|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное  образовательное учреждение высшего образования  «Южно-Уральский государственный университет  (национальный исследовательский университет)»  Высшая школа электроники и компьютерных наук  Кафедра «Электронные вычислительные машины» | | |
| РАБОТА ПРОВЕРЕНА  Рецензент  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Е.А. Зверева  « » июня 2021 г. | | ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  Заведующий кафедрой ЭВМ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.И. Радченко  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. |
| Система поддержки indoor соревнований по велосипедному спорту | | |
| ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ | | |
|  | Руководитель работы,  к.т.н., доцент каф. ЭВМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.Л. Кафтанников «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г. | |
|  | Автор работы,  студент группы КЭ-222 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_О.И. Морозов «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г. | |
|  | Нормоконтролёр,  ст. преп. каф. ЭВМ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.В. Сяськов «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г. | |
| Челябинск-2021   |  |  | | --- | --- | | МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное  образовательное учреждение высшего образования  «Южно-Уральский государственный университет  (национальный исследовательский университет)»  Высшая школа электроники и компьютерных наук  Кафедра «Электронные вычислительные машины» | | |  | УТВЕРЖДАЮ  Заведующий кафедрой ЭВМ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.И. Радченко «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г. | | **ЗАДАНИЕ**  **на выпускную квалификационную работу магистра**  студенту группы КЭ-222  Морозову Олег Ивановичу  обучающемуся по направлению  09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» | | | 1. Тема работы: Разработка системы цифрового соревнования с помощью велотренажера утверждена приказом по университету от 24 апреля 2021 г. № 627 | | | 2. Срок сдачи студентом законченной работы: 1 июня 2021 г. | | | 3. Исходные данные к работе:  – Языки программирования: C#, Python.  – Платформы разработки: ARM, Windows, Linux.  – Библиотеки ARM: I2C 128x64 OLED Display, Wire, Mouse, HID.  – Библиотеки Linux: requests,serial,time,VR,. | | | | |

– Сервер на операционной системе Ubuntu/Debian, с установленными Apache2/NGINX,MySQL/PosgreSQL, node.js/ Django.

– Для отладки базы данных используется PGAdmin.

– Микроконтроллер передаёт состояние велотренажера на установленный клиент персонального компьютера.

– Когда вы крутите педали на станке, датчики отправляют данные на компьютер через проводной(USB) или беспроводной (Bluetooth 5.0, WI-FI5, ANT+). Клиент Компьютера обрабатывает эти данные и позволяет кататься и соревноваться вместе с другими пользователями по всему миру.

– VR Гарнитура позволит вам поворотом головы изменить своё направление взгляда, как в реальной жизни.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

– анализ литературы по теме умные тренажеры и соревнования по велоспорту;

– рассмотрение существующих аналогов эмуляторов соревнования по велоспорту, оценка их сильных и слабых сторон;

– разработка собственного сервиса соревнования по велоспорту;

– оценка работоспособности севиса с разными режимами и в разных условиях.

5. Дата выдачи задания: 1 декабря 2020 г.

Руководитель работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/И.Л. Кафтанников /

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/О.И. Морозов /

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Этап | Срок сдачи | Подпись  руководителя |
| Введение и обзор литературы | 01.03.2020 |  |
| Разработка модели, проектирование | 01.04.2020 |  |
| Реализация аппаратного прототипа велосипедного тренажера | 15.05.2020 |  |
| Реализация программного прототипа сервиса велосипедных соревнований | 01.05.2020 |  |
| Тестирование, отладка, эксперименты | 15.05.2020 |  |
| Компоновка текста работы и сдача на  нормоконтроль | 24.05.2020 |  |
| Подготовка презентации и доклада | 30.05.2020 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Руководитель работы | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/И.Л. Кафтанников / |
| Студент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/О.И. Морозов/ |

АННОТАЦИЯ

|  |  |
| --- | --- |
|  | О.И. Морозов. Организация соревнований по велоспорту в удалённом режиме. – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ВШЭКН; 2021, XX с., XX ил., библиогр. список – XX наим. |

В рамках выпускной квалификационной работы производится детальный анализ литературы по темам: домашний симулятор соревнований по велоспорту. Организуется разработка программного обеспечения серверной, интерфейсной, микроконтроллерной частей, а также базы данных. Производится выборка и анализ результатов работы разработанного велотренажера в предложенных режимах. Рассматриваются преимущества и недостатки разработанного программно-аппаратного комплекса. Доказывается способность системы разработанного велосипедного тренажера и сервиса велосипедных соревнований.

Пояснительная записка включает в себя введение, оглавление, основную часть, заключение и библиографический список.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

# ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность данной темы**

Спорт играет большую роль в жизни людей. Он укрепляет здоровье, воспитывает характер, делает человека сильным и выносливым, закаляет организм. Век назад физические качества – выносливость, сила – ценились людьми. Но роль физической силы падает из-за развития техники и снижения уровня агрессии в обществе. По мере развития технологий работа, требовавшая физической силы, переходит к машинам, а оператору машины особая физическая сила уже не нужна. В настоящее время людей тянет заниматься спортом больше для поддержания здоровья или хобби.

Международный олимпийский комитет (IOC) провел опрос среди спортсменов и других представителей отрасли, по итогам которого выяснилось, что простой из-за пандемии коронавируса вылился для атлетов в потерю мотивации, а для функционеров и организаторов соревнований — в целый комплекс проблем материального характера.[1]

**Описание проблемы**

За последние годы отрасль тренировок на велотренажерах активно развивалась, а появление разумных тренажеров и программ стало началом трансформации велоспорта изнутри. Это не только жизнеспособная и довольно реальная альтернатива велосипедной езде, которой пользуются любители и профессионалы. Такие тренировки также доставляют удовольствие. Это идеальный вариант для катания в плохую погоду, при ограниченном количестве времени или при необходимости сфокусироваться на тренировке без мыслей о плохих дорогах. Или же когда «за окном» карантин и приходится находиться в самоизоляции.

Появилась цель с подвинуть людей заниматься спортом, превратив спорт в доступную из дома соревновательную платформу со множеством пользователей.

Для решения описанной проблемы следует разработать сервис имитации занятия велоспортом с погружением в виртуальную реальность с физическими нагрузками.

Он поможет малозамотивированным людям выбрать любую погоду и ландшафт для занятия спортом, собирать статистику занятия велоспортом и увеличить характеристики выносливости.

Решение проводить виртуальные соревнования по велоспорту найдут применение в разных категориях велоспорта:

* Начальный уровень – позволит скоротать время с пользой для здоровья в красивых местах реального или вымышленного мира.
* Средний уровень – позволит организовать любительское соревнование в кругу своих знакомых или небольших районов с соблюдением ряда нормативов, если некие штрафные санкции ограничивают живую встречу, а система принятия решений поможет явно определить победителей.
* Высокий уровень – соревновательный. Организация более строгих соревновательных и регулярных соревнований с составлением рейтинга лучших спортсменов. Данное соревнование может увидеть каждый, если кото из тренирующего или поддерживающего состава не сможет поехать с на реальную встречу, а так он может следить за соревнованием.

Вопросы, которые нужно решить с точки зрения спортивной оценки:

* воссоздать реальные условия соревнования в разных категориях;
* составить Нормы, требования и условия их выполнения по виду спорта.

Вопросы, которые нужно решить с точки зрения IT-специалиста:

* выбрать мобильную платформу для приложения;
* выбрать язык программирования;
* выбрать среду разработки;
* исследовать протоколы связи тренажеров с сервером.

