

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)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование электромотоцикла класса «Smart Moto Challenge».
Общая компоновка.

Студент

М.О. Максимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

Проектирование электро-мотоцикла класса «Smart Moto Challenge». Общая компоновка. Выпускная квалификационная работа. Тольяттинский Государственный Университет, 2020.

Цель работы разработать электро-мотоцикл, удовлетворяющий требованиям соревнований Smart Moto Challenge.

В первой главе описывается цель данных соревнований. Приведены основные требования регламента соревнований и 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. Описаны основные компоненты и комплектующие.

В третьей главе произведена технологическая оснастка для изготовления рамы электро-мотоцикла.

В четвертой главе описаны основные требования к безопасности и экологичности выполнения работ.

Итогом работы стал полностью изготовленный электро-мотоцикл, который соответствует всем требованиям регламента соревнований.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 60 страниц, содержащей 15 таблиц, 41 рисунок и графической части, содержащей 6 листов.

ABSTRACT

The title of the work is «Designing an electric motorcycle of class “Smart Moto Challenge”. The overall layout». Final qualifying work. Togliatti State University, 2020.

The goal of the work is to develop an electric motorcycle that meets the requirements of the Smart Moto Challenge.

The first chapter describes the purpose of these competitions. The basic requirements of the competition regulations are given and an analysis of such electric motorcycles is carried out.

The second chapter describes the development of the frame and pendulum of an electric motorcycle. The analysis of the strength of the frame, pendulum and front suspension of an electric motorcycle. The optimal electric motor was selected and calculated, and the traction-dynamic characteristics were calculated. The calculation of the required battery capacity for an electric motorcycle is made. The main components and accessories are described.

In the third chapter, technological equipment for the manufacture of an electric motorcycle frame is made.

The fourth chapter describes the basic requirements for safety and environmental performance of work.

The result of the work was a fully manufactured electric motorcycle that meets all the requirements of the competition regulations.

Final qualifying work consists of an explanatory note in the size of 60 pages, containing 15 tables, 41 figures and a graphic part, containing 6 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АНАЛОГОВ И ПРИМЕНЯЕМОСТИ ЭЛЕКТРОМОТОЦИКЛОВ В OFF-ROAD СОРЕВНОВАНИЯХ	6
1.1 Описание участия в Smartmoto Challenge	6
1.2 Требования регламента SmartMoto Challenge Barcelona 2019	7
1.4 Сравнительный анализ конструкций электромотоцикла	10
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМОТОЦИКЛА	14
2.1 Выбор данных электромотоцикла	14
2.2 Расчет тягово-динамических характеристик	15
2.2.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета	16
2.2.2 Определение передаточного числа	18
2.2.3 Силовой баланс электромотоцикла	19
2.2.4 Динамическая характеристика автомобиля	20
2.2.5 Разгон электромотоцикла	21
2.2.6 Время и путь разгона	23
2.2.7 Мощностной баланс электромотоцикла	26
2.3 Проектирование передней вилки и маятника мотоцикла	28
2.4 Проектирование и расчет рамы	34
2.4.1 Проектирование рамы	34
2.4.2 Расчет рамы электромотоцикла	37
2.5 Компоновка узлов электромотоцикла	39
2.5.1 Электродвигатель	39
2.5.2 Синусный контроллер	40
2.5.3 Аккумулятор	41
2.5.4 Контроллер аккумулятора	44
2.5.5 Обвес электромотоцикла	45
2.6 Оптимизация конструкции рамы	46

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. РАЗРАБОТКА СТАПЕЛЯ ДЛЯ СБОРКИ РАМЫ.....	47
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	58

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 студентам предстоит решить все задачи, которые перед ними ставят организаторы, и условия данных соревнований. Сложный регламент, строгие судьи, и гоночный трек решают, кто будет победителем, а кто уедет домой с пустыми руками.

Проект Smart moto Challenge 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 «Smart Moto Challenge»

1. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ АНАЛОГОВ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОТОЦИКЛОВ В СОРЕВНОВАНИЯХ ТИПА OFF-ROAD

1.1 Описание участия в Smartmoto Challenge

Smartmoto Challenge - 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 Smart Moto Challenge Barcelona 2020

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 BSMS.»[1]

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

Пункт 2.1.2 – Маятник

«Можно использовать любой материал для маятника, который используют производители велосипедов / мотоциклов.»[1]

«Команде необходимо предоставить техническую документацию о маятнике в отчете о конструкции в назначенные сроки на сайте.»[1]

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

Пункт 2.1.3 – 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.

«Мотоцикл должен иметь 4 поворотника - желтого цвета с возможностью моргания и с индикацией аварийного включения (Все поворотники работают одновременно).»[1]

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). 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.»[1]

Пункт 2.1.9.1 – Двигатель

«Тип А мощность до 10 кВт;

Тип В проекты от 10 до 30 кВт.»

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]

1.4 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 отличие от других аналогов.



Рисунок 1.1 – Электро-мотоцикл 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 1.2 – Электромотоцикл Иж Пульсар

Этот экземпляр имеет на своём борту двигатель номинальной мощностью 10 кВт и в расчётах способен достигать скорости 100 км/ч. Базовой емкости аккумулятора по расчетам хватает на 150 км. Но за счет

большей емкости аккумулятора, время зарядки составляет целых 14 часов. Сухой вес мотоцикла составляет 170 кг.

Новейшей разработкой является мотоцикл Zero FX. По своей задумке мотоцикл способен ездить на всех видах грунта и поверхностей, так называемый мотард.



Рисунок 1.3 – Электромотоцикл Zero FX

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 счет большей мощности двигателя, требуется большая емкость 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 LMX Bike 161-H. Сверхлёгкая разработка французских инженеров с рекордной стоимостью 6 500 Евро. В этом аналоге используется снаряжение от фирменных велосипедов класса mountain bike. 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 1.4 – Электромотоцикл LMX Bike 161-N

Номинальная мощность электромотора – 5 кВт. В условиях внедорожья с максимальной скоростью 70 км/ч можно будет прокатиться на протяжении 3 часов. Время зарядки аккумулятора аналогично, составляет 3 часа. К минусам же данной конструкции можно отнести малую емкость, и неоправданно высокий ценник.

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 гораздо более удобная нежели алюминий.

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 так-же являются и габариты. Габариты мотоцикла влияют на его маневренность и устойчивость, а центрованный 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 расчета тягово-динамических характеристик необходимо знать приблизительный вес мотоцикла. По нашим расчетам вес нашего мотоцикла должен составлять 60 кг.

2.2 Расчет тягово-динамических характеристик электромотоцикла

Данные для проведения расчета тягово-динамических характеристик мотоцикла класса «Smart Moto Challenge» выведем в таблицу 1. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике.

Таблица 2.1 – 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 ω_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	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;

$m_б$ – 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, 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, 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: ω_e – текущее значение угловой скорости вала, рад/с;

ω_N – угловая скорость вала при максимальной мощности, рад/с.

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

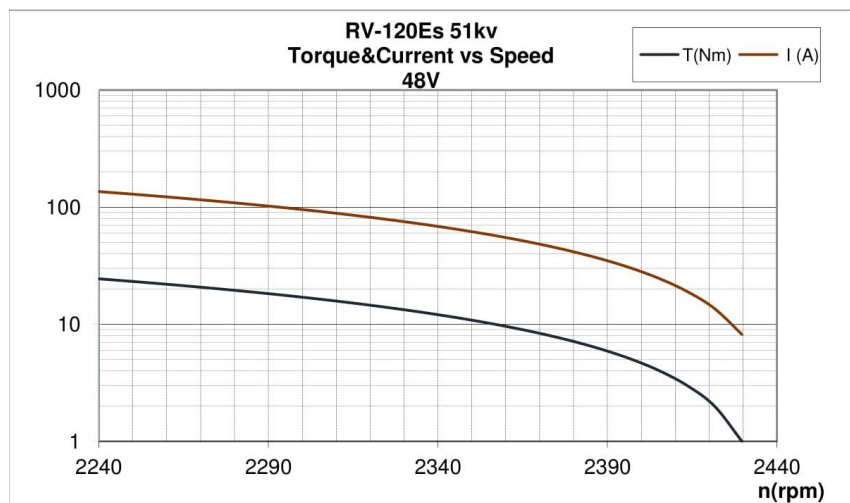
«Для построения кривой эффективного момента M_e (Н·м) применяем формулу:»[11]

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

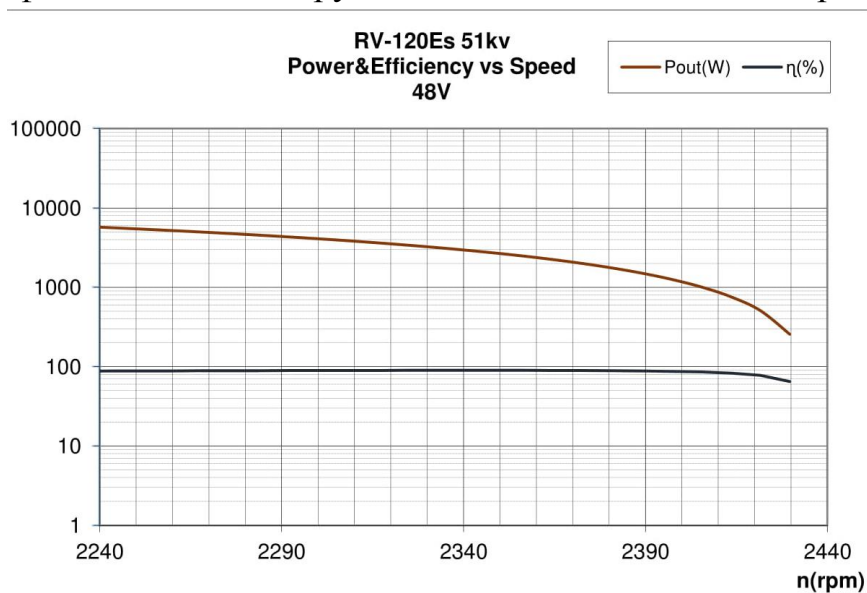
«Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу и представляем в виде графика.»[11]

Таблица 2.2 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , кВт	M_e , Н·м
2280	190,9	10,500	55
2330	250	10,000	40
2380	250	7,000	28
2430	233,3	3,500	15
2475	250	0,250	1



а) график зависимости крутящего момента от частоты вращения



б) График зависимости мощности от частоты вращения

Рисунок 2.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя.

