

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))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции электрического мотоцикла

Обучающийся

А.Э. Шевченко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

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

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

О.А. Головач

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции электрического мотоцикла».

Цель работы – разработка конструкции электрического мотоцикла.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 104 страницы с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены особенности электрических мотоциклов, выполнен обзор электрических мотоциклов, представленных как для свободной продажи, так и перспективные разработки. Ввиду широкого интереса к «зеленым» технологиям, тема представляется интересной и полезной к разработке.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт электрического мотоцикла.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку электрического мотоцикла, конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи и проектные расчеты тормозных механизмов.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого электрического мотоцикла.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The design development of an electric motorcycle».

The graduation work consists of: an introduction, six general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the structure design of the electric motorcycle.

A motorcycle with an electric motor doesn't harm the environment, because it doesn't emit exhaust gases. It works silently, but at the same time it is often not inferior to gasoline motorcycles in dynamics, acceleration and other characteristics. The electric motorcycle doesn't require regular maintenance, fuelling, insurance, and registration costs.

We touch upon the problem of high cost and low availability of the electric motorcycles for a wide range of consumers. The developed design of the electric motorcycle is much cheaper with the similar technical characteristics.

The aim of the work is to develop the design of the electric motorcycle.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the consideration of the electric motorcycles features, the overview of electric motorcycles is available both on the market and in perspective developments; the traction-dynamic calculation of an electric motorcycle; the terms of reference and the proposal for the electric motorcycle development; the design calculations for choosing the controller and battery; the calculation of the brake mechanisms; the determination of the organizational form of the assembly of designed electric motorcycle, its technological process and labor intensity.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
2 Тягово-динамический расчет мотоцикла.....	27
3 Конструкторская часть	36
3.1 Техническое задание на разработку электрического мотоцикла.....	36
3.2 Техническое предложение на разработку электрического мотоцикла .	39
3.3 Подбор электрической батареи	50
3.4 Проектные расчеты тормозных механизмов.....	52
4 Технологический раздел.....	63
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	64
4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического мотоцикла.....	68
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	74
5.1 Характеристика технологического процесса сборки электрического мотоцикла с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	75
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	75
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	77
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	83
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического мотоцикла.....	86
6 Экономическая эффективность проекта.....	89
Заключение	98
Список используемой литературы и используемых источников.....	99
Приложение А. Спецификация.....	104

Введение

Транспорт является фундаментальной потребностью современной жизни, но традиционный двигатель внутреннего сгорания быстро устаревает. Бензиновые или дизельные автомобили сильно загрязняют окружающую среду и быстро заменяются полностью электрическими автомобилями. Полностью электрические автомобили имеют нулевые выбросы выхлопных газов и намного лучше для окружающей среды.

Автомобильная промышленность постоянно развивается, и электромобили стали более популярными, чем когда-либо прежде. Не будет ошибкой сказать, что мы вступаем в новую эру электромобилей. Они дают людям отличный способ сэкономить свои деньги и внести свой вклад в стабильную, здоровую и лучшую окружающую среду.

«Рынок электрических скутеров и мотоциклов оценивался в 2 миллиарда долларов США в 2020 году, и ожидается, что к 2026 году он достигнет 3,5 миллиарда долларов США», – говорится в исследовании Mordor Intelligence. На рынке электрических мотоциклов наблюдается значительный рост из-за повышенного интереса и потребности в устойчивом, экологически чистом транспорте в сочетании с благоприятными инициативами правительства. Поскольку цены на топливо и энергию продолжают расти, водители ищут более электрические и энергоэффективные варианты.

Крупные производители мотоциклов обратили внимание на эту тенденцию. Там, где в прошлом электрические мотоциклы активно использовались небольшими стартапами, производители обычных мотоциклов теперь выпускают собственные электрические велосипеды. Мотоцикл Harley Davidson LiveWire является первым электрическим предложением этого легендарного производителя и может стать признаком того, что его ждет еще больше. Этот новый электрический мотоцикл получил высокую оценку и энтузиазм гонщиков по всему миру. Другие гиганты

автомобилестроения, такие как BMW и Honda, также объявили о планах выйти на рынок электрических мотоциклов.

Этот недавний всплеск продаж и производства электрических мотоциклов является хорошим знаком для будущего устойчивого транспорта. Автомобильные компании осваивают то, что раньше было нишевым рынком, который существовал с самого начала производства мотоциклов, и потребители стремятся покупать.

Существуют электрические версии каждого транспортного средства, от мотоциклов и скутеров до легковых автомобилей, грузовиков и внедорожников. Electra Meccanica даже предлагает уникальный взгляд на электромобили с их электрическим трайком SOLO. Некоторые из ведущих производителей электрических мотоциклов сегодня включают Energica Motor Company, Lightning Motorcycle и Zero Motorcycles.

Таким образом, выбранная тема дипломного проекта представляется интересной для разработки, в виду возможности разработки конструкции электрического мотоцикла доступного для широкого круга населения.

1 Состояние вопроса

«В первые годы, последовавшие сразу за изобретением мотоцикла, появилось огромное количество небольших компаний и стартапов, которые одновременно пытались продвинуться на развивающемся рынке двухколесных транспортных средств. Спустя более чем сто лет история повторяется, поскольку сектор электромобилей быстро расширяется, создавая электрическую революцию. Поскольку производственные затраты, наконец то, начали снижаться, так как производительность и ассортимент значительно улучшились, рынок в последнее время стал свидетелем все более впечатляющего набора производственных моделей во множестве жанров и стилей» [28].

«Когда электромобили впервые появились на рынке, они все еще были новинками, и их главным преимуществом, несомненно, была их более экологичная природа. Однако с течением времени как электрические автомобили, так и электрические мотоциклы испытали на себе огромные технологические и механические скачки. В конечном итоге это привело к появлению электрических мотоциклов, которые могут похвастаться характеристиками, которые находятся на одном уровне, если не объективно превосходят их аналоги с бензиновым двигателем, а также характерными чертами, которые уникальны для сегмента байков с батареями» [27].

Ниже рассмотрим некоторые факторы и особенности электрических мотоциклов.

«Нулевые выбросы. Хотя производительность и автономность значительно улучшились, электрические мотоциклы по-прежнему лишены выбросов, и как таковые являются гораздо более устойчивой и экологически чистой альтернативой.

Отсутствие шума. Помимо отсутствия выхлопных газов, электромотоциклы лишены и звука. Только тихое жужжание электродвигателя и звука колес, катящихся по асфальту, что резко

контрастирует с ревом бензиновых двигателей, которыми оснащено большинство мотоциклов.

Выходная мощность. Наиболее отличительным и уникальным аспектом, который отличает электрические мотоциклы от традиционных моделей с ДВС, является подача мощности. В отличие от мотоциклов с бензиновым двигателем, которые развивают максимальный крутящий момент и мощность в определенный момент диапазона оборотов, электрические мотоциклы мгновенно вырабатывают 100% своего крутящего момента, превосходя даже самые высокопроизводительные супербайки с бензиновым двигателем» [28].

«Уникальный дизайн. Без необходимости следовать элементам дизайна традиционных мотоциклов, которые продиктованы необходимостью и наличием бензобака и двигателя внутреннего сгорания, конструкторы электрических мотоциклов получают значительно больше свободы при создании электрических байков. Таким образом, электрические мотоциклы могут похвастаться заметно более самобытным и уникальным дизайном и стилем.

Автоматическая коробка передач. Несмотря на то, что число моделей растет, львиная доля серийных мотоциклов с бензиновым двигателем оснащается механической коробкой передач. Электрические мотоциклы, как и большинство скутеров, имеют автоматические трансмиссии, которые не требуют от водителя задействовать сцепление и переключать передачи, что по общему признанию, одна из самых сложных и устрашающих частей первого обучения езде. Это в конечном итоге делает электрические мотоциклы более доступными и удобными для новичков.

Производительность. Помимо большого крутящего момента, электромотоциклы быстро ускоряются и имеют тенденцию к низкому центру тяжести (обычно из-за размещения батареи). Существуют электрические мотоциклы, способные преодолеть барьер в 320 км/ч, хотя большинство

электрических мотоциклов жертвуют максимальной скоростью в пользу ускорения» [26].

