

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему: Разработка мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге

Студент

А.А. Капусткин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к. т. н, доцент А.В. Зотов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа «Разработка мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге». Тольяттинский Государственный Университет, 2022.

Цель работы разработать электро-мотоцикл класса «Эндуро».

В первой главе описывается цель данной работы. Приведены основные требования безопасности эксплуатации, проведен анализ подобных электро-мотоциклов.

Во второй главе описана разработка рамы и маятника электро-мотоцикла. Проведен анализ прочности рамы, маятника и передней подвески электро-мотоцикла. Выбран и рассчитан оптимальный электродвигатель и выполнен расчет тягово-динамических характеристик. Произведен расчет необходимой емкости аккумулятора для электро-мотоцикла. Произведено подробное описание всех составных элементов и компонентной базы мотоцикла.

В третьей главе рассмотрено производство специальной технологической оснастки, необходимой для постройки конструкции рамы электробайка.

В четвертой главе описана экономическая целесообразность работы, стоимость её компонентов и комплектующих.

Пятая глава состоит из требований к пожарной безопасности работ по производству электробайка и экологичности производимых работ.

Итогом работы стали полностью изготовленный электробайк, который соответствует всем требованиям регламентов, как европейских стран, так и РФ по постановке на учёт и безопасности конструкции транспортных средств.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 104 страницы, содержащей 26 таблиц, 47 рисунков и графической части, содержащей 8 листов.

## **Abstract**

Final qualifying work "Development of a motorcycle of the Enduro class on the coast of traction." Togliatti State University, 2022.

The purpose of the work is to develop an electric motorcycle of the Enduro class.

First of all, about the beginning of this work. The basic safety requirements for operation are given, an analysis of the produced electric motorcycles is carried out.

The second part describes the development of the frame and swingarm of an electric motorcycle. The analysis of the strength of the frame, pendulum and front suspension of an electric motorcycle was carried out. The selected and expected electric motor and the calculation of traction and dynamic characteristics. The calculation of open batteries for an electric motorcycle was made. Produced a detailed description of all constituent elements and components of the motorcycle.

To a greater extent, attention is focused on the production of technological equipment, the transition to the design of the construction of the frame of the electric bike.

The fourth chapter describes the economic rationality of work, the cost of its components and accessories.

The fifth chapter is in line with the principles of fire safety in the field of electric bike production and environmentally friendly work.

The result of the work was a fully manufactured electric bike that meets all the requirements of the regulations, both in European countries and in the Russian Federation, for registration and safety of vehicle construction.

The final qualifying work consists of an explanatory note in the amount of 104 pages, suitable for 26 tables, 47 figures and a graphic part, for 8 sheets.

## Содержание

Введение.....	8
1. Анализ конструкции аналогов и применения электромотоциклов в соревнованиях типа off-road .....	9
1.1 Описание участия в SmartmotoChallenge .....	9
1.2 Требования регламента SmartMotoChallenge Barcelona 2020 .....	10
1.3 Сравнительный анализ конструкций электромотоцикла .....	13
2. Проектирование электромотоцикла .....	24
2.1 Выбор данных электромотоцикла .....	24
2.2 Расчет тягово-динамических характеристик электромотоцикла ...	25
2.2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета .....	25
2.2.2 Силовой баланс электромотоцикла .....	30
2.2.3 Динамическая характеристика мотоцикла.....	31
2.2.4 Разгон мотоцикла .....	33
2.2.5 Время и путь разгона .....	35
2.2.6 Баланс мощности электромотоцикла.....	38
2.3 Проектирование передней вилки и маятника мотоцикла .....	40
2.4 Проектирование и расчет рамы .....	47
2.4.1 Проектирование рамы .....	47
2.4.2 Расчет рамы электромотоцикла .....	50
2.5 Компоновка узлов электромотоцикла .....	52
2.5.1 Электродвигатель .....	52
2.5.2 Контроллер .....	53
2.5.3 Аккумулятор .....	54
2.5.4 Контроллер аккумулятора .....	58
2.5.5 Боковые панели и внешние навесы электро-мотоцикла .....	59
2.6 Оптимизация конструкции рамы .....	60
3. Технологическая часть. Разработка стапеля для сборки рамы.....	61

4. Экономическое обоснование и эффективность .....	63
4.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов .....	63
4.2 Исходные данные на проектный расчет .....	63
4.3 Расчет фонда времени работы оборудования .....	64
4.3.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования.....	64
4.3.2 Эффективный фонд времени работы оборудования.....	65
4.4 Расчет технологической себестоимости оборудования .....	65
4.4.1 Расчет статьи затрат сырье и материалы.....	65
4.4.2 Затраты на основную и дополнительную заработную плату.....	67
4.4.3 Страховые взносы в фонды.....	68
4.4.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.....	69
4.4.4.1 Затраты на амортизацию оборудования.....	69
4.4.4.2 Затраты на электроэнергию.....	69
4.4.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию	
производственных площадей.....	71
4.4.5.1 Затраты на амортизацию производственных площадей.....	71
4.4.5.2 Расходы на содержание и эксплуатацию площадей.....	71
4.4.6 Технологическая стоимость изготовления рамы.....	72
4.4.7 Общепроизводственные расходы.....	72
4.4.8 Общепроизводственные расходы.....	72
4.4.9 Внепроизводственные расходы.....	72
4.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента	
его загрузки .....	73
4.5.1 Расчет штучного времени оказания услуги.....	73
4.5.2 Производственная программа оказания услуги.....	74
4.5.3 Расчетное количество основного технологического	
оборудования.....	74
4.5.4 Коэффициент загрузки оборудования.....	75
4.6 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по	

базовому и проектному варианту .....	75
4.6.1 Общие капитальные вложения в оборудование по базовому варианту.....	75
4.6.1.1 Капитальные вложения в оборудование.....	76
4.6.1.2 Капитальные вложения в дополнительные площади.....	77
4.6.1.3 Сопутствующие капитальные затраты.....	77
4.6.2 Общие капитальные вложения по проектному варианту.....	78
4.6.2.1 Капитальные вложения в оборудование.....	78
4.6.2.2 Капитальные вложения в дополнительные площади.....	78
4.6.2.3 Сопутствующие капитальные затраты.....	79
4.6.3 Дополнительные капитальные вложения.....	79
4.6.4 Удельные капитальные вложения.....	80
4.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг.....	81
4.7.1 Основная и дополнительная зарплата рабочих.....	81
4.7.2 Страховые взносы в фонды.....	81
4.7.3 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производственных площадей.....	82
4.7.3.1 Амортизация оборудования.....	82
4.7.3.2 Амортизация площади.....	83
4.7.3.3 Расходы на эксплуатацию площади.....	83
4.7.3.4 Затраты на текущий ремонт оборудования.....	83
4.8 Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги .....	84
4.8.1 Общехозяйственные заводские накладные расходы.....	84
4.8.2 Общехозяйственные расходы.....	84
4.8.3 Производственная себестоимость.....	85
4.8.4 Внепроизводственные расходы.....	85
4.8.5 Полная себестоимость.....	85

5. Безопасность и экологичность работы .....	87
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта .....	87
5.2 Идентификация профессиональных рисков .....	90
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	91
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	95
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта .....	96
Заключение.....	99
Список используемых источников.....	100
Приложение А Спецификация .....	103

## Введение

Ежегодно люди всё больше нацелены в сторону прогресса, единовременно стремясь использовать новые технологии, и нанести как можно меньше труда окружающей среде обитания. Большинство европейских и мировых концернов-лидеров, уже переходят на альтернативные виды энергии в построении своих транспортных средств. Начиная с 2010 года, российские автопроизводители запустили цепочку проектов для создания своих электромобилей.

Прогресс двигается вперед не только в автоиндустрии, но и в мотоциклетной промышленности тоже, так в 2011 году, были созданы соревнования Smart moto Challenge. Совместно с организаторами знаменитого ралли Париж-Дакар, организаторы соревнований ежегодно выставляют для студентов всё новые цели, которые они должны достигнуть в конструкции и использовать свою технику и навыки по максимуму.

Традиционно, основной задачей и проблемой является создание полноценного прототипа спортивного электро-мотоцикла класса off-road, и предстоит решить все задачи, которые стоят перед разработчиками данным видом транспорта. Свой мотоцикл мы решили испытать в соревнованиях SmartmotoChallenge. Проект SmartmotoChallenge позволяет студентам со всего мира собственноручно создавать электро-мотоциклы для участия в международных соревнованиях.

Защита проекта делится на несколько частей, так называемые этапы. Основные из них: Защита конструкции, динамические соревнования, статические соревнования, бизнес презентация и отчет о стоимости мотоцикла.

Цель работы: Разработка электро-мотоцикла класса «Эндуро» для испытания его в дальнейшем в соревнованиях «SmartMotoChallenge», для его дальнейшей доработки.



# **1 Анализ конструкции аналогов и применения электромотоциклов в соревнованиях типа off-road**

## **1.1 Описание участия в SmartmotoChallenge**

SmartmotoChallenge - это спортивно-инженерные соревнования, в которых студентам предлагается отличная возможность работать в масштабном проекте по разработке электро-мотоцикла. Действующие студенты, приобретают навыки работы в больших группах, цели, технологии и навыки использования новейших технологий в условиях будущего рынка.

У крупных производителей же, после проекта и защиты конструкций будет доступно множество идей и дополнительный источник вдохновения и специалистов высшего уровня.

Соревнования содержат в себе перечень статических и динамических дисциплин, на протяжении которых судейская коллегия оценивает созданный командой электро-мотоцикл. Для допуска к динамическим испытаниям необходимо пройти техническую инспекцию. Динамические испытания состоят из перечня дисциплин: ускорение, ускорение плюс, триал, круговой заезд и финальное испытание на выносливость. Статический этап соревнований проводится также вовремя динамических испытаний и технической инспекции. В общем зачете за один этап соревнований можно набрать 1000 очков.

Каждый этап проекта состоит из: анализа рынка, названия конечного продукта и его дизайн, и как следствие этого - создание настоящего прототипа электрического мотоцикла. Одной из обязательных дисциплин является разработка и презентация бизнес-плана, который аргументирует и показывает, как команда реализовала свой продукт с точки зрения производства, цен, и ситуации на рынке.

Официальным языком соревнований - английский. Все используемые документы должны быть представлены на английском языке. Любая защита этапов соревнований аналогично проходит на английском.

Главной идеей соревнований –является возможность показать и направить студентов на готовую площадку для практики и применения новых знаний, которые они получили в теоретическом курсе, на практике.

## **1.2 Требования регламента SmartMoto Challenge Barcelona 2020**

Выписка пунктов из регламента соревнований :

Пункт 2.1.1 – Рама.

«Можно использовать любой материал, который использован в рамках велосипедов/ мотоциклов. Команде необходимо предоставить техническую документацию о раме в отчете о конструкции в назначенные сроки на сайте. Для команд типа А рама должна быть сконструирована и построена командой и не допускается рама с прошлых этапов BSMC.

Для команд типа В рама может быть построена командой или может использовать доработанную коммерческую раму для использования во время мероприятия BSMC»[1].

Пункт 2.1.2–Маятник.

«Можно использовать любой материал для маятника, который используют производители велосипедов / мотоциклов.

Команде необходимо предоставить техническую документацию о маятнике в отчете о конструкции в назначенные сроки на сайте.

Для команд типа А и В маятник должен быть разработан и построен командами и не должна использоваться с прошлых соревнований BSMC»[1].

Пункт 2.1.2 – Подвеска.

«Для типа А и типа В, можно использовать любые коммерческие амортизаторы/вилки для переднего и заднего положения»[1].

Пункт 2.1.4 – Колёса.

«Единственным ограничением является размер колес: в типе А 15", для типа В 16". Все используемые шины должны быть изготовленные производителями на рынке. Прототипы шин не допускаются. Шины должны быть одинаковыми для всех динамических дисциплинах»[1].

Пункт 2.1.5 – Световые приборы.

Световые приборы должны питаться (быть подключенными) от одного и того же источника, что и двигатель. «Все осветительные приборы должны подходить к европейским стандартам. Допускается использование лампочки, галогенной фары или оптики с имеющейся технологией LED. Либо любая другая технология, подходящая по параметрам и имеющая максимальное напряжение – 12 вольт»[1].

Мотоцикл должен иметь 4 поворотника - желтого цвета с возможностью моргания и с индикацией аварийного включения (Все поворотники работают одновременно).

Свет необходимо обеспечить полной работоспособностью на протяжении всех испытаний, в том числе и дополнительных. В случае нарушения – предусмотрен штраф - 1 сек.

Пункт 2.1.6 – Тормозная система.

«Тормозная система должна быть приведена в действие кабелем, гидравлической цепью до 1-го или 2-х колес одновременно. Они могут иметь систему рекуперации энергии, связанной с электрической трансмиссией. Компоненты тормозной системы, за исключением подсистемы рекуперации энергии, должны соответствовать европейским стандартам. Система ABS и система помощи при торможении разрешены»[1].

Пункт 2.1.7 – Смарт компоненты.

Безусловно, что мотоциклы в большинстве случаев являются самой опасной техникой передвижения, именно поэтому мы должны быть уверены в безопасности нашей техники.

Мотоцикл, по регламенту соревнований, должен обладать системой GPS, которая должна отправлять всю необходимую информацию о состоянии

мотоцикла и пилота. Данная информация должна быть предоставлена в виде веб-страницы, электронной почты или sms-сообщения организаторам соревнований или одному из членов команды. Данную технологию необходимо использовать не только с использованием стандартных sim-устройств, но также использовать и Bluetooth системы, подключенные к мобильному телефону.

#### Пункт 2.1.8 – Кузов и сидение.

Студентам разрешено использование любых материалов, которые подлежат сертификации и установки на мотоциклы в Европе, в соответствии с регламентом постановки на учёт мотоциклов в Европе. Мотоцикл не может быть допущен к участию если имеет острые или режущие поверхности, которые могут нанести вред как водителю, так и окружающим его людям.

Сиденье должно быть прочно закреплено на раме, имея как минимум 3 точки закрепления. «По желанию допускается использование сидений для двух человек. Транспорт должен иметь минимум два зеркала заднего вида, левое должно быть обязательно, правое зеркало может быть повернуто на любую сторону дороги (кроме стороны встречного движения)»[1]. Номер на передней попоне и на боковых накладках должен быть в соответствии с регламентом соревнований. Навигатор может не использоваться. Защитные элементы от попадания грязи строго обязательны.

#### Пункт 2.1.9– Электро-компоненты (ЭБУ + Аккумулятор + Двигатель).

Электронный блок управления, аккумулятор и двигатель могут быть любыми. Но они должны быть сертифицированными в Европе. Вода может быть использован в качестве охлаждающей жидкости.

##### Пункт 2.1.9.1 – Двигатель.

«Тип А мощность до 10 кВт;

Тип В проекты от 10 до 30 кВт.»[1]

##### Пункт 2.1.9.2 – Электронный блок управления (ECU)

«Для обоих типов, электронный блок управления может быть разработан командой или куплен» [1].

### Пункт 2.1.9.3 – Аккумуляторная батарея

«Для типа А, максимальное напряжение 60В. Для типа В максимум 120В.»[1]

«Для типа А батарея может быть съёмной. Но гонку на выносливость мотоцикл должен пройти без смены батареи, т.е. должен быть запас на 30км.»[1]

«Для типа В батарея и её компоненты могут быть съёмными. Гонка на выносливость может быть пройдена с двумя сменами батареями.»[1]

### 2.2 Максимальный вес

«Для типа А, включая вес аккумулятора – 140 кг

Для типа В, включая батарею минимального размера – 190 кг.»[1]

## 1.3 Сравнительный анализ конструкций электромотоцикла

Электро-мотоцикл SuRRonX удостоился алюминиевой рамы и двигателем номинальной мощностью - 6 кВт. В качестве основного аккумулятора используется литий-ионный аккумулятор емкостью -1,9 кВт\*ч. Расчётной емкости хватает на развитие скоростей до 100 км/ч. Номинальное время заряда аккумулятора 6 часов. Опытный образец этого мотоцикла способен достигать скорости до 85 км/ч.

К основным недостаткам данной конструкции можно отнести: цену мотоцикла, что в нынешних условиях является самым важным фактором, использование в конструкции маятника простейших алюминиевых сплавов, использование алюминия хоть и уменьшает вес мотоцикла, но в большей степени снижает запас прочности разработанного маятника, а поскольку мотоцикл будет эксплуатироваться в жестких условиях внедорожной езды, то маятник выйдет из строя значительно быстрее стального аналога и не будет подлежать ремонту, в отличии от других аналогов(Рисунок 1).



Рисунок 1 –Электромотоцикл SuRRonX

Следующим прототипом аналога электро-мотоцикла стал Иж-Пульсар. Отечественная разработка и сборка для военных, полицейских и практических нужд. Внешне мотоцикл напоминает питбайки китайской серии типа: TTR250, motoland 250(Рисунок 2).



Рисунок 2– Электромотоцикл Иж Пульсар

Этот экземпляр имеет на своём борту двигатель номинальной мощностью 10 кВт в расчётах способен достигать скорости 100 км/ч. Базовой ёмкости аккумулятора по расчётам хватает на 150 км. Но за счёт большей ёмкости аккумулятора, время зарядки составляет целых 14 часов. Сухой вес мотоцикла составляет 170 кг.

Новейшей разработкой является мотоцикл ZeroFX. По своей задумке мотоцикл способен ездить на всех видах грунта и поверхностей, так называемый мотард (Рисунок 3).



Рисунок 3 –Электромотоцикл ZeroFX

Номинальная мощность двигателя по заявлению производителя составляет 20 кВт, а пиковая доходит до 38 кВт. Разгоняется же данный аналог до пиковой скорости в 150 км/ч. За счёт большей мощности двигателя, требуется большая ёмкость аккумулятора и соответственно вес мотоцикла. Время до полной зарядки аккумулятора – 7 часов, а максимальная дальность на 1 зарядке составляет всего 80 км. Вес мотоцикла – 135 кг. В то время как его цена равна 11 325 Евро.

Более лёгкий и маневренный вариант электробайка LMXBike161-Н. Сверхлёгкая разработка французских инженеров с рекордной стоимостью 6 500 Евро. В этом аналоге используется снаряжение от фирменных велосипедов класса mountainbike. К плюсам данной конструкции можно добавить присутствие в нём педалей, и даже если мотоцикл разрядился, вы всегда сможете добраться до ближайшей станции обслуживания или же дома (Рисунок 4).



Рисунок 4 –Электромотоцикл LMXBike161-Н

«Номинальная мощность электромотора – 5кВт. В условиях внедорожья с максимальной скоростью 70 км/ч можно будет прокатиться на протяжении 3 часов. Время зарядки аккумулятора составляет 3 часа. Из минусов в данной конструкции можно отнести малую емкость, и неоправданно высокую цену (Рисунок 5).





Рисунок 5 –Электромотоцикл Electric Motion Escape

Данный мотоцикл представляет собой всю суть эргономичности данного класса, совокупность веса, подвески и мощности, учитывая запас хода, является примером для подражания в данном классе техники, учитывая специфику данного типа транспортных средств, можно уверенно назвать данный прототип, одним из самых перспективных устройств в данном десятилетии. Всё это - байк-внедорожник Electric Motion Escape. Добавьте к этому аккумулятор на 2,6 кВт и впечатляющий запас хода до 61 км, и вы почти сможете составить представление о характеристиках данного электромотоцикла.