1.АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1. ЦЕЛЬ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Целью дипломной работы является разработка программно-аппаратного комплекса для интерактивного велотренажера. Он позволит подключить большинство старых моделей велотренажеров к ПК, для эмуляции тренировки в открытом мире или трассе.

Для достижения данной цели необходимо сделать устройство, аппаратная часть которого будет на основе микроконтроллера, устанавливающейся на велотренажере и собирающее данные о количестве оборотов и поворотах, сделанных пользователем и передающее их на ПК через интерфейс USB.

С помощью программной части, данные будут преобразовываться и воспроизводиться в игре, разработанной на Unity.

**1.2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Был проведен анализ наиболее популярных бесплатных или условно бесплатных средств разработки компьютерных игр. Для сравнения движков был выбран электронный ресурс [x], в котором подробно описаны самые популярные средства разработки игр, предоставляющих свою бесплатную версию пользователю. Эти платформы доступны для свободного использования.

Из рассматриваемых платформ особенно выделились Unity и Unreal Engine 4 [x], так как они понятны для использования, в них схожие возможности и они бесплатны, что очень важно для начинающих программистов. Остальные платформы не подошли, так как они уступали Unity и Unreal Engine 4 по сравниваемым параметрам.

Для разработки игрового приложения была выбрана платформа Unity[x]. Данная платформа имеет низкий порог вхождения, большое количество обучающих материалов [xx] и сообщество разработчиков, вследствие чего, с ней можно быстрее начать работать.

Raspberry Pi часто используется как мозг робота, домашний сервер или просто компьютер. Во книге Саймона Монк «Raspberry Pi. Сборник рецептов. Решение программных и аппаратных задач» [xx]содержится свыше 240 полезных рекомендаций и советов по практическому применению Raspberry Pi. Рассматриваются такие вопросы, как настройка компьютера с Linux, написание программ на Python, управление двигателями и датчиками, а также взаимодействие Raspberry Pi с другими электронными устройствами, включая Arduino и проекты IoT (интернет вещей). Опытный разработчик и автор популярных учебных пособий Саймон Монк знакомит читателей с базовыми принципами построения любительского электронного оборудования, которое основано на популярной микроконтроллерной платформе Raspberry Pi, обладающей невероятно большим потенциалом для применения в серьезных коммерческих проектах.

1.3. ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Для достижения цели выпускной работы необходимо выполнить несколько этапов:

1. Анализ существующих решений.

2. Выявление достоинств и недостатков существующих устройств.

3. Разработка программно-аппаратной части комплекса:

– разработка структуры устройства;

– выбор компонентов схемы;

– интеграция с компьютерным приложением;

– тестирование работы комплекса.

1.4. ОБЗОР АНАЛОГОВ

Учитывая нынешний глобальный кризис, все больше и больше велосипедистов обращают свое внимание на дома, поскольку они надеются сохранить форму в условиях самоизоляции и социального дистанцирования. Один из лучших способов сохранить мотивацию в эти нестабильные времена - добавить в свою жизнь виртуальную программу тренировок. Рассмотрим наиболее популярные.

* + 1. Zwift

Zwift — это игра с турбо-тренером, которая позволяет вам подключить турбо-тренажер к компьютеру, iPad, iPhone или Apple TV, позволяя вам кататься с другими велосипедистами в виртуальной среде, тем самым помогая облегчить скуку, связанную с катанием в помещении. вестный из них мобильных приложений для виртуальных тренировок.

Помимо соревнований с другими гонщиками в гонщиках Zwift, те, кто ищет конкретные тренировки, могут получить доступ к тренировкам, разработанным профессиональными тренерами, и они могут быть выполнены в группах с гонщиками, выполняющими усилия с одинаковой интенсивностью на основе процента от их FTP[2]. Из недостатков, данная платформа не бесплатная. Zwift стоит около 15 долларов в месяц.

* + 1. Onelap

Onelap – Китайский аналог Zwift. В Onelap есть возможность заниматься и развлечься. Onelap создает реалистичную среду с удивительно четкой графикой деталей, великолепными цветами и физической моделью, которая имитирует градиент, ветер и сопротивление качению, вы можете адаптировать каждый аспект своего аватара, велосипеда и маршрутов - независимо от холмистости маршрут, ровный маршрут или горный маршрут, вы не будете ездить на велосипеде в повторяющейся сцене в пределах 100 км пути. Большинство игрков из Азии, но увеличивается и число европейцев. На данный момент игра бесплатна, но что будет в дальнейшем неизвестно.

* + 1. RGT Cycling

RGT Cycling — это приложение для проведения тренировок в помещении, которые симулируют реальные велотрассы по всему миру с помощью умного велотренажера. Вместо того чтобы крутить педали в виртуальном мире, вы будете ездить по известным маршрутам, испытывая реальные ощущения.

Также существуют различные структурированные тренировки, разработанные тренерами, и вы можете создать свою собственную гонку, загрузив файл маршрута.

Особенность RGT Cycling заключается в том, что во время гонки вы лучше ощущаете реальность по сравнению с некоторыми конкурентами, если вы движетесь впритык за другим гонщиком, а также создается эффект торможения на поворотах. Если вы хотите обогнать своего соперника, вам придется крутить педали быстрее или прикладывать больше усилий.

RGT Cycling утверждает, что данные о стандартной силе в их приложении являются более реалистичными, чем в других симуляторах велогонок, а скорость исчисляется исходя из реальных данных, и ваше изображение будет автоматически замедляться, чтобы вы не врезались в гонщика, который едет перед вами.

Также есть звание «горный король», таблицы классификации участков трассы, таким образом вы можете бросить вызов самому себе.

Таблица XX – Сравнение приложений велосоревнования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Zwift** | **Onelap** | **RGT Cycling** | **Российские аналоги** |
| Язык | Английский | Китайский | Английский | - |
| Интерфейсы связи | BLE, ANT+ | ANT+ | ANT+ , BLE | - |
| Режим тренировки | + | + | + | - |
| Режим любительский | + | + | + | - |
| Режим профессиональный | + | - | + | - |
| Стоимость  оботудования | 300 долларов | 300 долларов | 300 долларов | - |
| Стоимость  услуги | 10 долларов США в месяц | - | 15 долларов США в месяц | - |

Особенность RGT Cycling заключается в том, что во время гонки вы лучше ощущаете реальность по сравнению с некоторыми конкурентами, если вы движетесь впритык за другим гонщиком, а также создается эффект торможения на поворотах. Если вы хотите обогнать своего соперника, вам придется крутить педали быстрее или прикладывать больше усилий.

RGT Cycling утверждает, что данные о стандартной силе в их приложении являются более реалистичными, чем в других симуляторах велогонок, а скорость исчисляется исходя из реальных данных, и ваше изображение будет автоматически замедляться, чтобы вы не врезались в гонщика, который едет перед вами.

Также есть звание «горный король», таблицы классификации участков трассы, таким образом вы можете бросить вызов самому себе.

**1.5. АНАЛИЗ И ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ АППАРАТНОЙ**

**ЧАСТИ КОМПЛЕКСА**

В данном разделе сравним готовое аппаратное решение для велосипедного соревнования в помещении с компонентами для самостоятельной сборки аппаратного комплекса.

**Велосипедный тренажер Deuter MT-04**

Тренажер с блоком переднего колеса и быстросъемным шпагатом. Готовое решение для тренировки на собственном велосипеде в комнате. Подходит для велосипедов с диаметром колеса 26 "~ 28". Имеется проводной контроллер на 6 скоростей магнитного сопротивления. Внешний вид умного тренажёра показан на рисунке 1.