«Технологии и возможности подключения. В электрических мотоциклах используются современные двигатели и ультрасовременные аккумуляторы с невероятно впечатляющей плотностью энергии. Возможность подключения к приложениям для смартфонов для мониторинга уровня заряда батареи или местоположения GPS или загрузки обновлений прошивки по беспроводной сети. Электродвигатели можно настраивать не только на несколько режимов мощности через приложение или на самом байке. Бортовая диагностика транспортных средств, цифровое геозонирование и автоматическая регистрация данных также начали становиться все более распространенными.

Техническое обслуживание. Электрические мотоциклы требуют значительно меньшего обслуживания и ремонта ДВС и коробки передач. Есть некоторые факторы обслуживания, такие как работа с тормозной жидкостью и шинами, которые все равно придется делать, но в целом владение электробайком значительно менее трудоемко, чем обслуживание бензинового мотоцикла» [5].

«Масса. Аккумуляторы на электромотоциклах быстро развивались, становясь все более мощными и компактными, хотя, к сожалению, они все еще весят довольно много, составляя значительную часть от общей снаряженной массы мототехники. И хотя этот вес обычно расположен довольно низко, он, тем не менее, заметен и заслуживает внимательного изучения при просмотре спецификации данной модели.

Цена. Электрические мотоциклы быстро становятся все более доступными, хотя, по общему признанию, они все еще дороже, чем модели ДВС» [10].

Существует множество моделей премиум-класса с высокими характеристиками, которые, имеют более высокую рекомендованную производителем розничную цену.

«Запас хода. Как и в случае с электромобилями, запас хода – одна из наиболее часто рассматриваемых характеристик. И хотя беспокойство по поводу дальности пробега когда-то было реальной проблемой, сегодняшние версии могут похвастаться дальностью поездки до нескольких сотен км. Есть также дополнительные аккумуляторные батареи, которые могут еще больше расширить диапазон для некоторых моделей. По мере развития контроллеров и совершенствования алгоритмов, многие модели предлагают возможность получать обновления прошивки, что позволяет мотоциклу развиваться и предлагать все более высокие характеристики и диапазон.

Время зарядки. Требуемое время зарядки не менее важно, чем запас хода аккумулятора электрического мотоцикла. Это еще одна область, в которой за последние годы произошли значительные улучшения, и время полной зарядки теперь обычно составляет всего несколько часов (с использованием быстрого зарядного устройства).

Мощность и производительность. Именно невероятная выходная мощность, которую обеспечивают электрические байки, дает им молниеносный разгон до 100 км/ч, а иногда даже некоторые примечательные максимальные скорости» [28].

«Ходовая часть. Опять же, как и в случае с обычными моторами, байки с электрическим двигателем могут иметь широкий спектр ходовой части – от готовых недорогих предложений до первоклассных гоночных моделей шведского или итальянского производства. Эти факторы напрямую определяют управляемость и прохождение поворотов, а также способность останавливаться, поэтому крайне важно проверять такие детали, как вилка, настройка задней подвески, а также переднее и заднее тормозное оборудование.

Стиль. Несмотря на то, что существуют предложения в стиле ретро, многие из сегодняшних производителей электромотоциклов решили опираться на современную передовую природу своих двухколесных устройств с гладким, футуристическим промышленным дизайном. Дело в

том, что в настоящее время в производстве находится множество различных стилей и жанров электрических мотоциклов, поэтому стоит изучить все доступные варианты, прежде чем покупать» [4].

«Мощный электробайк не для новичков. Без надежной защиты каркаса безопасности и зон деформации, мотоциклы объективно более опасны, чем автомобили, однако мотоциклы имеют несправедливо плохую репутацию как более опасные, чем они есть на самом деле. Причина в том, что слишком многие водители начинают свою карьеру на мотоциклах, которые объективно слишком велики и слишком мощны для их ограниченных навыков и уровня опыта. Учиться водить за рулем мощного автомобиля было бы плохой идеей, и делать то же самое на мотоцикле не менее нецелесообразно – это скажет вам каждый инструктор по обучению мотоциклам. Более крупные и высокопроизводительные электрические мотоциклы – ужасный выбор для начинающих гонщиков, и их следует полностью избегать, если нет нескольких лет опыта езды в седле. Хорошая новость заключается в том, что существуют модели электрических мотоциклов, подходящие для любого уровня подготовки» [7].

Рассмотрим список лучших электрических мотоциклов, которые в настоящее время доступны для покупки или предварительного заказа.

«PURSANG E-TRACKER (рисунок 1) – это недавно возрожденный производитель мотоциклов, который выпускает стильный высокопроизводительный электробайк, который черпает вдохновение у скремблеров. Предлагая более чем достаточную скорость и запас хода для ежедневных поездок на работу, E-Tracker может похвастаться кузовом из углеродного волокна, обтянутым трубчатым шасси и подрамником Chromoly, вилкой 41 мм, дисплеем TFT и возможностью подключения к приложению Bosch, плавающими дисками впереди и на корме, и время зарядки составляет шесть часов» [25].

Технические характеристики: стиль – уличный трекер, мощность 14,75 л.с., крутящий момент 67 Н·м, масса 147 кг, максимальная скорость 120 км/ч, запас хода 140 км, стоимость 9 425 \$.



Рисунок 1 – Электрический мотоцикл PURSANG E-TRACKER

«FUELL FLOW FUELL (рисунок 2) – бренд двухколесной техники от легенды мотоспорта, Эрика Буэлла. Это стартап по производству электротехники, производящий электрические велосипеды и высокопроизводительный электрический мотоцикл, получивший название Fflow. Такой же передовой и инновационный, как и супербайки Buell с V-образным двигателем, Fflow оснащен запатентованным монококовым шасси из магния, в котором размещается литий-ионный аккумулятор 400 В 10 кВт·ч в магниевом корпусе, который можно полностью зарядить всего за 30 минут при использовании (CCS). Fflow приводится в движение запатентованным двигателем на заднем колесе, который позволяет мотоциклу выдавать 750 Н·м крутящего момента» [7].

Технические характеристики: стиль – футуристический, мощность 48 л.с., крутящий момент 750 Н·м, масса 181 кг, разгон до 100 км/ч за 2,7 с, запас хода 240 км, стоимость 10995 \$.



Рисунок 2 – Электрический мотоцикл FUELL FLOW FUELL

«CAKE KALK (рисунок 3) – это результат шведского стартапа Cake, который поставил перед собой цель создать непревзойденный, недорогой, легкий, высокопроизводительный электрический мотоцикл для грязи. После огромного успеха оригинальной модели Cake был побужден выпустить полностью уличную версию, известного как Kalk, который сохраняет впечатляющие характеристики внедорожного Kalk, а также с его набором оборудования и компонентов на верхней полке, включая штампованное, кованое и обработанное на станке с ЧПУ алюминиевое шасси 6061, переднюю и заднюю подвеску премиум-класса Öhlins. а также изготовленные на заказ кованые колеса» [25].

Технические характеристики: стиль – спорт, мощность 13,4 л.с., крутящий момент 252 Н·м, масса 80 кг, максимальная скорость 96 км/ч, запас хода 82 км, стоимость 14000 \$.



Рисунок 3 – Электрический мотоцикл CAKE KALK

«TREVOR DTRE STELLA (рисунок 4), созданный на основе специально разработанной рамы от известных бельгийских производителей кастом-байков Workhorse Speedshop, представляет собой полностью электрический гоночный байк для соревнований по плоской трассе, который мгновенно генерирует крутящий момент на заднее колесо. Также предлагается в дорожном варианте с фарами, индикаторами, держателем пластин и передним тормозом, FTR Stella состоит из некоторых из лучших доступных запчастей, таких как цепь и звездочки AFAM, колеса Haan, обутые в шины Dunlop с плоской гусеницей, подвеска Öhlins, тормоза Beringer и дуги Domino» [25].

Технические характеристики: стиль – трекер, крутящий момент 260 Н·м, масса 80 кг, максимальная скорость 90 км/ч, запас хода 90 км, стоимость 14 495 \$.