Переключиться на электрическое прогрессивное торможение от электрического сцепления также просто, как нажать на ручку. Планируете ли вы поехать к месту назначения по треку или тропе, эта модель доставит вас туда без хлопот.

### Характеристики:

- максимальная скорость: 70 км/ч,
- дальность: до 61 км,
- вес: 77 кг (Рисунок 6).



Рисунок 6 –Электромотоцикл KTM Freeride E-XC

Инженеры KTM скрестили триал-байк и полноразмерный мотокросс/эндуро. Результатом стал электрический внедорожный байк Freeride E-XC 2020. Это не просто элегантный мотоцикл для работы в грунтовых условиях, это быстрый и очень тихий электро-мотоцикл с современным управлением, подвеской WP, многофункциональным дисплеем, технологией рекуперации энергии, а также усовершенствованным двигателем и силовым агрегатом.

Всего одна зарядка дает уверенность, что вы пробудете на нем до 2 часов безостановочной езды. Но на всякий случай, если вам понадобится проехать дальше, литий-ионный блок питания KTM легко сменить.

Характеристики:

- макс скорость: 96 км/ч,
- диапазон: до 2 часов,
- вес: 111 кг(Рисунок7).



Рисунок 7 –Электромотоцикл Kuberg FreeRider

Freerider – это мощный внедорожник, предназначенный как для подростков, так и для взрослых. Крутая модель имеет агрессивный вид для мотокросса и доступна с двигателями мощностью 12 кВт и 8 кВт. Это легкий байк, способный проехать до 60 минут на максимальной скорости.

Зарядка до «полного» длится два с половиной часа, и он снова готов к путешествию по любой сложной местности. Благодаря подключению к сети Wi-Fi вы можете загрузить в свой телефон приложение Kuberg Volt и превратить Freerider в умный байк для бездорожья.

Характеристики:

- максимальная скорость: 55 км/ч,
- диапазон: до 1 часа,
- вес: 36 кг(Рисунок 8).



Рисунок 8 –Электромотоцикл Cake Kalk OR

Kalk OR от Cake – это уникальный электрический мотоцикл для бездорожья, в плане дизайна. В этой модели есть что-то футуристическое, с ноткой ретро. Помимо дизайна, Kalk OR – исключительно легкий байк, созданный с оптимальными средними внедорожными характеристиками.

Несмотря на свой минималистичный внешний вид, он развивает приличную скорость более 80 км/ч и может непрерывно работать до 3 часов без подзарядки. Байк маневренный, аккуратный и очень тихий

. Характеристики:

- максимальная скорость: +80 км/ч,
- диапазон: до 3 часов,
- вес: 69 кг(Рисунок 9).



Рисунок 9 –Электромотоцикл Sur Ron X

Если вам нравится полностью черный, элегантный и универсальный электрический внедорожный мотоцикл, обратите внимание на Sur-Ron X Bike. Эта ограниченная серия была задумана и разработана совместными усилиями Luna Cycle и Sur-Ron. Практически бесшумный электро-мотоцикл обладает целым рядом впечатляющих особенностей. Он может похвастаться мощным аккумулятором Panasonic 60v 31.9ah. Вы можете отпустить

дроссельную заслонку во время движения накатом в спортивном режиме для подзарядки аккумулятора. X-контроллер синусоидальной волны и цепь с уплотнительными кольцами позволят ощутить вам более плавную и тихую работу. Sur Ron X Bike оснащен спортивным рулевым управлением, обеспечивающим комфортную езду. Для большего удобства можно установить педали по немного более высокой цене.

Характеристики:

- максимальная скорость: 32 км/ч,
- дальность действия: до 64 км,
- вес: 50 кг(рисунок 10).



Рисунок 10 –Электромотоцикл Vultaco Brinco R

Последним в этом списке идет самый «спортивный» электрический внедорожный байк в линейке электронных мотоциклов Vultaco. Модель Vultaco Brinco R специально создана для тех, кто избегает дорог общего пользования и мчится по диким тропам и частным трассам со скоростью до

60 км/ч. Он поставляется с педалями на тот случай, если вы захотите сжечь немного калорий или сэкономить на заряде аккумулятора» [17].

«Это если вы не желаете ездить в экономичном режиме, являющийся также еще одним способом продления срока службы батареи. Переключитесь на спортивный и задействуйте полную мощность мотоцикла – проедите до 50 километров без подзарядки. Или используйте его в режиме «Тур» с меньшей мощностью, но с тем же крутящим моментом. С эпициклической системой передач уменьшить или увеличить передаточное число просто, как щелкнуть пальцами.

Характеристики:

- максимальная скорость: 60 км/ч,
- диапазон: 50 км (в спортивном режиме), 100 км (в экономичном режиме),
- вес: 39 кг.

## 2 Проектирование электромотоцикла

### 2.1 Выбор данных электромотоцикла

«Проведя анализ всех требований регламента соревнований и конструкций, готовых аналогов конкурентов на рынке, мы приняли решение использовать в качестве металла рамы - сталь, поскольку её прочностные характеристики гораздо больше подходят под внедорожную езду, и в ремонте сталь удобнее алюминия.

В соревнованиях мы решили заявиться в классе А, то есть номинальная мощность нашего двигателя должна не превышать 10 кВт. Во внедорожных соревнованиях отсутствует возможность разогнаться выше 60км/ч, а куда более важным являются тяговые характеристики, то по факту достаточно будет двигателя с номинальной мощностью в 5 кВт и с добавлением жидкостного охлаждения, во избежание перегрева двигателя и дальнейшего его выхода из строя.

Одним из самых важных элементов конструкции также являются и габариты. Габариты мотоцикла влияют на его маневренность и устойчивость, а сбалансированный вес мотоцикла на удобство использования. Поскольку в регламенте информация по размерам колёсной базы отсутствует, то нами было принято решение о создании колёсной базы равной 1237 мм.

Ограничения же коснулись только колёс, диаметр которых не должен составлять более 16 дюймов.

Так же для расчёта тягово-динамических характеристик необходимо знать приблизительный вес мотоцикла. По нашим расчетам вес нашего мотоцикла должен составлять 60 кг.»[1]



## 2.2 Расчет тягово-динамических характеристик электромотоцикла

«Данные для проведения расчёта тягово-динамических характеристик мотоцикла класса «SmartMotoChallenge» выведем в таблицу 1. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике»[2]. В таблице 1 представлены исходные данные для проведения тягово-динамического расчета.

Таблица 1– Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

«Параметр	Значение
Колесная формула	2x1
Количество мест	1
Снаряженная масса $m_0$ , кг	60
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч (м/с)	60(16,67)
Угловая скорость $\omega_e^{max}$ , рад/с (об/мин)	250(2475)
Максимальная мощность двигателя $N_e^{max}$ , кВт	10,5
Максимальный крутящий момент двигателя $M_e^{max}$ , Н·м	55
Тип и размерность колеса	90/100R16
Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0,4
Величина максимального преодолеваемого уклона $i$ , %	25
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,98
Габаритная ширина автомобиля $B$ , мм	1820
Габаритная высота автомобиля $H$ , мм	1085
Коэффициент сопротивления качению $f_0$	0,03
Передаточные числа: Главной передачи $U_0$ ».[2]	5

### 2.2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса электромотоцикла:

$$m_a = m_0 + m_{ч} \cdot n + m_{б} \cdot n, \quad (1)$$

где:  $m_0$  – снаряженная масса электромотоцикла, кг;

$m_{ч} = 75$  кг – масса одного человека;

$n$  – число пассажиров;

$m_6$  – вес багажа.

$$m_a = 60 + 75 \cdot 1 = 135 \text{ кг}$$

Полный вес электромотоцикла:

$$G_a = m_a \cdot g , \quad (2)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$$G_a = 135 \cdot 9,81 = 1324 \text{ Н}$$

«Электромотоцикл имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 50% на передние колеса и 50% - на задние» [1].

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_1 = 0,50 \cdot G_a = 0,5 \cdot 1324 = 662 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,50 \cdot G_a = 0,5 \cdot 1324 = 662 \text{ Н}$$

Коэффициент обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3)$$

где:  $\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ .

$$k = \frac{0,4 \cdot 1,293}{2} = 0,25$$

Лобовая площадь автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (4)$$

где:  $B$  – габаритная ширина автомобиля, м;

$H$  – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,82 \cdot 1,085 = 1,68 \text{ м}^2$$

«Согласно выбранной ширине 90/100R16, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле» [11]:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (5)$$

где:  $d$  – посадочный диаметр шины, м;

$\lambda_z = 0,85$  – коэффициент вертикальной деформации;

$H$  – высота профиля шины, м.

$$r_k = 0,5 \cdot 0,4 + 0,85 \cdot 0,09 = 0,276 \text{ м}$$

Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя. Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (6)$$

где:  $\omega_e$  – текущее значение угловой скорости вала, рад/с;

$\omega_N$  – угловая скорость вала при максимальной мощности, рад/с.

$N_e$  – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

«Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  (Н·м) применяем формулу» [11]:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (7)$$

«Рассчитываем зависимости  $N_e(\omega_e)$  и  $M_e(\omega_e)$ . Результаты расчетов сводим в таблицу 2 и представляем в виде графика» [11]

Таблица 2 – Результаты расчетов

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н·м
2290	191,9	10,500	55
2340	250	10,000	40
2390	250	7,000	29
2440	234,4	3,500	16
2475	250	0,250	1

На рисунках 11 и 12 представлена внешняя скоростная характеристика двигателя, на рисунке 11 представлен график зависимости крутящего момента от частоты вращения, на рисунке 12 график зависимости мощности от частоты вращения.

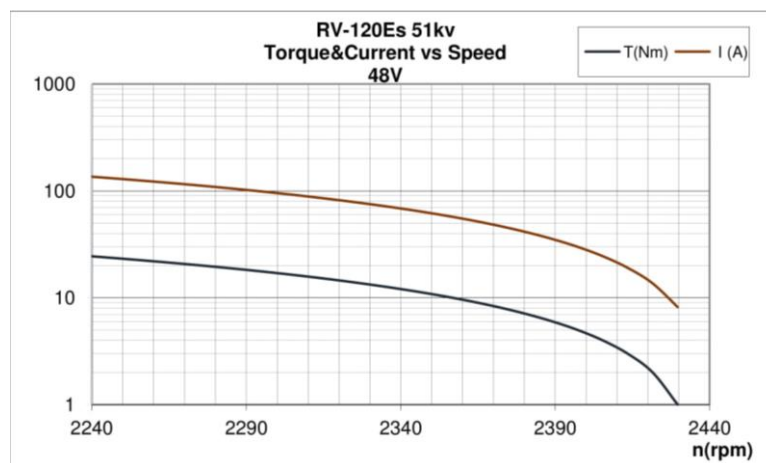


Рисунок 11 – График зависимости крутящего момента от частоты вращения

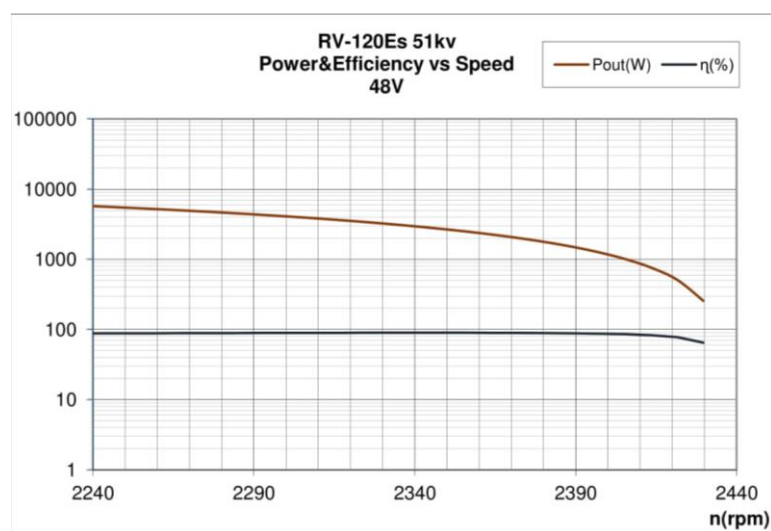


Рисунок 12 – график зависимости мощности от частоты вращения

Определение передаточного числа

«Передаточное число  $U_0$  определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля  $V_{\max}$ »[12]:

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{V_{\max}}, \quad (8)$$

$$U_0 = \frac{0,276 \cdot 250}{16,67} = 4,14$$

Для дальнейших расчетов принимаем округленное значение до стандартного ряда  $U_0=5$ .

### 2.2.2 Силовой баланс электромотоцикла

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_d + F_B + F_{и}, \quad (9)$$

«где:  $F_T$  – сила тяги ведущих колес, Н;

$F_d$  – сила дорожного сопротивления, Н;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_{и}$  – сила сопротивления разгону электромотоцикла, Н (не учитываем).»[15]

Силу тяги рассчитывают по формуле:

$$F_{Ti} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \quad (10)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (11)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_d = G_a \cdot f, \quad (12)$$

где:  $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$  – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения электромотоцикла.

«Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями  $\omega_e$ , приводя в соответствие с ними скорости электромотоцикла. Полученные результаты сведем в таблицу 3»(Рисунок 13). [23].

Таблица 3– Результаты расчетов

$\omega_e$	190,9	250	250	233,3	250
$M_e$	55	40	28	15	1
$V$	5,55	8,43	11,11	13,89	16,67
$F_T$	976,5	710,15	497,20	266,30	17,75
$f$	0,03	0,031	0,033	0,033	0,024
$F_B$	12,99	29,24	51,84	81,01	116,81
$F_d$	40,34	41,11	42,18	43,65	45,24

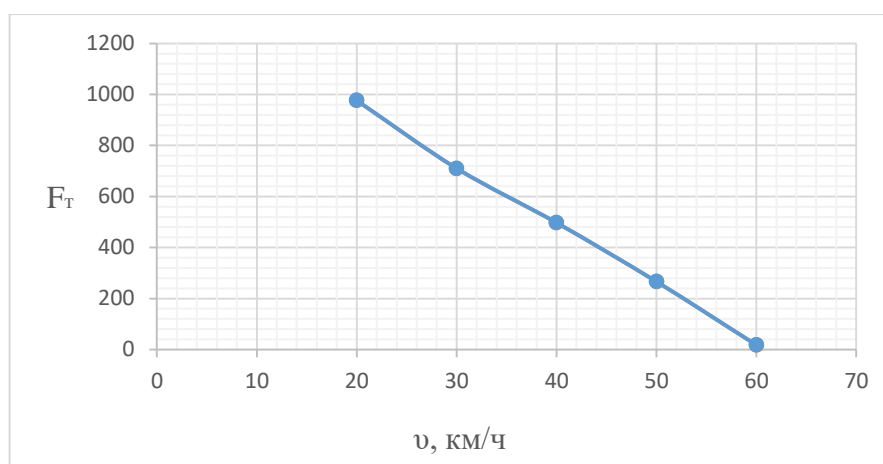


Рисунок 13 –Тяговый баланс электромотоцикла.

### 2.2.3 Динамическая характеристика мотоцикла

Рассчитаем динамическую характеристику электромотоцикла:

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (13)$$

Данные расчета заносим в таблицу 4 и представляем графически (рисунок 14). «Необходимо также учитывать и влияние букса ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению» [11]:

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{662 \cdot 0,5}{1324} = 0,25.$$

Таблица 4 - Данные расчета динамической характеристики

$\omega_e$ , рад/с	Динамический фактор D
190,9	0,71
250	0,52
250	0,34
233,4	0,15

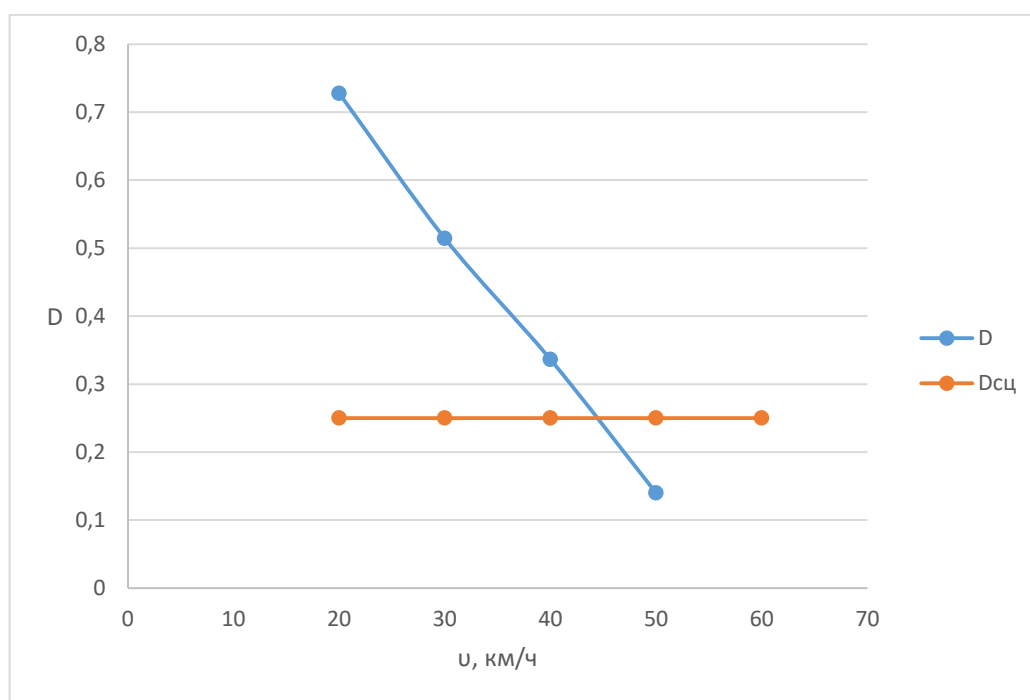


Рисунок 14 – Динамическая характеристика электромотоцикла



«По заданной формуле расчета и данным силового баланса, мы рассчитали и построили динамическую характеристику электромотоцикла, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при полной нагрузке электромотоцикла» [12].

#### 2.2.4 Разгон мотоцикла

«Тяговое ускорение разгона мы определяем по формуле движения по горизонтальной дороге с твердым покрытием отличного качества при пиковых нагрузках двигателя и отсутствии буксаглавного колеса. Ускорение выводим из выражения» [11]:

$$j = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (14)$$

«Где:  $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по формулам» [8].

$$\delta_{вр1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 5^2) = 2,3$$

«Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 5 и строим график зависимости (рисунок 15)  $j = f(V)$ » [8].