Рисунок 1- Велосипедный тренажер Deuter MT-04

Преимущества:

* максимальное снижающий шум магнитный ролик колеса, разработан с теплоотводящим вентилятором;
* легко собрать без дополнительных инструментов, все включено в посылка;
* 6 уровней скорости для переключения передач, регулировка не нужно снимать с велосипеда;
* самая низкая цена на ту же модель, мы производители;
* прочный материал, максимальная грузоподъемность более 135 кг.

Недостатки:

* Минимальная стоимость тренажера — 23 000 рублей.

Составим список компонентов для сборки собственного умного тренажера. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы магистра был проведен анализ наиболее подходящих к данной работе микроконтроллеров, главными требованиями к выбору стали небольшая стоимость устройства, небольшой размер, достаточная мощность для считывания всех сигналов без задержки и возможность подключения по Bluetooth Low Energy.

**Raspberry Pi Zero W**

Одноплатный компьютер с возможностью подключения к беспроводной локальной сети и Bluetooth. Внешний вид показан на рисунке 2.

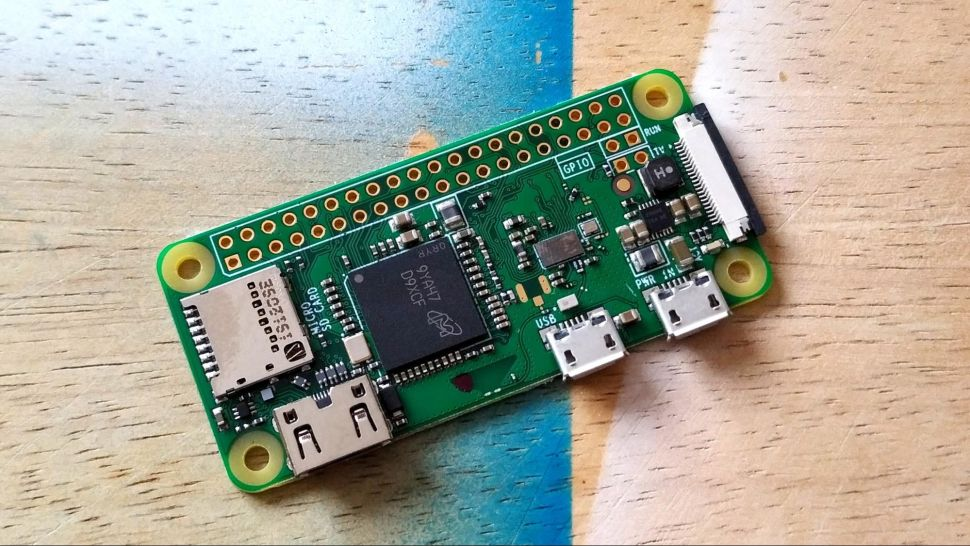


Рисунок 2 – Raspberry Pi Zero W

Raspberry Pi Zero W обладает всеми необходимыми функциональными возможностями:

* 802.11 b/g/n wireless LAN;
* Bluetooth 4.1+LE;
* одноядерный процессор с тактовой частотой 1 ГГц;
* 512 МБ ОЗУ;
* 28 портов GPIO;
* Питание от 5 В 2А.

**ESP32-WROVER-E Espressif**

ESP32-WROVER-E и ESP32-WROVER-IE - это два мощных универсальных модуля MCU WiFi-BT-BLE, предназначенных для широкого спектра приложений, от сетей датчиков с низким энергопотреблением до самых сложных задач, таких как кодирование голоса, музыка, потоковая передача и декодирование MP3. Внешний вид показан на рисунке 3



Рисунок 3 – ESP32-WROVER-E Espressif

ESP32-WROVER-E поставляется с антенной на печатной плате, а ESP32-WROVER-IE - с антенной IPEX. Оба они оснащены внешней флэш-памятью SPI объемом 4 МБ и дополнительной псевдостатической оперативной памятью SPI объемом 8 МБ (PSRAM). Информация в этом техническом описании применима к обоим модулям.

Сравнение двух контроллеров указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение микроконтроллеров для комплекса

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Raspberry Pi Zero W | ESP32-WROVER-E Espressif |
| Макс. частота, МГц | 1000 | 240 |
| RAM, Мб | 1024 | 8 |
| ROM, Мб | \* | 4 |
| I/O выводов | 40 | 38 |
| Цена, руб. | 1300 | 400 |
| Размер, см | 3x4 | 2x3 |

Вывод: в таблице представлено сравнение микроконтроллеров по основным характеристикам. Из представленных, дорогим, но наиболее подходящим является Raspberry Pi Zero W, так как в соответствии с требованиями размеров и стоимости подходит больше всего.

Для считывания количества оборотов педалей велотренажера, был выбран датчик Холла TLE4905L представленный на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчик Холла TLE4905L

За последние годы появилось множество гаджетов, которые снабжают велосипедистов информацией, мониторы сердечного ритма, разнообразные приложения с GPS-трекингом и т.д., но измеритель мощности велосипеда находится в особом статусе, безусловно ввиду своей высокой стоимости, но также за счет сути данных, которые он собирает.

В велоспорте единица измерения «Ватты» — это энергия, необходимая для перемещения массы на определенное расстояние за известный промежуток времени.

Мощность (Вт) = Сила х Расстояние / Время

1Вт = 1Нм/с.

Иначе говоря, чтобы массу, весом в 1 Ньютон переместить в пространстве на 1 метр за 1 секунду, необходимо затратить 1 Ватт энергии.

В умных тренажёрах присутствует динамическое сопротивление, регулируемое специальными программами для тренировок разной интенсивности.

В современных тренажерах нагрузка создается за счет магнитного, воздушного либо гидравлического тормоза.

Магнитный порошок в рабочей камере будет соединяться в состоянии связи под действием магнитного потока, генерируемого от хомута, когда ток проходит катушку возбуждения, магнитная муфта порошка может передавать крутящий момент, полагаясь на силу сдвига, генерируемую магнитной цепью и трением, генерируемым магнитным порошком и рабочей поверхностью. Внешний вид магнитного тормоза показан на рисунке 5.



Рисунок 5- Магнитный тормоз

Интегрированая тормозная система в велосипеде может использоваться как имитатор сопротивления. Преимущество в том что не нужно его покупать, но подключение к умному тренажеру требует электропривод для регулировки натяжения тормоза.

Универсальным решением будет щёточный двигатель. Его можно использовать в качестве тахометра, снимающего через приложеный к колесу вал скорость вращения. А при условии подачи напряжения в обратном направлениии движения колеса можно имитировать нагрузку в тренировке.

Готовые решения умных тренажеров имеют безпроводной протокол сопряжения и передачи данных.

ANT+ - технология беспроводной связи, использует нелицензируемый диапазон 2,4 ГГц. Дальность связи приблизительно сопоставима с Bluetooth: спецификация протокола ограничивает ее 30 метрами.

Еще одной полезной особенностью является существенно более низкое энергопотребление. Для смартфона это не столь критично, а вот то, что другие устройства, использующие интерфейс ANT+, могут питаться от плоской батарейки – это куда более важно для разработчиков.

Но ключевым свойством стандарта является его многоканальность. Связь организована по принципу master-slave, и ведущий аппарат способен получать информацию сразу от нескольких ведомых, при этом не мешающих друг другу.

Именно это сделало данный протокол столь привлекательным для создания всевозможного спортивного снаряжения.

