий момент двигателя

inertialEng – инерциальный момент двигателя

Зная ускорение двигателя необходимо рассчитать его скорость вращения, но если производить расчет не зная параметры колёс, то двигатель независимо от скорости движения автомобиля и нагрузки на колёса будет выдавать максимальные обороты будто он находится вне автомобиля.

В автомобилях мощность с двигателя на коробку передач передается с помощью диска сцепления. Для передачи нагрузки колёс на двигатель для его торможения необходимо рассчитать с какой скоростью колёса раскручивают диск сцепления и затем сравнить скорости вращения диска сцепления и скорость вращения двигателя. Скорость вращения диска сцепления рассчитывается как произведение средней скорости всех ведущих колёс и коэффициента редукции коробки передач.

Также необходимо на основе скорости вращения диска сцепления рассчитать скорость вращения двигателя:

$$EngAngVel = ((ClutchAngularVelocity - EngAngVel) * interp) * totalGearRatio * dt + EngAngVel + angAccel)$$

ClutchAngularVelocity – угловая скорость

interp – интерполяция произведения вектора скорости и вектора направленного вперёд.

totalGearRatio – передаточное отношение коробки передач

dt – длительность временного шага

Также необходимо ограничить скорость вращения двигателя между значениями максимальных оборотов и минимальных оборотов.

Так как скорость вращения двигателя рассчитывается в радиан в секунду, для нахождения оборотов двигателя нужно перевести это значение в оборот в минуту:

$$RPMtoRad = \frac{2 * \pi}{60}$$

$$RadtoRPM = \frac{1}{RPMtoRad}$$

$$rpm = EngAngVel * RadtoRPM$$

После расчёта всех значений, необходимо применить их к каждому колесу.

Звук двигателя изменяется от оборотов. Реализация звуков в двигателе: чем выше обороты, тем выше высота зацикленного звука холостого хода двигателя.

Значения для звука двигателя подобраны эмпирическим путём.

3.1.4 Трансмиссия

Трансмиссия – совокупность механизмов для передачи вращения от двигателя к колёсам автомобиля. В автомобиле она может состоять из множества элементов, но за основу взят один из простых способов передачи энергии колёсам: двигатель передает крутящий момент коробке передач, она передает момент на дифференциал через карданный вал и затем дифференциал распределяет крутящий момент между ведущими колёсами.

Существуют автомобили трех типов приводов:

- Полноприводные
- Переднеприводные
- Заднеприводные

Несмотря на то, что в реальности примитивной конструкцией обладают заднеприводные автомобили, в виртуальной среде проще реализовать полноприводный автомобиль. Связано это с тем, что в программе каждое колесо контролируется программой, а не физическим движком. У заднеприводных и переднеприводных ведомая ось рассчитывается на предположении о скорости вращения колеса исходя из

скорости автомобиля, когда у полноприводного автомобиля все оси ведущие и управляются параметрами, выдаваемыми программой двигателя. Именно поэтому в основе проекта используется трансмиссия полного привода.

Для расчета крутящего момента на колесе необходимо крутящий момент двигателя перемножить на передаточное отношение каждого элемента, ведущего к колёсам.

$$driveTorque(n) = torque * totalGearRatio * diffCF * 0.5$$

Где *torque* – крутящий момент двигателя

totalGearRatio – передаточное отношение коробки передач

diffCF – коэффициент дифференциала

n – номер колеса

Инерция колеса равняется половине произведения массы колеса на квадрат радиуса.

Также необходимо найти максимальную скорость вращения колеса на включенной передаче:

$$maxWheelSpeed = \frac{EngAngVel}{totalGearRatio}$$

Где *EngAngVel* – скорость вращения двигателя

totalGearRatio – передаточное отношение коробки передач

Далее необходимо рассчитать угловую скорость колеса, исходя из крутящего момента передаваемого на колесо:

$$WheelAngVel(n) = \left[wheelAngVel(n) + \left(\frac{driveTorque(n)}{wheelInert} \right) * dt \right]$$

Где *driveTorque(n)* – крутящий момент на колесе

wheelInert – инерция колеса

dt – длительность временного шага

Если угловая скорость будет превышать максимальную скорость вращения колеса, то значение *WheelAngVel(n)* будет равняться *maxWheelSpeed*.

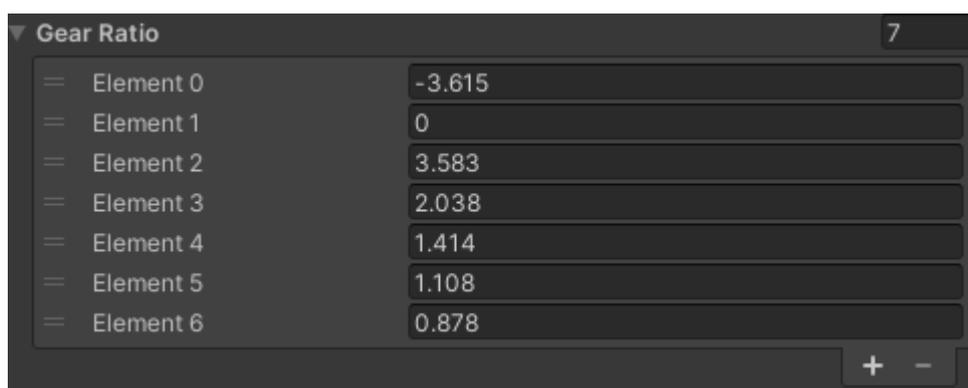
В конечном итоге угловая скорость колеса и крутящий момент на колесе применяется к самому колесу, для придания ускорения автомобилю.

3.1.5 Механическая и автоматическая коробка передач

Коробка переключения передач (КПП) — элемент трансмиссии автомобиля, который передает мощность от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на ведущие колеса, при этом расширяя диапазон частоты вращения и крутящего момента мотора. Этот узел отвечает за эффективную работу мотора.

Базовым для КПП считается предустановленный набор передаточных чисел — это коэффициенты, на которые увеличивается или уменьшается крутящий момент, поступающий от двигателя.

В коде передаточные числа указываются в переменной `gearRatio`.



| Gear Ratio | | 7 |
|------------|--------|---|
| Element 0 | -3.615 | |
| Element 1 | 0 | |
| Element 2 | 3.583 | |
| Element 3 | 2.038 | |
| Element 4 | 1.414 | |
| Element 5 | 1.108 | |
| Element 6 | 0.878 | |

Рис. 19 – значения передаточных чисел коробки передач

Значения примера взяты с автомобиля Ford Focus. Они понадобятся для расчёта коэффициента текущей и главной передачи.

3.1.5.1 Механическая коробка переключения передач

При использовании механической коробки переключения передач (МКПП), момент, когда переключить передачу остаётся за человеком. Это позволяет более точно влиять на движения автомобиля.

Для реализации данной КПП, мы используем условия, которые будут повышать, либо понижать передачу на автомобиле:

Если передача меньше количества всех передач, а также нажата кнопка повышения передачи, то передача будет повышена. Иначе если

передача больше нуля, а также нажата кнопка понижения передачи, то передача будет понижена.

3.1.5.2 Автоматическая коробка переключения передач

При использовании автоматической коробки переключения передач (АКПП), переключение передачи не зависит от человека, а происходит автоматически при соблюдении определённых условий. Данный тип коробки переключения требует от человека только нажатия педали газа или тормоза.

Для реализации АКПП мы используем похожую систему, как с МКПП. Повышение передачи до R (Revers), N (Neutral) и 1 (в нашем случае D, она же Drive) происходит как с МКПП.

При включении передачи D, переключение передач полностью зависит от кода, он считывает значение оборотов двигателя, а также проводит сравнения, и если обороты оказываются больше или меньше заданных, то передача либо повышается, либо понижается.

Так же, для переключения передачи как для МКПП, так и для АКПП мы используем корутины (Coroutine). Они позволяют делать задержку в переключении передачи с одной, на другую.

3.1.6 Имитация сцепления колёс с поверхностью

Движение автомобиля и его устойчивость на покрытие обеспечивает сила трения покрышек. Чем выше эта сила, тем устойчивее автомобиль на дороге. Рассчитать силу трения покрышек в конкретный момент времени не простая задача, поэтому в проекте применяется упрощенная версия трения, которая уступает реальному поведению покрышек автомобиля, но способно показать, как величина силы трения влияет на характеристики управляемости автомобиля.

Для расчета трения изначально необходимо найти скорость колеса в локальном пространстве, это позволит определить скорость продольного и поперечного скольжения.

$$wheelSpeed = \frac{wheelVelocityLS.z}{wheelRadius}$$

wheelVelocityLS.z – вектор силы по координате z на колесо

wheelRadius – радиус колеса

Также данное значение необходимо округлить до целого.

Величина продольного скольжения считается следующим образом: когда автомобиль находится в покое или на него не действуют силы с двигателя, то работает только сила трения, а когда на колесо подается мощность с двигателя, то высчитывается с учетом данной силы и силы прижатия колеса к земле пружинной. Также продольное скольжение умножается на коэффициент трения-скольжения поверхности.

longSlipVel

$$= (\text{wheelRot} * \text{wheelRadius} - \text{wheelVelocityLS.z}) * \text{surfaceType.friction}$$

Где wheelRot – вращение колеса

wheelRadius – радиус колеса

wheelVelocityLS.z – вектор силы по координате z на колесо

surfaceType.friction – коэффициент трения-скольжения поверхности

Для нахождения поперечного скольжения, необходимо вектор продольной силы умножить на мягкость шины, после чего ограничить полученные значения от -1 до 1.

$$\text{lateralSlipNorm} = \text{wheelVelocityLS.x} * \text{tireStiffnes}$$

wheelVelocityLS.x – вектор силы по координате x на колесо

tireStiffnes – мягкость шины

После нахождения продольного и поперечного скольжения необходимо собрать из них вектор, который будет показывать направление действия сил трения покрышек.

Найдя длину полученного вектора, получим величину скольжения, используя которую найдем пересечения точки с кривой скольжения и после нормализации конечного вектора получаем значение от 0 до 1 с которым перемножаем силу от пружины и получаем конечное трение покрышек с покрытием.

3.1.7 Тормозная система

Основная функция тормозной системы автомобиля – замедлять транспортное средство вплоть до полной остановки по средству силы трения и создании этим тормозного ускорения.

В проекте тормозная система реализована следующим образом: к колесу прикладывается противодействующая сила, которая постепенно уменьшается с уменьшением скорости автомобиля до полной его остановки.

Сперва необходимо ограничить ось торможения ($xInp_Down$) от -1 до 0 для дальнейших корректных расчётов.