Рисунок 4 – Электрический мотоцикл TREVOR DTRE STELLA

«CLEVELAND SPEEDSHOP FALCON BLK (рисунок 5). Проведя десятилетие, создавая индивидуальные байки с малым рабочим объемом, Cleveland CycleWerks выпустила свою первую в мире модель электроцикла Falcon (теперь работающим под маркой Cleveland SpeedShop). Собранный вручную в Кливленде, штат Огайо, Falcon BLK мощностью 4,6 кВт наполнен деталями из обработанных заготовок, включая тройное дерево, задние комплекты и многие корпуса и кронштейны, а также несколькими деталями, напечатанными на 3D-принтере, а также операционной системой Pixu Power, которая позволяет BLK-спес Falcon развивать скорость 136 км в час» [13].

Технические характеристики: стиль – нео-ретро, мощность 17,5 л.с, крутящий момент 40 Н·м, масса 68 кг, максимальная скорость 136 км/ч, запас

хода 250 км с экономичным режимом, 160 км в нормальном режиме, стоимость: 14 995 \$.



Рисунок 5 – Электрический мотоцикл CLEVELAND SPEEDSHOP FALCON BLK

«E-RACER RUGGED EBIKE (рисунок 6) – невероятно износостойкий разведывательный мотоцикл военного уровня, основанный на уже готовой модели FXS от Zero. Байк оснащен нестандартным алюминиевым шасси с квадратным прикладом и интегрированными подъемными крюками для вертолетных спусков, изготовленным по индивидуальному заказу из кевлара и углеродного волокна, покрытого сверхпрочным баллистическим броневым покрытием Line-X. Фары оснащены 12 светодиодными лампочками Eagle Eye по периметру и значками Rugged, ременным приводом Poly Chain HTD Carbon, сиденьем в стиле MX из нейлона и алькантары, напечатанным на 3D-принтере, защитной пластиной и баллистической защитой, подвеска Showa в паре с комплектом AirTender» [8].

Технические характеристики: стиль – электроспорт, мощность 46 л.с., крутящий момент 105 Н·м, масса 136 кг, максимальная скорость 135 км/ч, запас хода 160 км, стоимость 15635 \$.



Рисунок 6 – Электрический мотоцикл E-RACER RUGGED EBIKE

«ТАCTICA T-RACE M T-RACE M (рисунок 7), созданный итальянской фирмой Tactica – это еще один высокопроизводительный электрический мотоцикл, оснащенный 17-дюймовыми колесами, обтянутыми липкой резиной, и более жесткой подвеской, накладки из углеродного волокна и кевлара, может быть оснащен тремя двигателя (11, 27 и 34 кВт). Мотард с питается от литий-полимерной батареи LI-PO мощностью 9 кВт·ч. Молибденовая рама в паре с подвеской Миро и тормозами Brembo спереди и сзади. Одним из самых больших преимуществ этого хулиганского байка является тот факт, что он оснащена механической пятиступенчатой коробкой передач (управляемой через гидравлическое сцепление с главным цилиндром Brembo)» [11].

Технические характеристики: стиль – супермото, мощность до 45,6 л.с., крутящий момент 85 Н·м, масса 167 кг, максимальная скорость 160 км/ч, запас хода 110 км, стоимость: 17 215 \$.



Рисунок 7 – Электрический мотоцикл TACTICA T-RACE M T-RACE M

«Впервые представленный в 2019 года, ZERO SR/F (рисунок 8) стал крупным шагом вперед для бренда Zero с точки зрения производительности и эстетичного дизайна. В основе спортивного голого байка лежит разработанный Zero двигатель ZF75-10 и литий-ионный аккумулятор ZF14.4, которые регулируются через фирменную операционную систему CYRNER III, разработанную калифорнийской компанией. Другие примечательные элементы SR / F включают в себя множество режимов езды, TFT-дисплей, систему стабилизации мотоцикла Bosch и возможность подключения к приложению для смартфона для просмотра показателей производительности, информации о батарее, состояния электробайка и предупреждений, а также беспроводной системы и обновления прошивки» [7].

Технические характеристики: стиль – спорт нейкед, мощность 110 л.с., крутящий момент 190 Н·м, масса 220 кг, максимальная скорость: 200 км/ч, запас хода: 320 км с дополнительным аккумулятором, 260 км без), стоимость: 18 995 \$.



Рисунок 8 – Электрический мотоцикл ZERO SR/F

«DAMON HYPERSPORT SX (рисунок 9) Вместо того, чтобы сосредоточиться на разработке трансмиссии, стартап на базе VC, Damon Motorcycles решил использовать передовой двигатель и аккумулятор Zero, чтобы вложить свои ресурсы в безопасность и множество камер высокого разрешения и интеллектуальные датчики со сканированием на 360° с поддержкой ИИ. Модель SX среднего уровня обеспечивает замечательные рабочие характеристики в элегантном корпусе, который имеет вид традиционных супербайков. SX также может похвастаться регулируемым рулем и задним расположением, что позволяет водителю на ходу переходить от вертикального положения к агрессивному «треугольнику». Damon

действительно предлагает версию мотоцикла на 200 л.с. (и более дешевую модель начального уровня), хотя SX по соотношению цены и мощности – лучший из всех. Стоимость: 19 995 \$» [15].



Рисунок 9 – Электрический мотоцикл DAMON HYPERSPORT SX

«TARFORM LUNA RACER (рисунок 10) – это полностью современный и первоклассный мотоцикл с экологичным дизайном, сочетающий в себе технологии и традиции. Модель Luna Racer, построенная вокруг решетчатой рамы ручной работы, оснащена кузовом из биоразлагаемого композита, армированного плетением из семян льна, и переработанного алюминия. В дополнение к тормозам премиум-класса ISR, подвеске Öhlins и 18-дюймовым алюминиевым колесам (или колесам со спицами) трансмиссия Tarform состоит из двигателя мощностью 41 кВт, соединенного с аккумуляторной батареей на 10 кВт/ч с зарядным устройством на 3,3 кВт. Также в стандартную комплектацию входят 3,4-дюймовый HD-дисплей с подключением по Bluetooth, обнаружение слепых зон с тактильной обратной

связью, три режима езды, рекуперативное торможение, бесключевое зажигание и камера заднего вида с углом обзора 80°» [16].

Технические характеристики: стиль – кафе рейсер, мощность 55 л.с., масса 200 кг, максимальная скорость 150 км/ч, запас хода 190 км, стоимость 24000 \$.



Рисунок 10 – Электрический мотоцикл TARFORM LUNA RACER

«Получив опыт работы в качестве единственного поставщика для полностью электрической серии гонок MotoE, Energica теперь предлагает RS-спецификации своего и без того невероятно мощного и острого, как бритва, супербайка ENERGICA EGO+ RS (рисунок 11) наделяя его настройками блока управления транспортным средством. Модифицированная трансмиссия, более легкая, недавно разработанная литий-ионная батарея на 21,5 кВт·ч с увеличенной на 62% емкостью, а также новое отображение параметров в совокупности обеспечивают еще лучшее ускорение и

максимальную скорость. Среди других примечательных моментов — шестиуровневый контроль тяги, круиз-контроль, четыре режима езды, передовая подвеска, отключаемая ABS от Bosch, тормоза Brembo, 4,3-дюймовый TFT-дисплей с возможностью подключения к приложению ENERGICA CONNECTED RIDE, наклейки RS, и опциональную реплику гоночной livреи MotoE Sport Black» [25].

Технические характеристики: стиль – супербайк, мощность 145 л.с., крутящий момент 215 Н·м, масса 257 кг, максимальная скорость 240 км/ч, запас хода 230 км, стоимость 25 310 \$.



Рисунок 11 – Электрический мотоцикл ENERGICA EGO+ RS

«VERGE TS (рисунок 12), несомненно, является одним из самых уникальных электробайков на рынке с футуристической конфигурацией заднего колеса, в который встроен двигатель с ободом, создающий крутящий момент в 990 Н·м. Оснащенный шинами Pirelli Diablo, тормозами Brembo и

подвеской Ohlins, TS сочетает в себе черты уличных истребителей и круизеров с острым угловатым кузовом, агрессивными линиями и заметно низкой высотой сиденья. Предлагаемая до 300 км автономной работы на одной зарядке 15-минутная зарядка обеспечивает 100 км хода» [18].

Технические характеристики: стиль – гипер круизер, мощность 107 л.с., крутящий момент 990 Н·м масса 224 кг, максимальная скорость 180 км/ч, запас хода 300 км, стоимость: 29 475 \$.