В моде есть библиотека, которая прослушивает сигнал беспроводного протокола ANT + от тренера, совместимого с ANT + FE-C (Tacx, Wahoo, Elite, Bkool, Kinetic, Saris и т. Д.), Или измерителя мощности, или беговой дорожки Smart, или стопы. pod, считывает скорость и применяет ее к транспортному средству, которым управляет ваш персонаж во время игры. Он считывает наклон местности, неровность (материал) и ветер в игре и отправляет всю эту информацию в умный тренажер, чтобы он мог воспроизвести твердость местности, по которой вы на самом деле катаетесь. В таблице 2 приведено сравнение протокола ANT+ с Bluetooth Low Energy.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Технология** | **ANT/ANT+** | **Bluetooth Low Energy** |
| Частотный диапазон | 2.4 – 2.483 ГГц | 2.4 – 2.483 ГГц |
| Поддерживаемые сетевые топологии | точка-точка, звезда, кластерное дерево, mesh | точка-точка, звезда |
| Модуляция | GFSK | GFSK |
| Ширина канала | 1 МГц | 2 МГц |
| Протокол | простой | более сложный |
| Скорость передачи данных | 1 Мбит/с | 1 Мбит/с |
| Радиус действия | 50 метров | 50 метров |
| Безопасность | 64-битный ключ | 128-битный алгоритм   шифрования AE |
| Стоимость | 1000 руб | 0 руб (встроен в кннтроллер) |

Вывод: ANT+ популярный протокол в области умных тренажеров, но довольно дорогой относительно BLE. Но не все сервисы поддерживают умные тренажеры с протоколом BLE.

В условиях хорошо проветриваемых помещений, комфортный теплоотвод за счет конвекции и испарения составляет порядка 585 Вт (при температуре воздуха должна быть 12.8 С). Эта цифра используется при дизайне индустриальных цехов.

Учитывая историю о метаболизме, велосипедист выдавал бы в таком цехе максимум 150 Вт на станке. Пределы разумного - 375 Вт [3]. В этом случае ожидается, что весь избыток тепловой энергии, а такой будет порядка 600 Вт поверх охлаждаемых 585 Вт, должен пойти на нагревание. Для велосипедиста массой 70 кг это означает повышение температура тела на 2 градуса в течении 10 минут.

Ни у кого нет желания потренироваться при температуре тела 39 С. Даже при низких скоростях, поток создаваемого воздуха гарантирует охлаждение, которое превышает тепловое рассеивание велосипедиста. Поэтому, рекомендуется использовать вместе с тренажером вентилятор.

Невзирая на неадекватный, с точки зрения физики, воздушный поток, 90 Вт вентилятор создает впечатляющий эффект обдувания. Это вентилятор, если и не остужает, то хотя бы добавляет ощущение комфорта на велотренажере - лужа пота под станком никуда не девается.

Таблица 3 – Сравнение электровентиляторов разных производителей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Уровень шума, дБ | Обдуваемая мощность, Вт | Диаметр, см | Стоимость, руб | Производительность, м3/ч |
| Electrolux EFF-1004i | 48 | 55 | 40 | 3 990 | 3000 |
| AEG VL 5606 WM | 25 | 100 | 40 | 3 290 |  |
| Rix NPSF-8000 |  | 90 | 45 | 3 190 |  |
| Midea FS4543 |  | 100 | 45 | 2 990 |  |

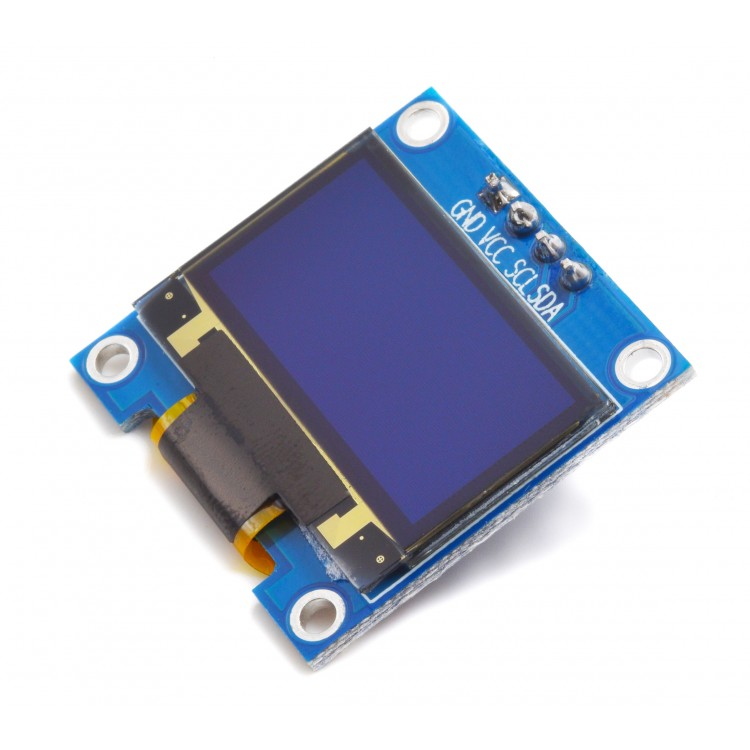


Рисунок xx – Дисплей SSD1315

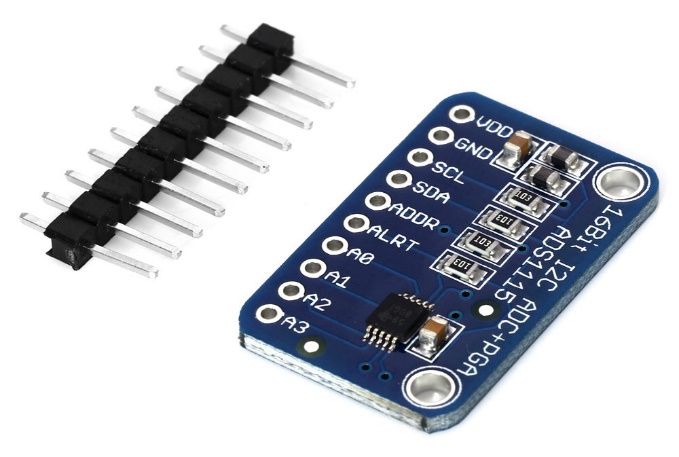


Рисунок xx – Аналогово-цифровой преобразователь ADS1115

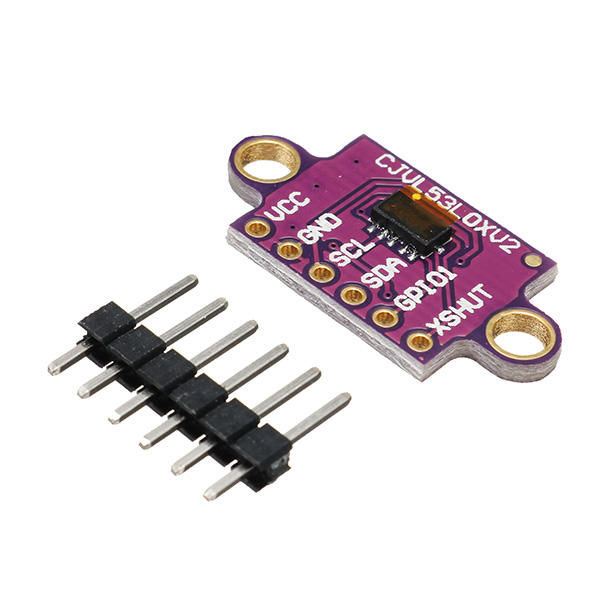


Рисунок xx – Модуль расстояний VL53L0X

**1.6. ВЫБОР ВИДЕОМОНИРОРА**

Виртуальная реальность обещает самые разные вещи, но одно она, безусловно, может сделать эти скучные тренировки в помещении на велосипеде немного более увлекательными.