Таблица 5 – Значения ускорение разгона

$\omega_e$ , рад/с	Ускорение j, м/с <sup>2</sup>
190,9	2,98
250	2,01
250	1,4
234,3	0,45
250	-0,47

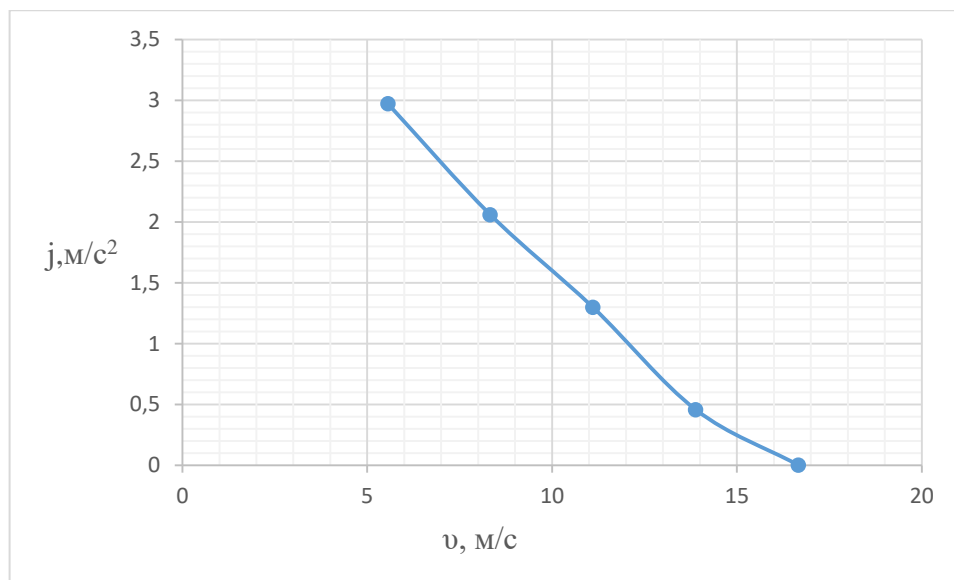


Рисунок 15 – Ускорения электромотоцикла

Далее находим значения всех обратных ускорений ( $1/j$ ) и выносим их в таблицу 6 и рисунок 16. «При скорости  $V$ , близкой к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваемся только скоростью  $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$ .» [11].

Таблица 6 – Значения обратных ускорений

$\omega_e$ , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$ , с <sup>2</sup> /м
190,9	0,33
250	0,47
250	0,78
234,3	2,18
250	-2,15

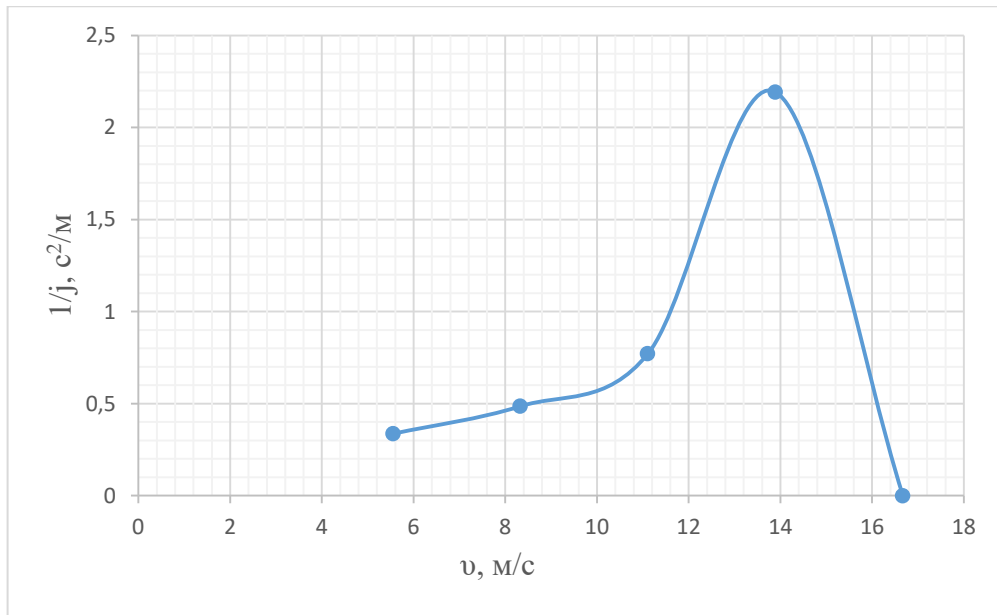


Рисунок 16 - Обратные ускорения автомобиля

### 2.2.5 Время и путь разгона

«Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в подмене интегрирования суммой оконченных величин» [5]:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i), \quad (15)$$

«Для использования данного метода, кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением  $j = \text{const}$ , которому соответствуют значения  $(1/j) = \text{const}$ . Эти величины можно определить следующим образом» [5].

$$\left( \frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (16)$$

где:  $k$  – порядковый номер интервала.

«Заменяя точное значение площади под кривой  $(1/j)$  в интервале  $\Delta V_k$  на значение площади прямоугольника со сторонами  $\Delta V_k$  и  $\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k$ , переходим к приближенному интегрированию» [10]:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}), \quad (17)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

«где:  $t_1$  – время разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ ;

$t_2$  – время разгона до скорости  $V_2$ » [1].

Результаты расчета сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Значения скорости и времени

$v_a, \text{ м/с}$	$t, \text{ с}$
5,57	0,94
8,33	2
11,12	3,7
13,88	7,8
16,68	10

На рисунке 17 представлено время разгона электромотоцикла.

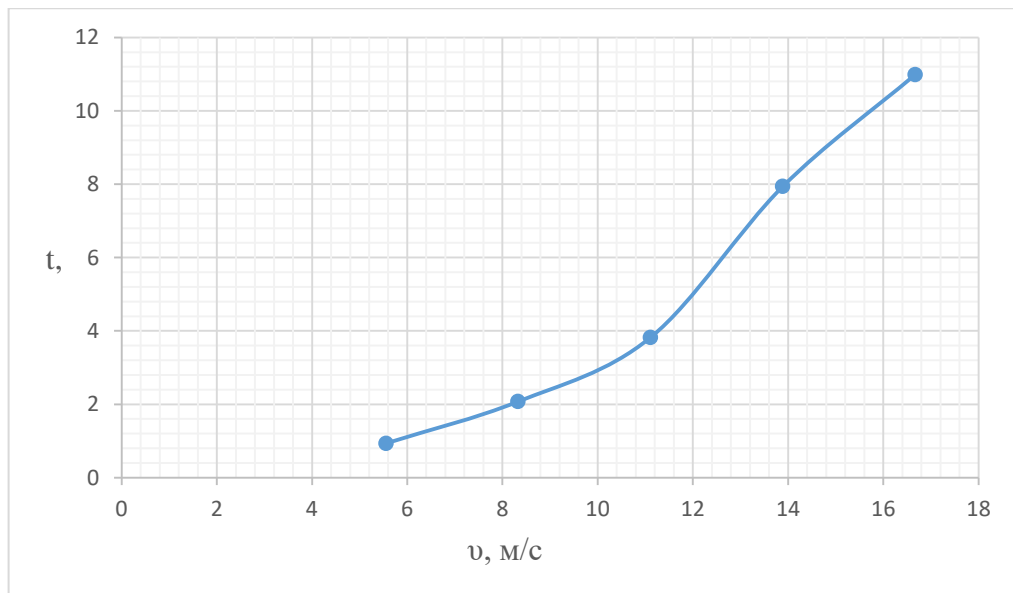


Рисунок 17 – Время разгона электромотоцикла

«Схожим образом исполняется графическое внедрение зависимости  $t=f(V)$  для получения отношения пути разгона  $S$  от скорости мотоцикла» [9].

«В данном случае кривая  $t=f(V)$  разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения  $V_{\text{срк}}$ .» [6].

«Площадь простого прямоугольника в интервале  $\Delta t_k$  есть путь, который проходит мотоцикл от точки  $t_{k-1}$  до точки  $t_k$ , двигаясь с равнопостоянной скоростью  $V_{\text{срк}}$ .» [8].

«Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом» [8]:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k, \quad (18)$$

«где:  $k=1 \dots m$  – порядковый номер интервала,  $m$  выбирается произвольно ( $m=n$ )» [8].

Путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ :  $S_1 = \Delta S_1$ , до скорости  $V_2$ :  $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$ , до скорости  $V_n$ :  $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$ . Все результаты расчета заносим в таблицу 8. На рисунке 18 представлен путь разгона мотоцикла.

Таблица 8– Значения скорости и пути

$v_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
5,57	2,7
8,34	10
11,12	27,6
13,88	78,8
16,678	110,7

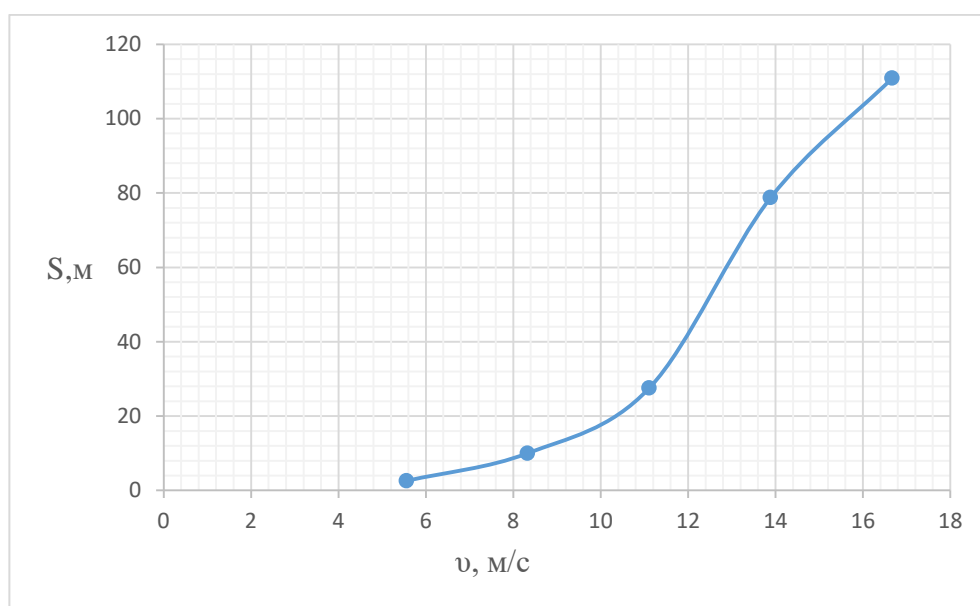


Рисунок 18–Путь разгона мотоцикла

## 2.2.6 Баланс мощности электромотоцикла

Уравнение баланса мощности:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_d, \quad (19)$$

«где:  $N_T$  – мощность тяги, проводимая к ведущему колесу, Вт» [5].

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,98 ,$$

где  $N_{тр}$  – «мощность потерь в трансмиссии, Вт» [5].

$N_T = F_T \cdot V$  – «мощность, потраченная на преодоление сил сопротивления подъему, Вт» [5];

$N_B = F_B \cdot V$  – «мощность, потраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт» [5];

$N_D = F_D \cdot V$  – «мощность, потраченная на преодоление инерционных сил мотоцикла, Вт» [5].

В таблице 9 представлены результаты мощностного баланса, а на рисунке 19 мощностной баланс электромотоцикла.

Таблица 9 - Результаты мощностного баланса (Рисунок 19 )

$\omega_e$	190,9	250	250	233,3	250
$N, кВт$	10,500	10	7	3,5	0,25
$V$	5,57	8,34	11,12	13,88	16,68
$N_T, кВт$	5,44	5,8	5,6	3,8	2,97
$N_B, кВт$	0,073	0,242	0,575	1,126	1,947
$N_D, кВт$	0,225	0,343	0,467	0,606	0,755

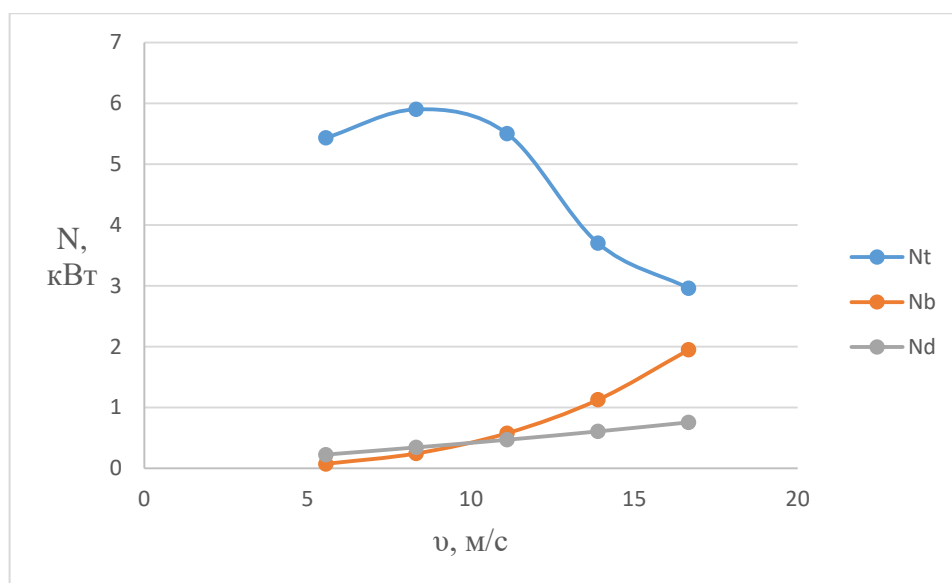


Рисунок 19 – Мощностной баланс электромотоцикла

### 2.3 Проектирование передней вилки и маятника мотоцикла

Подвеской мотоцикла принято называть переднюю вилку она же перья, и маятник с задним амортизатором. В регламенте сказано, что всем командам необходимо изготавливать свой маятник самостоятельно. Проведя анализ используемых конструкций, мы решили— разработать самую простую и надежную конструкцию подобию Н.

«Эта конструкция будет изготовлена из стали. Использование одного амортизатора оправдано тем, что в маятниках с использованием двух амортизаторов, они расположены слишком близко к заднему колесу, а не к основанию маятника, что в последствии может сказаться на управляемости мотоцикла.»[1] «Это-же может привести к тому, что поршень внутри амортизаторов будет проходить расстояние равное движению маятника, что в свою очередь приводит к загазованности масла внутри амортизаторов, следствием этого эффекта произойдет потеря функции «съедания» кочек и прочих неровностей.»[3] «Крепится амортизатор – посередине, к центру основания маятника, поэтому поршень амортизатора будет проходить много меньшее расстояние» [3].



Данная конструкция считается наиболее проходимой как по ровным дорогам с небольшими препятствиями, так и глубоким рвам, и ямам с трамплинами(Рисунок 20).

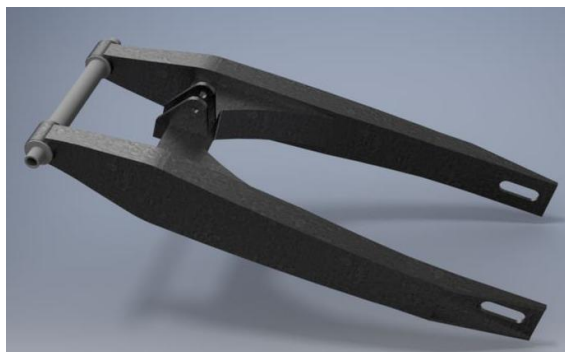


Рисунок 20 – Маятник

Маятник был изготовлен из стали AISI 1020 и так же проведен анализ данной конструкции на кручение. Результат приложения нагрузки и схематическое изображение приложения нагрузки. Нагрузка прикладывалась к точке в которой колесо касается поверхности перпендикулярно колесу  $F=400\text{ Н}$ (Рисунок 21).

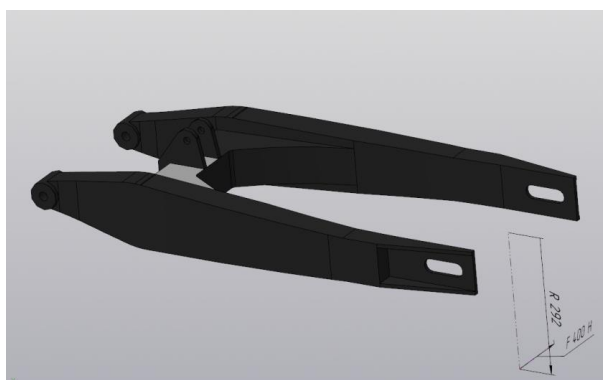


Рисунок 21 – Схема нагружения маятника

«Максимальное напряжение составило 184,1 МПа, не превышает предел текучести 245 МПа» [10]. На рисунке 22 показано максимальное и минимальное напряжение по Мизесу(Рисунок 22).

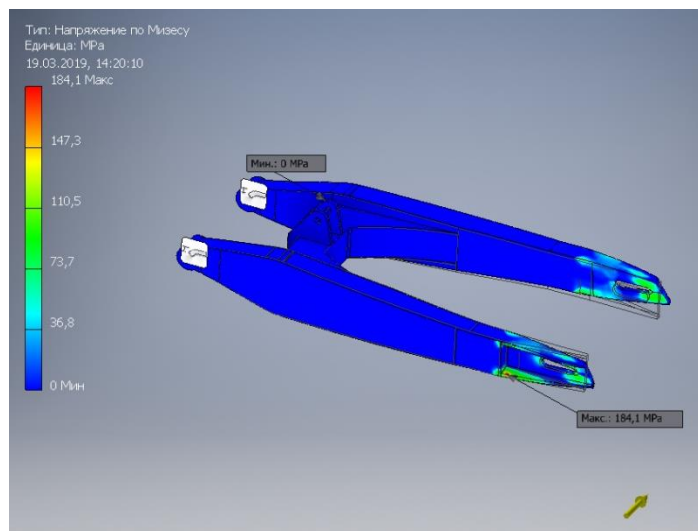


Рисунок 22 – Максимальное и минимальное напряжение по Мизесу

«Максимальное смещение составляет 0,37 мм»[11] (рисунок 23).

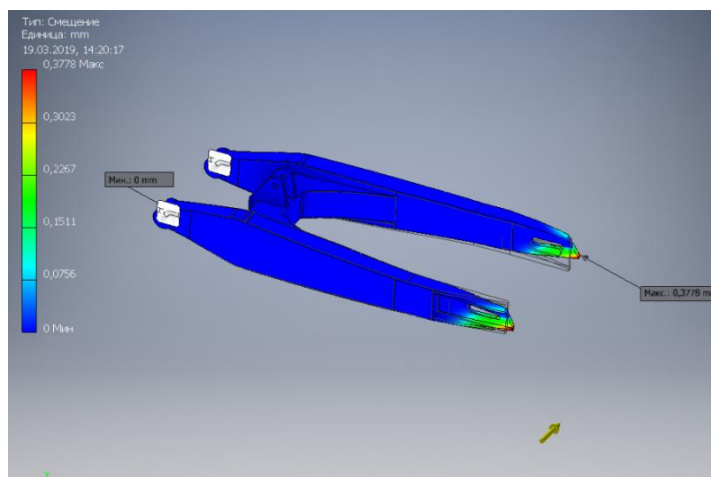


Рисунок 23 – Максимальное и минимальное смещение

После проведения анализа на прочность конструкции, мы проверили пиковый момент хода подвески мотоцикла.

«На рисунке 24 изображены положения максимального и нормального положения амортизатора. В мотоцикле используется амортизатор TTR-125 (L-315mm, d=10mm). Ход амортизатора 80 мм»(Рисунок 24). [12].