Рисунок 12 – Электрический мотоцикл VERGE TS

«В последнее время компания Harley-Davidson Motor Company все активнее расширяется в области новых продуктов, выпустив линейку электрических велосипедов, свой первый в мире приключенческий мотоцикл и полностью электрический уличный истребитель HARLEY-DAVIDSON LIVEWIRE (рисунок 13). В отличие от типичных двухколесных моделей Harley, которые имеют глубокие традиции, Livewire представляет собой полностью современное устройство. Оснащенное множеством деталей

премиум-класса и множеством передовых технологий, включая возможность подключения к приложению для смартфонов Harley-Davidson, пакету MoCo системы Reflex Defensive Rider Systems, четыре стандартных режима (дождь, дальность, дорога, спорт) и три режима, которые могут быть настроены гонщиком» [21].

Технические характеристики: стиль – спорт нейкед, мощность 105 л.с., крутящий момент 116 Н·м, масса 250 кг, максимальная скорость 175 км/ч, запас хода 230 км, стоимость: 29 799 \$.



Рисунок 13 – Электрический мотоцикл HARLEY-DAVIDSON LIVEWIRE

«LIGHTNING LS-218 (рисунок 14) представляет собой абсолютную вершину производительности электробайков. Высокопроизводительный супербайк Lightning поставил абсолютный рекорд на Международном восхождении на холм Пайкс-Пик в 2013 году, где он полностью побил предыдущий рекорд с огромным отрывом. Неудивительно, что передовая (и

невероятно мощная) трансмиссия LS-218 сочетается с некоторыми столь же впечатляющими элементами ходовой части, что дает машине возможности маневрирования и торможения, которые не уступают его скорости и ускорению» [15].

Технические характеристики: стиль – супербайк, мощность 200 л.с., крутящий момент 227 Н·м, масса 225 кг, максимальная скорость 350 км/ч, запас хода 280 км, стоимость от 38 888 \$.



Рисунок 14 – Электрический мотоцикл LIGHTNING LS-218

«CURTISS THE ONE (рисунок 15) – это электрический мотоцикл, созданный командой культовой марки Confederate Motorcycles, такой же элитной, как и его предшественник, и может похвастаться не менее инновационным дизайном, о чем прекрасно свидетельствует модель ONE. Это передвижное произведение искусства представляет собой чрезвычайно продвинутую, вдохновленную самолетами, монококовую раму Triple Load

Path, которая использует консольную пулевидную аккумуляторную батарею Power Pak в качестве структурной основы рамы. Оснащен хитрыми колесами из углеродного волокна и алюминия, передняя часть в виде балок из углеродного волокна, безумно продуманная задняя подвеска и рычажный механизм, а также запатентованная трансмиссия» [27].

Технические характеристики: стиль – нео-ретро круизер, мощность 217 л.с., крутящий момент 368 Н·м , масса 192 кг, запас хода 450 км, стоимость: 81 000 \$.



Рисунок 15 – Электрический мотоцикл CURTISS THE ONE

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены достоинства и недостатки электрических мотоциклов, а также современные модели, представленные на рынке. Ввиду широкого интереса к «зеленым» технологиям, тема представляется интересной и полезной к разработке.

2 Тягово-динамический расчет мотоцикла

Одним из этапов разработки конструкции электрического мотоцикла является проведение тягово-динамического расчета с целью подбора комплектующих тяговой системы для обеспечения достаточной динамики и безопасности.

За базовые параметры электрического мотоцикла принимаем технические характеристики электрического мотоцикла Cake Kalk. Базовые параметры электрического мотоцикла Cake Kalk приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Базовые параметры электрического мотоцикла Cake Kalk [1]

Параметр	Значение
«Тип	заднеприводный мотоцикл
Колесная формула	2×1
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1910×565×1155
Снаряженная масса, кг	78
Размерность шин	175/65R 18
Коэффициент сопротивления воздуха, C_x	0,3
Коэффициент сопротивления качению, f_0	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги, α_{max}	0,25
Максимальная скорость, V_{max} , км/ч	90
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, ω_{emax} , с ⁻¹	398
КПД трансмиссии, η_{mp}	0,75» [1].

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_q \cdot n) + M_6 \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса мотоцикла, принимаем 80 кг;

M_q – масса человека, принимаем 80 кг;

M_6 – масса груза на одного человека, 10 кг;

n – количество людей» [21].

$$M_a = 80 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 170 \text{ кг}.$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (2)$$

где d – посадочный диаметр, принимаем 0,256 м;

λ_z – коэффициент вертикальной деформации шин, зависящий от специфики используемых шин, принимаем 0,92;

H – высота профиля шины, принимаем 0,114 м» [21].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,256 + 0,92 \cdot 0,114 = 0,233 \text{ м}.$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_d \approx r_k = 0,233 \text{ м}.$$

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где ρ – плотность воздуха, принимаем 1,293 кг/м³» [21].

$$k = \frac{0,3 \cdot 1,293}{2} = 0,194.$$

Определяем лобовую площадь мотоцикла по формуле:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r, \quad (4)$$

$$F = 0,8 \cdot 0,565 \cdot 1,115 = 0,5 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V^2}{25000} \right), \quad (5)$$

$$f = 0,013 \cdot \left(1 + \frac{25^2}{25000} \right) = 0,0131.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

«Сначала определяем мощность электродвигателя при наивысшей скорости мотоцикла с учетом КПД трансмиссии по формуле мощностного баланса:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{mp}} \cdot \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\max} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^3 \right), \quad (6)$$

где G_a – полный вес мотоцикла;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости мотоцикла. При небольшой массе коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [21].

$$N_v = \frac{1}{0,75} \cdot (170 \cdot 9,81 \cdot 0,0131 \cdot 25 + 0,15 \cdot 0,5 \cdot 25^3) = 2290,7 \text{ Вт.}$$

«На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электрического мотоцикла с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель» [21].

Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на электрических мотоциклах является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) модели

НРМ3000В, с максимальной мощностью 3 кВт. Одного двигателя будет достаточно для обеспечения достаточной динамичности.

На рисунке 16 представлены характеристики электрического двигателя НРМ3000В.

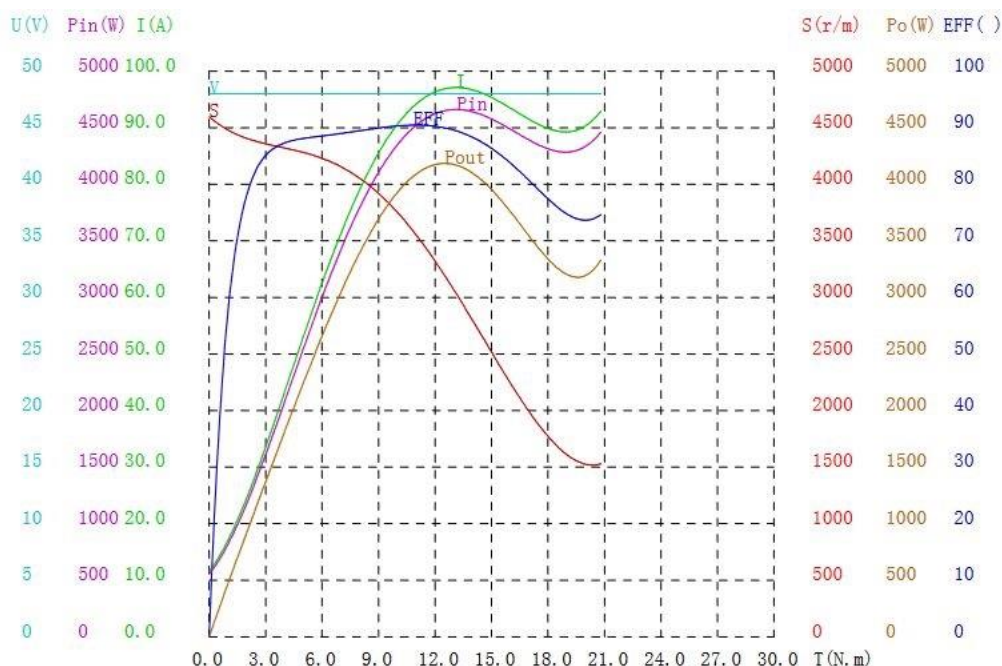


Рисунок 16 – Характеристика электрического двигателя НРМ3000В

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}}, \quad (7)$$

где ω_{\max} – максимальная угловая скорость вала электродвигателя.