Погружение в виртуальную реальность (VR) - это ощущение физического присутствия в нефизическом мире. Восприятие создается путем окружения пользователя системы VR изображениями, звуками или другими стимулами, которые создают захватывающую общую среду.

**Oculus rift,**

Основное отличие — есть провод. За счёт подключения к ПК можно использовать шлем в любых VR-играх с отличным качеством картинки. Контроллеры в комплекте те же, что и у Quest — маленькие и удобные, могут долго работать без замены батареек.

Этот шлем — один из наиболее лёгких и удобных в эксплуатации, однако у него физически нельзя отрегулировать расстояние между глазами — только через программу.

Плюсы: приемлемая цена, удобство и простота использования, хороший внутренний inside-out-трекинг, для которого не нужны базовые станции.

Минусы: нельзя отрегулировать расстояние между глазами. Нет официального российского представительства и сервиса в РФ.

**Sony HMZ-T1**

Это не шлем виртуальной реальности, как может показаться с первого взгляда, но и не простые 3D-очки – возможно правильнее было бы назвать его «стерео-шлем». Стереоэффект достигается за счет использования двух OLED-дисплеев для каждого глаза в отдельности. При такой схеме нет никаких перекрестных наложений, всякого рода помех и искажений картинки. Картинка должна быть идеально четкой. Идея такой компоновки далеко не нова. Ей десяток-другой лет. Но вот в таком качестве, серийном производстве и началом мировых продаж всех опередила Sony.

**Silico MicroDisplay ST1080**

Компания Silicon Micro Display разработала портативный дисплей в виде очков. Модель ST1080 поддерживает контент в 2D- и 3D-формате с разрешением Full HD 1080p. Пользователь видит изображение эквивалентное экрану с диагональю 100 дюймов, удаленном на расстояние 3 м. Кроме того, очки обладают прозрачностью 10%, что позволяет использовать их в системах дополненной реальности. Девайс получает видеосигнал через HDMI-кабель, а питание – через USB. Вес модели – 180 г. Цена Silicon Micro Display ST1080 составляет $800.

Таблица 4 – Сравнение шлемов виртуальной реальности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Oculus Rift** | **Sony HMZ-T1** | **Silico MicroDisplay   ST1080** |
| **Разрешение** | 1920×1080 | 1280×720 | 1920×1080 |
| **Тип экрана** | LCD | OLED | LCoS |
| **Разъем для подключения** | DVI/HDMI | HDMI 1.4 | HDMI 1.4 |
| **Способ подачи 3D сигнала** | Отдельные экраны для каждого глаза | Frame Packaging | Frame Packaging |
| **Уровень обзора** | 110 Градусов   по диагонали | 45 градусов по диагонали | 45 градусов по диагонали |
| **Отслеживание движения головы** | Да | Нет | Нет |

**Xiaomi Mi VR + Trinus VR**

Многие люди после использования очков виртуальной реальности могут испытывать головокружение. Чтобы избежать этого, Xiaomi использует сам телефон в качестве аппаратного ускорителя, что позволяет повысить чувствительность в 17 раз. Из-за того, что даже малейшее движение головы улавливается датчиками, достигается полная синхронизация движений головы с видимой виртуальной реальностью. Таким образом можно забыть о головной боли или о каких-либо других неудобствах при использовании очков в течении долгого времени.

TrinusVR - программа для стриминга. Тринус позволяет запускать большинство 3D приложений и игр. На рисунке 6 показаны спосоды подключения смартфона в качестве шлема виртуальной реальности.

Для использования стриминга вам необходимы следующие условия:

• VR гарнитура Xiaomi Mi VR или аналог;

• Первональный компьютер;

• смартфон с наличием гироскопа, акселерометра и магнитометра;

• быстрое и стабильное Wi-Fi соединение;

• Microsoft .NET;

• сервер, установленный на ПК;

• клиент, установленный на смартфон.

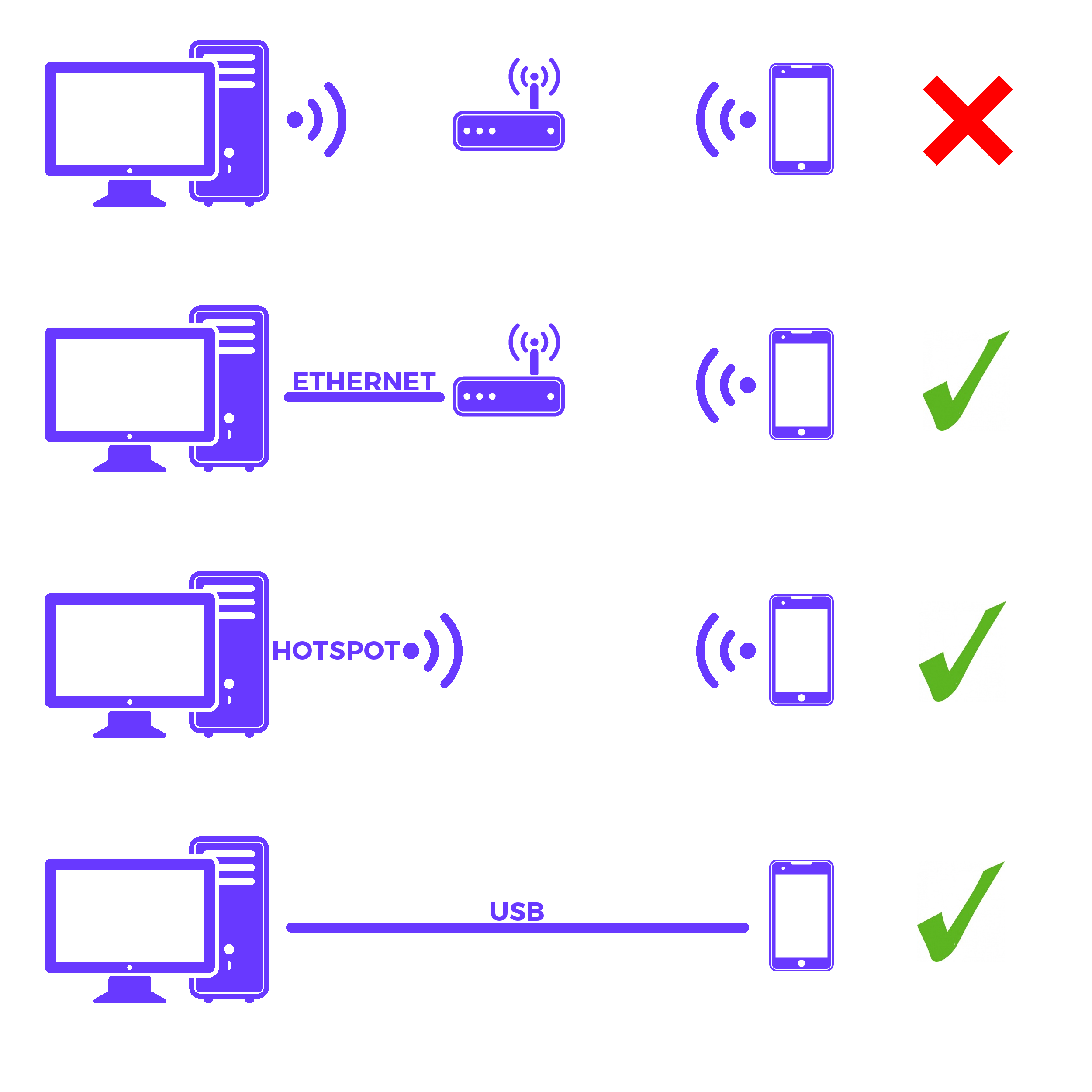


Рисунок 6- Способы сопряжения смартфона с ПК через TrinusVR

**1.6. ВЫБОР ИГРОВОГО ДВИЖКА**

Для реализации программной части комплекса, необходимо выбрать игровой движок, на котором будет сделана игра. Игровой движок – это модуль игры, который включает в себя игровую логику. Процесс разработки приложения сильно облегчается за счёт экономии времени и сил, посредством встроенных инструментов. В настоящее время существует огромное количество таких средств. Для сравнения, были выбраны наиболее популярные.