2.2.2 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 $U_0=5$.

2.2.3 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:

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

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 ω_e , приводя в соответствие с ними скорости электромотоцикла. Полученные результаты сведем в таблицу 2.3.»[23]

Таблица 2.3 – Результаты расчетов

ω_e	190,9	250	250	233,3	250
M_e	55	40	28	15	1
V	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67
F_T	976,4	710,14	497,10	266,30	17,75
f	0,03	0,031	0,032	0,032	0,034
F_B	12,98	29,14	51,84	81,03	116,71

F_d	40,33	41,10	42,17	43,55	45,24
-------	-------	-------	-------	-------	-------

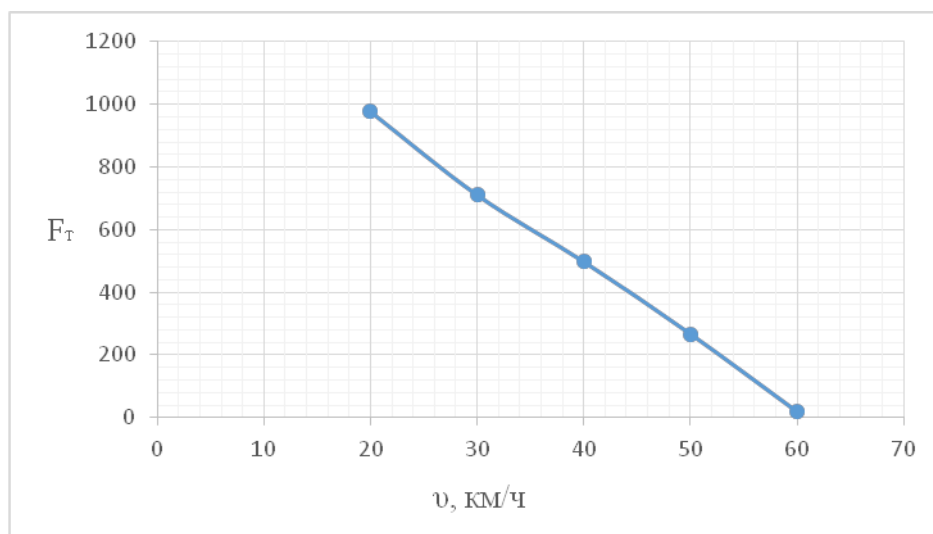


Рисунок 2.2 – Тяговый баланс электромотоцикла.

2.2.4 Динамическая характеристика мотоцикла

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

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

Данные расчета заносим в таблицу 2.4 и представляем графически.

«Необходимо так-же учитывать и влияние бруса ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению:»[11]

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

Таблица 2.4 - Данные расчета динамической характеристики

ω_e , рад/с	Динамический фактор D
190,9	0,72

250	0,51
250	0,33
233,3	0,14

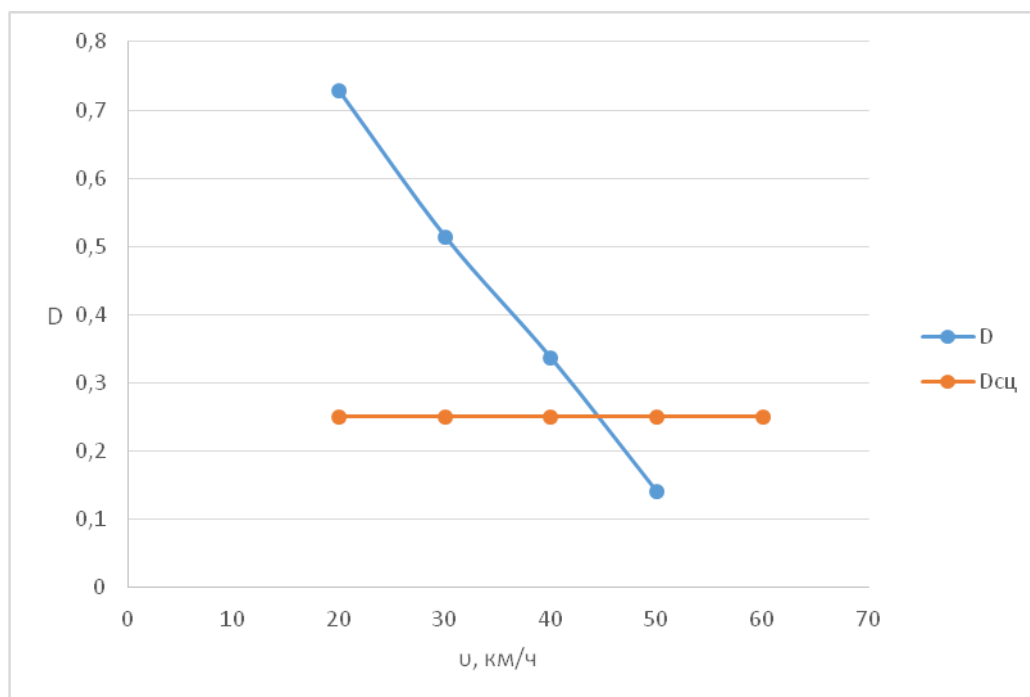


Рисунок 2.3 – Динамическая характеристика электромотоцикла.

2.2.5 Разгон мотоцикла

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

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

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

$$\delta_{\text{вп1}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 5^2) = 2,3$$

«Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 2.5 и строим график зависимости $j = f(V)$ »[8]

Таблица 2.5 – Значения ускорение разгона

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²
190,9	2,97
250	2,05
250	1,3
233,3	0,45
250	-0,46

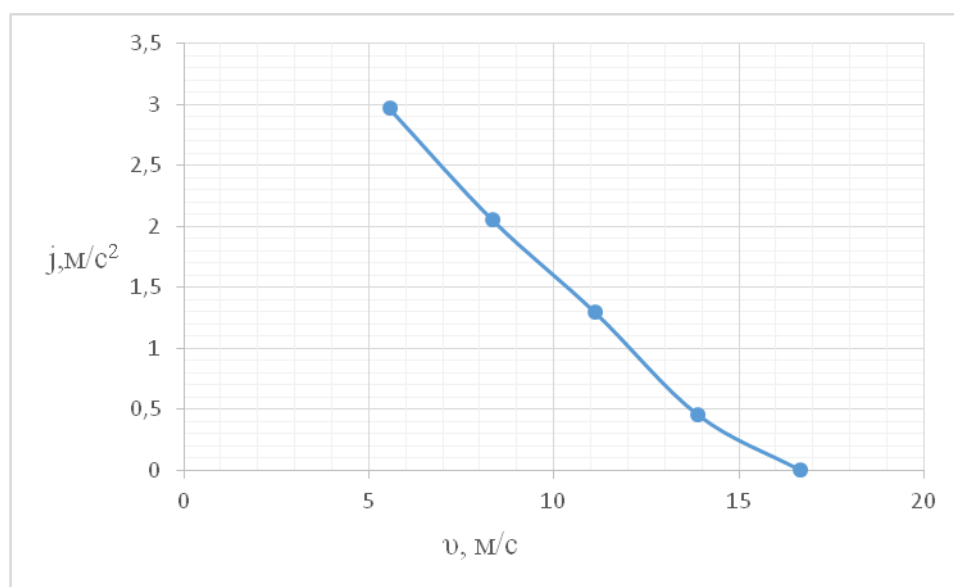


Рисунок 2.4 – Ускорения электромотоцикла.

Далее находим значения всех обратных ускорений ($1/j$) и выносим их в таблицу 2.6. «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 2.6 – Значения обратных ускорений.

ω_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, с ² /м
--------------------	--

190,9	0,34
250	0,48
250	0,77
233,3	2,19
250	-2,15

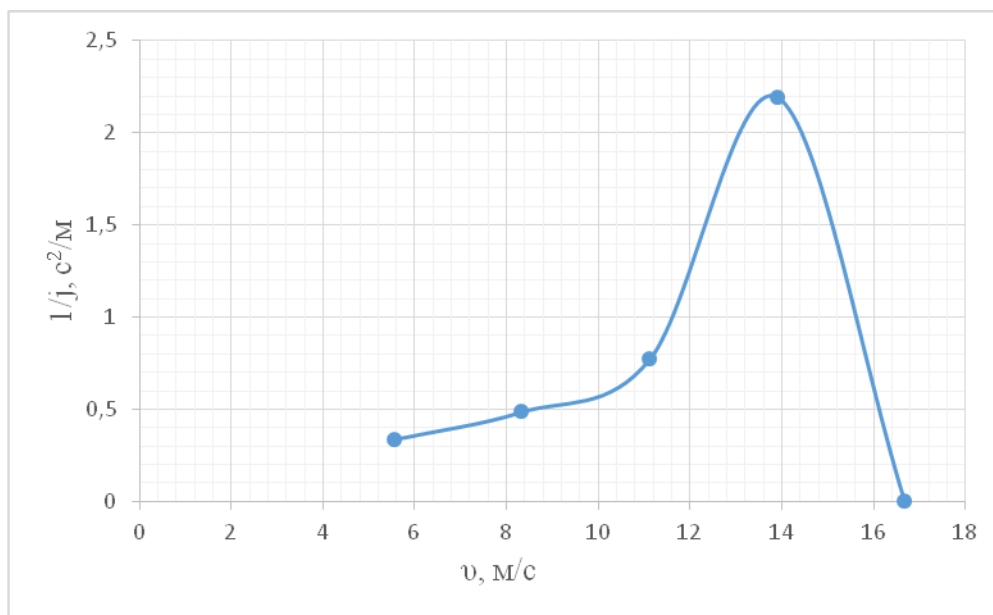


Рисунок 2.5 - Обратные ускорения автомобиля.