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электрическом мотоцикле не будет коробки передач передаточное число равняется 1» [21].

$$U_0 = \frac{0,233}{1} \cdot \frac{398}{13,89} = 6,67.$$

«Для того чтобы избежать буксование ведущих колес тяговая сила должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой в соответствии с формулой:

$$U_1 \leq \frac{G_{cy} \cdot \phi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0}, \quad (8)$$

где ϕ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

$$G_{cy} = \lambda_k \cdot G_{\omega}, \quad (9)$$

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 348 = 2731,1 \text{ Н},$$

где λ_k – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, равняется 0,8 для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии» [21].

$$U_1 \leq \frac{2731,1 \cdot 0,8 \cdot 0,233}{21 \cdot 0,65 \cdot 6,67} \leq 5,59.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

Определяем силу тяги на ведущих колесах, в зависимости от скорости электрического мотоцикла по формуле:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}. \quad (10)$$

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2. \quad (11)$$

Определяем силу сопротивления качению электрического мотоцикла по формуле:

$$P_{\text{д}} = G_a \cdot \psi. \quad (12)$$

Определяем суммарную силу сопротивления движению электрического мотоцикла по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_B \cdot P_{\text{д}}. \quad (13)$$

Сводим результаты расчетов в таблицы 2 и 3.

Определяем динамический фактор по формуле:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (14)$$

Таблица 2 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		P_6	$P_{\text{д}}$	P_{Σ}
1529	390,75	1,70	42,05	43,75
2000	316,32	6,77	47,68	54,46
2500	279,11	15,26	48,37	63,63
3000	241,89	27,10	49,52	76,62
3500	204,68	42,37	51,13	93,50
4000	163,74	60,97	53,21	114,18
4500	13,03	83,03	55,74	138,77

Таблица 3 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электрического мотоцикла

Скорость, м/с	P_6 , Н
3,12	1,70
6,23	6,77
9,35	15,26
12,46	27,10
15,58	42,37
18,69	60,97
21,81	83,03
24,92	108,40

Результаты расчетов коэффициента сопротивления качению и динамического фактора сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Зависимость коэффициента сопротивления качению и динамического фактора от скорости вращения электродвигателя

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Динамический фактор	Коэффициент сопротивления
1529	0,1951	0,013
2000	0,1937	0,013
2500	0,1914	0,014
3000	0,1882	0,014
3500	0,184	0,015
4000	0,1984	0,015
4500	0,1963	0,016

Выполняем анализ динамики разгона.

Ускорение во время разгона рассчитывают при движении электромобиля по горизонтальной дороге хорошего качества с твердым покрытием при максимальном использовании мощности электродвигателя и при отсутствии пробуксовывания ведущих колес.

«Определяем ускорение по формуле:

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{ep}}, \quad (15)$$

$$\delta_{ep} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{mp} \cdot U_{mp} + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (16)$$

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес» [21].

«В случае если точное значение I_M и I_k неизвестно, то δ_{ep} определяют по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (17)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя.

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ » [21].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Ускорение на передаче, м/с ²	Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м
1529	1,5455	0,647
2000	1,5321	0,6527
2500	1,5097	0,6624
3000	1,4784	0,6764
3500	1,4381	0,6954
4000	1,5549	0,6431
4500	1,5299	0,6536

Путь и время разгона электромобиля определяем по формуле (18) при помощи графоаналитического способа, то есть интегрирование заменяется суммой величин.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot d_v \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \Delta t. \quad (18)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Результаты расчета

V, м/с	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
1/Jcp	0	0,647	0,653	0,662	0,676	0,695	0,643	0,654	0,684
t, с	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48

Таблица 7 – Результаты расчета

t, c	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48
$V, м/с$	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
ΔS	0	7,1	13,04	17,98	22,9	27,84	32,77	37,71	42,64
S	0	7,1	20,15	38,12	61,04	88,88	121,66	159,37	202

Выполняем анализ мощностного баланса электрического мотоцикла.

«Определяем мощность, передаваемую ведущему колесу по формуле:

$$N_T = N_e - N_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_{II} + N_D, \quad (19)$$

где N_{TP} – мощность, затрачиваемая в трансмиссии;

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колеса;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема;

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление силы инерции;

N_D – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема» [21].

$$N_f = P_k \cdot V, \quad (20)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (21)$$

$$N_B = P_B \cdot V, \quad (22)$$

$$N_{II} = P_{II} \cdot V, \quad (23)$$

$$N_D = P_D \cdot V. \quad (24)$$

Расчеты выполнялись в программе Microsoft Excel, далее в инженерной программе Компас-3D строились графики тягово-динамических характеристик.

Выводы по разделу. В разделе «Тягово-динамический расчет мотоцикла» выполнен тягово-динамический расчет электрического мотоцикла.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку электрического мотоцикла

Конструкторская разработка относится к области мотоциклетного транспорта и может быть использована для передвижения в городских условиях и в условиях легкого бездорожья на экологически чистом электротранспорте.

Электрический мотоцикл представляет собой двухколесное транспортное средство рамной конструкции, оснащенное в передней части мотоциклетной вилкой с колесом, использующейся для управления мотоциклом, в задней части колесом с подвеской (маятником с одним амортизатором), в средней части электродвигателем контроллером и аккумуляторной батареей.

«Электрический мотоцикл предназначен для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье» [21].

При выполнении конструкторской разработки особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы по тематике электрические мотоциклы, журналы, методические пособия и другую техническую литературу.

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

Электрический мотоцикл должен состоять из металлической рамы, мотоциклетной вилки с колесом и тормозным суппортом в передней части, в задней части должно располагаться колесо с тормозным суппортом и подвеской (маятник с одним амортизатором), в средней – электродвигатель, набор аккумуляторных батарей, контроллер.

«К конструкции электрического мотоцикла предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;

- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и электрической безопасности при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям» [3];
- в передней части мотоцикла должна быть выполнена мотоциклетная вилка, с колесом, с тормозным суппортом и органами управления мотоцикла;
- в задней части мотоцикла должна располагаться подвеска – маятник с одним амортизатором;
- «должен быть выполнен с электрическим приводом на заднее колесо, через цепную передачу от электродвигателя;
- дизайн должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид, отвечающий последним тенденциям;
- в процессе эксплуатации не должен требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов» [4];
- разработку конструкции выполнить в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Основываясь на представленных в свободном доступе электромотоциклах, и с учетом конструктивных соображений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

- а) Габаритные размеры:

- 1) длина, не более мм 1400;
- 2) ширина, не более мм 600;
- 3) высота, не более мм 1000;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, задний, цепная передача;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, не более Вт 4000;
- е) Запас хода, не менее км 40;
- ж) Грузоподъемность, не менее кг 40;
- з) Масса, не более кг 150.

Электрический мотоцикл изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Управлять электрическим мотоциклом должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации.

«Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке.

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части устройства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [6].

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

3.2 Техническое предложение на разработку электрического мотоцикла

В соответствии с условиями технического задания необходимо разработать конструкцию электрического мотоцикла.

Электрический мотоцикл представляет собой рамное двухколесное транспортное средство, оснащенное мотоциклетной вилкой с колесом и тормозным суппортом в передней части, в задней части расположено колесо с тормозным суппортом и подвеска, в средней – электродвигатель, набор аккумуляторных батарей, контроллер.

«Электрический мотоцикл должен иметь следующие технические показатели:

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2100;
 - 2) ширина, не более мм 800;
 - 3) высота, не более мм 1300;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, задний, цепная передача;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, Вт не более 4000;
- е) Запас хода, км не менее 40;
- ж) Грузоподъемность, кг не менее 40;
- з) Масса не более 150» [21].

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции двухколесных мотоциклов с приводом при помощи цепной передачи на заднее колесо, либо с приводом от моторколеса. Представленные в продаже электрические мотоциклы имеют значительную стоимость (от 700 000 рублей), что затрудняет их широкое распространение среди населения.