**Unity3D**

Unity 3D — это мощная среда для разработки 3D игр и приложений. Данная платформа создана в 2005 году. Главный плюс Unity 3D это простота разработки приложений. В данной среде разрабатывается огромное количество игр под различные платформы.

Одним из главных преимуществ использования платформы Unity является ее подробная документация, с описанием всех функциональных возможностей, а также как их правильно применить.



Рисунок 7 - Интерфейс платформы Unity

Основные возможности и плюсы Unity 3D:

– доступный и понятный интерфейс;

– поддержка двух языков программирования: C# и JavaScript, на которых пишутся скрипты;

– большое сообщество;

– поддержка перетягивания объектов в редакторе;

– возможность дополнения функционала;

– возможность использования систем контроля версий.

Минусы:

– ограниченный набор инструментов;

– не самая лучшая графика.

**Unreal Engine**

Unreal Engine 4 – среда разработки, созданная Epic Games. Unreal Engine 4 – самая популярная среда разработки для создания фильмов и ААА-проектов. Данная платформа обладает высокими графическими возможностями. С Unreal Engine 4 есть возможность разрабатывать игры под PC, Mac, консоли, IOS, Android. В отличие от Unity, UE4 имеет мощный инструмент для дизайна игровых уровней прямо в сцене, достаточно удобную систему Blueprint, не имеющую аналогов, красивый дизайн самой платформы и интуитивность в использовании. Из всех сред разработки, Unreal Engine 4 является самым инновационным. Он сочетает в себе высокую производительность, лучшую графику, простой язык программирования и удобность в использовании.

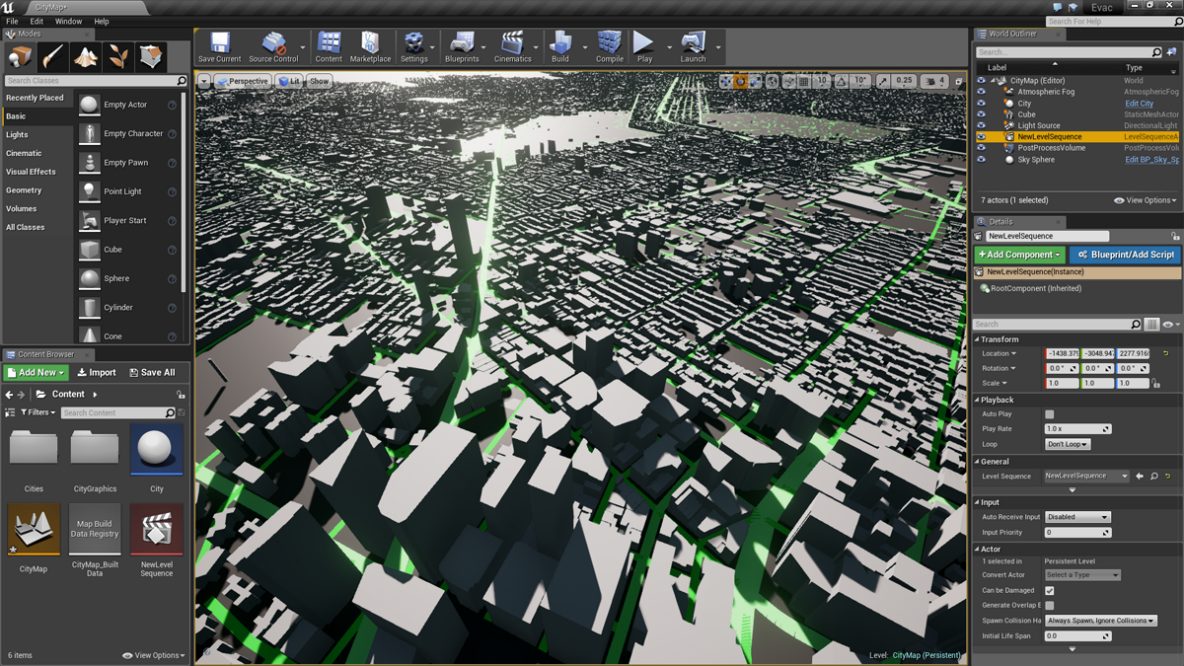


Рисунок 8 - Интерфейс платформы Unreal Engine

Плюсы:

– большое сообщество;

– возможно, напрямую использовать в проекте файлы с исходным кодом на C++;

– широкий ассортимент инструментов для различных целей;

– совместим с различными платформами.

Минусы:

– сложно привыкнуть к определенным инструментам;

– небольшой выбор готовых инструментов в официальном магазине;

При выборе средств разработки наиболее важными критериями были:

– порог вхождения;

– поддерживаемые платформы и используемые языки программирования;

– цена;

– исходный код.

Данные игровые движки схожи по функционалу, они бесплатны, имеют

хорошую документацию и поддержку, но среда Unity имеет менее сложный язык проектирования. Таким образом, был выбран игровой движок Unity3D.

**1.7. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1**

В ходе анализа предметной области был проведен обзор литературы, которая поможет в разработке работы.

Были рассмотрены проекты, схожие по назначению к разрабатываемую комплексу. Выявлены их достоинства и недостатки.

Были рассмотрены устройства сбора и передачи данных. Сравнивая

Raspberry Pi Zero, ESP32-WROVER-E Espressif, выбор остановился на Raspberry Pi Zero, так как по необходимым критериям, а это, небольшая стоимость устройства, небольшой размер, достаточная мощность для считывания всех сигналов без задержки и возможность подключения по Bluetooth BLE. Поэтому он подходит больше.

Для считывания данных о движениях пользователя, был выбран датчик Холла KY-003, чтобы определять количество оборотов, сделанных пользователем, а также кнопки, чтобы передавать данные о сделанном повороте вправо или влево.

Для теплового рассеивания велосипедиста в аппаратный комплекс рекомендуется использовать вместе с тренажером вентилятор. Из предложенных вариантов выбран Bionaire BAC 14 из-за оптимальных характеристик мощности и шума за свою стоимость.

Были рассмотрены средства разработки игры, а именно Unity и Unreal Engine 4, они понятны для использования, в них схожие возможности и они бесплатны, что очень важно для программистов. В качестве платформы для разработки игры будет использоваться Unity, так как был небольшой опыт использования данного игрового движка, и он подходит для достижения поставленной цели

**2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КОМПЛЕКСУ**

Для реализации данной системы необходим следующий набор подсистем:

– приложение на Microsoft Windows. Приложение обеспечивает пользователю симуляцию передвижения на велосипеде;

– графический интерфейс приложения;

– аппаратная реализация системы. Устройство, позволяющее передавать данные о движениях пользователя непосредственно в приложение;

– велотренажер, крепления которого, позволят установить устройство.