2.2.6 Время и путь разгона

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

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

«Для использования данного метода, кривую оборотных 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]

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

где: k – порядковый номер интервала.

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

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

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

«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 2.7

Таблица 2.7 – Значения скорости и времени

u_a , м/с	t, с
5,56	0,93
8,33	2
11,11	3,8
13,89	7,9
16,67	10

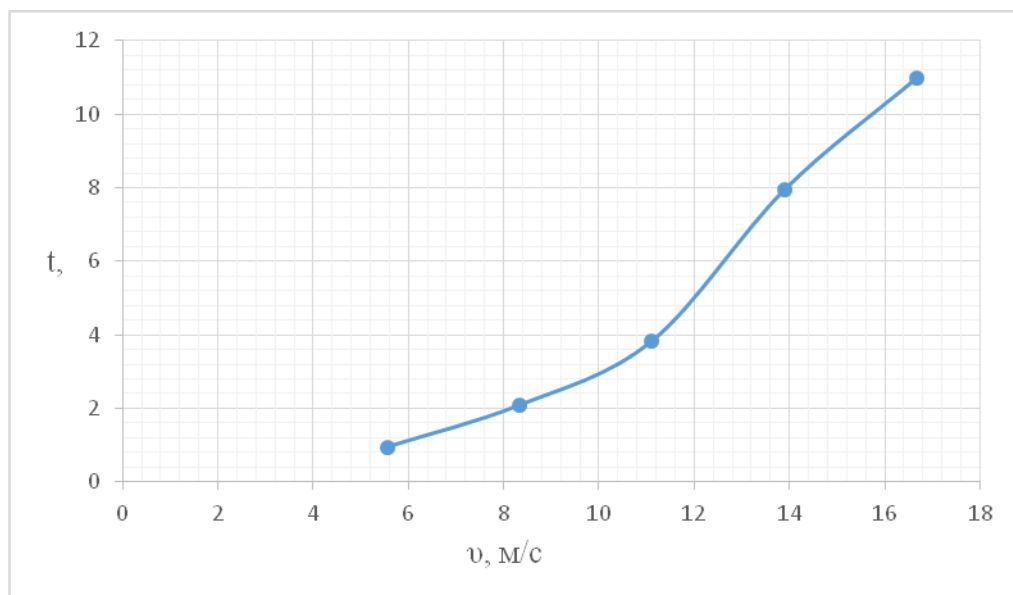


Рисунок 2.6 – Время разгона электромотоцикла.

«Схожим образом выполняется 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 Δt_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] :

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k , \quad (17)$$

«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 2.8.

Таблица 2.8 – Значения скорости и пути

$v_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
5,56	2,6
8,33	10
11,11	27,5
13,89	78,7
16,67	110,8

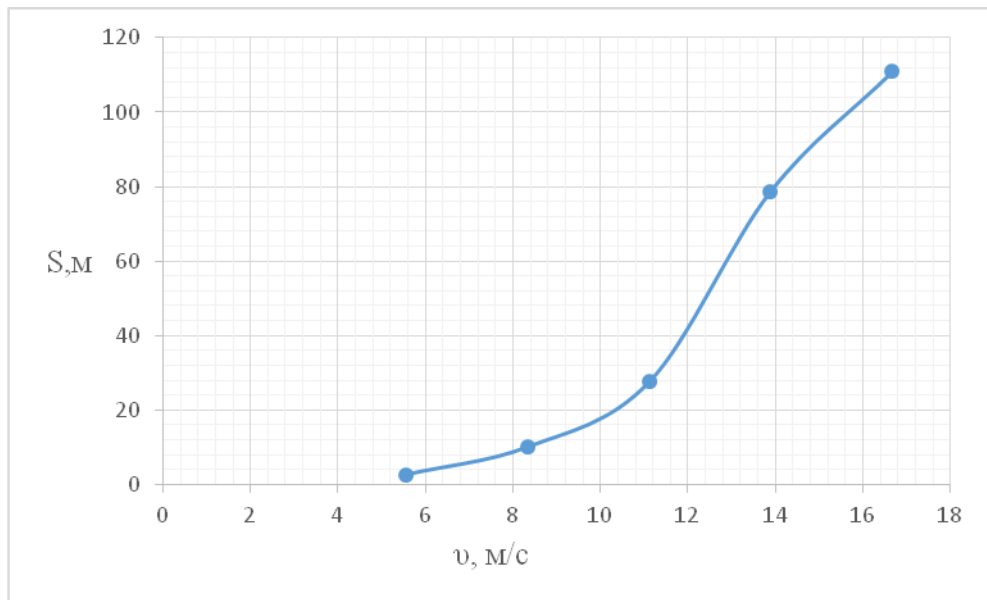


Рисунок 2.7 – Путь разгона мотоцикла.

2.2.7 Баланс мощности электромотоцикла

Уравнение баланса мощности:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_d, \quad (18)$$

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

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

$N_{тр}$ – «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]

Таблица 2.9 - Результаты мощностного баланса

ω_e	190,9	250	250	233,3	250
$N, \text{кВт}$	10,500	10	7	3,5	0,25
V	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67
$N_T, \text{кВт}$	5,43	5,9	5,5	3,7	2,96
$N_B, \text{кВт}$	0,072	0,243	0,576	1,125	1,946
$N_D, \text{кВт}$	0,224	0,342	0,468	0,605	0,754

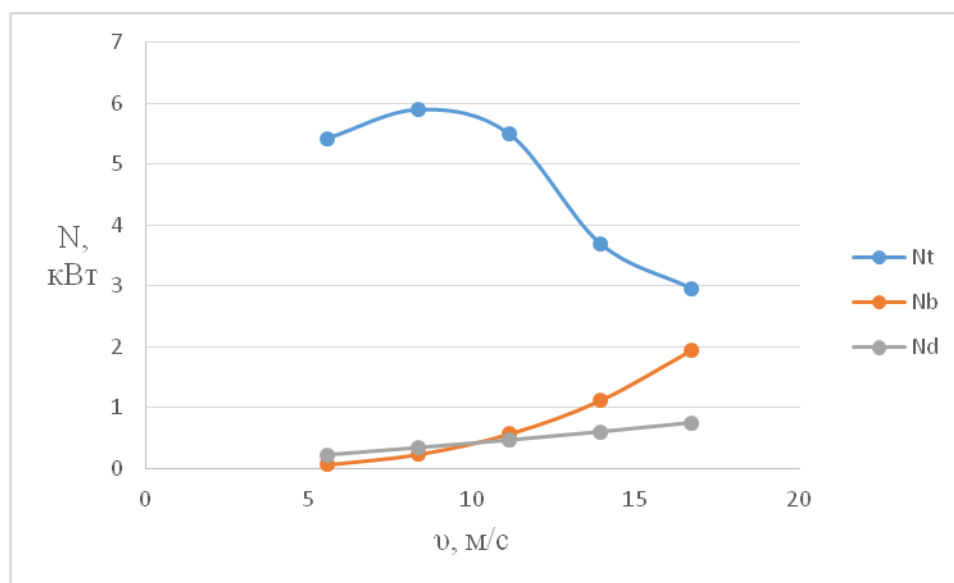


Рисунок 2.8 Мощностной баланс электромотоцикла.

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 подобия 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. 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. Крепится амортизатор – посередине, к центру основания маятника, поэтому поршень амортизатора будет проходить много меньшее расстояние.

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



Рисунок 2.9 – 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 $F=400\text{ Н}$.

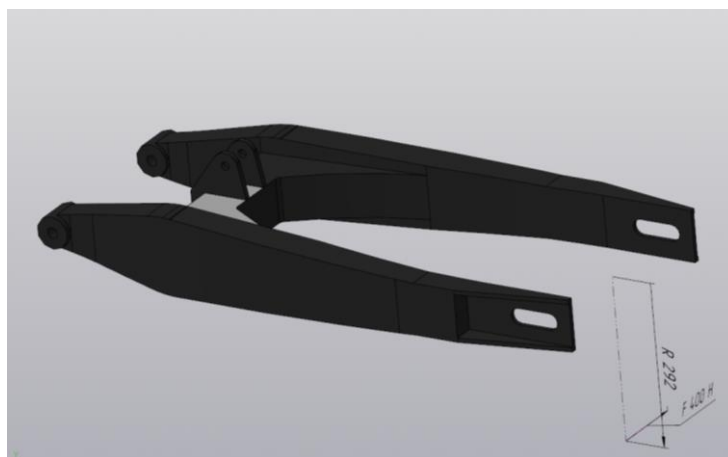


Рисунок 2.10 – Схема нагружения маятника

«Максимальное напряжение составило 184,1 МПа, не превышает предел текучести 245 МПа.»[10]