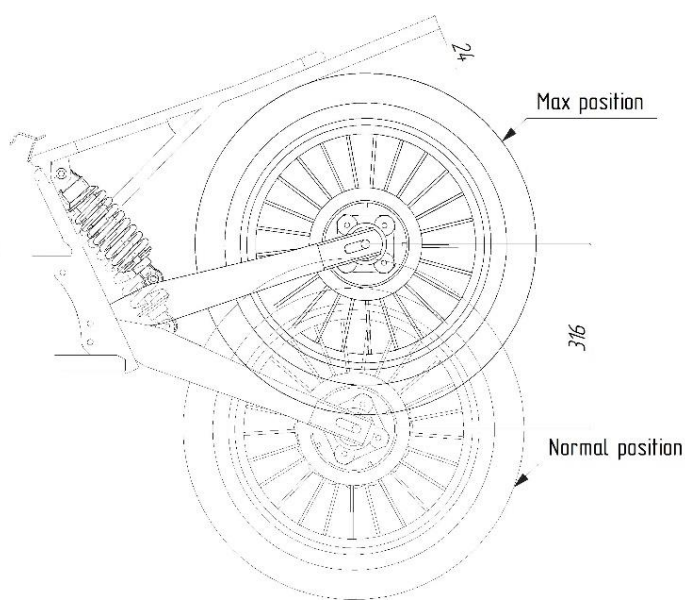


Рисунок 24 – Максимальный и нормальный ход задней подвески

«Также используются заимствованные перья переднего амортизатора от питбайка IrbisTTR 125, длина которых равна - 750мм. Диаметр и длина пера - 48мм.»[6]

«При нагружении передней вилки мы произвели модуляцию двух ситуаций, первый случай производит полную имитацию удара в бордюр, второй случай полностью показывает боковой удар при приземлении на боковины колес.»(Рисунок 25).[3].

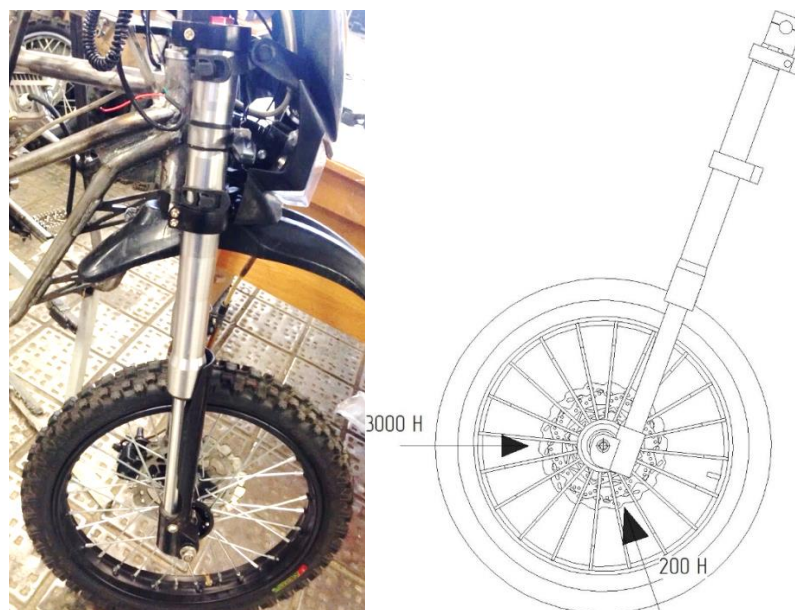


Рисунок 25 – Передняя вилка электромотоцикла и схема нагружения

«В первом случае сила нагружения имитирует удар в бордюр высотой 20 см при скорости в 54 км/ч. Сила равна 3 кН» [6] (рисунок 26).

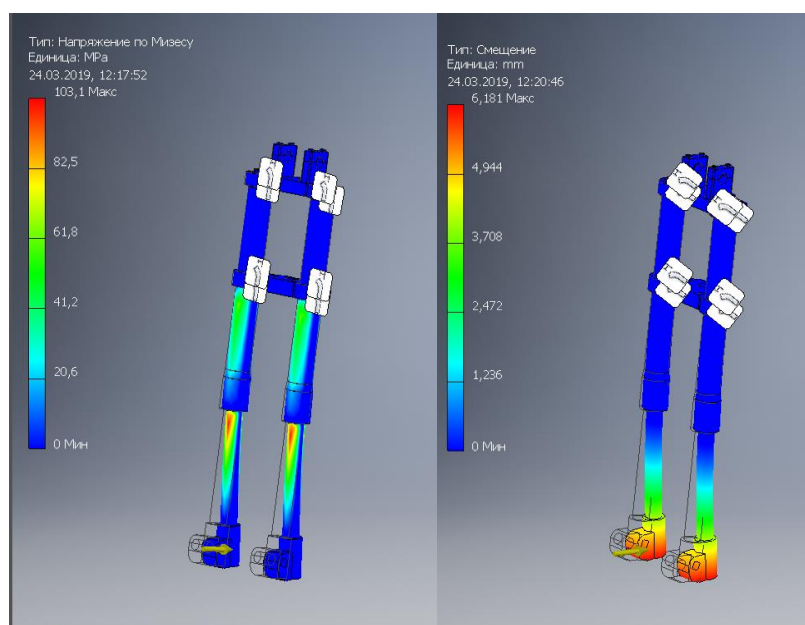


Рисунок 26 – Результаты нагружения. Напряжение по Мизесу и смещение

«Из результатов видно, что максимальное напряжение по Мизесу равно 103 МПа, и не превышает предел текучести алюминия 6061 (предел текучести 276 МПа)» [5].

«По результатам смещения, наибольшее смещение происходит по оси  $x=5,97$  mm, по  $y = 3$  mm,  $z = 0,046$ mm» [5].

«Вторая имитация показывает ситуацию, когда мотоцикл неправильно исполненного прыжка заземляется на повернутое колесо. Сила нагружения составляет – 200 Н» [15] (рисунок 27).

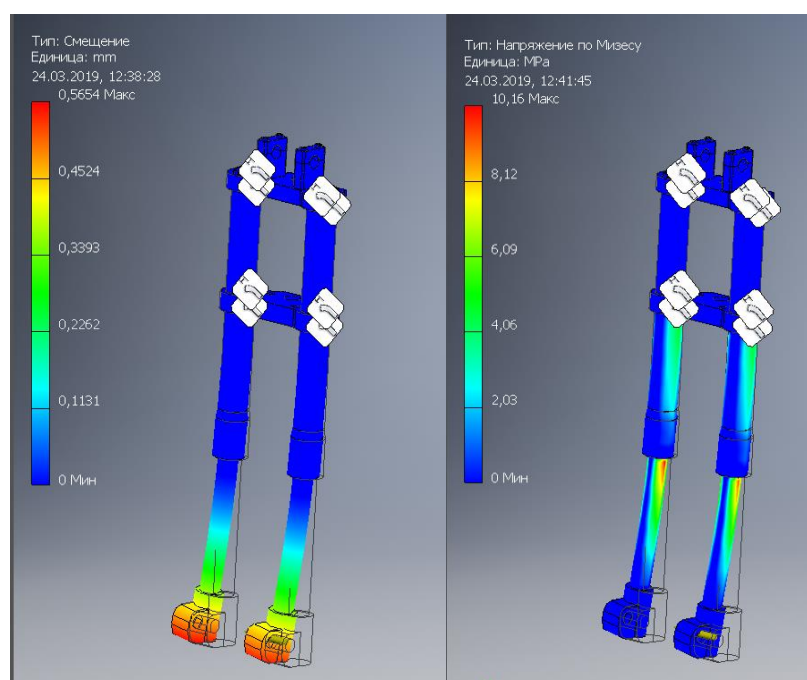


Рисунок 27 – Результаты нагружения. Смещение и напряжение по Мизесу

«Максимальное смещение происходит по оси  $z = 0,56$  mm; и незначительные смещения по оси  $x = 0,069$  mm,  $y = 0,054$ » [5].

«После получения результатов нагружения были проверены максимальные хода подвески и рулевого управления» [5].

«На рисунке 28 показан максимальный и нормальный ход передней подвески (ход передней вилки 100мм)» [5].

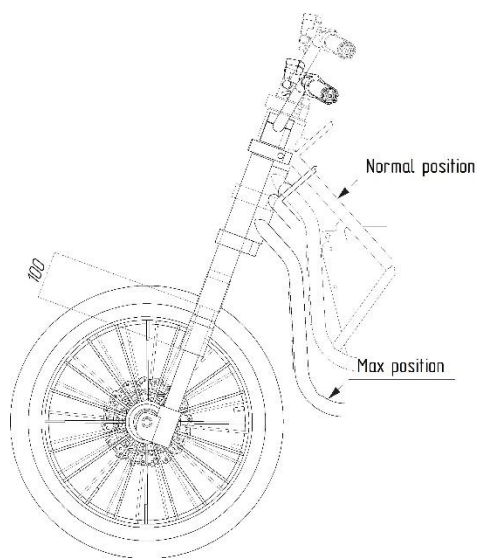


Рисунок 28 – Максимальный и нормальный ход подвески

На изображении 29 показаны: граничные и нормальное положения руля. Граничный угол поворота руля – 45 градусов в одну сторону.

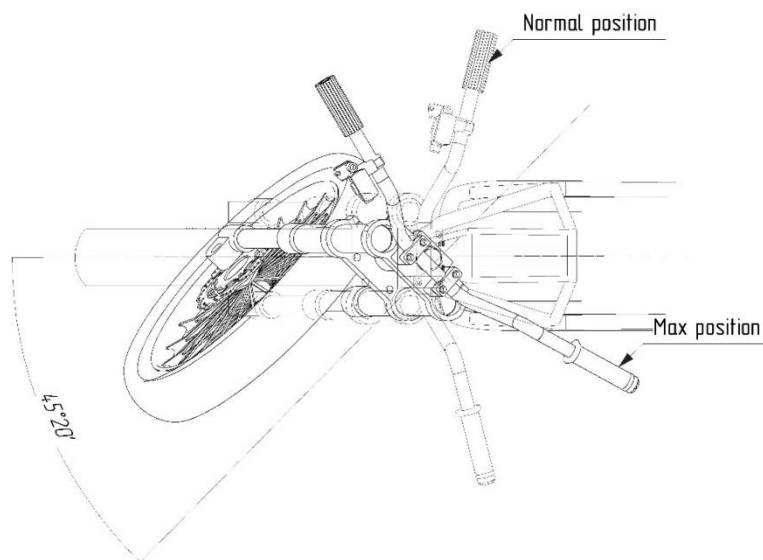


Рисунок 29 – максимальный и нормальный ход подвески

## 2.4 Проектирование и расчет рамы

### 2.4.1 Проектирование рамы

«Наша работа с мотоциклом началась с проектирования рамы. Сам факт разработки же начинается с определения стандартных расстояний, точек, угла наклона подвески» [15].

Колесная база является явным примером стандартного или же базового расстояния, ограничений по колёсной базе в регламенте нет. Чем больше будет колесная база мотоцикла, тем наименее маневренным будет сам процесс его пилотирования. Колесная база нашего мотоцикла составляет 1237 мм, это расстояние доставляет необходимую манёвренность в условиях внедорожных соревнований. Так же необходимым элементом считается - угол наклона рулевой оси. «Данный элемент прямо влияет на устойчивость и управляемость мотоцикла. Измеряется этот угол между вертикалью и осью, проходящей через центр рулевой колонки» [12].

«Чем больше вылет рулевой колонки, тем лучше устойчивость мотоцикла при движении по прямой, но при этом с увеличением вылета мотоцикл будет сложнее вывести из прямолинейного движения» [13]. «Угол рулевой колонки регулируется двумя способами: увеличением диаметра заднего колеса, чем меньше заднее колесо, тем больше угол наклона рулевой колонки и вылет, или опустить траверсы по трубам телескопической трубки. Что бы оценить поведение мотоцикла на дороге рассчитывают коэффициент устойчивости R. Рассчитывается по формуле 1» [11].

$$R = \frac{c}{L+c} \cdot 100\%, \quad (20)$$

где c- вылет; L- колесная база.

«Коэффициент устойчивости электромотоцикла равен 5, 2 %. Для классических мотоциклов величина коэффициента устойчивости обычно составляет 6,3-7,0%, но для юрких мотоциклов он находится в пределах 5% » [17] (рисунок 30).

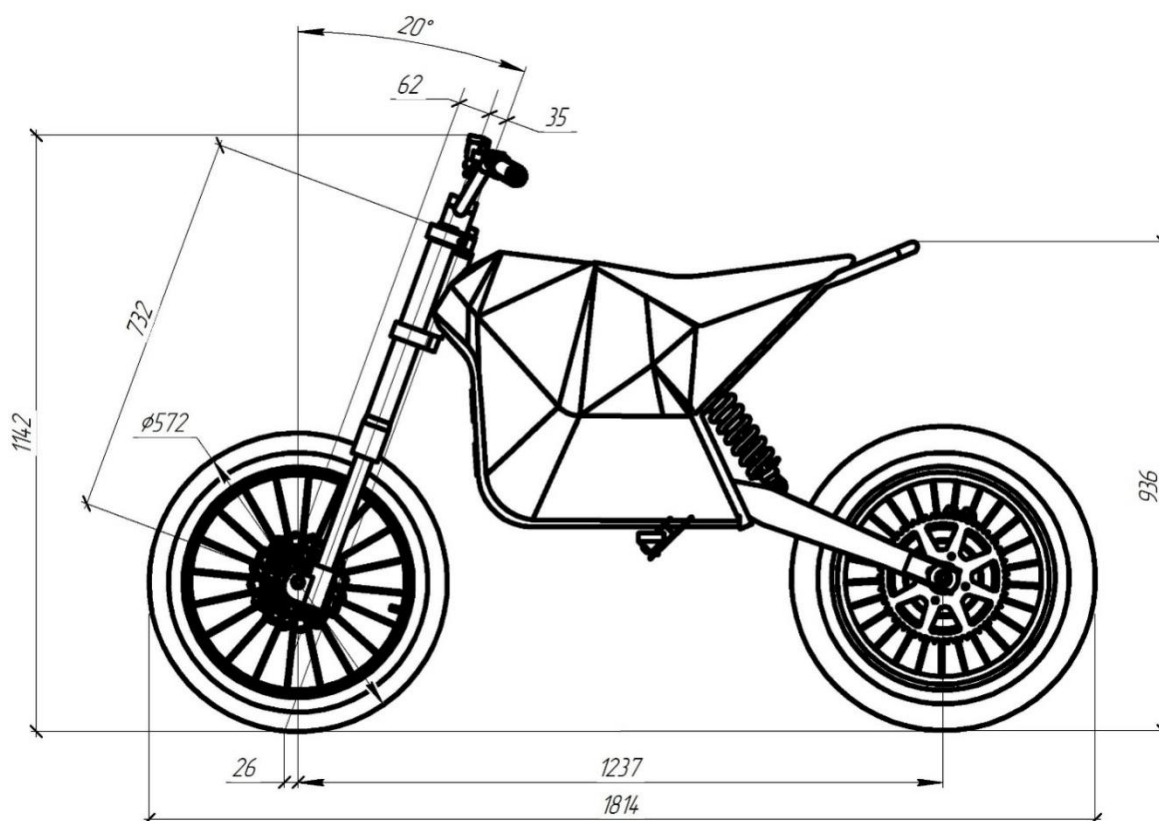
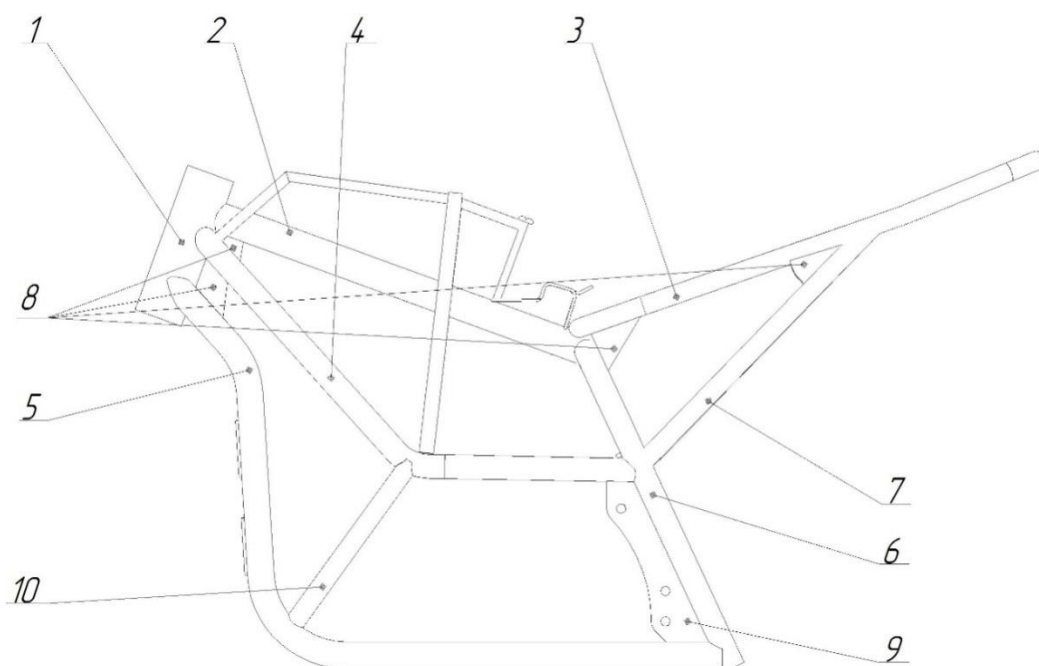


Рисунок 30 – Общий вид электромотоцикла

«Рама электро-мотоцикла была изготовлена из труб марки AISI 1020, для получения возможности уменьшить массу мотоцикла, использовались трубы разных сечений и толщины. Таким образом, рама нашего мотоцикла имеет массу 12,5 кг (рисунок 31).»[11]





1 – Рулевой стакан; 2- хребет рамы; 3 – труба сидения; 4 верхняя диагональная распорка 5 - нижняя диагональная распорка; 6 - распорка двигателя и маятника; 7 поддержка труб сидения; 8 – рёбра жёсткости; 9 – комплексный кронштейн крепления двигателя и маятника; 10 – распорка верхней и нижней распорных труб.

Рисунок 31 – Рама электробайка

В таблице 10 представленная спецификация труб рамы электромотоцикла.

Таблица 10 - Спецификация труб электробайка

«Наименование	Используемые трубы	Длина(мм)	Кол-во
Рулевой стакан	52 x 3	162	1
«Хребет» рамы	32 x 2,5	410	1
Труба сидения	20 x 1,8	1180	1
Верхняя диагональная распорка	25 x 2,5	584	2
Нижняя диагональная распорка	25 x 2,5	845	2
Распорка двигателя и маятника	25 x 2,5	850	1
Поддержка труб сидения». [12]	20 x 1,8	400	2

## 2.4.2 Расчет рамы электромотоцикла

«Прочностной анализ проводился согласно схеме нагружения представленной на рис.2 где сила прикладывается удаленно в центр колеса, имитируя удар в передние колесо при скорости в 54 км/ч. Сила нагружения равна 3 кН» [18] (рисунок 32).

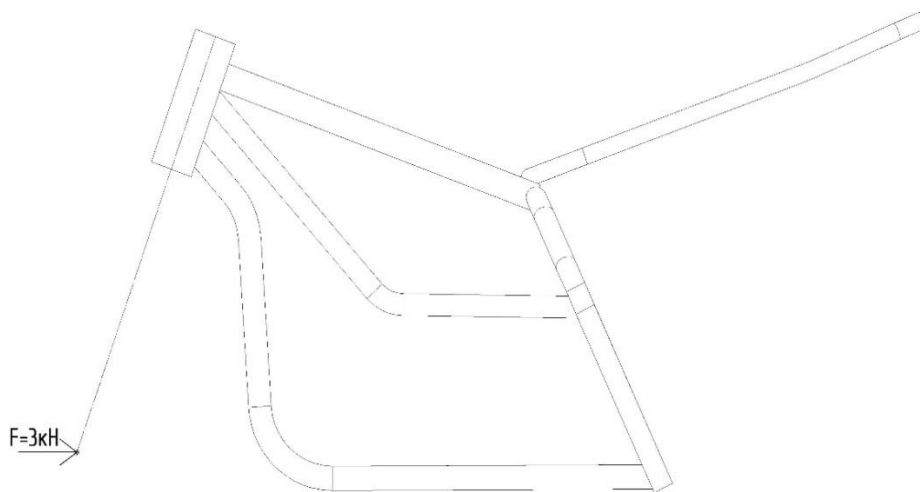


Рисунок 32 – Схема нагружения

«Из результатов нагружения минимальный коэффициент запаса прочности составляет 5,62. Чем больше коэффициент запаса прочности, тем прочнее конструкция. Но больший коэффициент запаса может привести к утяжелению конструкции» [18] (рисунок 33).