После чего рассчитывается прикладываемую тормозную силу.

$$brakeTorque = brakeStrength * xInpDown * brakeRatio$$

Где $brakeStrength$ – номинальная сила торможения

$xInp_Down$ – ось торможения

$brakeRatio$ – смещение мости относительно оси

Последним этапом тормозная сила прикладывается к ускорению колеса учитывая его инерцию и направления вектора ускорения колеса.

3.2. Разработка визуальной части программы

3.2.1. Разработка UI

Для удобного представления информации был разработан UI – User Interface. Для этого использовались стандартные методы Unity. Изначально было создано абстрактное пространство Canvas, которое позволяет работать с UI. Далее в данном пространстве были созданы 3 панели (Panel), которые будут разграничивать участки интерфейса на экране.

Main Panel отвечает за основную панель, где будет находится обучение. Speed Panel предназначен для вывода скорости на колёсах и передачи в коробке передач. Timer Panel выводит на экран время.

3.2.1.1 Main Panel

Main Panel состоит из ещё 3 панелей с названиями Header, Body и Footer.

В Header записывается название окна. Он состоит только из блока текста, который можно изменять.

Body несёт в себе основную информацию. Состоит из блоков Body Text, Level Choice, Task Description и Car Choice. Body text является блоком текста в который записывается информация, Level Choice состоит из кнопок которые позволяют выбрать уровень обучения, Task Description является блоком текста в котором описывается задание для уровня, Car Choice состоит из кнопок которые позволяют выбрать автомобиль.

Footer содержит кнопки для навигации: Button Education, Button Start, Button Back, Button Close и Button Car Choice. Button Education отвечает за открытие панели Level Choice, Button Start начинает обучение и закрывает главное окно, Button Back возвращает прошлое окно, Button Close закрывает главное окно и начинает режим свободной езды, Button Car Choice открывает окно с выбором автомобиля.

Для работы блоков в Main Panel были написаны скрипты. Для начала рассмотрим скрипт TextManager. Он позволяет изменять текст, путём присваивания ему нового значения.

Скрипт ButtonManager позволяет управлять действиями кнопок, в объекте Footer. Его суть заключается в том, что при нажатии на одну из кнопок, он делает определенные элементы Body и Footer неактивными.

Скрипт LevelChoice позволяет изменять координаты автомобиля, в соответствии с нажатой кнопкой. Это необходимо для создания различных уровней.

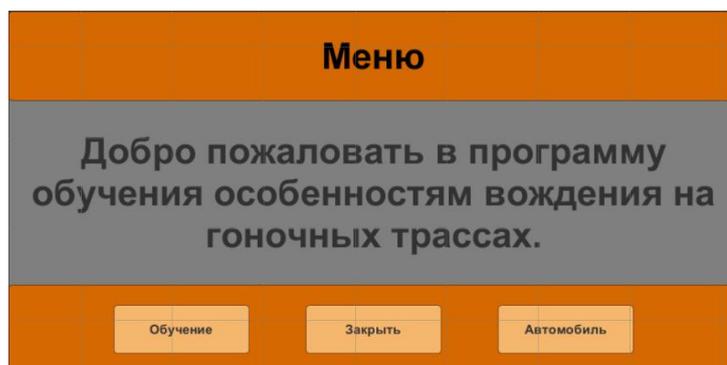


Рис. 20 – вид главного окна



Рис. 21 – вид окна выбора уровня



Рис. 22 – вид окна объяснения задания



Рис. 23 – вид окна выбора автомобиля

3.2.1.2 Speed Panel

Все объекты в Speed Panel являются текстом, 4 из них изменяются в зависимости от скорости каждого отдельного колеса, 5 объект изменяется в зависимости от включенной передачи. Информация о скорости колеса поступает из скрипта отвечающего за физику подвески.

Информация о номере передачи поступает из скрипта отвечающего за коробку переключения передач.

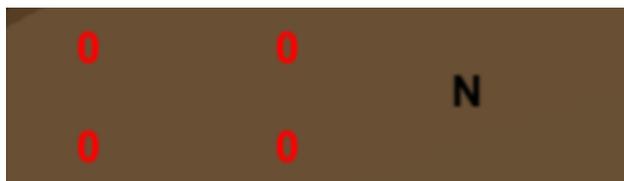


Рис. 24 – вид панели скорости каждого колеса и передачи автомобиля

3.2.1.3 Timer Panel

Данная панель отвечает за таймер состоящий только из текстового блока, который изменяется с течением времени.

Таймер запускается при нажатии педали газа.

Общий вид UI выглядит следующим образом:



Рис. 25 – вид панели таймера

3.2.2. Разработка места для обучения вождению

В 3D-редакторе Blender была смоделирована основная часть трассы. Также были сделаны бордюры, располагающиеся вдоль поворотов.

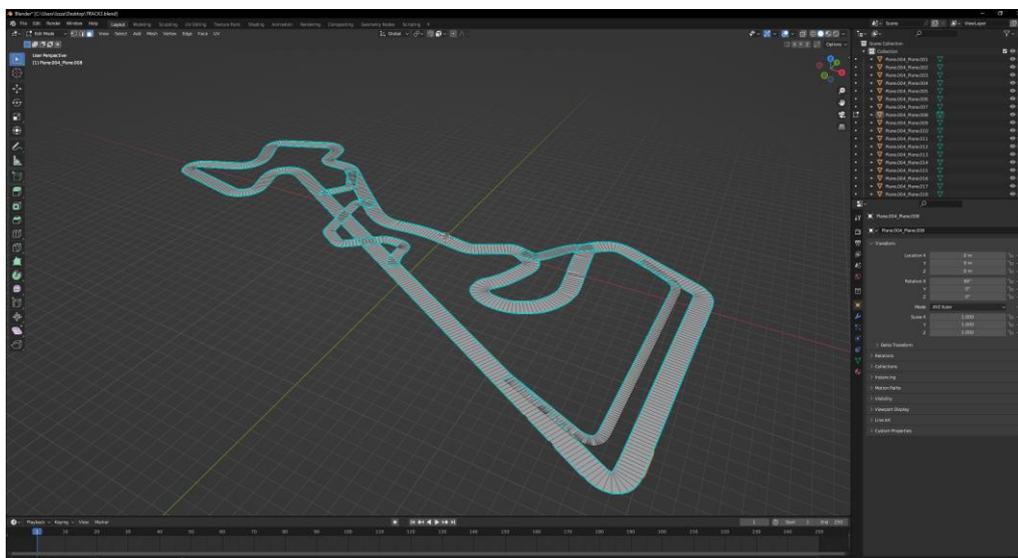


Рис. 26 – общий вид основы трассы

Дальнейшая разработка трассы производилась в Unity. При помощи функционала terrain был создан рельеф поверхности, расположены деревья и объемная трава вдоль дороги. Также были добавлены текстуры асфальта, травы и песка на поверхность рельефа.

Готовый terrain с наличием текстур, деревьев и объемной травы для трассы Moscow Raceway выглядит следующим образом:

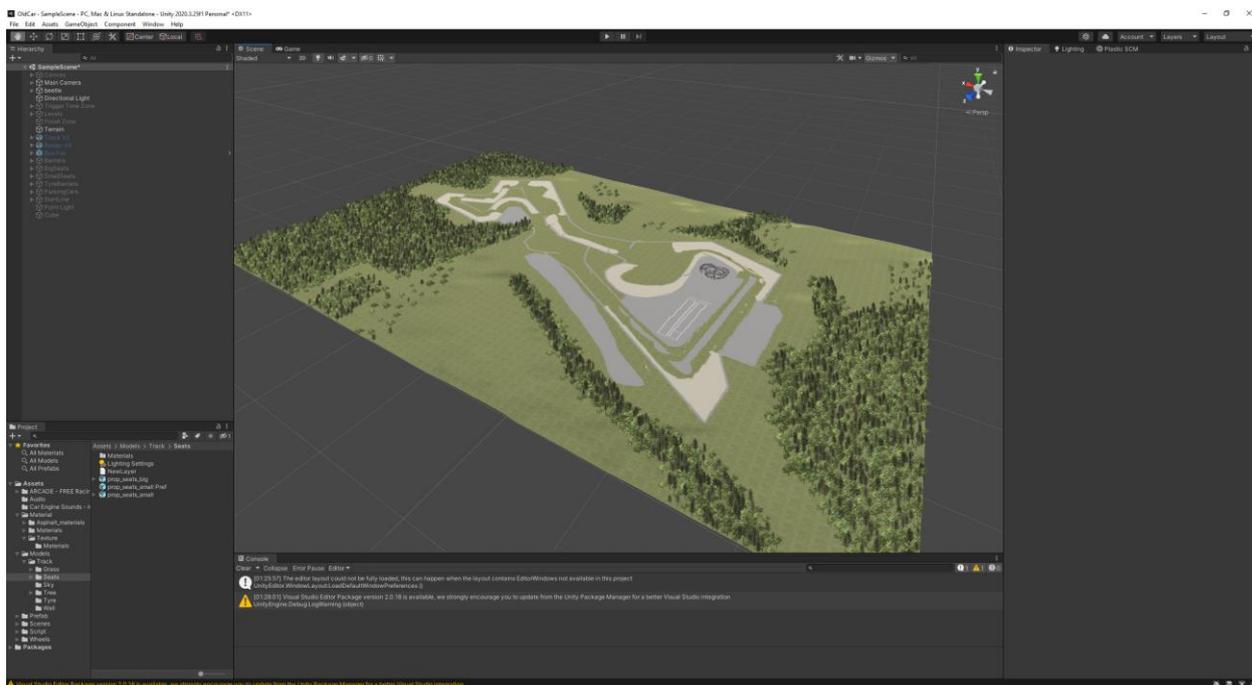


Рис. 27 – terrain для трассы

Далее была перенесена разработанная дорога в Unity из Blender. После добавления дороги заготовка для дальнейшей детализации трассы готова. Для этого будут использоваться модели, которые были найдены в открытых источниках, и их использование не требует лицензии.

Для размещения заборов вокруг трассы, было найдено 5 их вариаций, которые представлены ниже.