«Анализ конструктивных особенностей транспортных средств – аналогов показал, что ни одно из них не отвечает в полной мере, установленным в ТЗ требованиям, что обуславливает необходимость разработки новой конструкции.

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на следующие открытые источники информации:

- интернет-форумы по тематике электрические мотоциклы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [7].

Основными частями электрического мотоцикла являются:

- рама,
- передняя мотоциклетная вилка с органами управления мотоциклом,
- переднее колесо с тормозным суппортом,
- задняя подвеска – маятник с одним амортизатором,
- заднее колесо с тормозным суппортом,
- цепная передача,
- электродвигатель,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер.

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

В первую очередь необходимо определиться с рамой, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов.

«Рама является основанием, на котором крепятся все узлы и агрегаты мотоцикла. Изготавливается она из труб и состоит из головной части с рулевым колодцем, в нем устанавливается на подшипниках рулевой стержень передней вилки. В раме имеются верхняя основная балка, нижняя труба, на которой монтируется электродвигатель, и задняя вилка с амортизатором. В задней части вилки рамы располагается задняя подвеска, служащая для крепления заднего колеса» [21].

Рама может быть изготовлена из профиля круглого сечения (рисунок 17, а) или профиля прямоугольного сечения (рисунок 17, б).

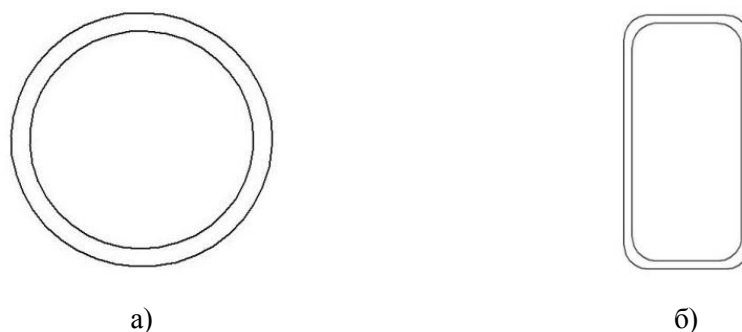


Рисунок 17 – Виды профиля для рамы

«Наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. Используя минимальное количество материала обеспечивается максимальная жесткость конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

- высокая себестоимость – труба весит на 30% больше аналогичной круглой, а стоит примерно на 35% дороже;
- наличие сварного шва. Трубы квадратного (прямоугольного) сечения производятся только по сварной технологии. По одной из сторон идет сварной шов на всю длину трубы. Труба начинает активно корродировать, причем окраска практически не предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [12].

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 18, частично доработанную под крепление электродвигателя и контроллера.

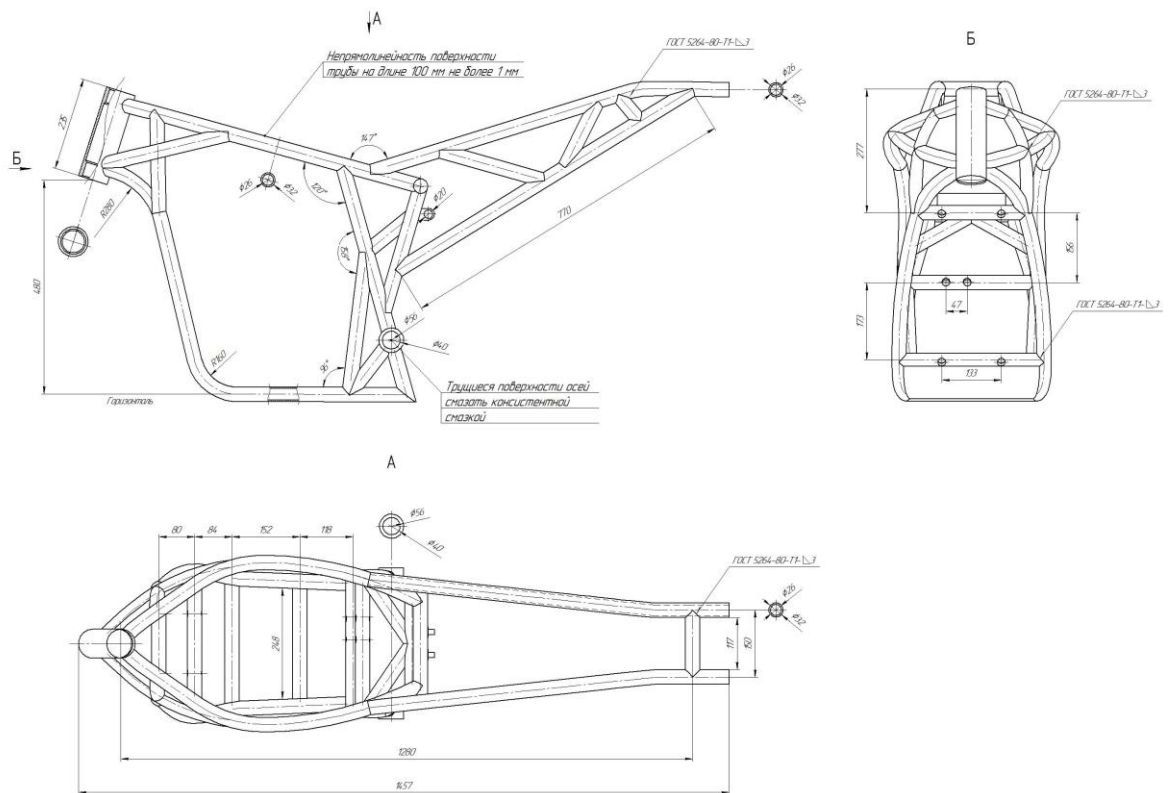


Рисунок 18 – Конструкция рамы электрического мотоцикла

«Для обеспечения поворота колес предусматриваем рулевое управление. Передняя вилка служит для поворота колеса электрического мотоцикла, соединения переднего колеса с рамой, а также для смягчения толчков колеса при движении» [2].

Телескопические вилки – самый распространенный тип подвески современных мотоциклов. «Телескопы» появились еще в тридцатые годы и с тех пор постоянно совершенствовались.

Применяем в передней части электрического мотоцикла телескопическую вилку (рисунок 19).

Для обеспечения поддресорования ходовой части и гашения возникающих при этом колебаний между маятником и рамой устанавливается один амортизатор (рисунок 20).

На мотоциклах примерно 70% тормозного усилия приходится на передний тормоз.



Рисунок 19 – Конструкция телескопической вилки



Рисунок 20 – Конструкция маятника с кронштейном под крепление амортизатора

Для обеспечения торможения электрического мотоцикла предусматриваем тормозные суппорта на переднем (рисунок 21) и заднем колесе. В дисковом тормозе к ступице колеса крепится стальной диск, к которому прижимаются тормозные колодки с фрикционными накладками.

«Материалом для дисков служат серый чугун, дюраль или нержавеющая сталь. Диаметр дисков современных мотоциклетных дисковых тормозов колеблется от 200 до 300 мм – в зависимости от класса мотоцикла. Масса дюралевого диска обычно около 0,4 кг; чугунного – 1,2 кг; стального – 2,3 кг» [3].

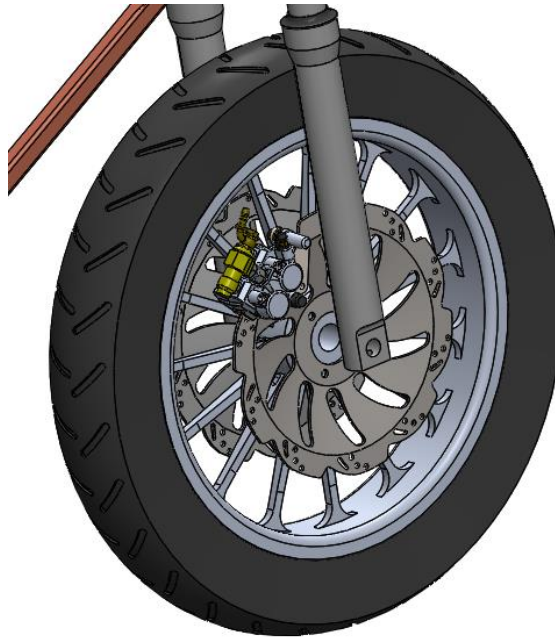


Рисунок 21 – Расположение переднего дискового тормоза на мотоцикле

Для торможения электрического мотоцикла предусматриваем совмещённый гидравлический и электронный тормоз MP-4(5) и SMP-4(5) (рисунок 22).