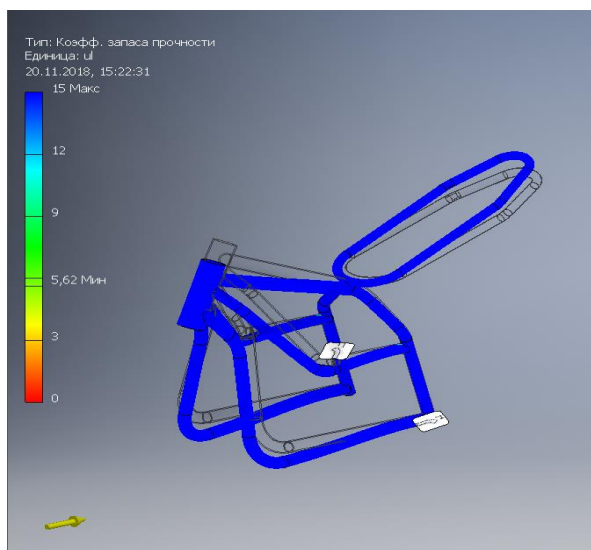


Рисунок 33 - Коэффициент запаса прочности

«Максимальное смещение при нагрузке приходится на «рулевой стакан», по оси  $x_{\max} = 0,5$  мм, по оси  $y_{\max} = 0,9$  мм,  $z_{\max} = 0,1$  мм» [5] (рисунок 34).

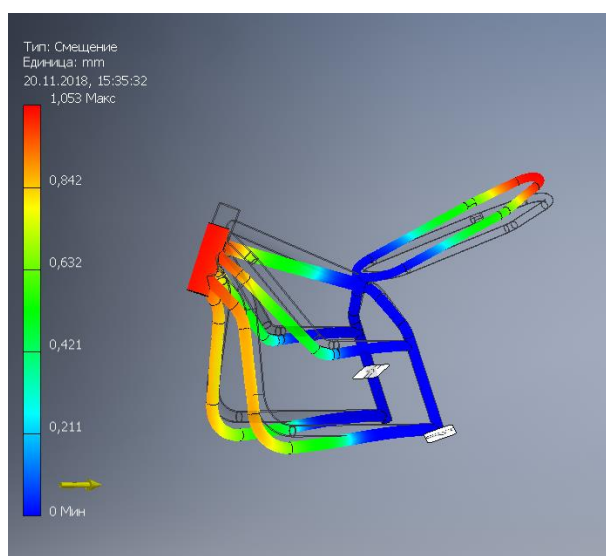


Рисунок 34 – Смещение (мм)

«Из результатов видно, что максимальное напряжение по Мизесу возникает в точках крепления диагональных распорок к распорке двигателя и равно 122,5 МПа. Максимальное напряжение по Мизесу основывается на

теории Мизеса-Хенки, также она известна как теория энергии формоизменения. Данная теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Сталь 20 имеет предел текучести 250 МПа. Следовательно, из полученных результатов можно сделать вывод, что рама электромотоцикла соответствует всем прочностным характеристикам» [5] (рисунок 35).

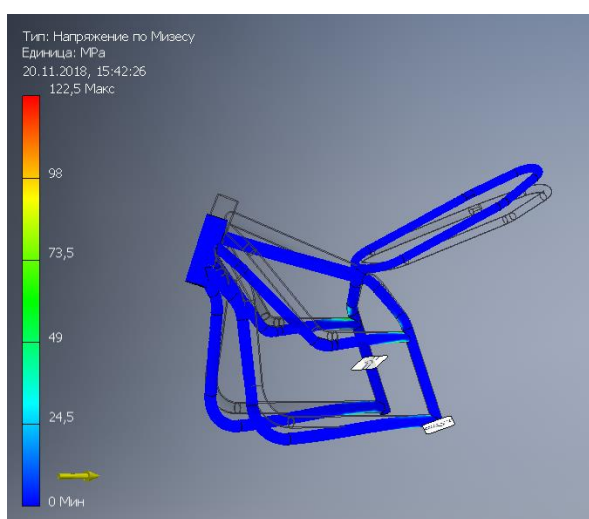


Рисунок 35 – Напряжение по Мизесу (МПа)

## 2.5 Компоновка узлов электромотоцикла

### 2.5.1 Электродвигатель

«Нами был выбран бесколлекторный, бесщеточный электродвигатель RV-120Es. Данный тип электродвигателя почти не имеет изнашиваемых деталей»[7] (рисунок 36).

«У коллекторных двигателей, щетки постоянно находятся в постоянном контакте с коллектором, и в результате высоких оборотов в

местах их соприкосновения возникает трение, которое вызывает износ коллектор и щеток, что впоследствии приводит к потере эффективной мощности электродвигателя» [7].

«К плюсам бесколлекторного двигателя относят отсутствие щеток и коллектора (поэтому такие моторы очень надежны и эффективны), имеет датчик положения ротора» [7] (Рисунок 36).

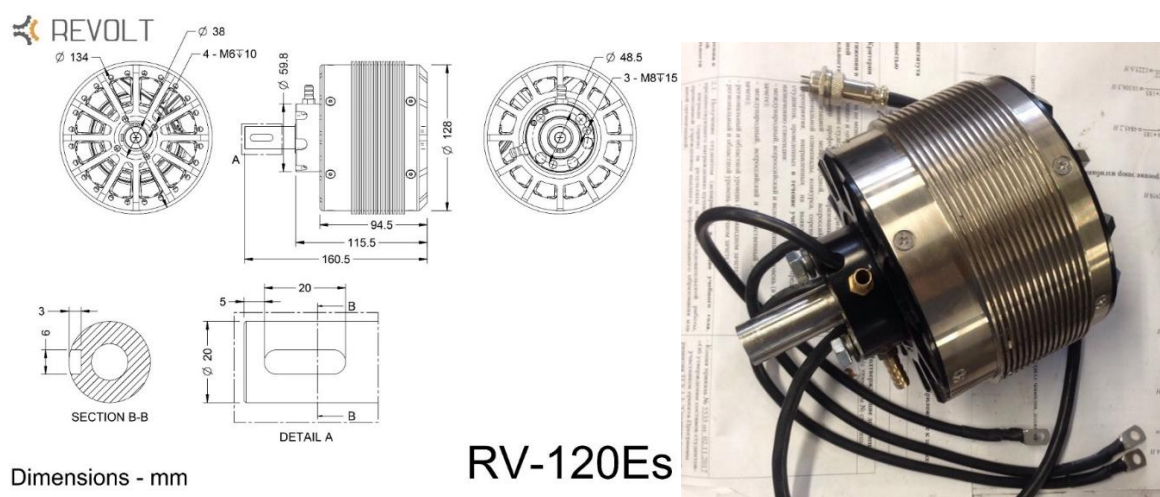


Рисунок 36– Электродвигатель RV-120Es

### 2.5.2 Контроллер

«Каждый электродвигатель должен оснащаться контроллером. Контроллер – это главный модуль управления любого электродвигателя. К выбранному нами электродвигателю был подобран лучший синусный контроллер KLS7245H, 24V-72V, 350A. Этот контроллер относится к типу смарт, так как он имеет способность полноценной самонастройки, а также системы защиты от перенапряжения сети и перегрева. Его можно запрограммировать под необходимые параметры. Этот контроллер определяет положение вала по обратной эдс.»[16]. «Обратная – эдс, на выходе выдает синусный график, это позволяет двигателю плавно включаться и тихо работать, что увеличивает эффективность и срок службы

электромотора. Поэтому данный контроллер является оптимальным по отношению цена – качество» [4] (Рисунок 37).

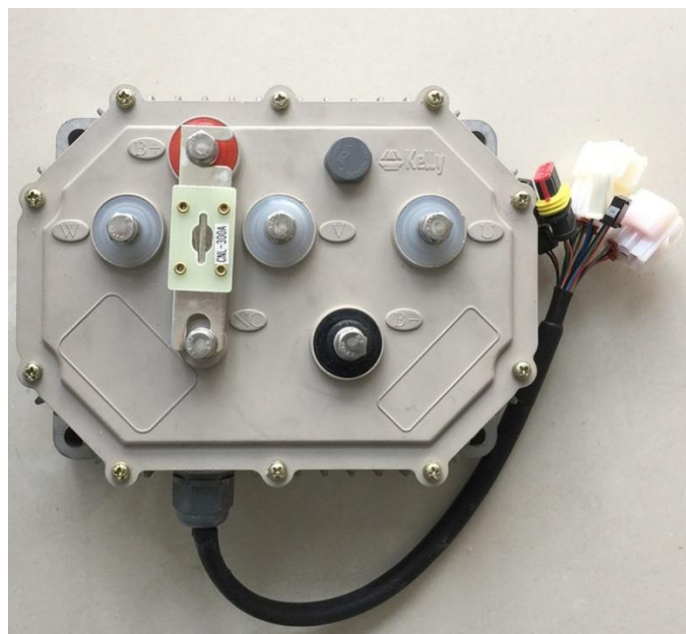


Рисунок 37– Контроллер двигателя KLS7245H,24V-72V,350A

### 2.5.3 Аккумулятор

«Необходимым нововведением стал аккумулятор. В нашем мотоцикле используются бывшие в использовании и заново собранные ячейки от автомобиля Tesla. Главная идея конструкции аккумулятора заключается в переходе к цифровому производству, что позволяет минимизировать всевозможный труд руками. Сборка аккумулятора происходит по схеме: сперва на каждую отдельную ячейку батареи надевается терм усадка. Затем происходит технология склеивания ячеек между собой, и далее с помощью ленты с превалирующим содержанием никеля батарейки свариваются между собой в ряд по 9 штук» [2].

После процесса сваривания, образуются группы ячеек. В общем итоге нам необходимо 13 групп. Группы проходят контроль и последующие

разбитие на два блока. «Каждую группу в блоке проклеиваем между собой» [8].

«Далее производим подключение силовых проводов к контроллеру. Получившееся количество ячеек позволило нам создать аккумулятор с необходимой нам емкостью. Аккумуляторная емкость считалась из затрат энергии на 100 км при скорости 60 км/ч и потребляемой мощности 1,5 кВт.»[12]

«По нашим подсчетам мотоцикл тратит 1,6 часа на 100 км. По формуле (21) определим, сколько энергии нужно затратить на заданный путь» [11]:

$$E = t \cdot W = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ кВт ч} \quad (21)$$

где  $t$  – затраченное время;  $W$  – затраченная мощность.

«Мы будем использовать емкостный элемент типового размера 18650 с напряжением 3,7 В и электроемкостью 2,9 А ч. По формуле (22) определим потребляемый ток для одной ячейки» [11]:

$$E = C \cdot U = 2,9 \cdot 3,7 = 10,73 \text{ Вт ч.} \quad (22)$$

где  $C$  – электроемкость батареи;  $U$  – напряжение батареи.

«Типовой размер 18650 означает диаметр 18 мм и длину 65 мм» [9]. Это самые распространённые емкостные элементы на рынке. Сфера их использования – всевозможные технические устройство имеющие электропитание.

«Количество нужных ячеек для аккумулятора считаем по формуле (23):

$$\text{Кол} - \text{во} = \frac{E_{\text{необх}}}{E_{\text{од.батарейки}}} = \frac{2400}{10,73} = \sim 233 \text{ ячейки} \quad (23)$$

где  $E_{\text{необх}}$  - необходимое количество электроэнергии;

$E_{\text{од.батарейки}}$  - электроэнергия необходимая для одной батарейки»  
[19].

«Ёмкость аккумулятора определяется по формуле (24)» [19]:

$$C = C_{\text{батарейки}} \cdot \text{Кол-во групп} = 2,9 (\text{А} \cdot \text{ч}) \cdot 233 \text{ ячеек} = 675,7 \text{ А} \cdot \text{ч}, \quad (24)$$

где  $C_{\text{батарейки}}$  – электроёмкость одной батарейки.

«Аккумулятор состоит из  $n$ - групп, в каждой группе будет  $n$ -количество ячеек. Ячейки соединяются параллельно, а группы последовательно.»[16]

«Количество групп определяется как разность необходимого напряжения к напряжению, приходящему на одну батарейку (Формул 25):

$$\text{Кол-во} = U_{\text{нуж}}/U_{\text{бат}} = 48/3,7 = 13 \text{ групп}, \quad (25)$$

где  $U_{\text{нуж}}$  – необходимое кол-во напряжения;

$U_{\text{бат}}$ - напряжение батарейки»[16] (Рисунок 38).

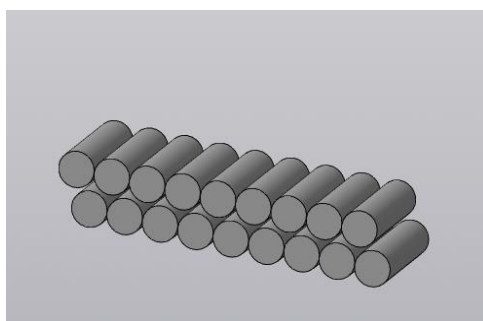


Рисунок 38– 3D модель группы из 18 ячеек



«Число ячеек, составляющих одну группу определяется как разность всего числа ячеек нужных для аккумулятора на число групп, находится по формуле (26)» [14]:

$$\text{Кол-во} = \text{Кол-во ячеек} / \text{Кол-во групп} = 233/13 = 18. \quad (26)$$

Произведя все расчёты, получаем необходимое нам количество ячеек и групп, что открывает нам возможности не только к расчету массы аккумулятора, но и его мощности, срока службы, и длительности заряжения.

«Во время технической инспекции наш мотоцикл будет проходить тест на влагозащитную функцию. Наш аккумулятор должен быть герметичным. Именно поэтому нами был спроектирован и распечатан на 3D-принтере защитный корпус аккумулятора. Внутри были распределены текстолитовые и прорезиненные пластины для изоляции блоков батарей аккумулятора» (Рисунок 39) [1].

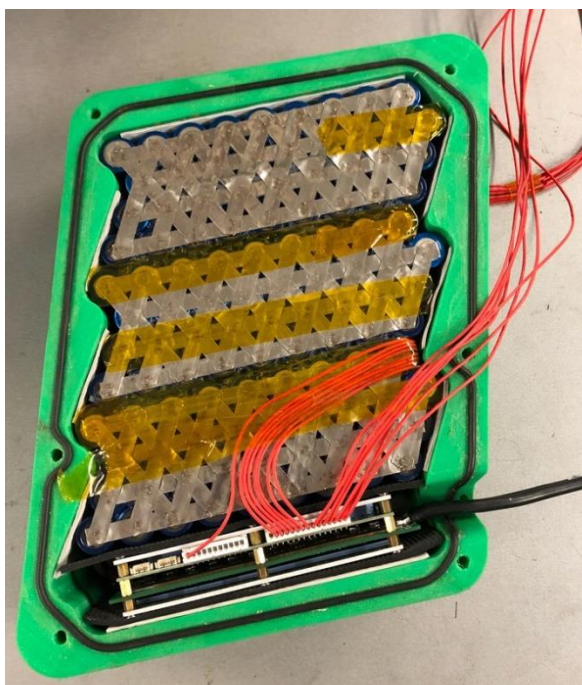


Рисунок 39– Сборка одной половинки аккумулятора

Съём аккумулятора происходит путем извлечения крепящих шпилек внизу рамы. С одной стороны шпильки заводскими наконечниками, в то время как с обратной стороны установлены специальные шпильки, это позволяет нам незамедлительно извлекать шпильки, следствием чего существует возможность беспрепятственного извлечения аккумулятора из рамы. Демонтаж аккумулятора занимает 15 секунд.

#### 2.5.4 Контроллер аккумулятора

«Для обоснованной, безотказной и корректной работы аккумулятора без сбоев и ошибок необходим контроллер, который будет выравнивать по мере необходимости заряд в каждой из ячеек данного аккумулятора.»[11] «В электро-мотоцикле нашего производства используется 8-24 cells smart BMS. Данный контроллер может выравнивать не только напряжения на выходе, но и умеет следить за уровнем заряда/разряда каждой независимой ячейки по отдельности, причиной этому является особенность данного типа аккумуляторов, при выходе из строя или полной разрядке одной из ячеек аккумулятора, он не подлежит восстановлению»(Рисунок 40). [13].

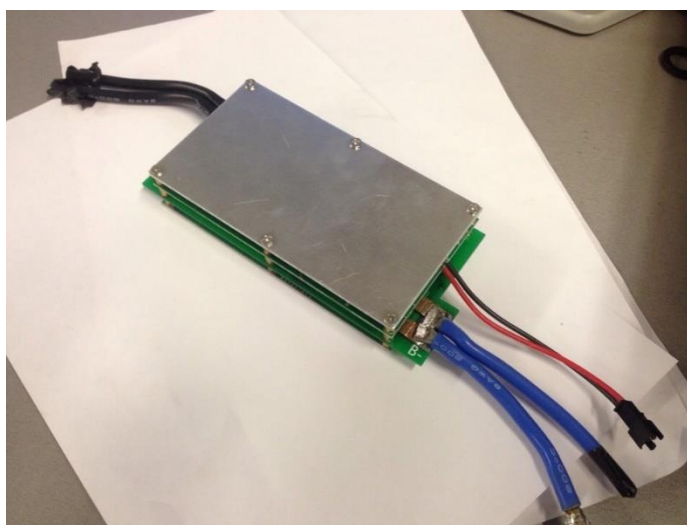


Рисунок 40– Контроллер аккумулятора 8-24 cells smart BMS

## 2.5.5 Боковые панели и внешние навесы электро-мотоцикла

Передняя фара, крылья, сиденья, боковые панели, всё это является навесами на электро-мотоцикл. Боковые панели были изготовлены из стекловолокна и эпоксидной смолы. Части переднего навеса, такие как фары и держатель фар, были изготовлены из пластика. В нашей конструкции мы приняли решение использовать стандартное переднее крыло от питбайка. Для изготовления заднего крыла, которое мы сместили в более удачное место, было принято решение использовать полиэтилен.



Рисунок 41 –Боковые навесы на электро-мотоцикл

В закладную часть посадочного места пилота мы решили взять оригинальное сиденье питбайка TTR125. В нём были удалены лишние крепления к раме и базовая обшивка посадочного места.

Представленное посадочное место является своеобразной конструкцией из четырёх слоёв: стандартная основа крепления, прорезиненная подушка и кожаная обивка боковин и основной части сидения.