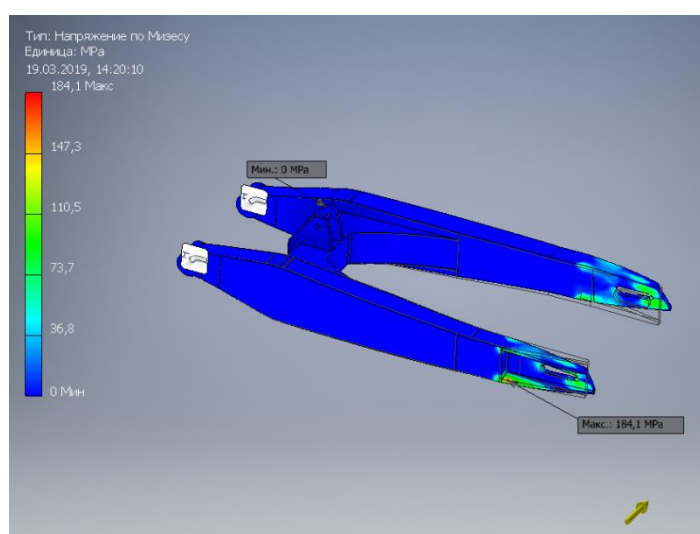


Рисунок 2.11 – Максимальное и минимальное напряжение по Мизесу

«Максимальное смещение составляет 0,37 мм.»[11]

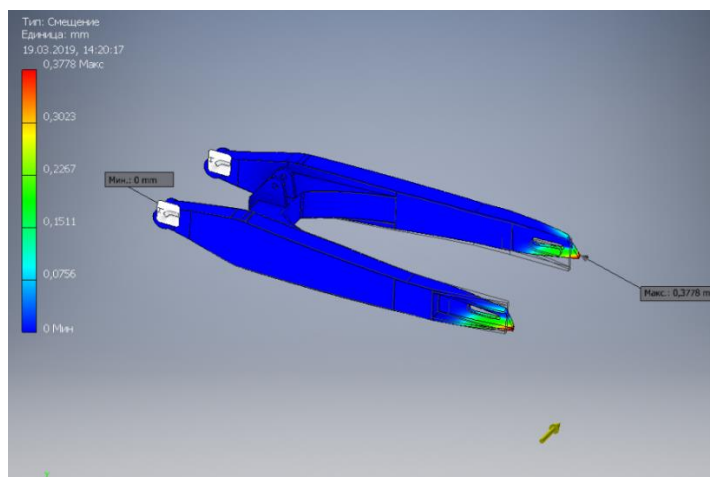


Рисунок 2.12 – Максимальное и минимальное смещение

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

«На рисунке 3.13 изображены положения максимального и нормального положения амортизатора. В мотоцикле используется амортизатор TTR-125 (L-315mm, d=10mm). Ход амортизатора 80 мм.»[12]

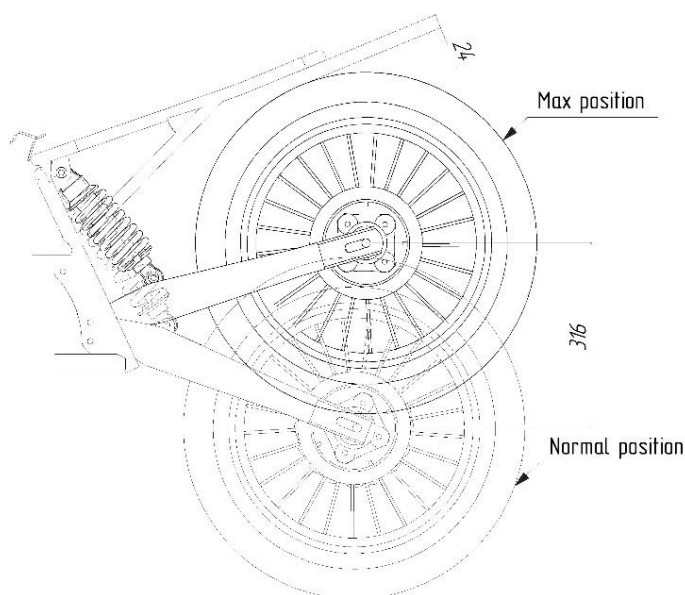


Рисунок 2.13 – максимальный и нормальный ход задней подвески

Также используются заимствованные перья переднего амортизатора от питбайка Irbis TTR 125, длина которых равна - 750мм. Диаметр и длина пера - 48мм.

При нагружении передней вилки мы произвели моделицию двух ситуаций, первый случай производит полную имитацию удара в бордюр, второй случай полностью показывает боковой удар при приземлении на боковины колес. Схема нагружения приведена ниже.

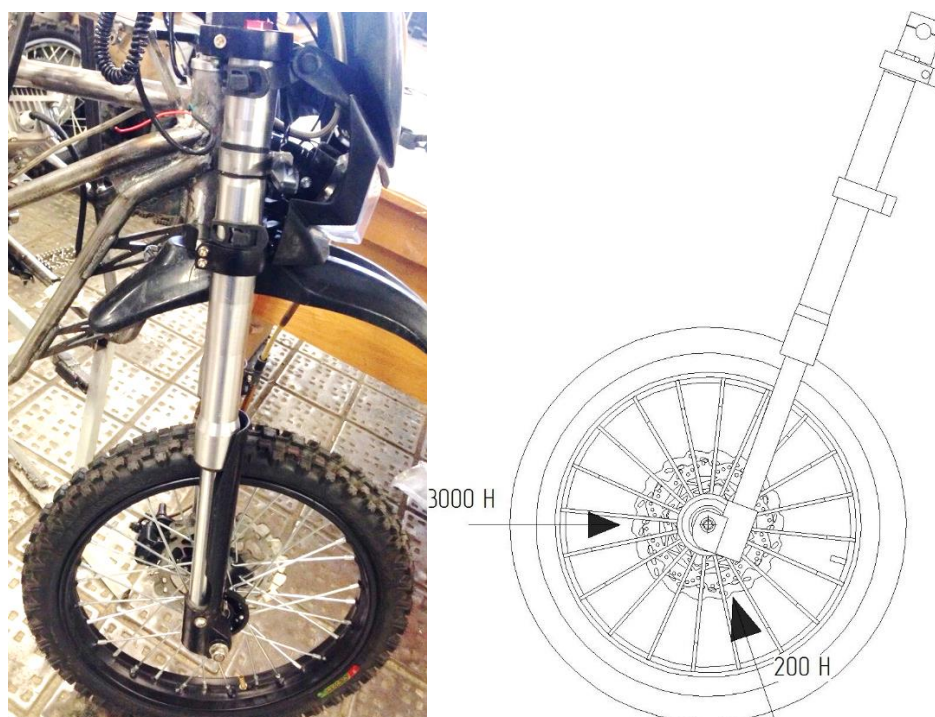


Рисунок 2.14 – передняя вилка электромотоцикла и схема нагружения

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

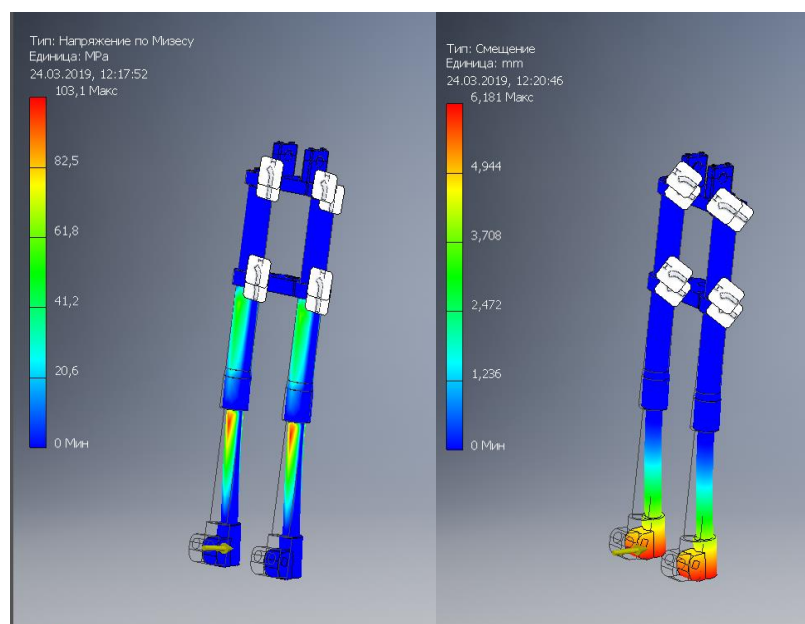


Рисунок 2.15 – Результаты нагружения. Напряжение по Мизесу и смещение

«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 $x = 5,97 \text{ mm}$, по $y = 3 \text{ mm}$, $z = 0,046 \text{ mm}$.»[5]

Вторая имитация показывает ситуацию, когда мотоцикл неправильно исполненного прыжка заземляется на повернутое колесо. Сила нагружения составляет – 200 Н.