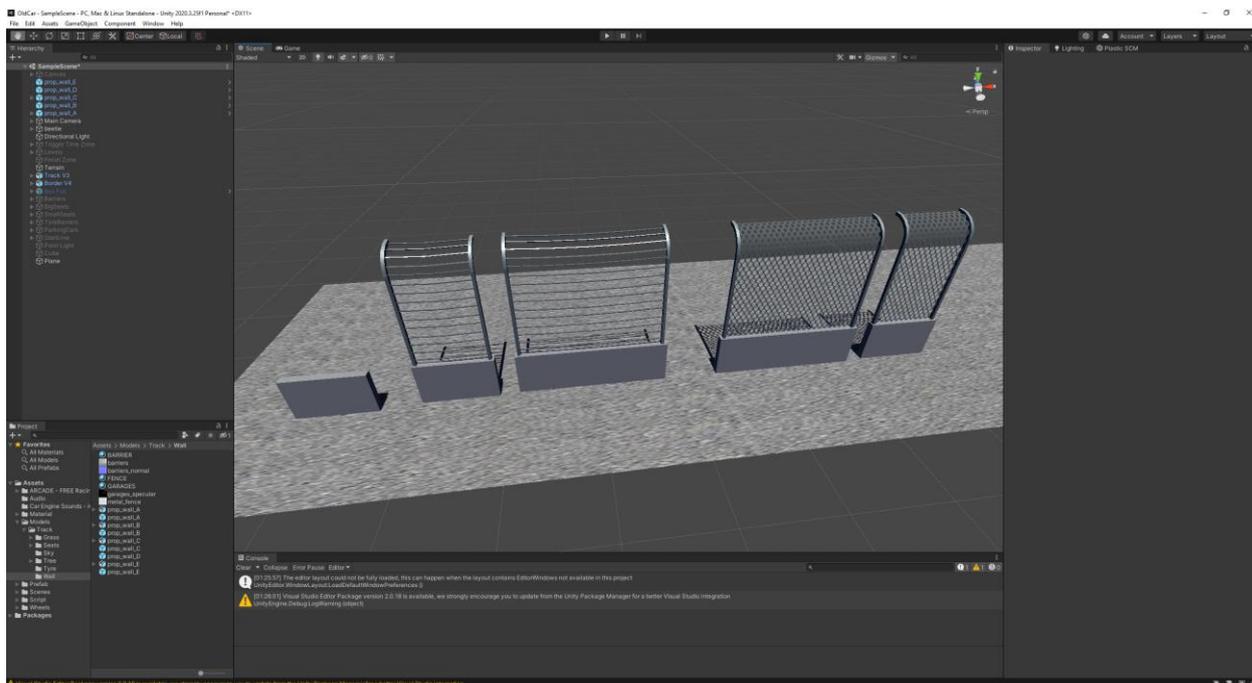


Рис. 28 – виды используемых заборов

Данные заборы были расставлены вдоль всей трассы и их расположение соответствует реальности.

Следующим шагом было расположение шин вдоль заборов. Их расположение соответствует расположению на реальной трассе.

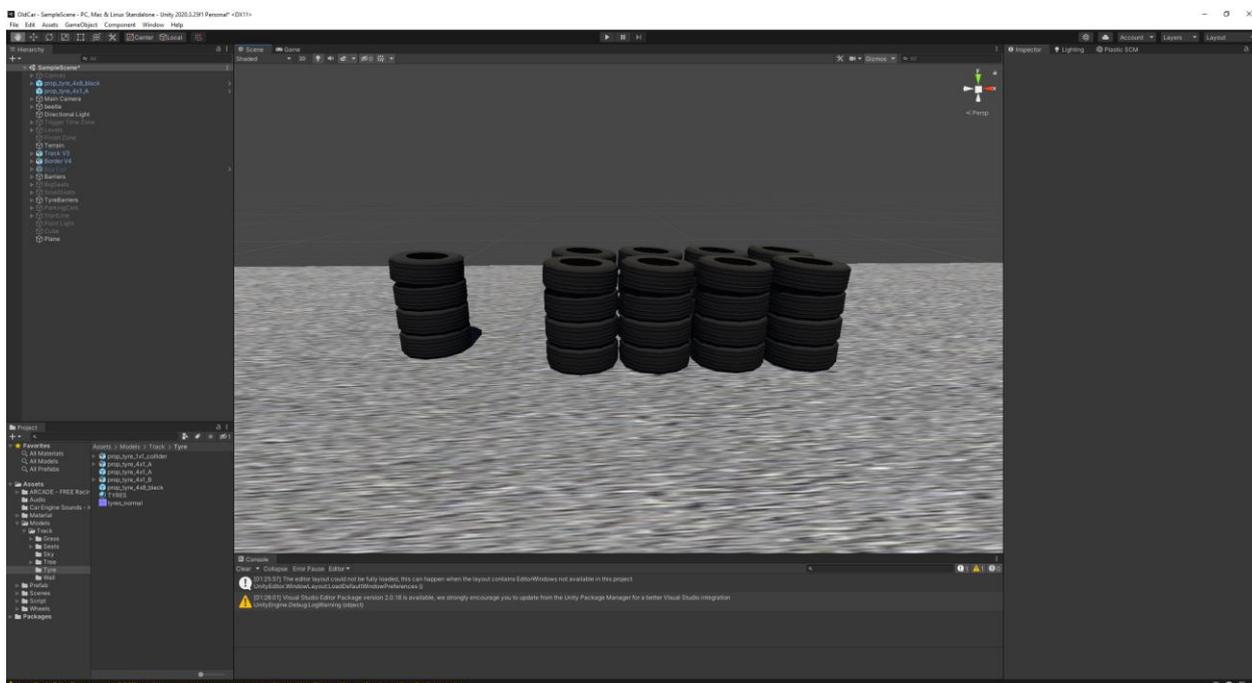


Рис. 29 – виды используемых шин

Также необходимо добавить трибуны, в соответствии с их реальным расположением.

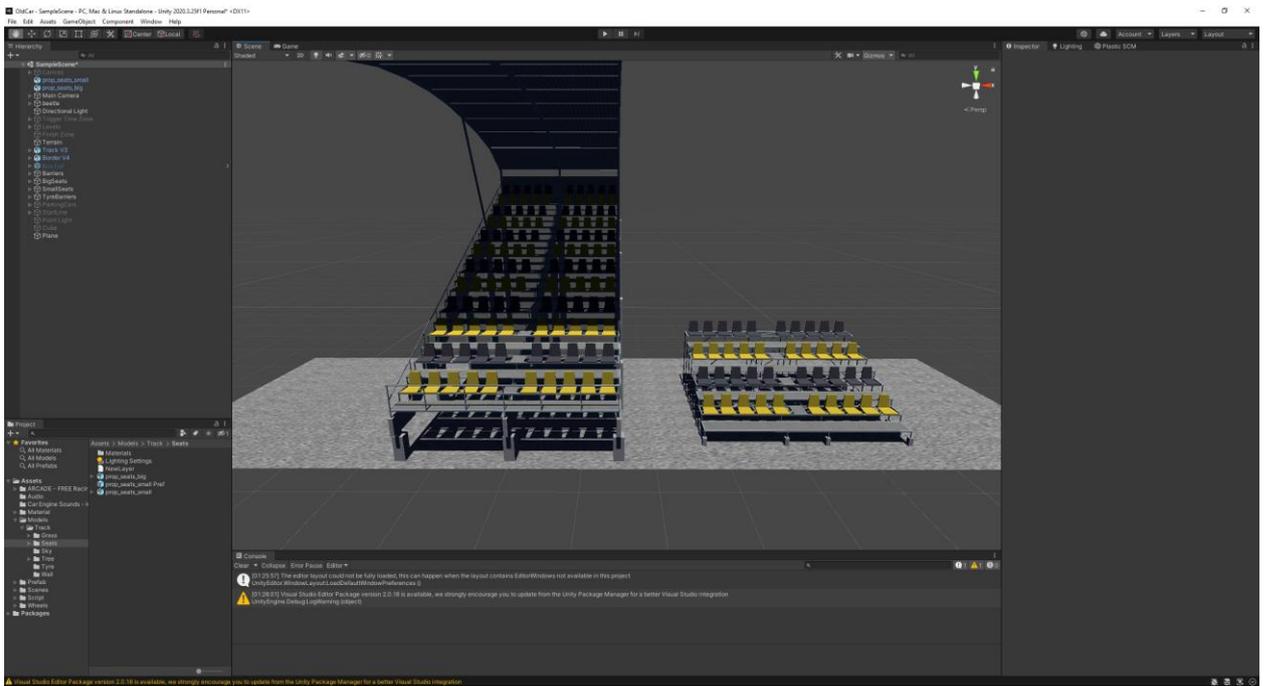


Рис. 30 – используемые виды трибун

При помощи Blender было разработано здание, которое располагается около питчейна.

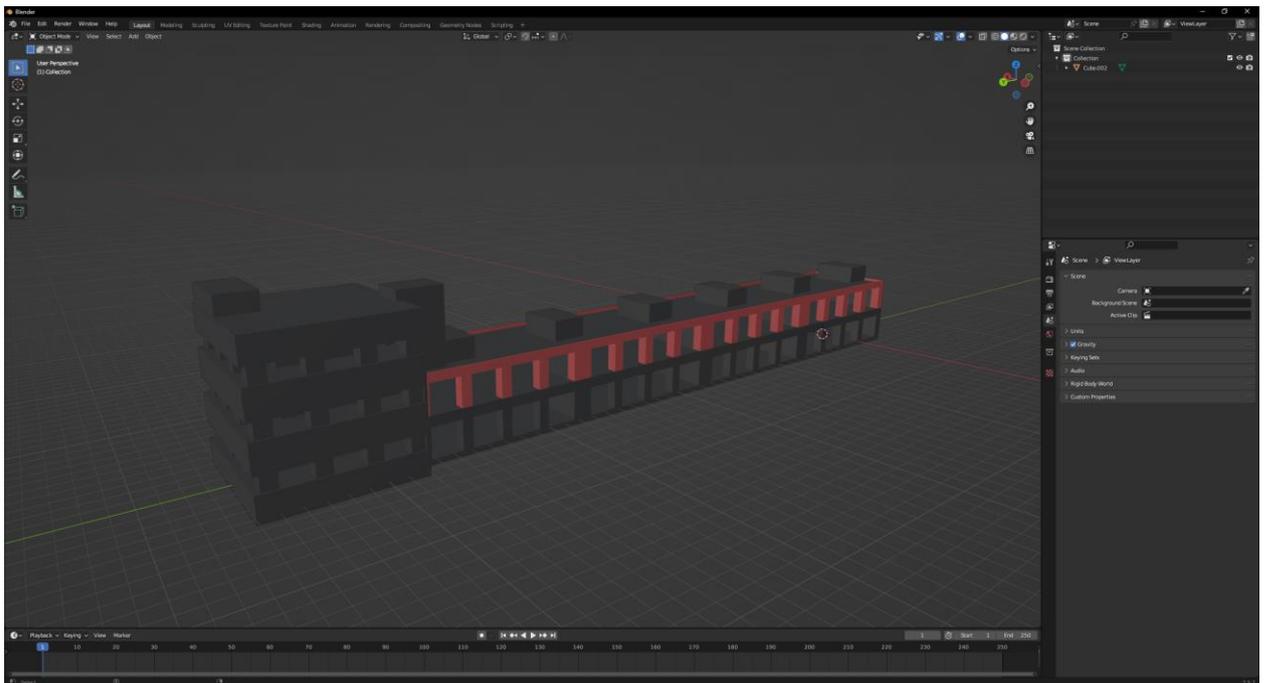


Рис. 31 – задние около питчейна

Для придания большей реалистичности, были расположены припаркованные автомобили на трассе, стартовая линия и скайбокс.