2.1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

– считывание устройством данных о движениях пользователя;

– передача данных устройством о количестве оборотов, сделанных пользователем;

– передача данных устройством о нажатых кнопок направления движения;

– обработка данных, переданных устройством на ПК;

– воспроизведение действий пользователя на виртуальной модели в приложении.

2.2. НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.2.1 ТРЕБОВАНИЯ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА

– задержка передачи данных от устройства должна быть минимальной (не более 200мс);

– размеры устройства должны превышать следующих параметров: 20\*35\*35мм;

– вес устройства не должен превышать 500 грамм.

2.2.2 ТРЕБОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА

– обработка данных для воспроизведения в приложении не должна быть заметна пользователю;

– изменение пользователем настроек разрешении экрана в приложении;

– возможность начать игру;

– изменение уровня громкости в настройках игры;

– возможность зайти в настройки из начатой игры.

2.2.3 ТРЕБОВАНИЯ К ЛИНГВИСТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Пользовательский интерфейс должен быть на русском языке.

2.2.4 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТАЦИИ

В документации на устройство должны содержаться технические характеристики устройства, которые включают следующие требования: вес, размеры, а также инструкцию для пользователя, как правильно установить систему.

**3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Проектирование – процесс определения архитектуры, компонентов, интерфейсов и других характеристик системы или её части. Результатом проектирования является проект – целостная совокупность моделей, свойств или характеристик, описанных в форме, пригодной для последующей реализации.

**3.1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ**

Для описания функционального состава системы можно представить функциональную схему. Данная схема поясняет отдельные виды процессов, протекающих в целостных функциональных блоках. На рисунке XX представлена функциональная схема системы.



Рисунок XX — Функциональная схема системы

Из функциональной схемы видно, что установленные на велотренажер датчики, взаимодействуют с микроконтроллером, который будет передавать сигналы от них, непосредственно на ПК.

Приложение получает эти данные от персонального компьютера и симулирует на виртуальной модели сигналы, полученные от пользователя.

<…>

**3.2. ОБЩАЯ СТРУКТУРА АППАРТАНОЙ ЧАСТИ**

Аппаратное обеспечение состоит из различных электронных элементов. В его состав входят следующие модули:

– питание информационной части от ПК;

– датчики Холла, поворотов направо и налево;

– обмен информацией с системой.

Каждый из которых обладает определенным функционалом, благодаря которому программно-аппаратный комплекс сможет действовать как одно целое. На рисунке XX представлена структурная схема.



Рисунок XX – Схема аппаратного комплекса

Далее на рисунке ХХ представлена структурная схема велотренажёра. Управлением всей системы занимается персональный компьютер (ПК), управляющей сигнал в виде задания скорости, момента и направления движения передаётся микроконтроллер (МК), которой осуществляет управление блоком преобразования (БП), БП в свою очередь осуществляет управляет исполнительным органом (ИО), представленным двигателем и редуктором. Датчик тока (ДТ) и датчик скорости (ДС) используются как обратная связь для образования замкнутого контура регулирования. Сигналы с сенсоров (С) через МК передаются в ПК для обработки текущей скорости. Аккумуляторная батарея (АКБ), инвертор (И) используются чтобы накопить и преобразовать энергию педалирования в полезную энергию на нагрузке (Н).



Рисунок XX – Структурная схема велотренажера

На рисунке ХХ показана функциональная схема велотренажера. Задающее напряжение Uзад, поступающее с МК передается в задатчик интенсивности (ЗИ), формирующий темп изменения скорости. Сигналы обратной связи по току (Кост) с датчика тока (ДТ) и скорости (Косс) с тахогенератора передаются на пропорциональнальные регуляторы скорости (РС) и тока (РТ), образующих двухконтурную систему подчинённого регулирования с внешним контуром скорости. Особенность данного регулирования заключается в том, что поддержание скорости двигателя дополнительно регулируется и током это значит, что токи не будут выходить за заданные пределы и всегда находиться около заданных значений, избегая перегрева двигателя. Сигналы с регуляторов передаются на блок ШИМ, который осуществляет коммутацию IGBT-транзисторов на работу от сети в режиме торможения или имитации нагрузки, а также зарядку АКБ в режиме педалирования.



Рисунок XX – Функциональная схема велотренажера



Рисунок XX – Концепция велотренажера

<…>

**3.3. СТРУКТУРНЫЙ СОСТАВ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ**



Рисунок XX – Структурная схема приложения

Структурная схема приложения включает в себя внутренние и внешние компоненты. Состав внешних компонентов: графический интерфейс приложения. Во внутренние компоненты входят: модуль настроек пользователя, прогресс пользователя и модуль обработки сигналов от контроллера.

**3.4. ДИАГРАММА ПРЕЦЕДЕНТОВ ПРИЛОЖЕНИЯ**



Рисунок XX – Диаграмма прецедентов главное меню

На основе данных потребностей выделены следующие варианты

использования:

– играть;

– игровой прогресс;

– настройки;

– выход;

– вернуться (в предыдущее меню);

– игра;

– управление;

– графика;

– звук;

Рассмотрим более подробно каждый из этих прецедентов.

Таблица XX -

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент | Краткое описание |
| играть | Позволяет пользователю начать управлять велосипедом посредством  подключенного к нему велотренажера. |
| игровой прогресс | Позволяет пользователю перейти в подменю прогресса игры |
| настройки | Позволяет пользователю перейти в меню настроек. Этот вариант  использования начинается, когда игрок нажимает на кнопку паузы. |
| выход | Позволяет пользователю выйти из приложения. |
| звук | Позволяет пользователю настроить параметры  «общая громкость»,  «громкость музыки»,  «громкость эффектов», |
| графика | Позволяет пользователю перейти в подраздел настройки «графика». |
| игра | Позволяет пользователю перейти в подраздел настройки «игра». |
| управление | Позволяет пользователю перейти в подраздел настройки «управление» |
| общий прогресс | Позволяет пользователю просмотреть данные о своем общем прогрессе. |
| вернуться | Позволяет пользователю выйти из меню настроек и вернуться в главное  меню. Этот вариант использования начинается, когда игрок нажимает кнопку  «Назад». |

**КАЛИБРОВКА**

**3.5. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3**В ходе проектирования комплекса был описан его функциональный состав, показаны структуры аппаратной и программных частей, а также разработана UML-диаграмма вариантов использования из главного меню.

**4. РЕАЛИЗАЦИЯ**

Для разработки игрового приложения была выбрана платформа Unity. Данная платформа имеет низкий порог вхождения, большое количество обучающих материалов и сообщество разработчиков, в следствии чего с ней можно быстрее начать работать. Для создания и редактирования графической составляющей игры использовался графический редактор Adobe Photoshop.

Для разработки 3D-моделей и анимации использовался Blender 3D.

Для программирования микроконтроллера использовался язык Python в Thonny IDE.**4.1. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ**

**4.1.1. ФАЙЛОВАЯ СТРУКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ**

Разработанный проект содержит каталоги, в которых хранятся:

– 3D-модели;

– игровые сцены;

– скрипты;

– музыка;

– шрифты;

– шаблоны объектов;

– анимации объектов.

Файловая структура представлена на рисунке XX.