Рисунок 41–Посадочное место электро-мотоцикла

## 2.6 Оптимизация конструкции рамы

«Завершив основную часть анализа прочности, можно заметить, что нами было принято решение о добавлении распорки сидения, распорки диагональных труб, и для успешного усиления переднего крепления цилиндрического стакана были добавлены дополнительные конструкционные усиления «косынки», так как все нагрузки приходятся на него. Сверху, было принято решение о добавлении трубы квадратного профиля 10x10x2 мм, для обеспечения площадки для комфортного расположения системы старта-пуска, «драйв рэди» ключ – кнопка» [2]. К новым трубам так же были приварены крепления навеса мотоцикла.

В самом сердце рамы, его передней части, мы расположили кронштейны-направляющие, которые были предварительно заперфорированы для снижения веса, и после проведения специальных замеров, был установлен аккумулятор внутрь рамы.

Аналогичным образом были установлены крепления для контролера электрического привода.

### 3 Технологическая часть. Разработка стапеля для сборки рамы

«Чтобы получить точную и скоростную раму сборки, и сварки был разработан каркасно-сборочный стапель из 10 мм фанеры, так как фанера обладает низкой стоимостью и высокой технологичностью, и подходит для сборки небольших конструкций небольшой массы» [11] (Рисунок 42).

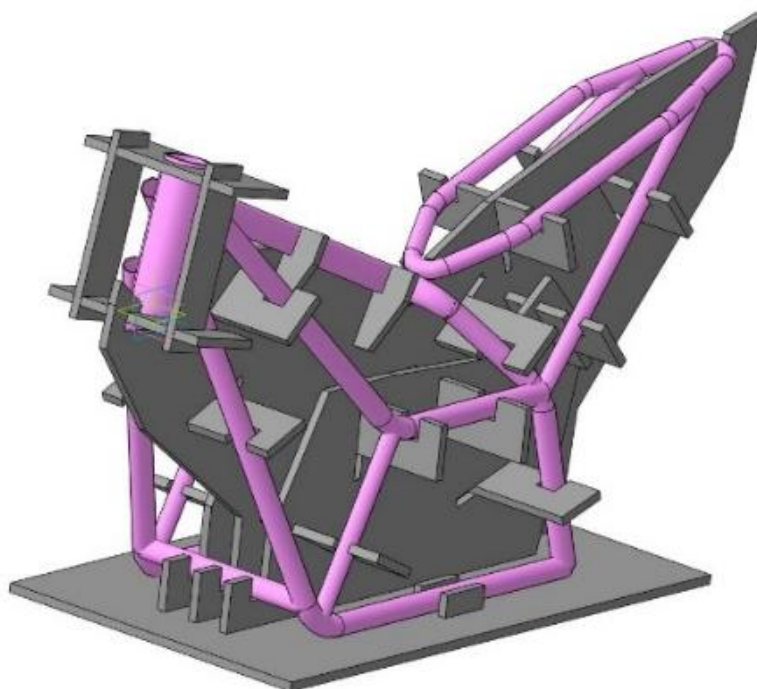


Рисунок 42 – 3D – модель стапеля

«Данный стапель состоит из сборочных пластин, которые собираются между собой посредством пазов или крепежных изделий» [11] (Рисунок 43).

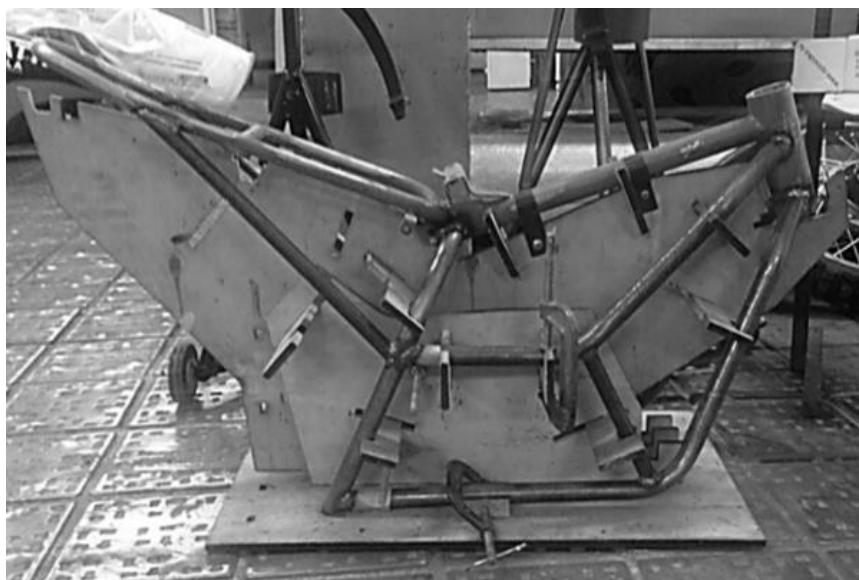


Рисунок 43– Сборка стапеля с рамой

«Сборочные пластины в стапеле делятся на два типа:

1. Пластины, которые фиксируют трубы в нужном положении;
2. Пластины, которые осуществляют только базирование.

Данный стапель удобен тем, что после сварки рамы, рама легко достается из стапеля без его разбора. Данный стапель может использоваться в повторном производстве, за счет многоразовой конструкции, малогабаритности и простоте хранения его в помещениях с различными температурами»[19]

## 4. Экономическое обоснование и эффективность

### 4.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

«Себестоимость – денежная оценка затрат ресурсов предприятия на оказание транспортных услуг. Себестоимость услуг представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе оказания транспортных услуг природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат.

В главе «Экономические расчёты разрабатываемого транспортного средства» рассматривается оценка полного перечня затрат на производство. Оно включает затраты на материалы из которых изготавливаются рама и элементы независимой подвески. Так же в неё входят расходы на покупку стандартных деталей, а также двигателем мощностью 15 кВт.»[15].

### 4.2 Исходные данные на проектный расчёт

Исходные данные на проектный расчёт представлены на таблице 11

Таблица 11 – Расчетные параметры

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
1 Годовая программа	Пг	шт	1	1
2 Время машинное (оперативное)	Топ	час	1	0,95
3 Норма обслуж. раб.места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и лич. надоб.	б	%	6	6
5 Часовая тарифная ставка:	Сч	Руб/час	3р--180	3р--180
			4р--190	4р--190
			5р--200	5р--200
6 Коэф. доплат к осн. з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Страховые взносы в фонды	Кс	%	30	30
8 Цена оборудования	Цоб	руб		расчет

Продолжение таблицы 11

Показатели	Условные обозначен.	Ед. измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
9 Коэф. на доставку и монтаж	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амор. на площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов.норма аморт. оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь под оборудов.	Руд.	м <sup>2</sup>	3,05	2,97
13 Коэф. допол. площади	Кд.пл		4	4
14 Цена эл. энергии	Цэ	руб/квч	3,4	3,4
15 Цена 1м <sup>2</sup> площади	Цпл	руб/м <sup>2</sup>	4000	4000
16 Стоимость эксплуат. произ. площади	Сэксп	руб/м <sup>2</sup>	2000	2000
17 К-во рабочих на техпроцессе	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. транс.заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03
19 Коэф. возврат.отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. общепроиз. расходов	Копр	%	1,25	1,25
21 Коэф.общехозйст.расх.	Кохр	%	1,6	1,6
22 Коэф. внепроизв. расходов	Квнепр.	%	0,02	0,02

### 4.3 Расчет фонда времени работы оборудования

#### 4.3.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

«Рассчитаем номинальный фонд времени работы оборудования по формуле (27)

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C \quad (27)$$

Где:  $D_p$  – количество рабочих дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$T_{п}$  – количество часов сокращения смен в предпраздничные дни;



$D_{п}$  – количество праздничных дней;

$C$  – количество смен.» [6].

$$F_{н} = (247 \cdot 8 - 118 \cdot 1) \cdot 1 = 1858 \text{ час}$$

#### **4.3.2 Эффективный фонд времени работы оборудования**

Рассчитаем эффективный фонд времени работы оборудования  $F_{э}$  по формуле (28)

$$F_{э} = F_{н} \cdot (1 - B/100) \quad (28)$$

Где:  $B$  – плановые потери рабочего времени. Установлен 5%.

$$F_{э} = 1858 \cdot (1 - 5/100) = 1765$$

#### **4.4 Расчет технологической себестоимости оборудования**

##### **4.4.1 «Расчет статьи затрат «сырье и материалы»**

Рассчитаем затраты на сырье и материалы по формуле (29)

$$M = C_{м} \cdot Q_{м} \cdot \left( 1 + \frac{K_{тз}}{100} - \frac{K_{вот}}{100} \right) \quad (29)$$

Где:  $C_{м}$  – оптовая цена материала, руб.;

$Q_{м}$  – норма расхода материала;

$K_{тз}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %;

$K_{вот}$  – коэффициент возвратных расходов, %.» [6].

В таблице 12 представлен расчёт затрат на электромотоцикл

Таблица 12 – Расчет затрат на электромотоцикл

Наименование»	Ед. изм.	К-во	Цена	Сумма
<b>СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ</b>				
1 Труба стальная круглая 100 мм ГОСТ 8639-82	шт	10	700	7000
2 Болт М10х35 ГОСТ 15589-70	шт	12	12	144
3 Шайба М10 ГОСТ 11371-78	шт	48	8	384
4 Гайка М10 ГОСТ 5915-70	шт	48	10	480
5 Швеллер 5П ГОСТ 8240-97	шт	4	230	920
6 Болт М8х130 ГОСТ 4017-2013	шт	20	20	400
7 Болт М4х20 ГОСТ 11738-84	шт	12	10	120
8 Гайка М4 ГОСТ 5915-70	шт	12	5	60
9 Подшипник 180512	шт	4	680	2720
10 Гайка М8 ГОСТ 5915-70	шт	12	8	96
11 Стальная труба 50х0,5 ГОСТ 8734-75	шт	6	1200	7200
12 Стальной лист 5мм	шт	2	1000	2000
13 Стальной лист 10мм	шт	2	1000	2000
14 Аккумулятор	шт	1	100000	100000
15 Двигатель	шт	1	35000	35000
16 Контроллер	шт	1	17000	17000
Итого				176940

«Рассчитаем трудоемкость (нормы штучного) времени по формуле (30):

$$T_{шт} = T_{маш} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отл} + T_{п.з.} \quad (30)$$

Где:  $T_{шт}$  – трудоемкость операции, час;

$T_{маш}$  - машинное время, рассчитанное по техпроцессу;

$T_{всп}$  – вспомогательное время, затраченное на управление станком;

$T_{обсл}$  – время обслуживания рабочего места;

$T_{отл}$  – время перерывов, установленных технологией и организацией производственного процесса;

$T_{п.з.}$  – время на подготовительно-заключительную работу.» [6].

На таблице 13 показан расчёт трудоёмкости работы

Таблица 13 – Расчет трудоемкости

Вид операции	Тмаш	Твсп	Тобсл	Тотл	Тпз	Тшт
1 Заготовительная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
2 Сварочная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
3 Токарная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
4 Сверлильная	1,5	0,15	0,15	0,075	0,015	1,89
5 Слесарная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
6 Сборочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
7 Окрасочная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
8 Отладочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
Итого						35,91

#### 4.4.2 «Затраты на основную и дополнительную заработную плату»

Рассчитаем основную заработную  $Z_{осн}$  плату по формуле (31)

$$Z_{осн} = Z_t \cdot K_d \quad (31)$$

Где:  $Z_t$  – тарифная ставка, руб;

$K_d$  – коэффициент доплат к основной зарплате.» [6].

Затраты на основную заработную плату изображены на таблице 14

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
1 Заготовительная	3	25,2	180	4536
2 Сварочная	4	50,4	190	9576
3 Токарная	4	63	190	11970
4 Сверлильно-расточные	3	18,9	180	3402
5 Слесарные	5	50,4	200	10080
6 Сборочные	5	63	200	12600
8 Отладочные	5	63	200	1260
итого		359,1		64764

Продолжение таблицы 14

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
Коэффициент доплат к основной заработной плате				1,88
Основная з/плата				121756

Рассчитает тарифную ставку  $Z_T$  по формуле (32)

$$Z_T = C_{\text{ч}} \cdot T_{\text{шт}} \quad (32)$$

Где:  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка, руб./час;

$T_{\text{шт}}$  – трудоемкость операции.

Рассчитаем дополнительную заработную плату  $Z_{\text{доп}}$  по формуле (33)

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot (K_{\text{доп}}/100) \quad (33)$$

Где:  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %.

$$Z_{\text{доп}} = 5898,3 \cdot 10/100 = 589,83$$

#### 4.4.3 «Страховые взносы в фонды

Рассчитаем страховые взносы в фонды  $O_{\text{сс}}$  по формуле (34)

$$O_{\text{сс}} = \text{ФОТ} \cdot (K_{\text{сс}}/100) = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) K_{\text{сс}}/100 \quad (34)$$

Где:  $K_{\text{сс}}$  – коэффициент отчислений на социальные нужды, %;

ФОТ-фонд оплаты труда по основной и дополнительной зарплате.» [6].

$$O_{cc} = (58983 + 5898,3) \cdot 30/100 = 22059,6$$

#### 4.4.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

##### 4.4.4.1 «Затраты на амортизацию оборудования»

Рассчитаем затраты на амортизацию оборудования  $A_{об}$  по формуле (35)

$$A_{об} = C_{об} \cdot (H_a/100) \cdot T_{маш}/F_э \quad (35)$$

Где:  $C_{об}$  – стоимость оборудования, применяемого при изготовлении (модернизации) оборудования, руб;

$H_a$  – норма амортизации данного оборудования, %;

$T_{маш}$  – время работы машин и оборудования, час;

$F_э$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час.» [6].

Расчёт затрат на амортизацию оборудования показан в таблице 15

Таблица 15 – Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
1 Сверлильно-расточный станок	50000	12	1,5	2023	4,45
2 Слесарный инструмент	50000	10	4	2023	9,89
3 Аппарат для РДС	27500	20	4,0	2023	10,87
4 Токарный станок	120000	12	5,0	2023	35,59
итого	157000				60,8

##### 4.4.4.2 «Затраты на электроэнергию»

Рассчитаем затраты на электроэнергию  $P_{ээ}$  по формуле (36)

$$P_{\text{ээ}} = M_y \cdot T_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}} / \text{КПД} \quad (36)$$

Где:  $M_y$  – установленная мощность оборудования, кВт;

$C_{\text{ээ}}$  – стоимость 1 кВт – час электроэнергии, руб/кВт·час.» [6].

Электроэнергия была рассчитана и изображена на таблице 16

Таблица 16 – Расчет затрат на электроэнергию

Вид оборудования	Установ. мощность оборудования	Время машинное	Цена эл.энергии	КПД	Затраты на эл. энергию, руб.
1 Аппарат для РДС	4,5	4,0	4,8	0,8	76,5
2 Токарный станок	8	5,0	4,8	0,8	170
4 Сверлильно-расточный	4	1,5	4,8	0,7	29,14
5 Слесарный инструмент	2	4	4,8	0,7	38,86
ИТОГО					314,5

«Рассчитаем затраты на работу оборудования по формуле (37)

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} \cdot P_{\text{ээ}} \quad (37)$$

Где:  $A_{\text{об}}$  – затраты на накладные оборудования, руб;

$P_{\text{ээ}}$  – расходы на электроэнергию, руб.» [6].

$$Z_{\text{об}} = 60,8 + 314,5 = 375,3$$

#### 4.4.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

##### 4.4.5.1 «Затраты на амортизацию производственных площадей

$$A_{\text{пл}} = (C_{\text{пл}} \cdot H_{\text{а.пл}} \cdot S \cdot T_{\text{шт}}) / (F_{\text{эф}} \cdot 100) \quad (38)$$

Где:  $C_{\text{пл}}$  – стоимость приобретения площадей, руб/м<sup>2</sup>;

$H_{\text{а.пл}}$  – амортизационные отчисления на эксплуатацию площадей, %;

$S$  – площадь, необходимая по техпроцессу, м<sup>2</sup>.» [6].

$$A_{\text{пл}} = (4000 \cdot 2,5 \cdot 11,88 \cdot 1,62) / (2023 \cdot 100) = 0,95$$

##### 4.4.5.2 Расходы на содержание и эксплуатацию площадей

$$P_{\text{пл}} = C_{\text{эксп}} \cdot S \cdot T_{\text{шт}} / F_{\text{э}} \quad (39)$$

Подставим значения в формулу (36), найдем расходы на содержание и эксплуатацию площадей:

$$P_{\text{пл}} = 2000 \cdot 11,88 \cdot \frac{1,62}{2023} = 19,03 \text{ руб.}$$

#### 4.4.6 «Технологическая стоимость изготовления рамы.»

$$C_{\text{тех}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (40)$$

Зная формулу и прошлые вычисления, подставим значения в формулу (37) и найдем технологическую стоимость изготовления рамы.» [6].

$$C_{\text{тех}} = 10574,3 + 2352 + 5898,3 + 589,83 + 2205,96 + 375,3 + 19,98 = \\ = 22015,67 \text{ руб.}$$

#### 4.4.7 «Общепроизводственные расходы»

$$P_{\text{опр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{опр}} \quad (41)$$

Где:  $K_{\text{опр}} = 1,25$  – коэффициент общепроизводственных расходов.

$$P_{\text{опр}} = 4410 \cdot 1,25 = 5512,5$$

#### 4.4.8 «Общепроизводственные расходы»

$$P_{\text{охр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{охр}} \quad (42)$$

Где:  $K_{\text{охр}} = 1,6$

$$P_{\text{охр}} = 5898,3 \cdot 1,6 = 9437,28$$

#### 4.4.9 «Внепроизводственные расходы»

Составляют 2% от производственной себестоимости.

$$P_{\text{вн}} = 59347,55 \cdot 0,02 = 1186,95 \text{ руб.}$$

Рассчитаем полную себестоимость по формуле (43)



$$C_{\text{пол}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{опр}} + P_{\text{охр}} + P_{\text{вн}} \quad (43)$$

Подставим значения в формулу (43) и рассчитаем полную себестоимость:» [6].

$$C_{\text{пол}} = 22015,67 + 5512,5 + 9437,28 + 1186,95 = 38152,4 \text{ руб.}$$

Внепроизводственные расходы показаны в таблице 17

Таблица 17 – Калькуляция и структура себестоимости внедрения подъемника

Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. вес, %
«1 Сырье и материалы	М	10574,3	16,19
2 Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	2352	46,37
3 Основная зарплата	Зосн	5898,3	6,52
4 Дополнительная з/плата	Здоп.	589,83	5,74
5 амортизация на соц. нужды	Осс	2205,96	4,17
6 Затраты на использование оборудования	Зоб.	375,3	0,43
7 Затраты на использование площади	Зпл	19,98	0,03
8 Технологическая себестоимость	Стех.	22015,67	79,45
9 Общепроизводственные расходы	Ропр	5512,5	8,15
10 Общехозяйственные расходы	Рохр	9437,28	10,44
11 Производственная себестоимость	Спр	59347,5	98,04
12 Внепроизводственные расходы	Рвн	11869,5	1,96
13 Полная себестоимость» [6].	Спол	381524	100

#### 4.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

##### 4.5.1 «Расчет штучного времени оказания услуги

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{маш}} \cdot (1 + (N_{\text{обс}} + N_{\text{отд}})/100) \quad (44)$$

Где:  $T_{\text{маш}}$  – машинное (оперативное) время оказания услуги;  
 $N_{\text{обс}}$  – норма времени обслуживания рабочего места, %;  
 $N_{\text{отл}}$  – норма времени на отдых и личные надобности рабочего, %» [6].