Конечный вариант получившейся трассы в сравнении с её реальным аналогом находится ниже:



Рис. 32 – сравнение трассы с реальным аналогом



Рис. 33 – сравнение трассы с реальным аналогом

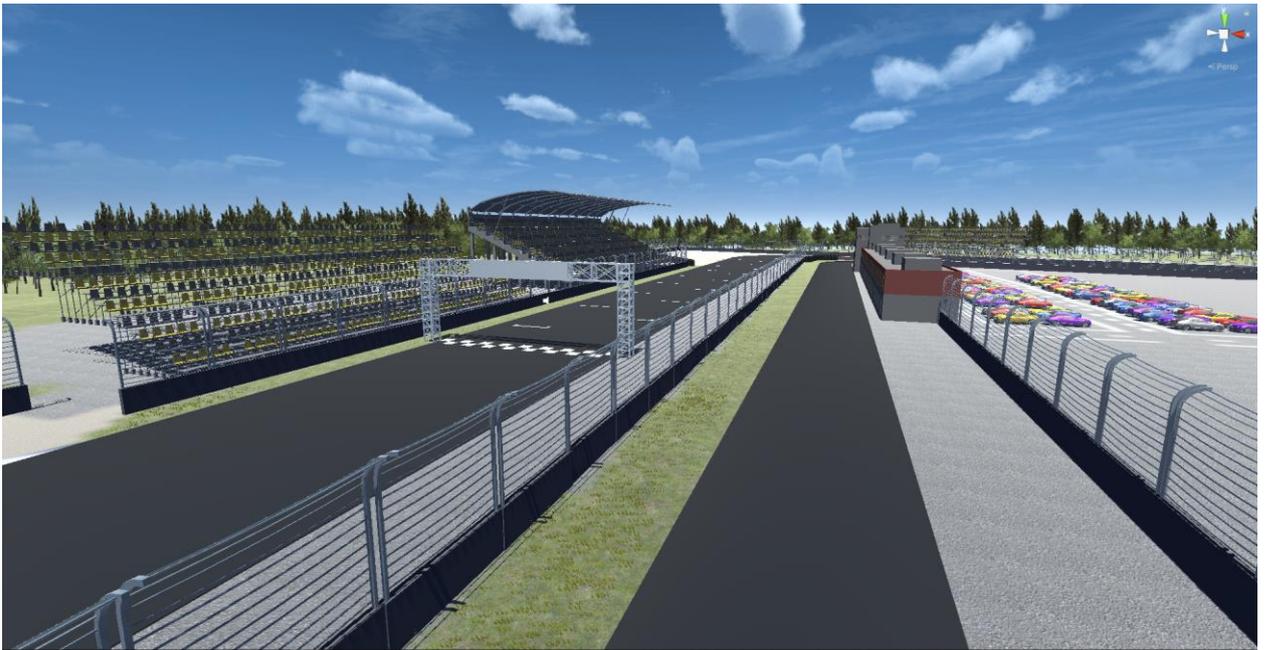


Рис. 34 – сравнение трассы с реальным аналогом

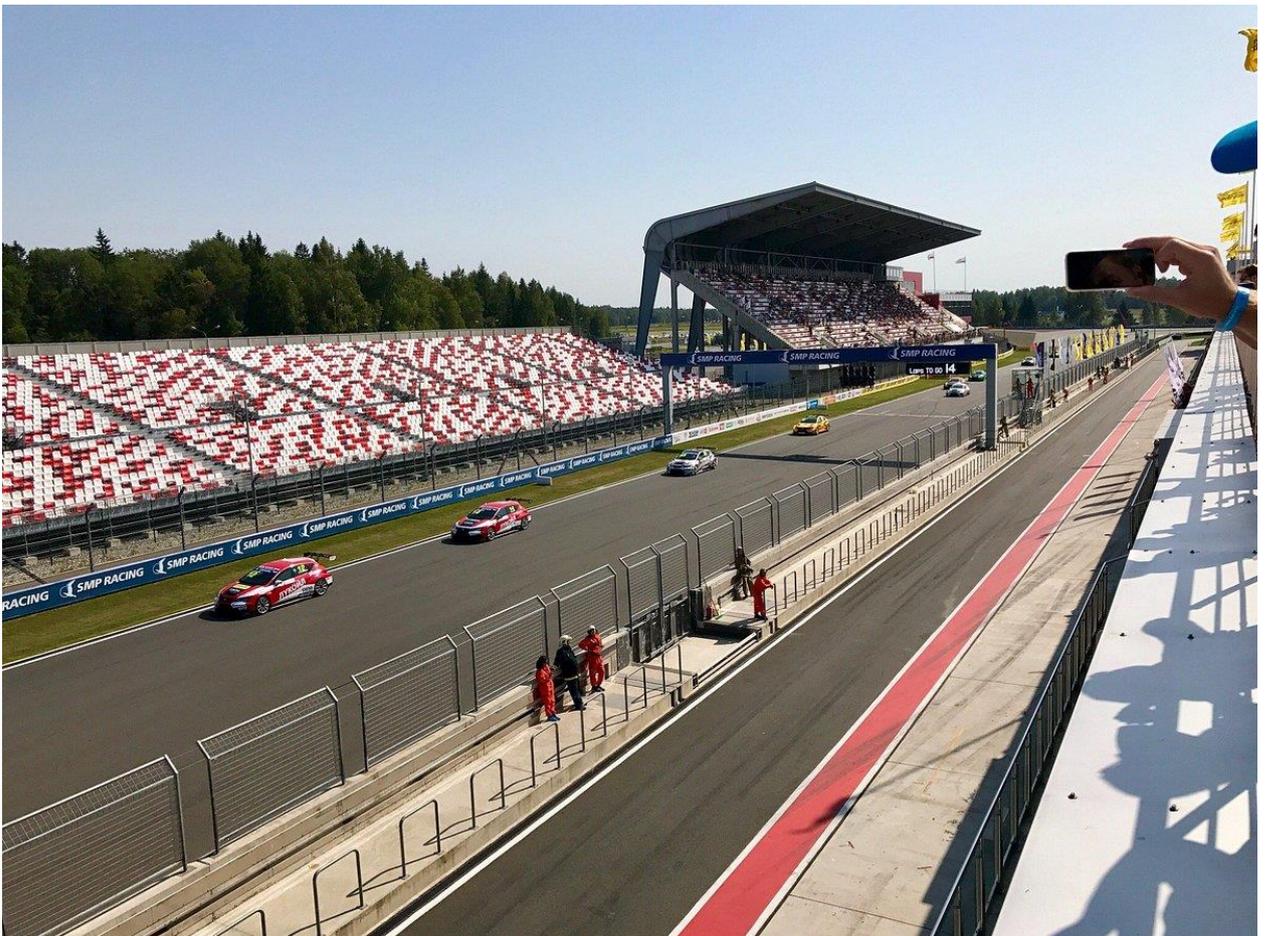


Рис. 35 – сравнение трассы с реальным аналогом



Рис. 36 – сравнение трассы с реальным аналогом



Рис. 37 – сравнение трассы с реальным аналогом



Рис. 38 – сравнение трассы с реальным аналогом



Рис. 39 – сравнение трассы с реальным аналогом

3.2.3. Программа обучения особенностям вождения на гоночных трассах

Программа обучения особенностям вождения на гоночных трассах выглядит следующим образом:

- Пользователь выбирает желаемый уровень

- Программа рассказывает какие действия необходимо сделать в данном задании
- При некорректном выполнении задания – пользователь штрафуются при помощи добавления времени в таймер
- Задача пользователя – пройти задание за наименьшее количество времени

Для реализации обучения необходимо создать зоны, при заезде на которые пользователь будет получать штраф ко времени таймера, а также зону завершения уровня. На рисунке X белым кубом отмечены зоны штрафа, а красным – финиша

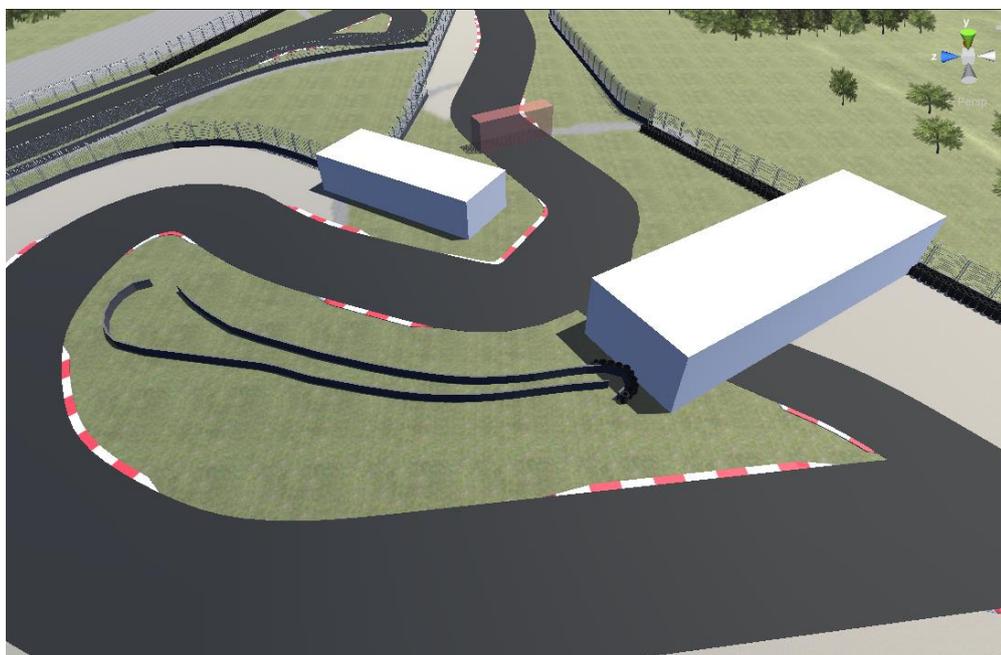


Рис. 40 – уровень обучения

При выборе уровня обучения пользователю предоставляется текстовый вариант действий, необходимых для корректного прохождения обучения. Пример приведен на рисунке X.