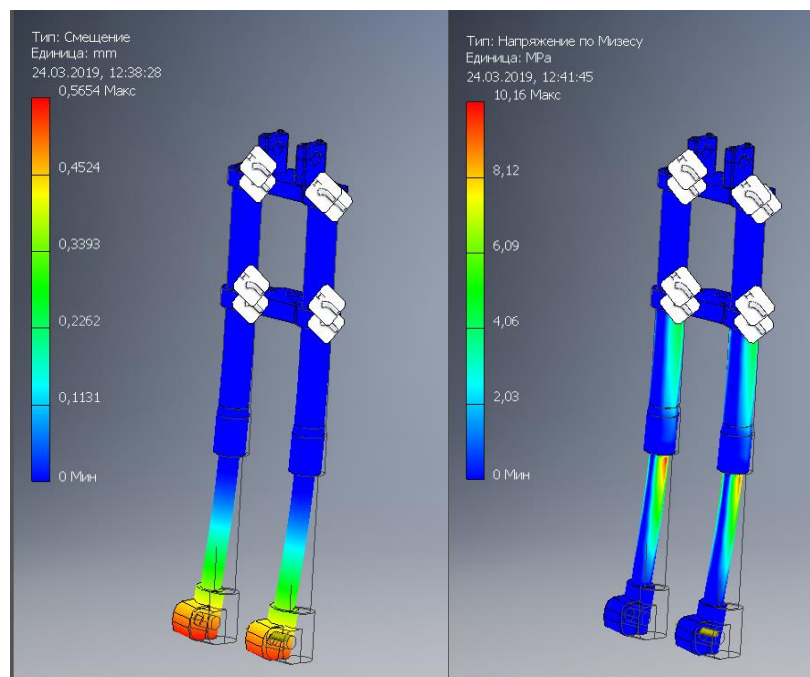


Рисунок 2.16 – Результаты нагружения. Смещение и напряжение по Мизесу

«Максимальное смещение происходит по оси $z = 0,56 \text{ mm}$; и не значительные смещения по оси $x = 0,069 \text{ mm}$, $y = 0,054$.»[5]

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

«На рисунке 3.17 показан максимальный и нормальный ход передней подвески (ход передней вилки 100мм)»[5]

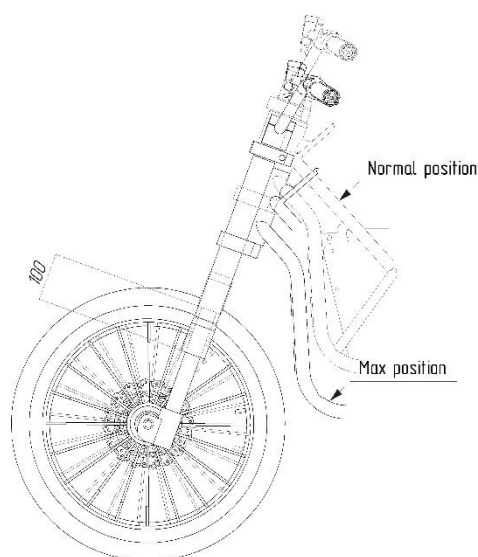


Рисунок 2.17 – максимальный и нормальный ход подвески

На изображении 2.18 показаны граничные и нормальное положение руля. Граничный угол поворота руля – 45 градусов в одну сторону.

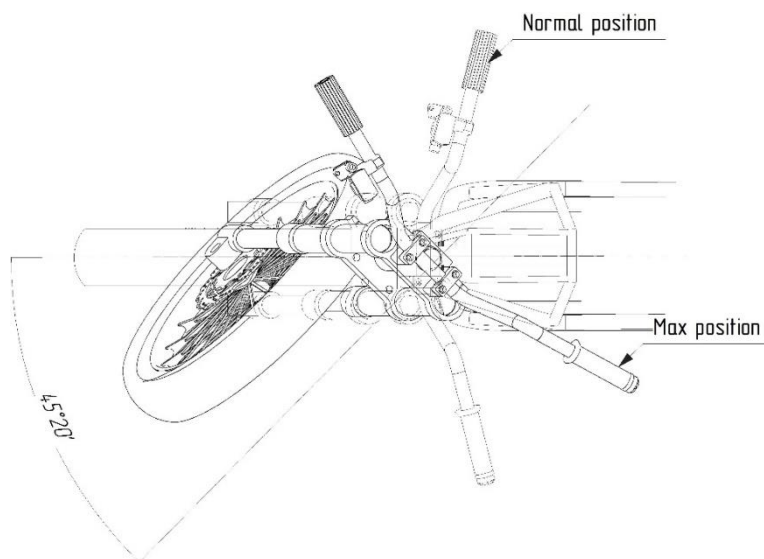


Рисунок 2.18 – максимальный и нормальный ход подвески

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. Колесная база является явным примером стандартного или же базового расстояния, ограничений по колёсной базе в регламенте нет. Чем больше будет колесная база мотоцикла, тем менее маневренным будет сам процесс его пилотирования. Колесная база нашего мотоцикла составляет 1237 мм, это расстояние доставляет необходимую манёвренность в условии 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]

$$R = \frac{c}{L+c} * 100\%, \quad (19)$$

где c- вылет; L- колесная база.

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

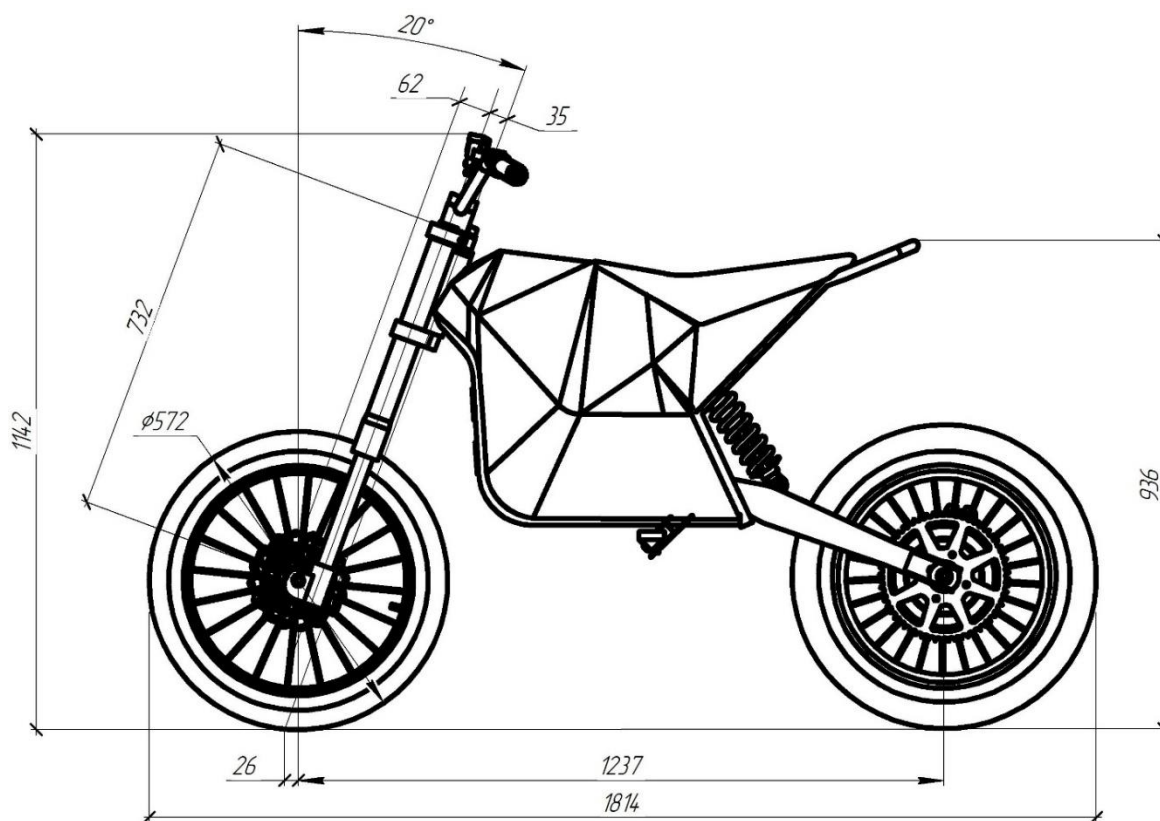


Рисунок 2.19 – Общий вид электромотоцикла

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.

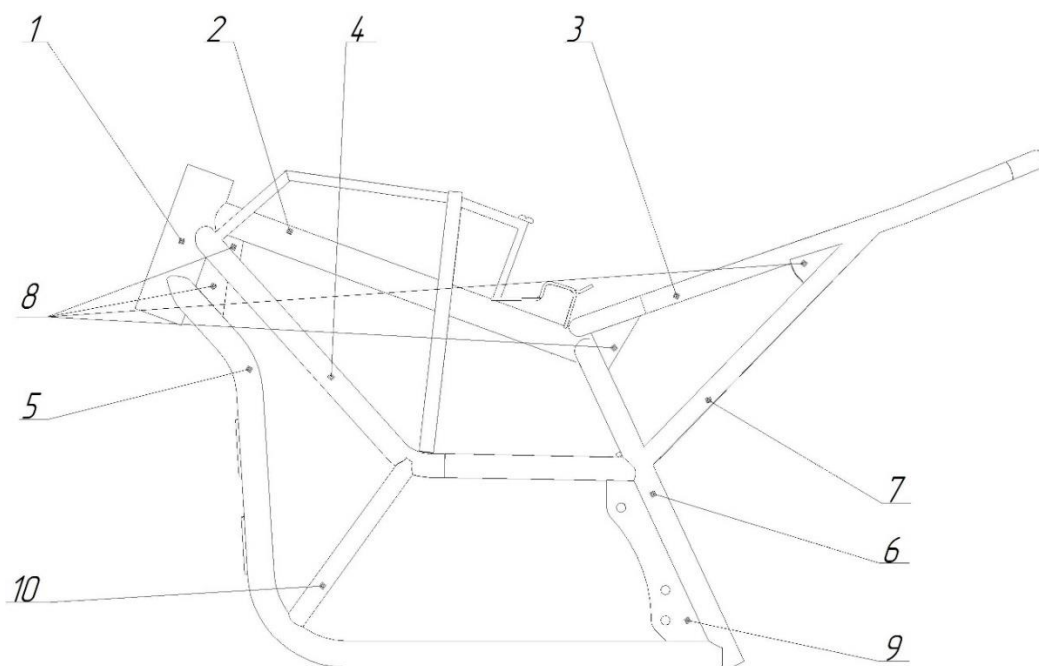


Рисунок 2.20 - Рама электробайка

В таблице 3.1 представленная спецификация труб рамы электромотоцикла.