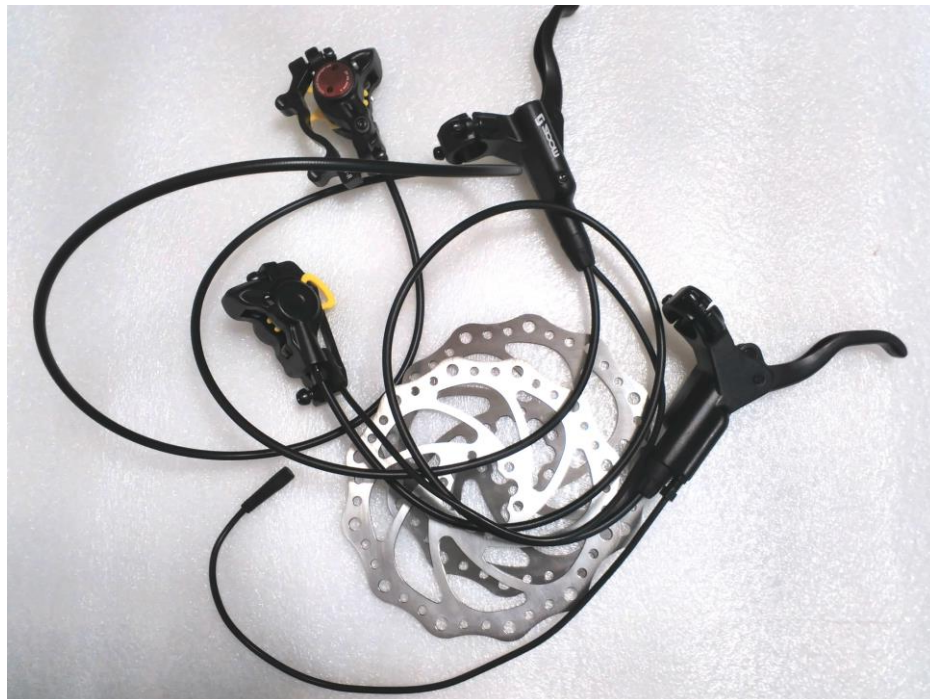


Рисунок 22 – Совмещённый гидравлический и электронный тормоз MP-4(5) и SMP-4(5)

«В комплект входят правая (задняя) и левая (передняя) рычаги, совмещенные с электронным рекуперативным микропереключателем, гидролинии, машинки, 2 тормозных диска» [22].

Для обеспечения привода электрических мотоциклов используют 3 вида электрических двигателей:

- центральный двигатель,
- мотор-колеса: с прямым приводом или редукторное.

Центральный двигатель устанавливается в кареточный узел, мотор-колеса располагаются вместо штатных втулок передних или задних колес.

Для электрических мотоциклов средней мощности, при невысоких скоростях передвижения, в большинстве случаев используют мотор-колеса. В электромотоциклах высокой мощности применяется центральный электродвигатель.

Рассмотрим общие преимущества и недостатки каждого варианта.

Редукторное мотор-колесо широко распространено и популярно. При аналогичной мощности оно выдает более высокую тягу, чем мотор-колесо с прямым приводом. Из-за более сложной конструкции и наличия деталей из нейлона, считается менее надежным.

Преимущества:

- значительный крутящий момент;
- повышенная тяга;
- экономичность в обслуживании;
- хороший накат при выключении двигателя;
- компактность и небольшой вес.

Недостатки:

- ограничение мощности до 1 кВт;
- необходимость периодической смазки и износ шестерен;
- меньший срок эксплуатации – около 10000 км;
- ограничение скорости в пределах 40 км/ч.;
- из-за сложности конструкции более шумное и менее надежное.

Мотор-колесо с прямым приводом имеет более простую конструкцию – ротор и статор, что гарантирует потребителю высокий уровень надежности и увеличенный срок службы. Диапазон мощности также отличается, он варьируется от 500 до 15000 Вт, что, в свою очередь, значительно увеличивает скоростные показатели. Мотор-колесо с прямым приводом обладает более низким КПД при работе на маленьких скоростях и хуже справляется с подъемами, однако более надежен и не требует регулярных ТО.

Преимущества:

- большой диапазон мощности при стандартном оснащении;
- надежность, долговечность и отсутствие ТО;
- сравнительно высокая скорость езды 100 км/ч и выше;
- способность выдерживать усиленные нагрузки.

Недостатки:

- практически отсутствие свободного наката;
- увеличенные габариты в сравнении с РМК;
- низкий крутящий момент;
- необходимость установки мощных АКБ.

Месторасположение центрального электродвигателя мотоцикла позволяет достигнуть сразу нескольких результатов – оптимальное расположение центра тяжести без утяжеления колес, комфортное размещение детали по отношению к водителю и приятный внешний вид. Основным преимуществом является возможность личного регулирования величины крутящего момента. Этому электромотору необходимы надежная чуткая трансмиссия и мощный управляющий контроллер, гарантирующие плавное переключение скоростей и четкость общей работы.

Преимущества:

- оптимальная развесовка;
- контроль крутящего момента;
- максимальное облегчение колесной базы;

- широкий диапазон мощности;
- высокая скорость езды;
- сильная тяга;
- компактные габариты.

Недостатки:

- обязательные ТО и дорогой ремонт;
- сложная конструкция и необходимость в дополнительном оснащении;
- высокая стоимость.

В качестве привода электрического мотоцикла предлагается использовать центральный электродвигатель, приводящий через цепную передачу заднее колесо.

Рассмотрев, представленные на рынке электродвигатели, выбираем электродвигатель HPM3000B BLDC с воздушным охлаждением (рисунок 23) мощностью 3000 Вт.

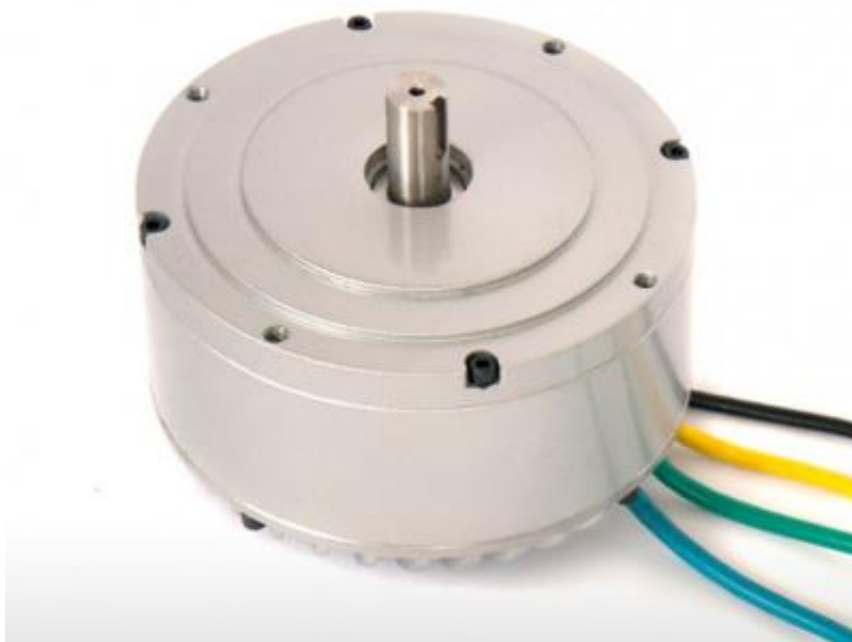


Рисунок 23 – Электродвигатель HPM3000B BLDC

Технические характеристики электродвигателя НРМ3000В BLDC представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики электродвигателя НРМ3000В BLDC [18]

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	380×310×280
Мощность, кВт: – номинальная – пиковая	3 6
Напряжение, В	48, 72, 96
Момент, Н·м: – номинальный – пиковый	10 22
Сила тока А	15
КПД, %	91
Масса, кг	8

На конце вала электродвигателя установлена звездочка для привода цепной передачи (рисунок 24).



Рисунок 24 – Звездочка для привода цепной передачи

Выбранная цепная передача позволяет обеспечить передаточное число равное 4.