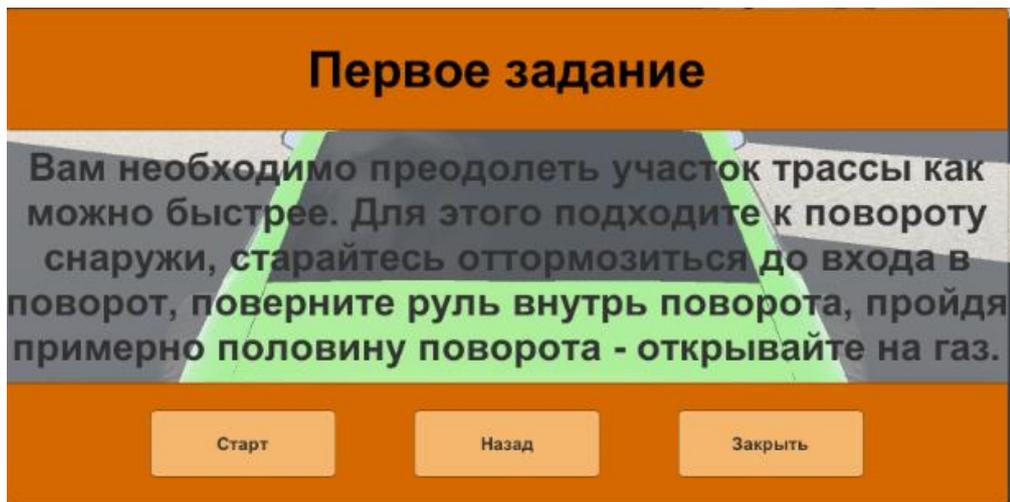


Рис. 41 – пример текстового варианта обучения

При старте уровня запускается таймер, который был создан до этого в UI. Пользователь должен за наименьшее количество времени доехать от точки начала, до точки завершения. После завершения обучения, пользователю выводится информации о времени прохождения обучения. На рисунке X приведен вывод программы.

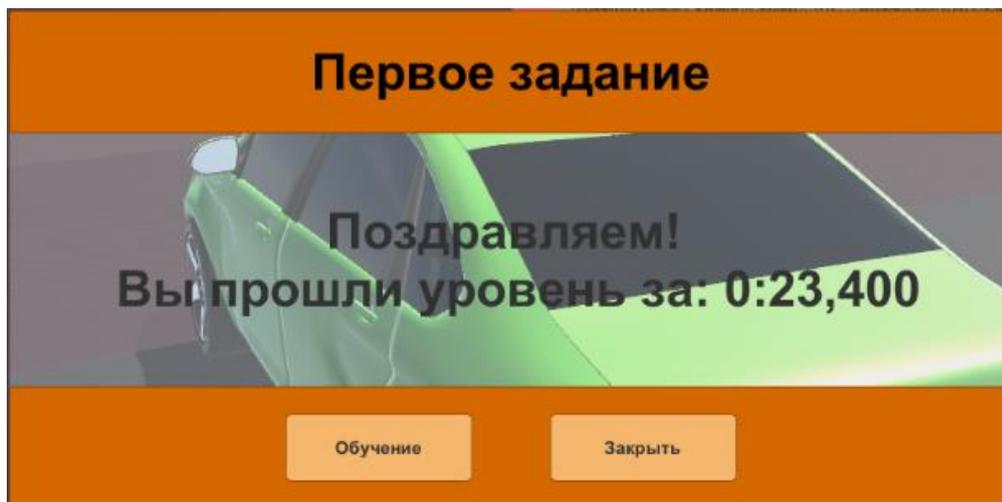


Рис. 42 – вывод программы при завершении уровня обучения

3.3. Дополнительные механики проекта

3.3.1. Разработка системы выбора автомобиля

Для реализации выбора автомобиля из списка, была создана система, которая позволяет задавать настройки для каждого автомобиля при помощи одного скрипта, а также устанавливать сами настройки автомобиля в одном файле.

В качестве скрипта выступает CarManager, который создаёт на объекте скрипты и дополнительные объекты, и одновременно с этим берёт информацию из файла CarData, который заполняет скрипты хранящейся в нём информацией о настройке автомобиля.

Вид скрипта в инспекторе выглядит следующим образом:

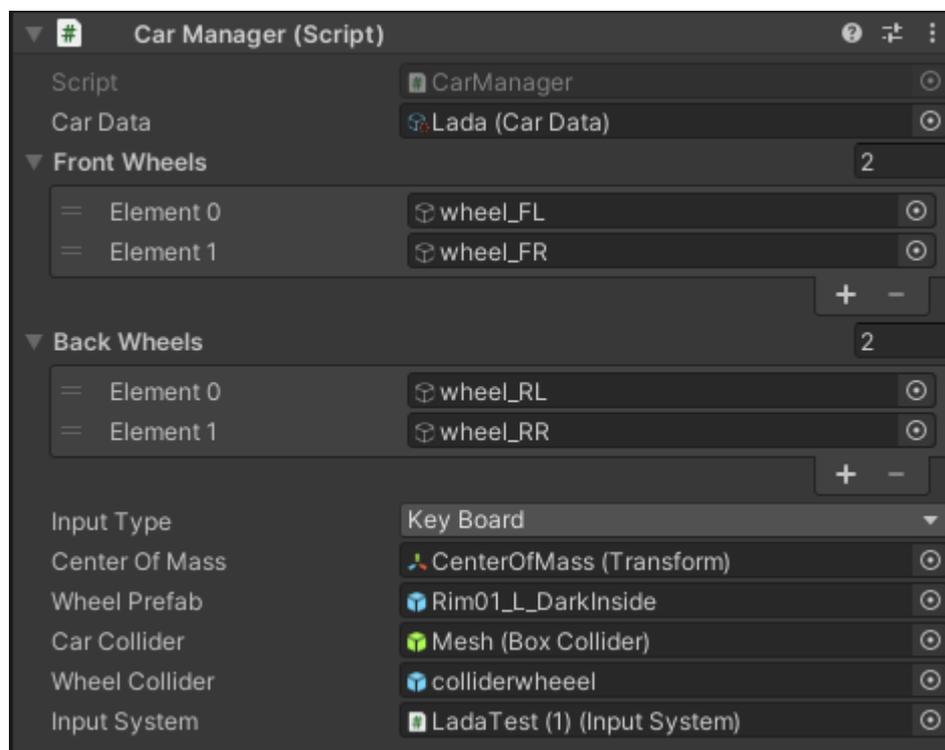


Рис. 43 – вид скрипта Car Manager

В Car Data указываются настройки автомобиля.

Front Wheel и Back Wheel заполняются объектами колёс.

Input Type отвечает за выбор ввода (клавиатура + мышь или руль + педали)

Wheel Prefab заполняется префабом колёс.

Car Collider заполняется колайдером автомобиля.

Wheel Collider заполняется колайдером колеса.

Input System заполняется скриптом, который установлен на автомобиль и отвечающий за ввод.

3.3.2. Реализация ввода с различных устройств

Для реализации управления при помощи клавиатуры и мыши можно использовать стандартную систему ввода Unity. Но данная система, во-

первых, является устаревшей, во-вторых, не позволяет использовать различные типы устройств для управления. Для добавления управления при помощи руля и педалей в проекте был использован Unity Input System. Unity Input System позволяет реализовать ввод данных с разных устройств, а так же упрощает добавление и переключение между ними.

Сначала был создан InputAction позволяющий создать активные карты, в которых назначаются кнопки и устройства ввода. В данном случае было создано 2 карты – для клавиатуры и для руля с педалями.

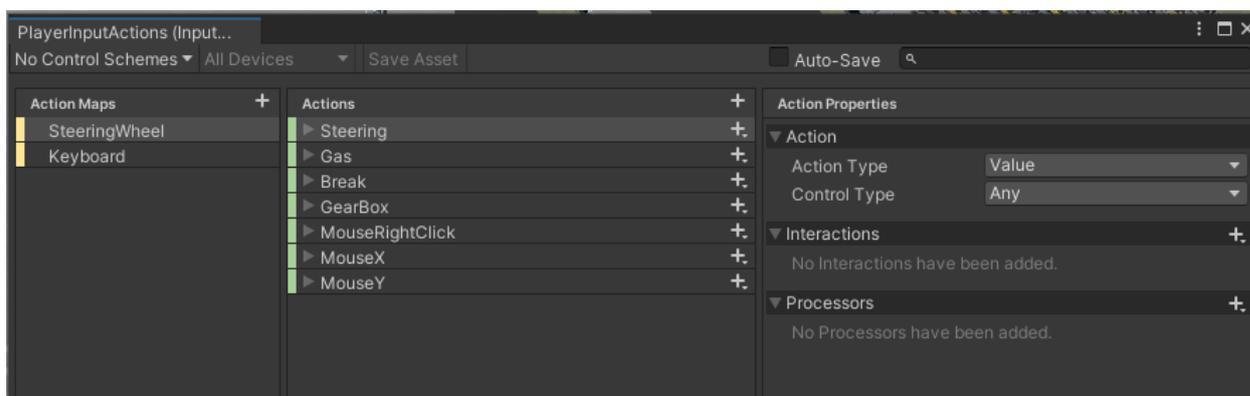


Рис. 44 – интерфейс InputAction

Далее при помощи скрипта данные полученные о нажатии клавиши или повороте руля передаются в другие скрипты. Также, данные полученные от руля не подходят для остальных скриптов, поэтому их необходимо преобразовать.

В конечном итоге мы получаем 2 варианта управления автомобилем: при помощи клавиатуры и мыши, или при помощи руля и педалей.



Рис. 45 – пример использования руля

Заключение

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы была разработана программа, которая позволит обучать особенностям вождения на гоночных трассах. Представленная разработка востребована как среди профессиональных пилотов автомобилей, которые могут при помощи них поддерживать свою форму, так и среди обычных автолюбителей, которые могут поближе познакомиться с автоспортом. На рынке автомобильных симуляторов есть большое количество программ, которые поддерживаются огромными компаниями, но большинство из них не может предоставить обучение особенностям вождения на гоночных трассах.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были выполнены следующие этапы:

- Проведен аналитический обзор существующих решений, на основе которых были выявлены необходимые подходящие средства для исполнения проекта
- Спроектирована физика подвески автомобиля, основанная на *ray cast*, что позволяет корректно отображать воздействия колёс с поверхностью
- Поворот колёс реализован при помощи углов Аккермана, что позволило сделать их физически-достоверными
- Реализованы внутренние компоненты автомобиля, такие как двигатель, коробка переключения передач, трансмиссия, тормозная система, а также разработана базовое сцепление автомобиля с поверхностью
- Разработана сцена, основывающаяся на реально существующей трассе *Moscow Raceway*
- Создан UI, позволяющий пользователю взаимодействовать с составляющими программы
- Разработана система, направленная на обучение пользователей особенностям вождения на гоночных трассах

На данный момент работа находится на этапе рабочей демо-версии, показывающей функциональность разработанного приложения. В ходе

дальнейшей работы над проектом существует возможность доработки трения-скольжения между поверхностью и колёсами автомобиля, увеличение вариативности в типах привода автомобиля, расширение функциональности системы обучения, добавления новых трасс и автомобилей. Кроме того, можно рассмотреть реализацию приложения в виртуальной реальности с использованием руля и педалей для максимального погружения пользователя и приближения симуляции к действительности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| | |
|--------|-----------------------|
| Группа | ФИО |
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич |

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

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

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Бюджет проекта НИ – 348004,26 руб. Затраты на заработную плату – 204460,59 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Премиальный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Районный коэффициент 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16% |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 15%, 30% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|----------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| профессор ОСГН | Гасанов М.А. | Д.э.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|-----------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 8К93 | Заев Леонид Сергеевич | | |

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента. Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке виртуальной интерактивной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах.