Таблица 3.1 - Спецификация труб электробайка

	Наименование	Используемые трубы	Длина(мм)	Кол-во
1	Рулевой стакан	52 x 3	162	1
2	«Хребет» рамы	32 x 2,5	410	1
3	Труба сидения	20 x 1,8	1180	1
4	Верхняя диагональная распорка	25 x 2,5	584	2
5	Нижняя диагональная распорка	25 x 2,5	845	2
6	Распорка двигателя и маятника	25 x 2,5	850	1
7	Поддержка труб сидения	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 переднее колесо при скорости в 54 км/ч. Сила нагружения равна 3 кН»[18]

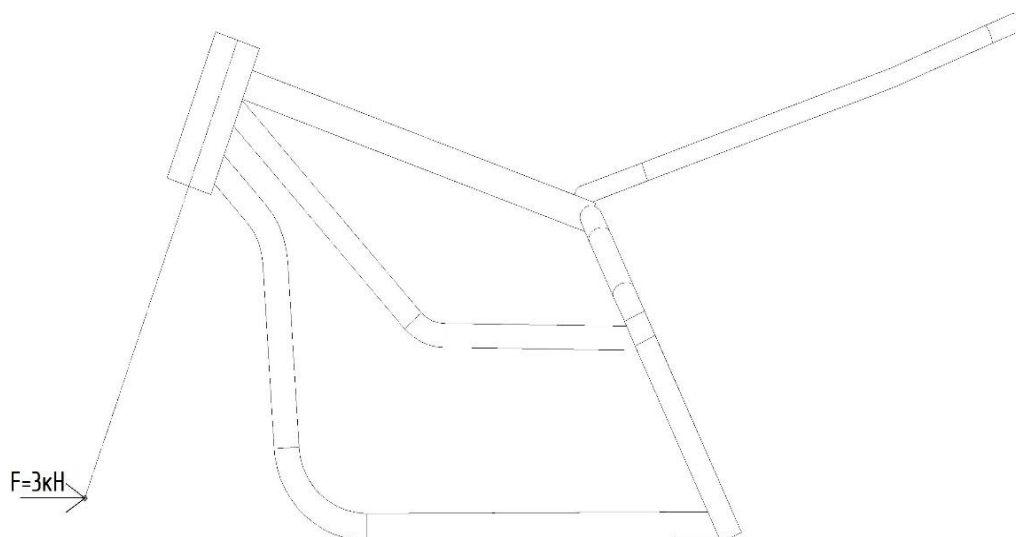


Рисунок 2.21 – Схема нагружения

«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]

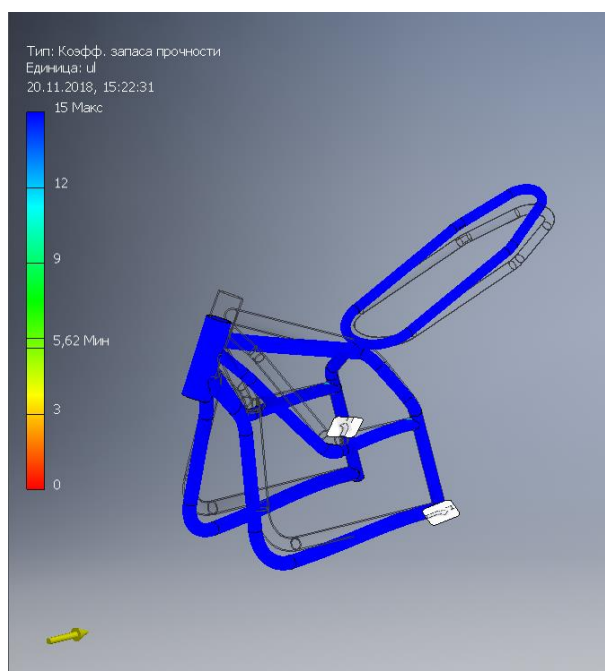


Рисунок 2.22 - Коэффициент запаса прочности

«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]

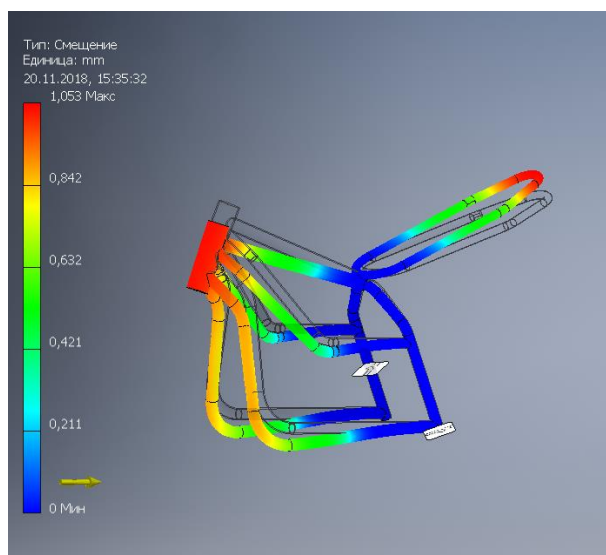


Рисунок 2.23 - Смещение (мм)

«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]

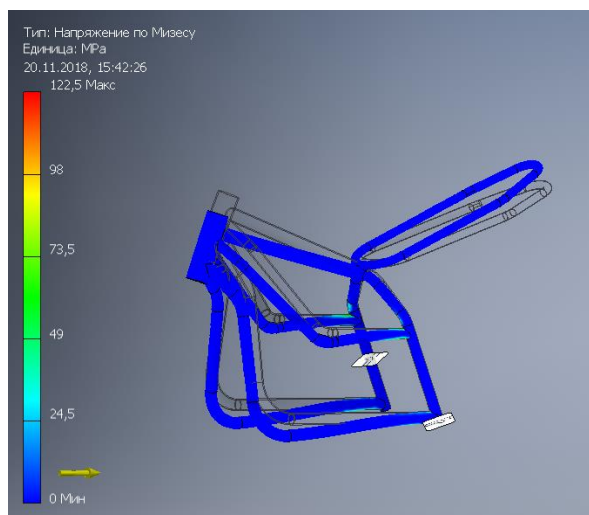


Рисунок 2.24 - Напряжение по Мизесу (МПа)

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]

«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]

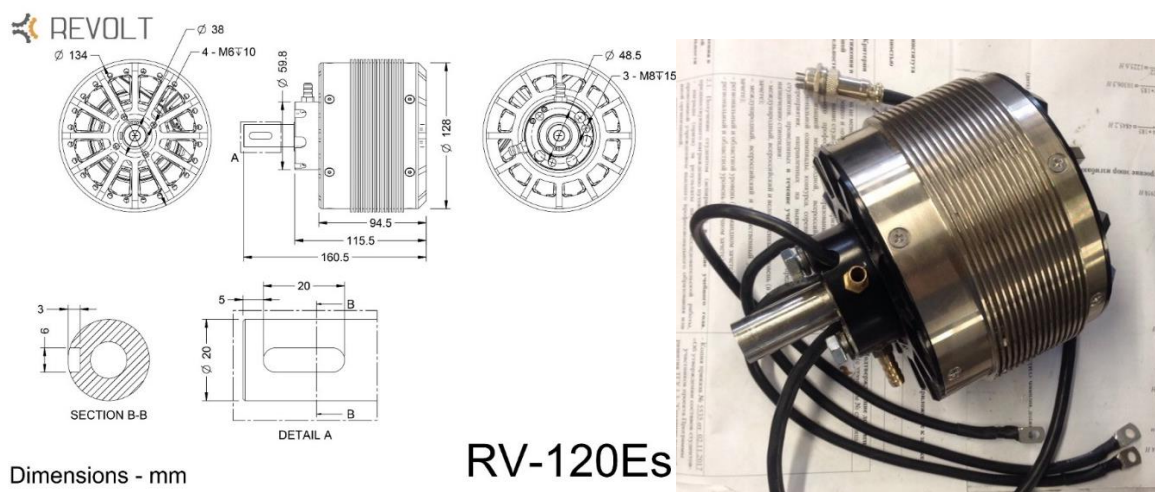


Рисунок 2.25 – Электродвигатель RV-120Es

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. «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]

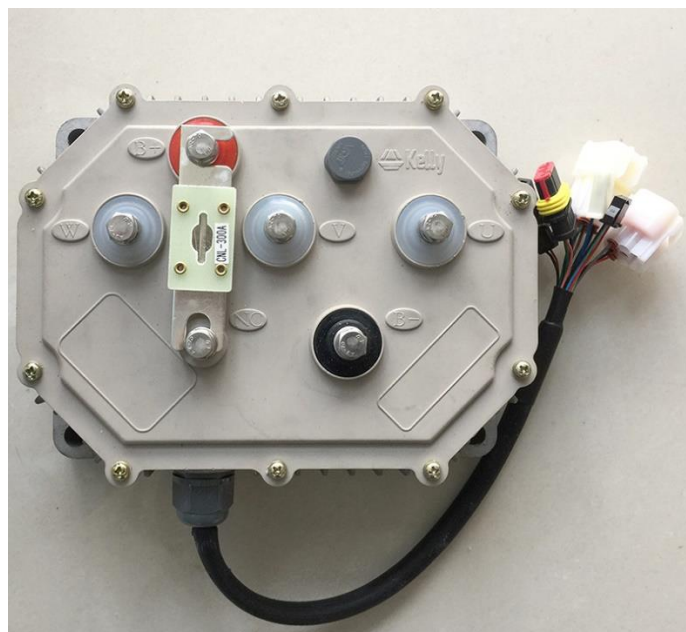


Рисунок 2.26 – Контроллер двигателя KLS7245H,24V-72V,350A

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.

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.

По нашим подсчетам мотоцикл тратит 1,6 часа на 100 км. По формуле (20) определим, сколько энергии нужно затратить на заданный путь.

$$E = t * W = 1,6 * 1,5 = 2,4 \text{ кВт*ч} \quad (20)$$

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 (21) определим потребляемый ток для одной ячейки.

$$E = C * U = 2,9 * 3,7 = 10,73 \text{ Вт*ч.} \quad (21)$$

где C – электроемкость батареи; U – напряжение батареи.