Подставим значения в формулу (41) и посчитаем  $T_{\text{шт.баз.}}$  и  $T_{\text{шт.расч.}}$ .

$$T_{\text{шт.баз.}} = 0,55 \cdot (1+(8+6) / 100) = 1,69 \text{ час}$$

$$T_{\text{шт.расч.}} = 0,48 \cdot (1+(8+6) / 100) = 1,62 \text{ час}$$

#### 4.5.2 «Производственная программа оказания услуги

$$P_{\Gamma} = F_{\text{эф}}/T_{\text{шт}} \quad (45)$$

Рассчитаем производственную программу оказания услуг подставив значения в формулу (42)

$$P_{\Gamma} = 2032 / 1,62 = 1254 \text{ ед. в год}$$

$$P_{\Gamma.\text{пред.}} = 2032 / 1,69 = 1202 \text{ ед. в год}$$

#### 4.5.3 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$N_{\text{об.расч.}} = (T_{\text{шт}} \cdot P_{\Gamma}) / (F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{вн}}) \quad (46)$$

Где:  $K_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения нормы, принимаем как 1

$$N_{\text{об.расч.}} = (1,62 \cdot 1249) / (2023 \cdot 1) = 1$$

Принимаем количество необходимого оборудования равным 1 (ед)»

[6].

#### 4.5.4 «Коэффициент загрузки оборудования»

$$K_3 = \Pi_{г.пред.} / \Pi_{г.расч.} \quad (47)$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования подставляя значения в формулу (44)» [6].

Базовый вариант:

$$K_3 = 1100 / 1254 = 0,88$$

Проектный вариант:

$$K_3 = 1100 / 1202 = 0,92$$

Количество оборудования и коэффициент загрузки представлен в таблице 18

Таблица 18 – Количество оборудования и коэффициент его загрузки

Наименование показателей	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Норма штучного времени	Тшт	1,69	1,62
2 Производственная программа	Пг	900	900
3 Расчет количества оборудования	Ноб.расч	1	1
4 Принятое количество оборудования	Ноб.пр	1	1
5 Коэффициент загрузки оборудования	Кз	0,92	0,88

#### 4.6 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту

##### 4.6.1 «Общие капитальные вложения в оборудование по базовому варианту»

Рассчитаем общие капитальные вложения в оборудование по формуле

(48)

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} = N_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{об}} \cdot K_3 \quad (48)$$

Где:  $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования по базовому варианту;  
 $Ц_{\text{об}}$  – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб.;  
 $N_{\text{об}}$  – принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

Рассчитаем принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по формуле (49)

$$Ц_{\text{об}} = C_{\text{перв}} - (C_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100) \quad (49)$$

Где:  $C_{\text{перв}}$  – первоначальная (балансовая) стоимость оборудования, руб.;  
 $T_{\text{сл}}$  – срок службы оборудования на момент выполнения расчета, лет;  
 $N_a$  – норма амортизации на реновацию оборудования, %.» [6].

$$Ц_{\text{об}} = 325500 - (325500 \cdot 6 \cdot 10 / 100) = 130200$$

$$K_{\text{об}} = 1 \cdot 325500 \cdot 0,92 = 119784 \text{ руб.}$$

#### 4.6.1.1 «Капитальные вложения в оборудование»

$$K_{\text{об}} = N_{\text{об}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{т.з.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (50)$$

Где:  $C_{\text{пр}}$  – стоимость приобретенного нового оборудования, руб;  
 $K_{\text{т.з.}}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования (принимаем 3%);  
 $K_{\text{з.б.}}$  – коэффициент загрузки оборудования по базовому варианту.

$$K_{\text{об}} = 1 \cdot 325500 \cdot 1,03 \cdot 0,92 = 308443,8 \text{ руб.}$$

#### 4.6.1.2 Капитальные вложения в дополнительные площади

$$K_{пл} = Ц_{пл} \cdot (S_{пр} - S_б) \cdot K_{з.б.} \quad (51)$$

Где:  $S_{пр}-S_б$  – дополнительная площадь по базовому варианту, м<sup>2</sup>;

$Ц_{пл}$  – стоимость приобретения площади, руб/м<sup>2</sup>;

$K_{з.б.}$  – коэффициент загрузки по базовому варианту.

$$K_{общ} = 1 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,92 = 44896 \text{ руб.}$$

$$K_{об} = 1 \cdot 325500 + 44896 + 15422,19 = 385818,19 \text{ руб.}$$

#### 4.6.1.3 Сопутствующие капитальные затраты

$$З_{соп} = З_{дем} + З_{монт} \quad (52)$$

Где:  $З_{дем}$  – затраты на демонтаж базового оборудования, руб.;

$З_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования, руб.

$$З_{монт} = H_{об} \cdot K_{общ} \cdot K_{монт}/100 \quad (53)$$

Посчитаем затраты на монтаж нового оборудования подставив значения в формулу (53)

$$З_{монт} = 1 \cdot 308443,8 \cdot 5/100 = 15422,19 \text{ руб.}$$

Из-за того, что стенд монтируется первый раз, затраты на демонтаж не рассчитываются.» [6].

#### 4.6.2 «Общие капитальные вложения по проектному варианту»

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{пл}} + Z_{\text{соп}} \quad (54)$$

Где:  $K_{\text{об}}$  - капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{\text{пл}}$  - капитальные вложения в дополнительные площади, руб.;

$Z_{\text{соп}}$  - сопутствующие капитальные затраты, руб.

Подставим значения в известную формулу (54) и найдем значение общих капитальных вложений по проектному варианту.

$$K_{\text{общ}} = 30460 + (1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,88) + Z_{\text{соп}}$$

##### 4.6.2.1 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{об}} = H_{\text{об}} \cdot C_{\text{перв}} \cdot K_{\text{т-з}} \cdot K_3 \quad (55)$$

Где:  $C_{\text{перв}}$  - стоимость приобретения нового оборудования;

$K_{\text{т-з}}$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку равный 3 %;

$K_3$  - коэффициент загрузки оборудования по проектному варианту.

$$K_{\text{об}} = 1 \cdot 30460 \cdot 1,03 \cdot 0,88 = 27608,94 \text{ руб.}$$

##### 4.6.2.2 Капитальные вложения в дополнительные площади

$$K_{\text{пл}} = C_{\text{пл}} \cdot (S_{\text{пр}} - S_6) \cdot K_3 \quad (56)$$

Где:  $S_{\text{пр}} - S_6$  — дополнительная площадь по проектному варианту, м<sup>2</sup>;

$C_{пл}$  - стоимость приобретения площади, руб/м<sup>2</sup>;

$K_3$  - коэффициент загрузки по проектному варианту.

$$K_{пл} = 1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,88 = 41817,6 \text{ руб.}$$

$$K_{об} = 1 \cdot 30460 \cdot 1,03 + 41817,6 + 2671,2 = 75862,6 \text{ руб.}$$

#### 4.6.2.3 Сопутствующие капитальные затраты

$$Z_{соп} = Z_{дем} + Z_{монт} \quad (57)$$

Где:  $Z_{дем}$  - затраты на демонтаж базового оборудования, руб.;

$Z_{монт}$  - затраты на монтаж нового оборудования, руб.

Рассчитаем затраты на монтаж нового оборудования по формуле (58)

$$Z_{монт} = N_{об} \cdot K_{общ} \cdot K_{монт}/100 \quad (58)$$

$$Z_{монт} = 907,2 + 504 + 630 + 630 = 2671,2 \text{ руб.}$$

Из-за того, стенд монтируется первый раз, то на демонтаж затраты не рассчитываются.» [6].

#### 4.6.3 «Дополнительные капитальные вложения

$$K_{доп} = K_{общ} - K_{общ.б.} \quad (59)$$

Где:  $K_{\text{общ}}$  – общие капиталовложения по проектному варианту;

$K_{\text{общ.б.}}$  – общие капитальные вложения и базовому варианту.

Дополнительные вложения не требуются, так как создание собственного мотоцикла экономичнее, чем покупка готового товара.

#### 4.6.4 Удельные капитальные вложения

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / P_{\text{г}} \quad (60)$$

где  $P_{\text{г}}$  - производственная (годовая) программа оказания услуг, шт/год.» [6].

$$K_{\text{уд.б.}} = 385818,19 / 1100 = 350,74 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд.п.}} = 112152,96 / 1100 = 101,96 \text{ руб.}$$

В таблице 19 показаны расчёты капитальных вложений

Таблица 19 – Расчет капитальных вложений по вариантам

Наименование	Базовый вариант	Проектный вариант
1 «Общие капвложения в оборудование с учетом ТЗР(3%)	325500	67664,16
2 Сопутствующие капвложения по проектному варианту	15422,19	2671,2
3 Затраты на производственную площадь, занятую оборудованием	44896	41817,6
4 Общие капиталовложения	385818,19	112152,96
5 Удельные капвложения» [6].	350,74	101,96



## **4.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг**

### **4.7.1 «Основная и дополнительная зарплата рабочих**

**Рассчитаем основную заработную плату рабочих по формуле (61)**

$$Z_{\text{осн}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot K_{\text{д}} \quad (61)$$

Где:  $C_{\text{ч}} = 200$  – это ставка 5 разряда.

Базовый вариант:

$$Z_{\text{осн}} = 200 \cdot 1,69 \cdot 1,88 = 635$$

Проектный вариант:

$$Z_{\text{осн}} = 200 \cdot 1,62 \cdot 1,88 = 609$$

Рассчитаем дополнительную плату рабочих по формуле (62):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot (K_{\text{доп}}/100) \quad (62)$$

Базовый вариант:

$$Z_{\text{доп}} = 635 \cdot (10/100) = 63,5$$

Проектный вариант:

$$Z_{\text{доп}} = 609 \cdot (10/100) = 60,9$$

### **4.7.2 Страховые взносы в фонды**

Найдем необходимые выплаты на социальные нужды по формуле (63):

$$O_{cc} = \text{ФОТ} \cdot K_c = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot K_{cc} \quad (63)$$

Подставив значения в формулу (63) и найдем страховые взносы в фонд по базовому и проектному варианту:» [6].

Базовый вариант:

$$O_{cc} = (635+63,5) \cdot 0,3 = 209$$

Проектный вариант:

$$O_{cc} = (609+60,9) \cdot 0,3 = 201$$

### **4.7.3 «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производственных площадей**

#### **4.7.3.1 Амортизация оборудования**

Рассчитаем амортизацию оборудования по формуле (64):

$$A_{об} = (\text{Ц}_{об} \cdot N_a \cdot T_{\text{маш}}) / F_3 \cdot 100 \quad (64)$$

Подставим значения в формулу (64) и получим амортизацию оборудования по базовому и проектному варианту:

Базовый вариант:

$$A_{об} = (325500 \cdot 10 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100 = 27$$

Проектный вариант:

$$A_{об} = (67664,17 \cdot 10 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 5,4$$

#### 4.7.3.2 Амортизация площади

$$A_{\text{пл}} = (\Pi_{\text{пл}} \cdot H_{\text{а.пл}} \cdot S \cdot T_{\text{шт}}) / F_3 \cdot 100 \quad (65)$$

Рассчитаем амортизацию площади по формуле (65) по базовому и проектному варианту:

Базовый вариант:

$$A_{\text{пл}} = (4000 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100 = 1$$

Проектный вариант:

$$A_{\text{пл}} = (4000 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 0,95$$

#### 4.7.3.3 Расходы на эксплуатацию площади

Рассчитаем расходы на эксплуатацию площади по формуле (66):

$$P_{\text{пл}} = C_{\text{эсп}} \cdot S \cdot T_{\text{шт}} / F_3 \quad (66)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{пл}} = 2000 \cdot 12,2 \cdot 1,69 / 2023 = 20$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{пл}} = 2000 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023 = 19$$

#### 4.7.3.4 Затраты на текущий ремонт оборудования» [6].

$$P_{\text{роб}} = H_{\text{об}} \cdot \Pi_{\text{об}} \cdot K_3 \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_p / \Phi_3 \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}} \quad (67)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{роб}} = 1 \cdot 325500 \cdot 0,75 \cdot 1,69 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1 = 61$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{роб}} = 1 \cdot 67664,17 \cdot 0,75 \cdot 1,62 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1 = 12$$

#### **4.8 Калькуляция и структура полной себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги**

##### **4.8.1 Общехозяйственные заводские накладные расходы**

Рассчитаем общехозяйственные заводские накладные расходы по формуле (68):

$$P_{\text{охр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{охр}} \quad (68)$$

Подставим значения и найдем значения для базовой и проектной калькуляции:

Базовый вариант:

$$P_{\text{охр}} = 635 \cdot 1,6 = 1016$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{охр}} = 609 \cdot 1,6 = 974$$

##### **4.8.2 Общехозяйственные расходы**

Найдем по формуле (69) подставив значения для базовой и проектной калькуляции:

$$P_{\text{опр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{опр}} \quad (69)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{опр}} = 635 \cdot 1,25 = 794$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{опр}} = 609 \cdot 1,25 = 761$$

### 4.8.3 «Производственная себестоимость»

Рассчитаем производственную себестоимость по формуле (70)

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{опр}} + P_{\text{охр}} \quad (70)$$

Базовый вариант:

$$C_{\text{пр}} = 1178 + 794 + 1016 = 2989$$

Проектный вариант:

$$C_{\text{пр}} = 1068 + 761 + 974 = 2804$$

### 4.8.4 Внепроизводственные расходы

Рассчитаем внепроизводственные расходы по формуле (71) и найдем значения для базовой и проектной калькуляции» [6].

$$P_{\text{вн}} = C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{внепр}} \quad (71)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{вн}} = 2989 \cdot 0,02 = 59,8$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{вн}} = 2804 \cdot 0,02 = 56,1$$

### 4.8.5 Полная себестоимость

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{пр}} + P_{\text{вн}} \quad (72)$$

Базовый вариант:

$$C_{\text{полн}} = 2989 + 59,8 = 3048,8$$

Проектный вариант:

$$C_{\text{полн}} = 2804 + 56,1 = 2860,1$$

Внесем найденные нами значения в таблицу 20:

Таблица 20 – Себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции

Статьи затрат	Калькуляция, руб.	
	базовый	проектный
1 Материалы	176940	176940
2 Основная зарплата рабочих	6350	6090
3 Дополнительная зарплата рабочих	635	609
4 Страховые взносы в фонд	2090	2010
5 Расходы на содержание оборудования и производственных площадей	2090	1370
6 Технологическая себестоимость	11780	10680
7 Общехозяйственные расходы	7940	7610
8 Общехозяйственные заводские накладные расходы	10160	9740
9 Производственная себестоимость	29890	28040
10 Внепроизводственные расходы	600	560
11 Полная себестоимость:	30490	28610
12 Прибыль предприятия	4570	4290
13 Цена услуги	35070	32900

В данном разделе была показана экономическая эффективность данного проекта по разработке мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге. В этом разделе была предоставлена информации по стоимости материалов, для создания мотоцикла, стоимость оплаты работы сотрудникам, стоимость инструментов для создания и эксплуатации данного проекта. Так же была проделана работа по калькуляции и себестоимости базового и проектируемого проекта.

При анализе полученных расчетов мы получаем, что стоимость проектного варианта ниже базового варианта в 1,07 раза.

## **5 Безопасность и экологичность работы**

### **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

«Деятельность организаций по конструированию и производству регламентирована положениями по охране труда, которые должны обеспечить работника гарантией безопасности рабочего места. Все технические документы появляются с оглядкой на зарубежные аналоги, а также на кодексы Российской Федерации. Все меры по безопасности в условиях труда на нашем предприятии были выполнены. Сотрудники проинформированы и прошли успешное обучение и специальный инструктаж» [19]. Для простейшего производства электро-мотоцикла на предприятии необходимы: Специалист по свариванию металла, Слесарь, Сборщик и Электромонтажник, Специалист по свариванию металла.

В таблице 21 указан технологический паспорт идентификации ОВПФ сварщика

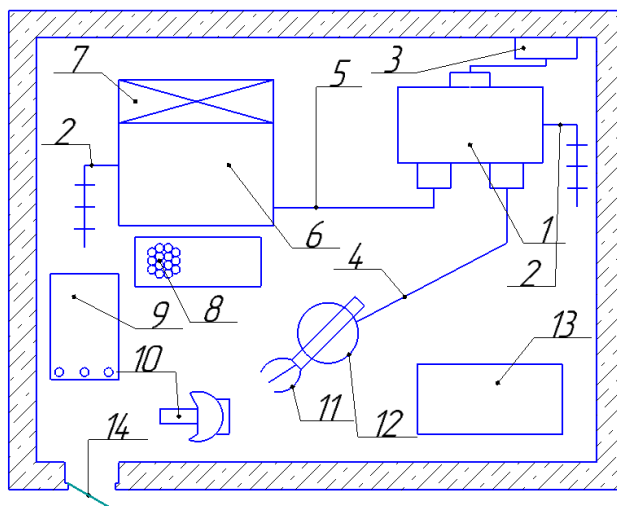
Таблица 21 – Технологический паспорт идентификации ОВПФ сварщика

«Наименование профессии»	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Специалист по свариванию металла	Сварка встык Прихватывание	Сварочное оборудование, источник сварного тока, Необходимый инструмент.	<p>Физические, механизмы, изделия. Острые кромки;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Повышенная концентрация пыли и газов;</li> <li>- Критические температуры. Различные виды излучений, Вспышки яркого цвета сварочной дуги поверхностей;</li> <li>- Зашумленность;</li> <li>- Влияние тока;</li> <li>- искры, брызги расплавленного металла;</li> <li>- физические нагрузки. Воздействие переменных полей и ионизирующих излучений.</li> </ul> <p>Химические:- сварочные и другие аэрозоли, газы» [4]</p>

«Локальными нормативными актами были определены следующие требования по технике безопасности: необходимо подготовиться и произвести сборку перед сварочными операциям; проверка работоспособности и настройка рабочего оборудования происходит перед работы началом; прохождение инструктажей и аттестация по соблюдению требований пожарной безопасности; систематическая проверка знаний по технике безопасности и охране труда; регулярная проверка здоровья и медицинские



осмотры, соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия; соблюдать пожарную безопасность и правила охраны труда на рабочем месте» [22](Рисунок 44).



«1 - источник питания дуги; 2- заземление; 3 - пускатель источника питания; 4 и 5 - прямой и обратный токопроводящие провода; 6 - стол; 7 - вентиляция; 8 - коврик; 9 - электроды; 10 - щиток; 11 - электродержатель; 12 - стул; 13 - ящик для отходов; 14 - дверной проем» [25].

Рисунок 44 – Организация рабочего места сварщика

«К основным задачам сварщика относятся: производить сварку конструкций из любых материалов, которые обладают необходимыми свойствами; выполнять прихватки деталей; ликвидировать дефекты по средствам зачистки; резать простые детали с помощью дуговой сварки; Осуществлять контроль качества сварочного шва и его проникание в материал после сварки, специальными инструментами» [22].