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:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки НИ;
- Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- Рассчитать бюджет затрат на исследования;
- 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 интерактивной виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах.

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

- Обычные пользователи, автолюбители
- Пилоты гоночных автомобилей

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Из-за постоянного движения рынков, проведение детального анализа конкурентных технических решений необходимо проводить систематически. Данный анализ позволяет своевременно вносить изменения в разработку, для обеспечения эффективного присутствия на рынке.

Разрабатываемая программа имеет следующих основных конкурентов:

Gran Turismo (к1)

Forza Motorsport (к2)

Assetto Corsa Competizione (к3)

Наиболее важными показателями готового продукта являются: технологичность, удобство использования, наполненность продукта, производительность, цена, доступность, уровень проникновения на рынок.

Сравнение технических и экономических характеристик данных продуктов с разрабатываемым решением представлено в таблице 1.

Таблица 1 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | | Конкурентоспособность | | | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | Б _{к3} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} | К _{к3} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | | | |
| 1. Технологичность | 0,3 | 5 | 7 | 7 | 10 | 1,5 | 2,1 | 2,1 | 3 |
| 2. Удобство использования | 0,1 | 6 | 7 | 6 | 3 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 0,6 |
| 3. Наполненность продукта | 0,2 | 3 | 7 | 8 | 5 | 0,6 | 1,4 | 1,6 | 1 |
| 4. Производительность | 0,1 | 10 | 4 | 4 | 5 | 1 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | | | |
| 5. Цена | 0,1 | 9 | 3 | 3 | 3 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 6. Доступность | 0,1 | 10 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0,5 |
| 7. Уровень | 0,1 | 2 | 6 | 7 | 3 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 0,3 |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| проникновения на рынок | | | | | | | | | |
| Итого: | 1 | 35 | 34 | 35 | 29 | 6,4 | 6,2 | 6,3 | 6,2 |

Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Проведём сравнительную оценку через коэффициент конкурентоспособности:

$$K_K = \frac{K_\phi}{K_{ki}} = \frac{6,4}{6,3} = 1,01$$

Где K_ϕ – принадлежит нашей фирме

K_{ki} – принадлежит конкуренту с максимальным значением из списка конкурентов.

Так как $K_K > 1$, это значит, что наша фирма конкурентоспособна.

Также, анализируя оценочную карту сравнений, можно сделать вывод, что разрабатываемый продукт имеет следующие преимущества:

- Производительность
- Цена
- Доступность

Недостатками системы являются:

- Наполненность продукта
- Уровень проникновения на рынок

4.1.3. SWOT-анализ

Для анализа сильных и слабых сторон было решено использовать SWOT-анализ. SWOT-анализ это метод стратегического планирования, используемый для оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие компании. Он позволяет выявить преимущества и недостатки компании, а также определить перспективы развития и угрозы извне.

В таблице 2 приведены результаты анализа в виде матрицы.

Таблица 2 – результаты анализа в виде матрицы

| | |
|---|--|
| Сильные стороны | Слабые стороны |
| С1. Производительность С2. Доступность на российском рынке С3. Актуальность разработки С4. Низкая цена | СЛ1. Низкая известность продукта СЛ2. Вероятность заморозки разработки проекта из-за одного разработчика СЛ3. Поддержка только одной платформы СЛ4. Долгая разработка |
| Возможности | Угрозы внешней среды |
| В1. Портитирование программы на разные платформы В2. Увеличение разнообразия в продукте | У1. Развитие конкурирующих программ У2. Слабая заинтересованность целевой аудитории У3. Блокировка средств разработки |

Далее требуется выявить соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого используется интерактивная матрица проекта. Применение данной матрицы позволяет выявить различные комбинации взаимосвязей между категориями SWOT. Каждый фактор обозначается либо знаком «+» (сильное соответствие), либо знаком «-» (слабое соответствие). Если возникают сомнения в выборе между «+» и «-», используется символ «0».

Таблица 3 – интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

| Возможности проекта | Сильные стороны | | | | Слабые стороны | | | | |
|---------------------|-----------------|----|----|----|----------------|-----|-----|-----|-----|
| | | С1 | С2 | С3 | С4 | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
| В1 | | + | - | + | - | - | + | - | + |
| В2 | | - | + | + | - | - | + | - | + |

Направленная реализация сильных сторон и возможностей: В1С1С3, В2С2С3.

Направленная реализация слабых сторон и возможностей: В1СЛ2СЛ4, В2СЛ2СЛ4.

Таблица 4 – интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

| Угрозы проекта | Сильные стороны | | | | Слабые стороны | | | |
|----------------|-----------------|----|----|----|----------------|-----|-----|-----|
| | | С1 | С2 | С3 | С4 | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
| У1 | - | + | + | + | - | + | + | + |
| У2 | - | + | - | - | + | + | + | + |
| У3 | - | + | + | + | - | + | + | + |

Направленная реализация сильных сторон и угроз: У1С2С3С4, У2С2, У3С2С3С4.

Направленная реализация слабых сторон и угроз: У1Сл2Сл3Сл4, У2Сл1Сл2Сл3Сл4, У3Сл2Сл3Сл4.

Самой вероятной угрозой является слабая заинтересованность целевой аудитории. Это приведет к снижению мотивации в разработке продукта, что соответственно снизит скорость разработки.

В заключение данного этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5

Таблица 5 – итоговая матрица SWOT-анализа

| | | |
|--|---|---|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Производительность С2. Доступность на российском рынке С3. Актуальность разработки С4. Низкая цена</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкая известность продукта Сл2. Вероятность заморозки разработки проекта из-за одного разработчика Сл3. Поддержка только одной платформы Сл4. Долгая разработка</p> |
| <p>Возможности: В1. Портирование программы на разные платформы В2. Увеличение разнообразия в продукте</p> | <p>Сохранять высокую производительность программы, целится на распространение на рынке РФ, придерживаться низкой ценовой политики</p> | <p>Привлечение большего кол-ва разработчиков, уменьшение времени разработки</p> |
| <p>Угрозы: У1. Развитие конкурирующих программ У2. Слабая заинтересованность</p> | <p>Увеличение функционала программы.</p> | <p>Готовность к разработке в других средствах разработки, привлечение аудитории за счёт рекламы.</p> |

| | | |
|---|--|--|
| целевой аудитории У3. Блокировка средств разработки | | |
|---|--|--|

SWOT-анализ показал, что риски можно избежать при помощи увеличения функционала программы, готовностью к разработке в других средствах разработки, а также необходимо привлекать аудиторию за счёт рекламы. Несмотря на все угрозы и слабые стороны проекта, можно сказать, что разработка обладает хорошими перспективами.

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 6 представлены возможные варианты реализации разработки.

Таблица 6 – морфологическая таблица

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

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

А3Б1В1Г3

А3Б1В2Г3

А3Б2В1Г3

А3Б2В2Г3

По итогу используемый вариант при разработке проекта А3Б2В1Г3. Данный выбор был сделан в первую очередь из-за поддержки Unity языка C#, а также большого количества обучающего материала по языку C# для Unity.

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 участниками проекта. Участниками 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

Таблица 7 – 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 | Исполнитель |
| | 3 | Подбор и изучение материалов по теме | Исполнитель |
| | 4 | Составление календарного плана | Исполнитель |
| Реализация | 5 | Определение средств разработки | Исполнитель |
| | 6 | Проектирование архитектуры | Исполнитель |
| | 7 | Разработка программы | Исполнитель |
| | 8 | Тестирование | Исполнитель |
| | 9 | Разработка документации | Исполнитель |
| Анализ результатов работы | 10 | Оценка соответствия программного проекта заявленным требованиям | Исполнитель |
| Оформление отчета по ВКР | 11 | Составление пояснительной записки | Руководитель, Исполнитель |

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:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

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 $k_{\text{кал}} = 1,48$.

Таблица 8 – временные показатели проведения научного исследования

| Работы | Исполнитель | Трудоемкость | | | 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 | 2,8 | 4,1 |
| Определение целей исследования | Студент | 1 | 4 | 2,2 | 2,2 | 3,2 |
| Подбор и изучение материалов по теме | Студент | 7 | 14 | 9,8 | 9,8 | 14,5 |
| Составление календарного плана | Студент | 1 | 3 | 1,8 | 1,8 | 2,7 |
| Определение средств разработки | Студент | 1 | 3 | 1,8 | 1,8 | 2,7 |
| Проектирование архитектуры | Студент | 7 | 14 | 9,8 | 9,8 | 14,5 |
| Разработка программы | Студент | 25 | 35 | 29 | 29 | 42,9 |
| Тестирование | Студент | 5 | 7 | 5,8 | 5,8 | 8,6 |
| Разработка документации | Студент | 5 | 7 | 5,8 | 5,8 | 8,6 |
| Оценка соответствия программного проекта заявленным требованиям | Студент | 5 | 7 | 5,8 | 5,8 | 8,6 |
| Составление пояснительной записки | Руководитель, Студент | 7 | 14 | 9,8 | 9,8 | 14,5 |

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе данных таблицы 8 был построен план-график, представленный на рисунке 1.



Рис. 1 – календарный график проведения работ

4.4 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.

4.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

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 другие статьи материальных затрат НИР. Стоимость одного дня затрат электроэнергии:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{мощ}} * \mathcal{E}_{\text{тариф}} * \mathcal{E}_{\text{р.день}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{мощ}}$ – потребляемая электрическая мощность (кВтЧ),

$\mathcal{E}_{\text{тариф}}$ – тариф для населения (руб/кВтЧ),

$\mathcal{E}_{\text{р.день}}$ – количество часов в рабочем дне (час).

Таким образом расчет затрат за рабочий день составит

$$\mathcal{E} = 0,600 \times 4 \times 8 = 19,2 \text{ рублей}$$

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

материальные затраты НИР представлены в таблице 9.