Типовой размер 18650 означает диаметр 18 мм и длину 65 мм. Это самые распространённые емкостные элементы на рынке. Сфера их использования – всевозможные технические устройства имеющие электропитание.

«Количество нужных ячеек для аккумулятора считаем по формуле (22):

$$\text{Кол-во} = \frac{E_{\text{необх}}}{E_{\text{од.батарейки}}} = \frac{2400}{10,73} = \sim 223 \text{ ячейки} \quad (22)$$

где $E_{\text{необх}}$ - необходимое количество электроэнергии; $E_{\text{од.батарейки}}$ - электроэнергия необходимая для одной батарейки.»[19]

«Ёмкость аккумулятора определяется по формуле (23):»[19]

$$C = C_{\text{батарейки}} * \text{Кол-во групп} = 2,9 \text{ (А*ч)} * 233 \text{ ячейки} = 675,7 \text{ А*ч,} \quad (23)$$

где $C_{\text{батарейки}}$ – электроемкость 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 24):

$$\text{Кол-во} = U_{\text{нуж}} / U_{\text{бат}} = 48 / 3,7 = 13 \text{ групп,} \quad (24)$$

где $U_{\text{нуж}}$ – необходимое кол-во напряжения; $U_{\text{бат}}$ - напряжение батарейки.»[16]

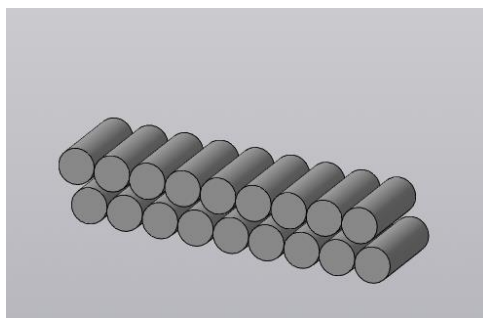


Рисунок 2.27 – 3D модель группы из 18 ячеек

Число ячеек, составляющих одну группу определяется как разность всего числа ячеек нужных для аккумулятора на число групп, находится по формуле (25):

$$\begin{aligned} \text{Кол-во} &= \text{Кол-во ячеек} / \text{Кол-во групп} \\ &= 233 / 13 = 18. \end{aligned} \quad (25)$$

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 пласти для изоляции блоков батарей аккумулятора.

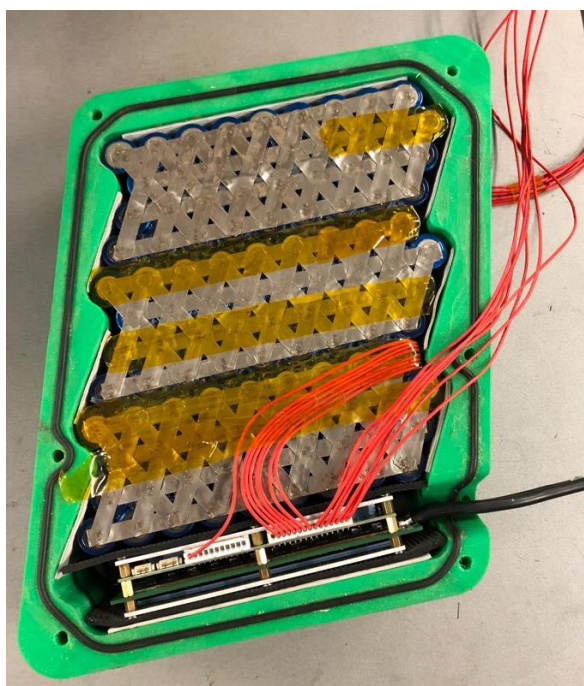


Рисунок 2.28 – Сборка одной половинки аккумулятора

Съем аккумулятора происходит путем извлечения крепящих шпилек внизу рамы. С одной стороны шпильки заводскими наконечниками, в то время как с обратной стороны установлены специальные шплинты, 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 грамотной работы аккумулятора без сбоев и ошибок необходим контроллер, который умеет уравнивать заряд в каждой ячейке аккумулятора. В электро-мотоцикле нашего производства используется 8-24 cells smart BMS. Данный контроллер может выравнять 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.

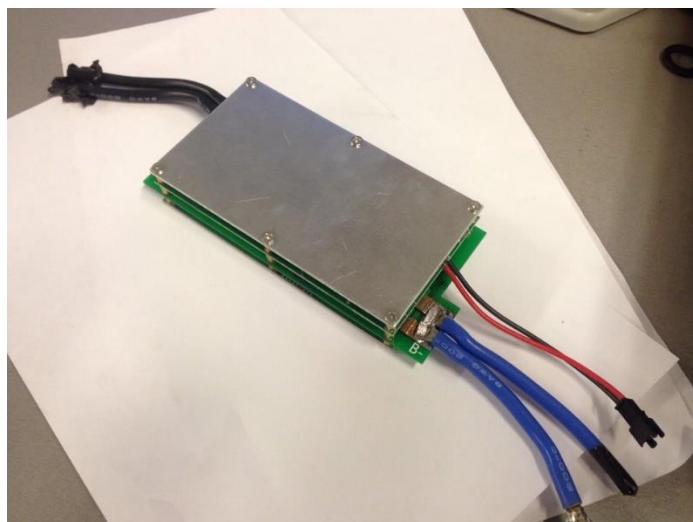


Рисунок 2.29 – Контроллер аккумулятора 8-24 cells smart BMS

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 2.30 – 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 2.31 – Посадочное место электро-мотоцикла

2.6 Оптимизация конструкции рамы

Завершив основную часть анализа прочности, по рисунку 2.20 можно заметить, что нами было принято решение о добавлении распорки сидения (7), распорки диагональных труб (10), и для успешного усиления переднего крепления цилиндрического стакана были добавлены дополнительные конструкционные усиления «косынки» (8), 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. 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]

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

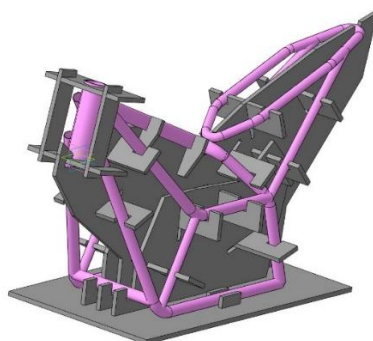


Рисунок 3.1 – 3D – модель стапеля

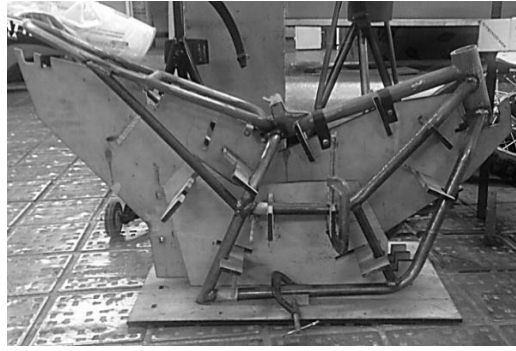


Рисунок 3.2 – сборка стапеля с рамой.

«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 многогранной конструкции, малогабаритности и простоте хранения его в помещениях с различными температурами

»[19]

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

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.

Для простейшего производства электро-мотоцикла на предприятии необходимы: Специалист по свариванию металла, Слесарь, Сборщик и Электромонтажник.

Специалист по свариванию металла

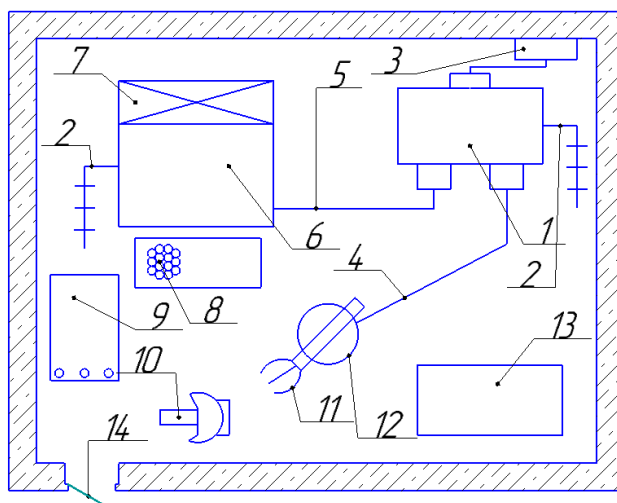
Таблица 5.1 – Идентификация ОВПФ сварщика

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
1	2	3	4
Специалист по свариванию металла	Сварка встык Прихватывание	Сварочное оборудование, источник сварного тока, Необходимый инструмент.	Физические, механизмы, изделия. Острые кромки; - Повышенная концентрация пыли и газов; - Критические температуры. Различные виды излучений, Вспышки яркого цвета сварочной дуги поверхностей;

			<ul style="list-style-type: none"> - Зашумленность; - Влияние тока; - искры, брызги расплавленного металла; - физические нагрузки. <p>Воздействие переменных полей и ионизирующих излучений.</p>
			<p><u>Химические</u>:- сварочные и другие аэрозоли, газы</p>

«Локальными нормативными актами для данного рабочего 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]

Организация рабочего места сварщика представлена на рисунке 5.1:



«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 5.1 – 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]