Рисунок XX – Файловая структура

В папке Animations находятся анимации всех объектов игры. В папке Audio находятся вся музыка и звуки для игры. В директории Prefabs находятся готовые шаблоны игровых объектов. Директория Scene содержит сцену игры, в которой происходят все действия. В папке Scripts находятся скрипты с описанием всех классов и взаимодействий.

В каталоге Scripts содержатся три подкаталога:

– Animations содержит в себе скрипты, управляющие анимацией в игре;

– Assistants содержит в себе скрипты-помощники, которые управляют логикой всей игры;

– UI Содержит в себе скрипты, управляющие графическим интерфейсом;

В каталоге 3D models содержатся три подкаталога:

– Bicycle содержит в себе 3D-модели различных велосипедов;

– Buildings содержит в себе 3D-модели всех зданий присутствующих в игре;

– Sceney содержит в себе 3D-модели всех второстепенных объектов, таких как столбы, скамейки, деревья и т.д.

**4.1.2. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ**

В ходе создания игры для взаимодействия пользователя с программой было создано главное меню, показное на рисунке 16, которое включает в себя следующие пункты:

– игра;

– Игровой прогресс;

– настройки;

– выход.



Рисунок XX - Главное меню

После нажатия на пункт настройки, пользователь попадает в подменю, в которым можно выбрать настройки игры, управления и графики. Они представлены на рисунках XX.



Рисунок XX – Настройки игры

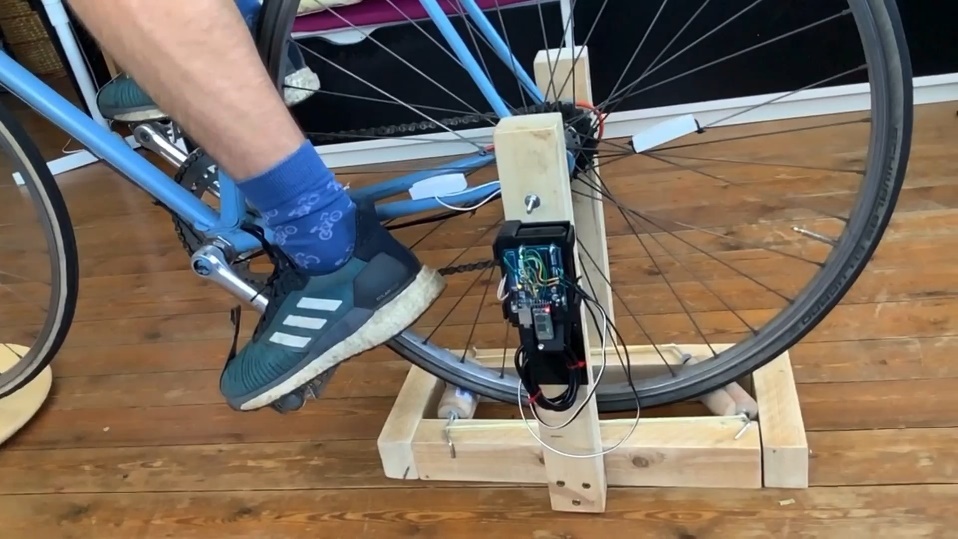
Рисунок XX – Настройки управления

При выборе пункта прогресса игры, пользователь может увидеть свои общие результаты, а также результаты за последнюю игровую сессию. Они представлены на рисунках XX .

Рисунок XX – Общий прогресс игры

**4.2. РЕАЛИЗАЦИЯ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ**

Для проверки работоспособности устройства, был собран опытный образец. Его реализация демонстрируется на рисунках XX.



**4.3. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4**

**5. ТЕСТИРОВАНИЕ**

**5.1. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ**

**5.2. ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ТЕСТИРОВАНИЯ**

**5.3. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

Источники

<https://genesgreenmachine.com/>

<https://www.youtube.com/watch?v=cJ_vDA7xsGs>

<https://tr-rc.ru/nesortirovanye/skyrc-beast-x528-3y-520kv-1-5-bl-motor-beskollektornyj-elektrodvigatel-beast-x528-brushless-motor-for-1-5-car-dlya-avtomodelej-masshtaba-1-5-530kv-7350-vt>

<https://velojournal.net/kak-podklucitsa-k-zwift>

<https://www.dcrainmaker.com/2017/01/zwift-in-vr.html>

<http://www.insideride.com/blog/2020/3/20/rocker-plate-vs-e-flex-for-the-modern-smart-trainer>

<https://www.youtube.com/watch?v=il7W28Ekor4>

<https://www.reddit.com/r/Unity3D/comments/6hzn08/anything_like_zwift_available_for_unity/>

<https://wevr.adalsimeone.me/2017/WEVR2017_Grani.pdf>

<https://create.arduino.cc/projecthub/Tazling/usbcycle-ride-through-your-virtual-world-8ff961>

<https://www.youtube.com/watch?v=ndbpvDJJjTA>

<https://www.google.com/search?q=arduino++bike+unity&tbm=isch&ved=2ahUKEwjYmsWGg7jvAhUYvSoKHeM9CzQQ2-cCegQIABAA&oq=arduino++bike+unity&gs_lcp=CgNpbWcQA1DelwRY_awEYKKuBGgAcAB4AIABVYgBowSSAQE3mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=YVNSYJjmOZj6qgHj-6ygAw&bih=969&biw=1920&rlz=1C1GCEA_ruRU927RU927#imgrc=6VrBWlv6pe3XFM>

<https://www.google.com/search?q=arduino++bike+unity&tbm=isch&ved=2ahUKEwjYmsWGg7jvAhUYvSoKHeM9CzQQ2-cCegQIABAA&oq=arduino++bike+unity&gs_lcp=CgNpbWcQA1DelwRY_awEYKKuBGgAcAB4AIABVYgBowSSAQE3mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=YVNSYJjmOZj6qgHj-6ygAw&bih=969&biw=1920&rlz=1C1GCEA_ruRU927RU927#imgrc=MeoV0bDdxXhQnM>

<https://www.xsimulator.net/community/threads/help-arduino-code-for-simple-simulator.5778/>

<https://www.uventasport.ru/contents/view/tacx_neo_smart_-_luchshii_velotrenazher_na_rynke>

<https://pauldyan.wordpress.com/2016/01/24/my-vr-bike/>

<https://www.youtube.com/watch?v=DbCbbNvc9TQ>

<https://www.epicgames.com/fortnite/pt-BR/news/postmortem-of-service-outage-at-3-4m-ccu>

<https://www.raywenderlich.com/1142814-introduction-to-multiplayer-games-with-unity-and-photon>

<https://news.mlh.io/oculus-bike-an-interactive-virtual-reality-bicycle-simulator-11-18-2015>

<https://gallochri.com/2020/05/universal-treadmill-speed-sensor-for-zwift-with-ant-stick-and-raspberry-pi/>

<https://medium.com/@aps_84021/running-zwift-on-an-rpi4-35f5cae1dad2>

<https://github.com/eastskykang/virtual-reality-icarus>

<https://cyberleninka.ru/article/n/sport-i-politika-v-sovremennom-mire/viewer>

<https://www.mnogotrop.com/news/10_prichin_ne_katatsja_na_velosipede>

<https://zwiftinsider.com/how-does-zwift-calculate-my-speed/>

<https://zarulemvelosipeda.ru/2020/11/26/tri-prostyh-sposoba-uluchshit-vashu-ezdu-na-velosipede-v-pomeshhenii/>

<https://hackaday.io/project/164276/gallery#acdf133b121f4f64f41694cd3a907fa0>

<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/5/1473/htm>

Доклад 15 минут

25-30 слайдов