Таблица 9. Материальные затраты

| Наименование статьи расходов | Единица измерения | Количество | Цена за единицу, руб | Стоимость, руб |
|--------------------------------------|-------------------|------------|----------------------|----------------|
| Компенсация затрат на электроэнергию | день | 120 | 19,2 | 2304 |
| Компенсация затрат на услуги связи | месяц | 4 | 300 | 1200 |
| Итого: | | | | 3504 |

Таким образом, сумма материальных затраты НИР составляет 3504 рублей.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей

При создании проекта был использован один персональный компьютер и комплект игровых руля с педалями. Общая стоимость составляет примерно 100000 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 100000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.26.20.11 составляет 36 месяцев. Планируемое время использования для написания ВКР - 4 месяца. Норма амортизация основных средств линейным способом рассчитывается по формуле:

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

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:

$$A_m = 100000 \times 0,0278 = 2780 \text{ рублей}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 2780 \times 4 = 11120 \text{ рублей}$$

Таким образом, сумма затрат на специальное оборудование составляет 11120 рублей, в виде амортизационных отчислений.

4.4.3 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:

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

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

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

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

K_p – 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, рубль;

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 10.

Таблица 10 – 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 | 20000 |

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в таблице 11.

Таблица 11 – 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 10-11 была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$З_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{20000 \times 10,4}{244} = 852,45 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{дн}}(\text{науч. рук.}) = \frac{40000 \times 10,4}{244} = 1704,92 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 12.

Таблица 12 – 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 | 852,45 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 97 | 161240,92 |
| Итого: | | | | | | 204460,59 |

Итоговая сумма затрат на основную заработную плату составила 204460,59 руб.

4.4.4 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 13.

Таблица 13 – 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 | 161240,92 | 0,12 | 19348,91 |
| Итого: | | | 24535,28 |

Итоговая сумма затрат на дополнительную заработную плату составила 24535,28 руб.

4.4.5 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 14.

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

| | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|---|-------|----------|
| Научный руководитель | 43 219,67 | 5 186,36 | 1 | 16242 | 9697,20 |
| Студент | 161240,92 | 19348,91 | 4 | 16242 | 46578,87 |
| Итого: | | | | | 56276,07 |

Итоговая сумма отчислений во внебюджетные фонды составила 56276,07 руб.

4.4.6 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 15.

Таблица 15 – расчет накладных расходов.

| Статьи затрат | Сумма, руб. |
|---|-------------|
| Материальные затраты НТИ | 3612 |
| Затраты на специальное оборудование | 11120 |
| Затраты на основную заработную плату | 204460,59 |
| Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям проекта | 24535,28 |
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 56276,07 |
| Сумма | 300003,94 |
| Накладные расходы | 48000,63 |

Итоговая сумма накладных расходов составила 48000,63 руб.

4.4.7 Формирование бюджет 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 18.

Таблица 16 – расчет бюджета затрат проекта.

| Наименование статьи | Сумма, руб. | Удельный вес, % |
|---|-------------|-----------------|
| Материальные затраты | 3612 | 0,8 |
| Затраты на специальное оборудование | 11120 | 5,59 |
| Затраты на основную заработную плату | 204460,59 | 59,35 |
| Затраты на дополнительную заработную плату | 24535,28 | 7,05 |
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 56276,07 | 13,45 |
| Накладные расходы | 48000,63 | 13,76 |
| Общий бюджет затрат | 348004,26 | 100,00 |

Таким образом, общий бюджет затрат НИИ составляет 348004,26 руб.

4.4.8 Стоимость разработки

Стоимость разработки можно определить, как:

$$\text{Стоимость разработки} = \text{Бюджет затрат НИИ} * (1 + \text{НДС}),$$

таким образом:

$$\text{Стоимость разработки} = 348004,26 * (1 + 0,2) = 417605,11,$$

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности НТИ 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;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Определение интегральных показателей эффективности проведем при двух варианта исполнения системы:

- Научное исследование реализуется в среде разработки Unity.
- 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:

$$I_{\text{финр}} = 417605,11/581205,11 = 0,72$$

Расчеты интегрального финансового показателя и интегральных показателей ресурсоэффективности обоих вариантов исполнения приведен в таблице 17 и 18.

Таблица 17 – расчёт интегрального финансового показателя.

| Вариант | Φ_{pi} , руб | Φ_{max} , руб | $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ |
|---------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|
|---------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|------|
| Unity | 417605,11 | 581205,11 | 0,72 |
| Unity Pro | 581205,11 | | 1,00 |

Таблица 18 – 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 ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{рi}}{nI_{фiпi} рiспi}$$

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

Расчет приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки.

| | Интегральный показатель финансовой эффективности | Интегральный показатель ресурсоэффективности | Интегральный показатель эффективности |
|-----------|--|--|---------------------------------------|
| Unity | 0,72 | 4,1 | 5,7 |
| 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.

4.6 Вывод по разделу

В рамках данного раздела проекта был проведен SWOT-анализ для определения сильных и слабых сторон проекта. Были выявлены возможные пути дальнейшего развития и совершенствования проекта с целью повышения его конкурентоспособности. Также проведена оценка качества и перспективности данного проекта.

Оценена трудоемкость проекта и времязатраты на его реализацию, которые отражены в диаграмме Ганта. Определен бюджет проекта на основании материальных затрат, заработных плат исполнителей, страховых отчислений, накладных расходов и амортизации.

Сравнение интегральных показателей эффективности вариантов исполнения позволяет сделать вывод о наиболее выгодном выбранном варианте.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Группа | | ФИО | |
| 8К93 | | Заев Леонид Сергеевич | |
| Школа | ИШИТР | Отделение (НОЦ) | ОИТ |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 09.03.04 Программная инженерия |

Тема ВКР:

| | |
|---|--|
| Разработка интерактивной виртуальной сцены для обучения особенностям вождения на гоночных трассах | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| <p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации | <p><i>Объект исследования: компьютерное приложение, предоставляющее возможность обучения особенностям вождения на гоночных трассах.</i> <i>Область применения: личное пользование, обучающие организации</i> <i>Рабочая зона: офис</i> <i>Размеры помещения: 10 кв.м.</i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер 1шт, клавиатура 1шт, монитор 1шт, мышка 1шт, игровой руль 1 шт, игровые педали 1шт.</i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: написание кода программы, разработка моделей, тестирование программы.</i></p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>ТК РФ Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени;</p> <p>ГК РФ Статья 1225. Охраняемые результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации;</p> |
| <p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов | <p>Вредные:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пониженная световая и цветовая контрастность • Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения • Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения • Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса <p>Опасные:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая |

| | |
|--|---|
| | <p>действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов</p> <p>Для защиты от выявленных факторов необходимы следующие средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Предохранительные устройства; • Средства изоляции; • Системы естественного освещения; • Приборы искусственного освещения. |
| 3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения: | <p>Воздействие на селитебную зону отсутствует</p> <p>Воздействие на литосферу: отравление земли при неправильной утилизации комплектующих компьютера</p> <p>Воздействие на гидросферу: отравление воды при неправильной утилизации комплектующих компьютера</p> <p>Воздействие на атмосферу: повышение температуры окружающей среды при работе; отравление воздуха при неправильной утилизации комплектующих компьютера</p> |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения: | <p>Возможные ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Геофизические (землетрясения) 2. Гидрометеорологические (сильная жара, сильный мороз и т.д.) 3. Техногенные (пожар, аварии и т.д.) <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p> |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |

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 | Заев Леонид Сергеевич | | |

5. Социальная ответственность

В рамках выпускной квалификационной работы было разработано компьютерное приложение, предоставляющее возможность обучения особенностям вождения на гоночных трассах.

В связи с событиями за последние 3 года, автомобильные соревнования в России получили серьёзный удар. Частые отмены соревнований, отсутствие деталей для автомобилей и многие другие факторы. Все эти проблемы можно частично решить при помощи программы, которая позволит пилотам гоночных автомобилей не потерять форму, а незнакомым с автоспортом людям познакомиться и научиться искусству вождения автомобиля

В помещении размером 10 кв.м предусмотрено рабочее место, позволяющее комфортно работать за компьютером и состоящее из: персональный компьютер, клавиатура, монитор, мышка, игровой руль, игровые педали. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования и осуществляемыми в рабочей зоне являются: написание кода программы, разработка моделей и тестирование программы.

Данная глава нацелена на определение и оценку характеристик рабочей среды, а также исследование социальной ответственности при работе в офисе и разработке приложения.

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

5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства

В соответствии со статьей 108 ТК РФ «Перерывы для отдыха и питания», в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

В соответствии со статьей 162 ТК РФ «Введение, замена и пересмотр норм труда», работники должны быть извещены о введении новых норм труда не позднее чем за два месяца.

В соответствии со статьей 163 ТК РФ «Обеспечение нормальных условий работы для выполнения норм выработки», работодатель обязан обеспечить:

- Исправное состояние помещений и оборудования
- Условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

В соответствии со статьей 212 ТК РФ «Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда», работодатель обязан обеспечить:

- Безопасность работников при эксплуатации зданий, оборудования, осуществлении технологических процессов, применяемых материалов;
- Создание и функционирование системы управления охраной труда.

В соответствии со статьей 219 ТК РФ «Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда», каждый работник имеет право на:

- Соответствующее требованиям охраны труда рабочее место;
- Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- Получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, мерах защиты от воздействия вредных и опасных факторов производства

В соответствии со статьей 1225 ГК РФ «Охраняемые результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации», результатами интеллектуальной деятельности и приравненными к ним

средствами индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана (интеллектуальной собственностью), являются:

- Программы для электронных вычислительных машин
- Базы данных
- Изобретения и т. д.

5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Организацию рабочего места необходимо обеспечивать с учетом стандартов и требований. Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах досягаемости моторного поля. В качестве оборудования рабочего места выступают: персональный компьютер, монитор, клавиатура, мышка, игровой руль, игровые педали.

При работе с ЭВМ в течение большей части рабочего времени рекомендуется использовать сидячую позу. При сидячей позе основная нагрузка распределяется на мышцы, поддерживающие позвоночник и голову. Однако, для предотвращения негативных последствий длительного сидения, необходимо периодически изменять рабочие позы. При организации работы с ЭВМ исходя из указанных требований следует соблюдать следующие условия:

- Рабочие места с ЭВМ 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.
- Конструкция рабочей мебели должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы.
- При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения.

- Окна в помещениях с ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами – жалюзи, занавески, внешние козырьки.
- При размещении ЭВМ на рабочем месте должно обеспечиваться пространство для пользователя величиной не менее 850 мм.
- 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

Согласно производственным факторам ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ, на пользователи данной программы, в течение рабочего дня воздействует множество различных производственных факторов, каждый из которых влияет на производительность, работоспособность и физическое состояние.

Все выявленные факторы приведены в таблице 1.