Сборщик

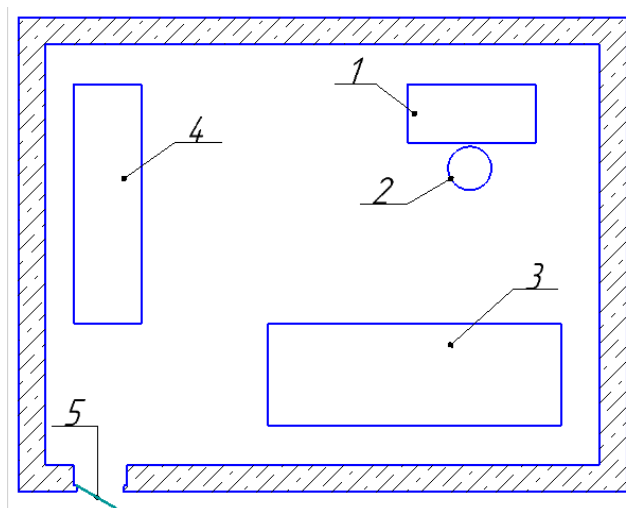
Таблица 5.2– Идентификация ОВПФ сборщика

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Сборщик	Сборка конструкции относительно	- верстак- ручной инструмент (зубило, молоток),	<u>Физические:</u> - движущие машины, механизмы, изделия, части

	чертежей и моделей	- измерительные инструменты (линейка, рулетка, треугольник).	разрушившегося изделия, конструкции; -острые кромки; - повышенный уровень шума; - физические перегрузки
--	--------------------	--	--

«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]

Организация рабочего места сборщика представлена на рисунке 5.2



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

Рисунок 5.2 – 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]

Слесарь

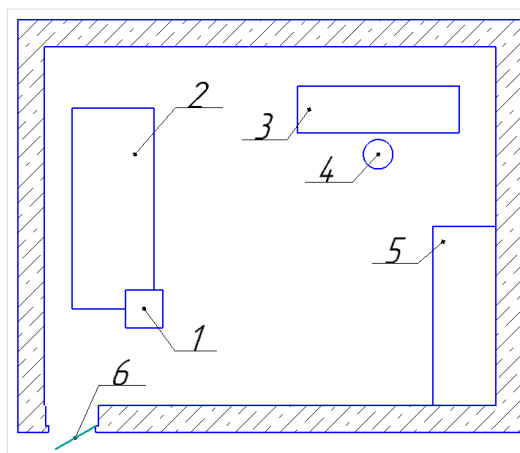
Таблица 5.3– Идентификация ОВПФ слесаря

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
1	2	3	4
Слесарь	Подготовка труб согласно чертежам	- Верстак или стол с упорами, - Инструмент необходимой для грубой ручной работы - слесарные тиски- измерительные инструменты (линейка, штанген-циркуль).	<u>Физические:</u> - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции. -острые кромки; - повышенный уровень шума; - физические перегрузки; - локальная вибрация.

«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 5.3:»[24]



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

Рисунок 5.3 – 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]

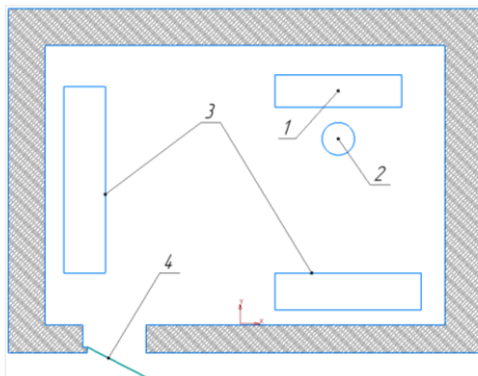
Таблица 5.4 – Идентификация ОВПФ электротехник

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.	<u>Физические:</u> - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции; -острые кромки; - электромагнитные излучения. <u>Химические:</u> - вредных химических веществ.

«Локальными нормативными актами для данного рабочего 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.»[25]

На рисунке 5.4 изображено место работы электротехника.



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

Рисунок 5.4 – Организация рабочего места электротехника

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены различные требования регламента соревнований Smart Moto Challenge. 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 форм-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 надежности различных конструкций. Была произведена подборка различных эелктро 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 многообразие 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 многократное 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. Smart Moto Challenge Rules 2020 [Электронный ресурс]//
2. URL:http://www.smartmotochallenge.org/images/bsmc/motosport/rules/BS_MC_2020_RULES.pdf
3. Revolt [Электронный ресурс] // URL: <http://www.revolt.org.il/rv-120-model/rv-120-regular/>
4. 8-24 cells smart BMS system [Электронный ресурс] // URL: <https://www.lithiumbatterypcb.com/product/7s-8s-10s-li-ion-or-lifepo4-battery-smart-bluetooth-bms/>
5. KLS7245H,24V-72V,350A,Sealed Sinusoidal Wave BLDC motor controller For 4000W-5000W Hub Motor [Электронный ресурс] // URL: <http://www.qsmotor.com/product/cls7245h24v-72v350asealed-sinusoidal-wave-bldc-motor-controller-for-4000w-5000w-hub-motor>
6. von Mises yield criterion [Электронный ресурс] // URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion
7. 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.
8. Методика расчета передаточного числа трансмиссии электромобиля// URL: <http://www.niiae.ru/articles/metodika.pdf>.
9. Электромобиль своими руками // URL: <https://goldenmotor.ru/electromobil-svoimi-rukami>
- 10.Оснастка технологическая // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оснастка_технологическая
- 11.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.
- 12.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.
- 13.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.
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. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
16. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб.для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
17. 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
18. 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.
19. 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.
20. Технология машиностроения : учеб.пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

21. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
22. Петрова, М.С. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: учеб.пособие. [Текст] / М.С. Петрова – М.: ЭНАС, 2006.-232с.
23. 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.).
24. 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.
25. Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Н. Н. Сергель. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 732 с.
26. Капрора, 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. Капрора. -Тольятти: ТГУ, 2007. –63 с.
27. Оформление документов на технологические процессы обработки резанием: Метод.указания/Сост.МихайловА.В.-Тольятти: ТолПИ, 1993.
28. https://docviewer.yandex.ru/view/140747789/?*=Tr9ZbQDcA%2BP21hMGcZXkltanmRB7InVybCI6InlhLWJyb3dzZXI6Ly80RFQxdVhFUFJySIJYbFVGb2V3cnVHVnVpVjBpZzNIYzU5dVJ5OXFELU11cWNTb1Ixa19ETVZod0p3bGNIRmNCU01tWnp0ZW9iXzZmUzdITINWbk5MZ0lLaGNtUWF0amV4d1lIRV95NWp3UWc4eHFPeTNnVXp1M0NNeDBNdGNXLWJ6WFp5YTAAtUUE1YVFRCtR1S01xZ1E9PT9zaWduPUptemRjaFZnWUoxUHZrbkJxY111d0F4dFNpTTg0Z3FFVkdQOUZXQjdodHc9IiwidGI0bGUiOiLQINC40L%2FQu9C%2B0Lwg0J7Qu9C10YHRjy5kb2N4Iiwibm9pZnJhbWUiOmZhbHNILCJ1aWQiOiIxNDA3NDc3ODkiLCJ0cyI6MTU5Mjg4

ODg0NzA1OCwieXUiOiI3NzEzMzU3OTAxNTY4OTgxMTI1In0%3D

Шерстобитова О.О.

Приложение А

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед, кг	Приме- чание																																																																																						
		<u>Детали</u>																																																																																									
1	20.БР.ПЭА.263.03.001	Основная центральная пластина	1																																																																																								
2	20.БР.ПЭА.263.03.002	Вспомогательная центральная пластина	2																																																																																								
3	20.БР.ПЭА.263.03.003	Основание стула	1																																																																																								
4	20.БР.ПЭА.263.03.004	Направляющие пластины основания рамы	2																																																																																								
5	20.БР.ПЭА.263.03.005	Основная пластина крепления стакана рамы	2																																																																																								
6	20.БР.ПЭА.263.03.006	Верхняя направляющая стакана рамы	1																																																																																								
7	20.БР.ПЭА.263.03.007	Нижняя направляющая стакана рамы	1																																																																																								
8	20.БР.ПЭА.263.03.008	Распорка стула	1																																																																																								
9	20.БР.ПЭА.263.03.009	Направляющая верхней диагональной трубы	2																																																																																								
10	20.БР.ПЭА.263.03.010	Дополнительная пластина верхней диагональной трубы	1																																																																																								
11	20.БР.ПЭА.263.03.011	Дополнительная пластина нижней диагональной трубы	1																																																																																								
12	20.БР.ПЭА.263.03.012	Направляющая задней распорки рамы	1																																																																																								
13	20.БР.ПЭА.263.03.013	Направляющая труб сидения	1																																																																																								
14	20.БР.ПЭА.263.03.014	Направляющая пластина распорки диагональных труб	1																																																																																								
15	20.БР.ПЭА.263.03.015	Пластина крепления распорки рамы	1																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Согласовано</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Взам. инв. №</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Подп. и дата</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Колуч.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ док.</td> <td style="text-align: center;">Подп.</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4" rowspan="2" style="text-align: center;"> Проектирование электромотоцикла класса "Smart Moto Challenge" Общая компоновка </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Стадия</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td colspan="4" style="text-align: center; font-size: 1.2em;">ТГУ, ЭТКП-16015</td> </tr> </table>						Согласовано										Взам. инв. №										Подп. и дата										Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					Разраб.						Проектирование электромотоцикла класса "Smart Moto Challenge" Общая компоновка				Проб.						Н.контр.						Стадия	Лист	Листов		Утв.							1	2								ТГУ, ЭТКП-16015			
Согласовано																																																																																											
Взам. инв. №																																																																																											
Подп. и дата																																																																																											
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата																																																																																						
Разраб.						Проектирование электромотоцикла класса "Smart Moto Challenge" Общая компоновка																																																																																					
Проб.																																																																																											
Н.контр.						Стадия	Лист	Листов																																																																																			
Утв.							1	2																																																																																			
						ТГУ, ЭТКП-16015																																																																																					

Копировал

Формат А4