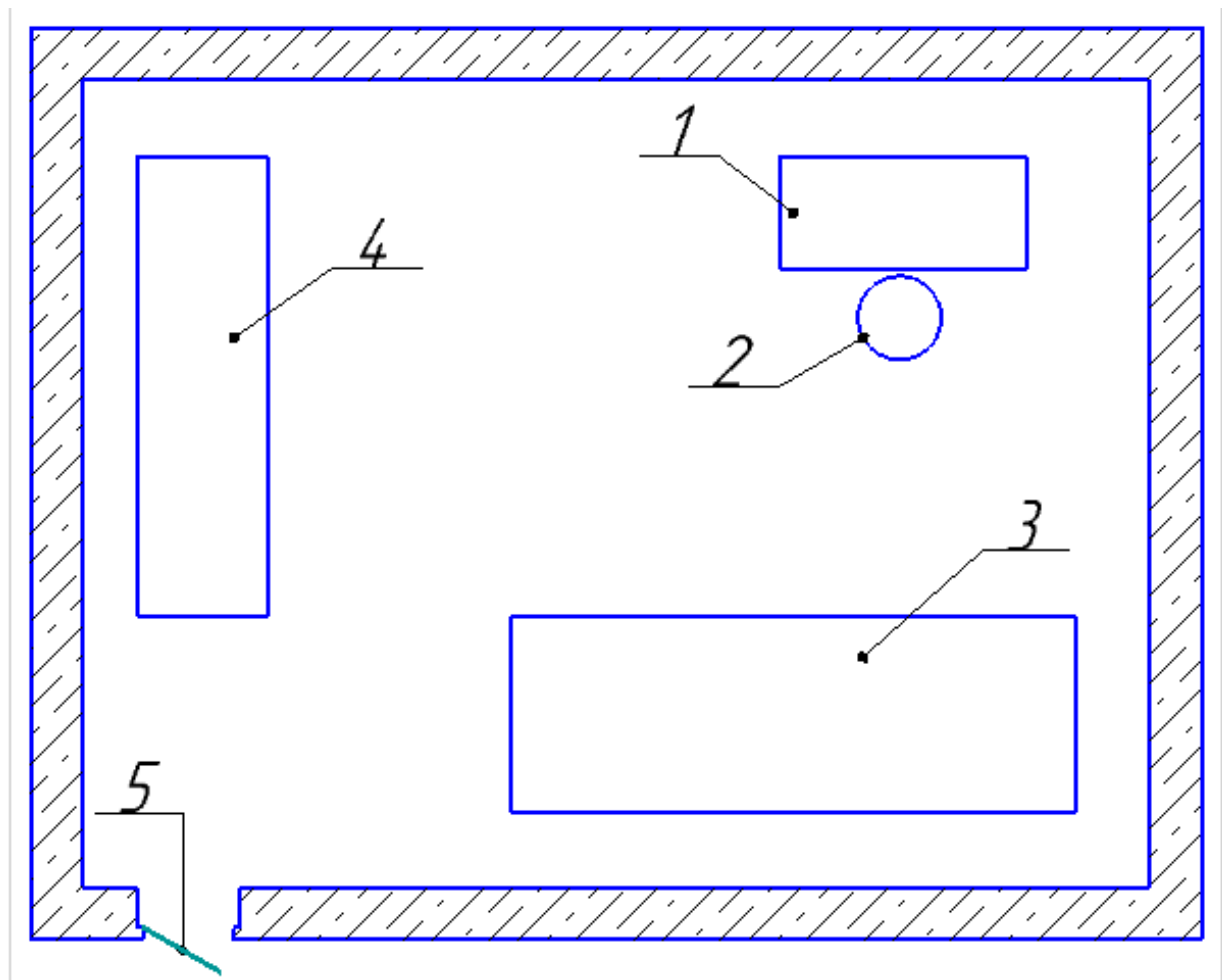
## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Результаты по идентификации профессиональных рисков при сборке электромотоцикла приведена в таблице 22.

Таблица 22– Идентификация ОВПФ сборщика

«Наименование профессии»	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Сборщик	Сборка конструкции относительно чертежей и моделей	- верстак- ручной инструмент (зубило, молоток),  - измерительные инструменты (линейка, рулетка, треугольник).	Физические:  - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции;  -острые кромки;  - повышенный уровень шума;  -физическиперегрузки»[19]

«Локальными нормативными актами для данного рабочего были определены следующие требования по технике безопасности: прохождение инструктажей и аттестация по соблюдению требований пожарной безопасности; участие в срезовых коллоквиумах по знанию охраны труда и пожарно-технического минимума; необходимость прохождения медицинских осмотров; обязательно соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия; соблюдение правил эксплуатации оборудования; при обнаружении поломки - сообщать начальству, не пытаться чинить самостоятельно» [22](Рисунок 45).



1 - рабочий стол; 2- стул; 3 - верстак; 4 - шкаф для инструментов; 5 - дверной проем.

Рисунок 45 – Организация рабочего места сборщика

«К основным задачам сборщика относятся: монтаж деталей или узлов конструкции в стапеле согласно рабочему чертежу или модели; контроль точности размещения деталей с ориентиром на чертежи и измерительные инструменты; разметка или написание примечаний по дальнейшей работе с данной конструкцией (например, для сварщика)» [25].

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков при создании электромотоцикла приведена в таблице 23.

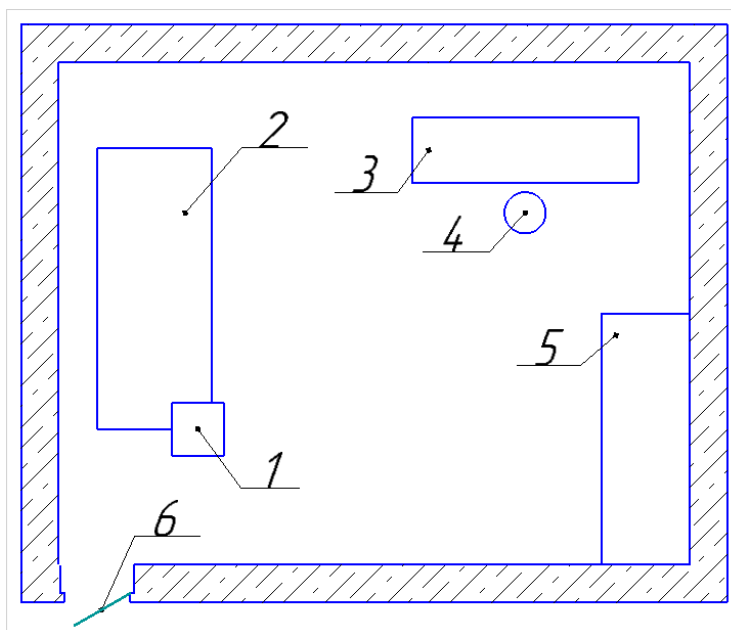
Таблица 23– Идентификация ОВПФ слесаря

«Наименование профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Слесарь	Подготовка труб согласно чертежам	- Верстак или стол с упорами, - Инструмент необходимой для грубой ручной работы - слесарные тиски-измерительные инструменты (линейка, штангенциркуль).	Физические: - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции. -острые кромки; - повышенный уровень шума; - физические перегрузки; - локальная вибрация. »[11]

«Локальными нормативными актами для данного рабочего места были определены следующие требования по технике безопасности:

- регулярная аттестация на знания пожарной безопасности и охраны труда;
- необходимость прохождения медицинских осмотров;
- обязательно соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия;
- нарушающие правила охраны труда требования запрещены к выполнению;
- докладывать вышестоящему руководству о неисправностях и прекращать работу при их обнаружении;
- использовать специальное снаряжение во время работы;
- проверка всего оборудование перед началом работы;
- проверка исправности всего опорного и фиксирующего оборудования перед началом работы» [22].

«Организация рабочего места слесаря-резчика представлена на рисунке 46» [24](Рисунок 46).



1 - слесарные тиски; 2- верстак; 3 - рабочий стол; 4 - стул; 5 - шкаф для инструментов; 6 - дверной проем.

Рисунок 46 – Организация рабочего места сварщика

«К основным задачам слесаря-резчика относятся:

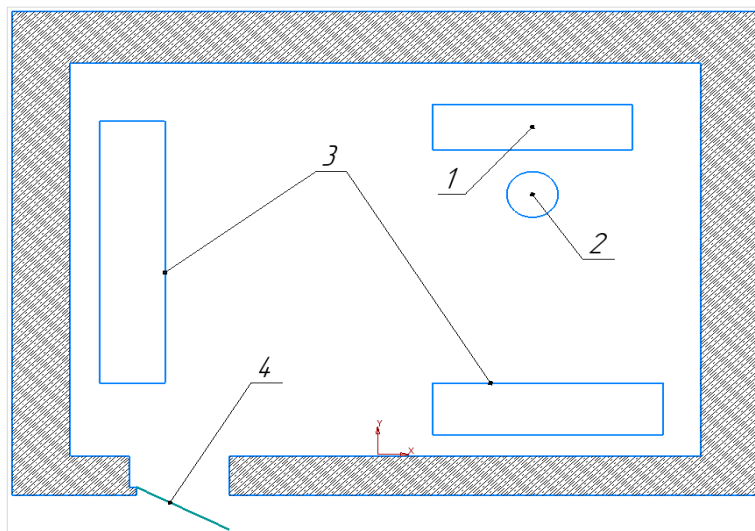
- основная обработка различных видов материалов;
- кройка металлов и материалов любой марки;
- торцевание под разными углами всевозможного проката
- соблюдение заданных размеров при обработке и их контроль после» [22].

Идентификационный паспорт электротехника прописан в таблице 24

Таблица 24 – Идентификация ОВПФ электротехник

«Наименование профессии»	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Электротехник	-Подключение электрокомпонентов электромотоцикла согласно электро-схем. -Настройка электродвигателя и контроллера -Сборка аккумулятора - Разработка Smart-системы.	- сварочный аппарат для точечной сварки аккумулятора; - ручной инструмент (плоскогубцы, отвертки, кусачки и тд). - мультиметр - измерительные инструменты (линейка, рулетка, треугольник). - Паяльное оборудование.	Физические: - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции; -острые кромки; - электромагнитные излучения. Химические: - вредных химических веществ. ». [22]

«Локальными нормативными актами были определены следующие требования по технике безопасности: обязательно соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия; регулярная аттестация на знания пожарной безопасности и охраны труда; проверка исправности и готовности оборудования перед началом работы; прохождение медицинского обследования; использование защитной одежды»(Рисунок 47).



1 - рабочий стол; 2 - стул; 3 - шкаф для инструментов; 4 - дверной проем.

Рисунок 47 – Организация рабочего места электротехника

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Рассмотрим обеспечение пожарной безопасности при заготовке деталей для станда, при его сборке и эксплуатации.

Перед работой с оборудованием стоит убедиться в отсутствии легковоспламеняющихся объектов и жидкостей. Удостовериться в наличии средств пожаротушения, исправности автоматических систем пожаротушения, так же при работе необходимо использовать средства индивидуальной защиты открытых участков кожи и органов дыхания.

В процессе изготовления заготовок для станда возможно воспламенение от работы инструментов, которые образуют искры. В процессе сборки станда возможно воспламенение при работе на сварочном аппарате.

Приведу перечень мероприятий по пожарной безопасности при создании электромотоцикла в таблице 25.

Таблица 25 - перечень мероприятий по пожарной безопасности при создании электромотоцикла.

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [8].
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [7].
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [8].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [8].
Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [7].
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [8].

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта

Вредные экологические факторы при создании электромотоцикла приведены в таблице 26.



Таблица 26 – Идентификация вредных экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Создание и эксплуатация стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболоида “Formula Student”	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочных жидкостей с поверхности деталей	Не обнаружено	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [8].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение вредного антропогенного воздействия при создании мотоцикла на электрической тяге класса «Эндуро»

- «применение фильтрующих устройств, обслуживание и своевременная замена;
- контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- использовать вторично спецодежду, пришедшую в негодность, металлом, остатки производства, металлическую стружку отправлять на переплавку и переработку» [6].

## Вывод по разделу

1. Разработан технологический паспорт технологического процесса создания мотоцикла на электротяге, в котором описывается конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики;
2. идентифицированы профессиональные риски, в котором расписываются возможные риски, при создании электромотоцикла;
3. перечислены методы по снижению профессиональных рисков, которые помогают полностью или частично устранить ОВПФ;
4. перечислен перечень мероприятий по пожарной безопасности при создании мотоцикла на электрической тяге класса «Эндуро», уменьшающие или полностью искореняя вероятность возгорания какого-либо объекта или жидкости.
5. идентифицированы вредные экологические факторы производства.

## Заключение

В данной работе были рассмотрены различные требования регламента соревнований SmartMotoChallenge. Мы ознакомились и рассмотрели конструкции аналогов электро-мотоциклов. Изучили возможности и характеристики ближайших конкурентов на рынке.

Второй частью работы мы сконструировали и построили прототип рамы и маятника для электро-мотоцикла. Подобрали подходящий по фактору электродвигатель и произвели расчёт тягово-динамических характеристик данного агрегата. Произведены различные дополнительные расчеты на прочностные характеристики всех узлов мотоцикла. Расчёты подтвердили наше представление о прочности и теоритической надёжности различных конструкций. Была произведена подборка различных электро компонентов для начинки нашего мотоцикла.

Третьей частью работы мы произвели технологическую оснастку для построения рамы мотоцикла. Наша оснастка позволяет не только с высокой точностью изготовить раму, но и сохраняет удобство сборки и разборки, и обеспечивает многоразовое использования данной оснастки. Помимо этого, наша оснастка проста и неприхотлива к любым условиям работы с ней, она экономична и экологична, не занимает много места и при надобности, допускается её многоразовое использование в производстве рам электромотоциклов.

В четвертой части описаны основные требования безопасности и экологичности выполнения работ на производстве, описаны рабочие места, основные работники, их род деятельности и требования к ним.

Итогом исполнения работы стал разработанный и сконструированный электро-мотоцикл, удовлетворяющий не только всем требованиям регламента соревнований, но и регламентам постановки на учет транспортных средств в Европе.

## Список используемых источников

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т.3. - 8-е изд. Перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестоковой. [Текст] / В.И. Анурьев. - М.: Машиностроение, 2001 . - 864 с.
2. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
3. Иванов, А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.
4. Капрова, В.Г. Учебно методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Организация производства» для студентов специальности 190201 –«Автомобиле и тракторостроение» всех форм обучения [Текст] / В.Г. Капрова. -Тольятти: ТГУ, 2007. –63 с.
5. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2007. — 304 с
6. Лебедев, В. А. Технология машиностроения: Проектирование технологий изготовления изделий : учеб.пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 361с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782с.
8. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб.для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

9. Методика расчета передаточного числа трансмиссии электромобиля// URL: Ошибка 404. Файл не найден (niiae.ru) (дата обращения: 31.01.2022)

10. Оснастка технологическая // URL: Оснастка технологическая — Википедия (wikipedia.org) (дата обращения: 24.03.2022)

11. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.

12. Оформление документов на технологические процессы обработки резанием: Метод.указания/Сост.МихайловА.В.-Тольятти: ТолПИИ, 1993.

13. Петрова, М.С. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: учеб.пособие. [Текст] / М.С. Петрова – М.: ЭНАС, 2006.-232с.

14. Расторгуев, Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

15. Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Н. Н. Сергель. - Минск : Новознание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 732 с.

16. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах Т2 (Под ред. А.Г. Косиловой 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с., ил.).

17. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб.для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

18. Технология машинностроения : учеб.пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

19. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
20. Шерстобитова, О.О., Мошко, Д.А.«Разработка модульной каркасно-сборочной технологической оснастки для производства элементов спортивно-гоночных автомобилей» / Ежегодный сборник трудов "Студенческие инженерные проекты".-2017. – 205-207 с.
21. Электромобиль своими руками // URL: Электромобиль своими руками (goldenmotor.ru) (дата обращения: 2.02.2022)
22. 8-24 cells smart BMS system [Электронный ресурс] // URL: 7S 8S 9S 10S 24V 36V Li ion or Lifepo4 Bluetooth Smart BMS with 20A 30A 40A 60A Constant discharge current – LLT POWER ELECTRONIC (lithiumbatterypcb.com) (дата обращения: 3.02.2022)
23. KLS7245H,24V-72V,350A,Sealed Sinusoidal Wave BLDC motor controller For 4000W-5000W Hub Motor[Электронный ресурс] // URL: KLS7245H,24V-72V,350A,Sealed Sinusoidal Wave BLDC motor controller For 4000W-5000W Hub Motor | qs-motor.com (дата обращения: 18.01.2022)
24. Revolt[Электронный ресурс] // URL: RV-120-regular (revolt.org.il) (дата обращения: 26.02.2022)
25. Smart Moto Challenge Rules 2020 [Электронный ресурс]// URL: [http://www.smartmotochallenge.org/images/bsmc/motosport/rules/bsmc\\_2020\\_rules.pdf](http://www.smartmotochallenge.org/images/bsmc/motosport/rules/bsmc_2020_rules.pdf) (дата обращения: 11.12.2021)
26. von Mises yield criterion [Электронный ресурс] // URL: von Mises yield criterion - Wikipedia (дата обращения: 14.03.2022)

Приложение А  
**Спецификация (Рисунок А1)**

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед, кг	Приме- чание																														
		<i>Детали</i>																																	
1	22.ДП.01.14.7.01.001	Основная центральная пластина	1																																
2	22.ДП.01.14.7.01.002	Вспомогательная центральная пластина	2																																
3	22.ДП.01.14.7.01.003	Основание ступеля	1																																
4	22.ДП.01.14.7.01.004	Направляющие пластины основания рамы	2																																
5	22.ДП.01.14.7.01.005	Основная пластина крепления стакана рамы	2																																
6	22.ДП.01.14.7.01.006	Верхняя направляющая стакана рамы	1																																
7	22.ДП.01.14.7.01.007	Нижняя направляющая стакана рамы	1																																
8	22.ДП.01.14.7.01.008	Распорка ступеля	1																																
9	22.ДП.01.14.7.01.009	направляющая верхней диагональной трубы	2																																
10	22.ДП.01.14.7.01.010	Дополнительная пластина верхней диагональной трубы	1																																
11	22.ДП.01.14.7.01.011	Дополнительная пластина нижней диагональной трубы	1																																
12	22.ДП.01.14.7.01.012	Направляющая задней распорки рамы	1																																
13	22.ДП.01.14.7.01.013	Направляющая труб сидения	1																																
14	22.ДП.01.14.7.01.014	Направляющая пластина распорки диагональных труб	1																																
15	22.ДП.01.14.7.01.015	Пластина крепления распорки рамы	1																																
<b>22.ДП.01.14.7.15.001.СБ</b>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Колуч.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ док.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Колуцкин А.А.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Зотов А.В.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.Контр.</td> <td></td> <td>Зотов А.В.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Бодровский А.В.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разраб.		Колуцкин А.А.				Проб.		Зотов А.В.				Н.Контр.		Зотов А.В.				Утв.		Бодровский А.В.				Разработка мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге		Стадия    Лист    Листов ТГУ. АТс-1701а 1
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата																														
Разраб.		Колуцкин А.А.																																	
Проб.		Зотов А.В.																																	
Н.Контр.		Зотов А.В.																																	
Утв.		Бодровский А.В.																																	
Копировал			Формат А4																																

Рисунок А1 – разработка мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге.

Продолжение Приложения А (Рисунок А2)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16	22.ДП.01.14.3.01.016	Направляющая распорки сиденья	1	
		17	22.ДП.01.14.3.01.017	Направляющая пластина	4	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.ДП.01.14.7.15.002.СБ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
					Лист	

Копировал \_\_\_\_\_ Формат А4

Рисунок А2 – разработка мотоцикла класса «Эндуро» на электрической тяге.