Таблица 1 Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте инженера-программиста

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Нормативные документы |
|---|--|
| Пониженная световая и цветовая контрастность | СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. |
| Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения | Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 |
| Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения | |

| | |
|---|---|
| <p>Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса</p> | <p>ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»</p> |
| <p>Факторы связанные с электрическим током</p> | <p>ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»</p> |

Действия пользователя осуществляются с помощью разработанного приложения, работающего на компьютере. Поскольку всё время разработки проходит за монитором компьютера, требуется обеспечивать правильное искусственное освещение для снижения нагрузки на зрительный аппарат. Также необходимо помнить о нервно-психических перегрузках и предоставлять время для отдыха. Более того, нужно обеспечить защиту от электрических факторов.

5.2.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение может снизить производительность и иметь негативное воздействие на здоровье, включая проблемы со зрением у пользователя.

Наиболее типичными профессиональным заболеванием которое может получить работник в результате действия неправильного освещения – близорукость, дальновзоркость и астигматизм

Чтобы обеспечить адекватное освещение в помещениях, рекомендуется использовать систему общего равномерного освещения. В

случаях, когда работа в основном ведется на персональном компьютере, рекомендуется применять системы комбинированного освещения.

Согласно СП 52.13330.2016 зрительную работу разработчика программного обеспечения можно характеризовать как работу разряда Б – высокой точности (наименьший эквивалентный размер объекта различения составляет 0,3-0,5 мм), подразряда 1 (относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70%).

В таблице 2 представлены требования к освещению рабочего помещения для указанного разряда.

Таблица 2 – Требования к освещению рабочего помещения для разряда Б1

| Искусственное освещение | |
|---|-----|
| Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк | 300 |
| Цилиндрическая освещенность, лк | 100 |
| Объединенный показатель дискомфорта, не более | 21 |
| Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более | 15 |

Для уменьшения негативного воздействия недостаточной освещенности необходимо установить больше искусственного равномерного освещения или рассмотреть возможность увеличения размера окон.

5.2.2 Повышенный уровень шума

Воздействие шума на рабочем месте может приводить к снижению концентрации и увеличению уровня усталости работника, что отрицательно сказывается на производительности работы.

Уровень шума на рабочих местах разработчика-программиста не должен превышать значений, которые указаны в СП 51.13330.2011 [6]. Согласно СП 51.13330.2011 (пункт 6.3), уровень шума в офисе не должен превышать значение в 65 дБА.

Для уменьшения шума на рабочем месте можно применить звукоизоляционные материалы на стены и потолок помещения, чтобы ограничить проникновение шума извне.

5.2.3 Нагрузка на зрительный аппарат

При работе на компьютере возникает постоянное и значительное напряжение на функции зрительного анализатора.

Спектр излучения компьютера включает рентгеновскую и ультрафиолетовую области спектра, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Однако современные экранные материалы успешно поглощают рентгеновские лучи, что делает их риском пренебрежимо малым, согласно экспертам.

Нормы безопасности и требования к уровню ультрафиолетового излучения на мониторах регулируются в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Данные указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Допустимые уровни ультрафиолетового излучения

| Вид изделий | Спектральный диапазон длин волн, нм | Допустимая интенсивность облучения, Вт/м ² |
|--|-------------------------------------|---|
| Экраны телевизоров, видеомониторов, осциллографов измерительных и других приборов, средств отображения информации с визуальным контролем | Свыше 315 до 400 | Не более 0,1 |
| | Свыше 280 до 315 | Не более 0,0001 |
| | От 200 до 280 | Не допускается |

Для уменьшения нагрузки на глаза рекомендуется выбрать монитор, чьи характеристики соответствуют значениям, указанным в таблице 4. Соблюдение этих параметров поможет снизить нагрузку на зрение.

5.2.4 Опасность поражения электрическим током

Основными причинами электрического поражения являются следующие факторы:

Прикосновение к электрическим проводам или оборудованию под напряжением

Повреждение изоляции

Неправильная эксплуатация электрооборудования

Поражение электрическим током сопровождается нарушением функций внутренних органов или ожогами тканей. Оно может привести к остановке сердца, судорогам и потере сознания.

Для предотвращения возможности электрического поражения необходимо принимать следующие меры:

Использовать только исправный инструмент, сертифицированный службой КИПиА, при выполнении монтажных работ.

Запретить выполнение работ на задней панели компьютера при включенном сетевом напряжении.

Постоянно следить за исправностью электропроводки и незамедлительно устранять любые неисправности.

Работы по устранению неисправностей должны выполняться только квалифицированными специалистами в данной области.

5.3. Экологическая безопасность

Загрязнение почвы веществами при утилизации компьютерной техники, батареек и других элементов питания, может нанести серьезный ущерб литосфере. Токсичные вещества, такие как свинец, кадмий, ртуть и другие, имеют возможность проникать в почву и затем попадать в грунтовые воды, загрязняя их. Это может иметь серьезные последствия для окружающей среды и здоровья людей, включая отравления, рак и другие заболевания. Кроме того, загрязнение почвы может привести к ухудшению плодородия и качества растительности.

Неправильная утилизация рабочей техники также может вызвать серьезное загрязнение гидросферы. При неправильной утилизации отходы могут попадать в реки, озера и другие водные источники, загрязняя их. Токсичные вещества, такие как ртуть, свинец и другие тяжелые металлы, могут проникать в воду, заражая ее и нанося ущерб живым организмам, которые в ней обитают. Это может привести к сокращению численности организмов, а также снижению качества воды для человеческого потребления. Неправильная утилизация техники также может привести к образованию свалок на берегах рек и озер, что дополнительно загрязняет почву.

Поэтому крайне важно правильно утилизировать рабочую технику, используя безопасные методы и соблюдая законодательство и нормативы. Это может включать переработку и утилизацию техники с соблюдением мер предосторожности при работе с ней, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

При работе компьютера, его комплектующие производят тепло, которое необходимо отводить. При нагревании комплектующих, также и нагревается окружающая среда, что негативно влияет на атмосферу. Также при неправильной утилизации и сжигании техники в атмосферу могут выбрасываться ядовитые вещества, которые в последствии могут повлиять на здоровье всех живых организмов. Более того, ядовитые вещества растворённые в атмосфере могут быть сконденсированы во время дождя, что повлечёт за собой негативное воздействие на литосферу и гидросферу.

На селитебную зону влияние не оказывается.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Выпускная квалификационная работа по разработке компьютерного приложения для личного пользования и обучающих организаций в офисе. Ниже перечислены возможные ЧС:

Геофизические (землетрясения)

Гидрометеорологические (сильная жара, сильный мороз и т.д.)

Техногенные (пожар, аварии и т.д.)

Наиболее типичным чрезвычайным событием в помещении, где проводятся работы по разработке приложений, является пожар. Возникновение пожара может быть вызвано различными причинами, включая как электрические, так и неэлектрические факторы. Электрические причины возгорания:

- Короткое замыкание
- Искрение
- Перегрев оборудования
- Неправильная установка или эксплуатация оборудования
- Неэлектрические факторы:
- Небрежное обращение с огнём
- Нагревательные приборы без присмотра
- Самовозгорание (самовоспламенение) веществ

Наиболее распространенными причинами пожаров являются короткое замыкание и неисправность оборудования, которые приводят к перегреву токоведущих частей.

В соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" был определен класс возможного пожара по виду горючего материала – Класс Е (пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением). Для тушения пожара такого класса, причиной которого стало возгорание ЭВМ, достаточно воспользоваться переносным и передвижным огнетушителем, находящимся в здании офиса.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо:

- В помещении необходимо разместить план эвакуации и информационные плакаты с указанием действий при возникновении пожара.

- Для обеспечения безопасности следует установить пожарную сигнализацию, кнопки сигнализации и средства тушения пожара в помещении.

- При монтаже электронных приборов и проводки необходимо соблюдать соответствующие правила и нормы, чтобы предотвратить возможные пожарные риски.

- Важно регулярно проводить инструктажи сотрудников предприятия по вопросам пожарной безопасности.

- Если все же не удалось предотвратить пожар, то 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

5.5. Вывод по разделу

В процессе выполнения работы были проанализированы такие пункты, как:

- Правовые нормы трудового законодательства

- Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

- Производственная безопасность

- Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

- Повышенный уровень шума
- Нагрузка на зрительный аппарат
- Опасность поражения электрическим током
- Экологическая безопасность
- Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Разработка программного обеспечения соответствует нормам. Рабочее место, где проводится разработка соответствует указанным требованиям. Для обеспечения корректного уровня освещения, необходимо применять системы комбинированного освещения. При работе за персональным компьютером необходимо соблюдать правила безопасности для защиты от воздействия электрического тока.

Электробезопасность помещения относится к категории без повышенной опасности поражения тока.

Группа персонала по электробезопасности относится ко II группе, что означает отсутствие необходимости стажа работы с электроустановками.

Категория тяжести труда для разработчика соответствует Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

Пожароопасность помещения относится к категории В1 (горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся).

Категория объекта оказывающего значительное негативное воздействие окружающую среду, в нашем случае персональный компьютер, соответствует IV категории (объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду).

Список использованных источников

1. Visual Studio, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> свободный. (дата обращения: 30.03.2023)
2. Visual Studio Documentation, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/windows/?view=vs-2022/> свободный. (дата обращения 30.03.2023)
3. Unity, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://unity.com/ru/> свободный. (дата обращения: 30.03.2023)
4. Unity Documentation, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html/> свободный. (дата обращения 30.03.2023)
5. Unity Assets Store – Terrain Textures Pack Free, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/nature/terrain-textures-pack-free-139542> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
6. Unity Assets Store – Unity Assets Store, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/roadways/cartoon-race-track-oval-175061> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
7. Blender, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://www.blender.org/> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
8. Cyberforum, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://www.cyberforum.ru/> свободный. (дата обращения 05.04.2023)
9. Stackoverflow, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://stackoverflow.com/> свободный. (дата обращения 05.04.2023)
10. FIA, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: https://www.fia.com/sites/default/files/circuits_fia20200302.pdf свободный. (дата обращения 16.04.2023)

11. 1GAI.ru, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://1gai.ru/publ/515499-spisok-gonochnyh-trass-v-rossii.html> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
12. Cubiq, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://cubiq.ru/gonochnye-simulyatory/> свободный. (дата обращения 30.03.2023)
13. YouTube – Иван Новожилов, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://www.youtube.com/@user-ux5wd5yubh/featured/> свободный. (дата обращения 30.03.2023)
14. YouTube – Eccentric Games, [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.youtube.com/@EccentricGames> свободный. (дата обращения 30.03.2023)
15. КонсультантПлюс, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/> свободный. (дата обращения 20.05.2023)
16. Moscow Raceway, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://moscowraceway.ru/> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
17. Sketchfab, [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://sketchfab.com/> свободный. (дата обращения 20.04.2023)
18. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
19. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*