Для управления мощностью электродвигателя размещаем ручку акселератора мотоциклетного типа (рисунок 25).



Рисунок 25 – Ручка акселератора

Технические характеристики батареи и контроллера будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции электрического мотоцикла составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 26).

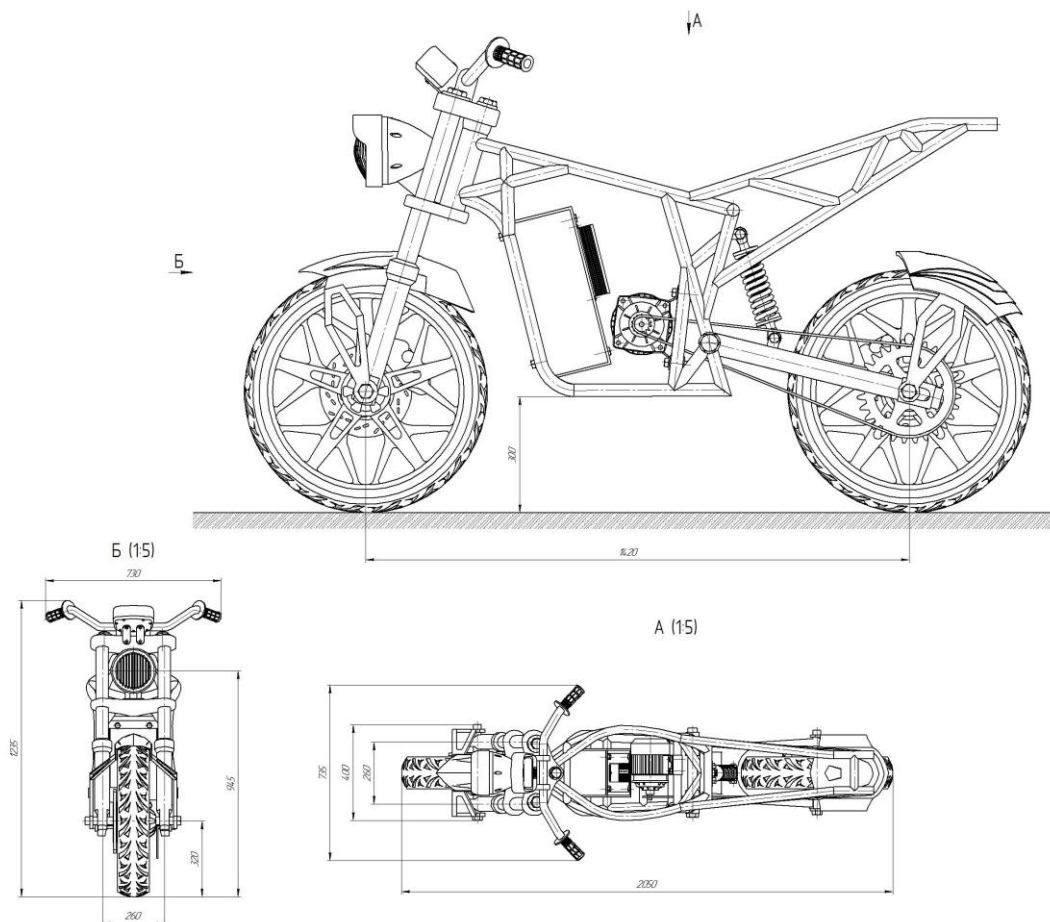


Рисунок 26 – Общая компоновка электрического мотоцикла

Спецификация на модель электрического мотоцикла представлена в Приложение А (рисунок А.1).

Все компоненты должны быть монтированы и интегрированы в мотоцикл таким образом, чтобы обеспечивать безопасность и эффективность работы системы в целом. Перед началом эксплуатации мотоцикла необходимо проверить все компоненты и осуществить калибровку системы.

3.3 Подбор электрической батареи

«Выбор напряжения батареи, то есть числа ее элементов, определяется следующими соображениями:

- батарея должна допускать заряд от сети постоянного тока, от умформерных групп составленных из нормальных электрических машин или выпрямительных устройств серийного производства;
- сила тока в главной цепи электрического транспортного средства не должна быть чрезмерно велика.

Первое требование вызвано тем, чтобы для зарядки батареи не требовались электрические машины и аппараты специального изготовления. Стандартные, применяемые для зарядки напряжения постоянного тока – 110...220 В.

Второе требование вызвано тем, что большая сила тока усложняет конструкцию и увеличивает вес и стоимость коммутационной аппаратуры и проводки. Поэтому с увеличением грузоподъемности электрического транспортного средства, а, следовательно, и мощности электродвигателя приходится применять более высокое напряжение, то есть большее число элементов батареи» [7].

«При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деграционные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения. Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих

источников питания – примерно до 80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура» [27].

При средней скорости 65 км/час и дальности хода 70 км требуемое время хода 1,07 часа чистого времени.

Затрачиваемая энергия на движение:

$$Q = N_{\Pi} \cdot t, \quad (25)$$

$$Q = 3000 \cdot 1,07 = 3210 \text{ Дж.}$$

Ток отдачи батареи:

$$I_{\text{отд}} = \frac{N_{\Pi}}{U}, \quad (26)$$

$$I_{\text{отд}} = \frac{3000}{48} = 62,5 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (27)$$

$$C = \frac{3210}{48} = 66,87 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные в свободной продаже батареи, принимаем аккумуляторную батарею 48В 70 А·ч Li-Ion.

Технические характеристики батареи представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики батареи [7]

Параметр	Значение
Тип АКБ	Li-Ion
Размеры (Д×Ш×В), мм	291×173×159
Производитель ячеек	Panasonic
Номинальное напряжение, В	48
Ёмкость аккумулятора, А·ч	70
Время заряда батареи, ч	7
Циклов заряда	1000
Масса, кг	15

Данная аккумуляторная батарея для электровелосипеда позволит проехать от 60 до 70 км на одном заряде. Дальность пробега зависит от манеры езды, плавности трогания с места, массы мотоциклиста, массы перевозимого груза и так далее.

3.4 Проектные расчеты тормозных механизмов

Составим расчетную схему электромотоцикла (рисунок 27).

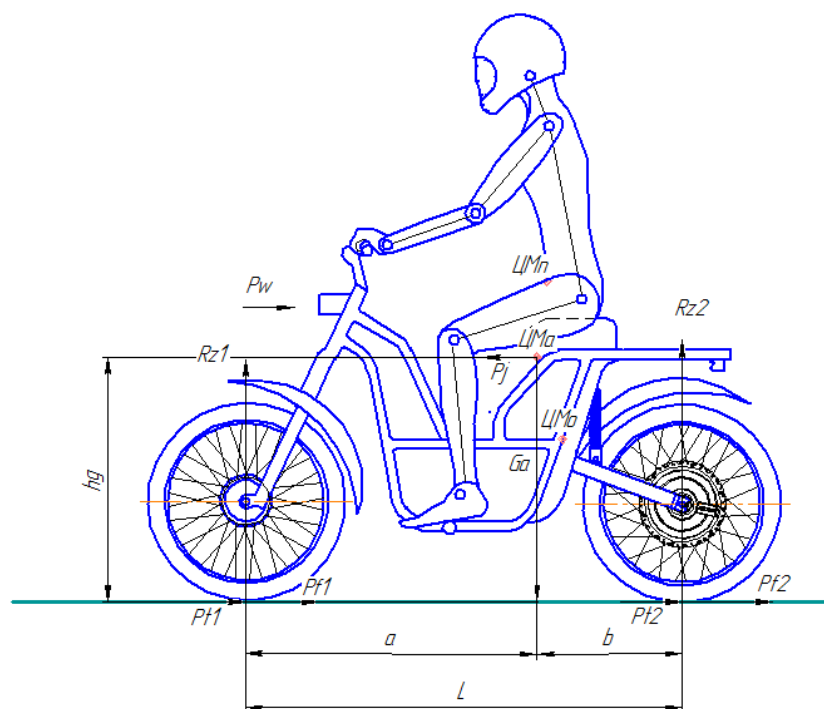


Рисунок 27 – Расчетная схема электромотоцикла

Задний дисковый тормозной механизм.

Представим схему и параметры тормозного механизма для проектного расчета (рисунок 28).

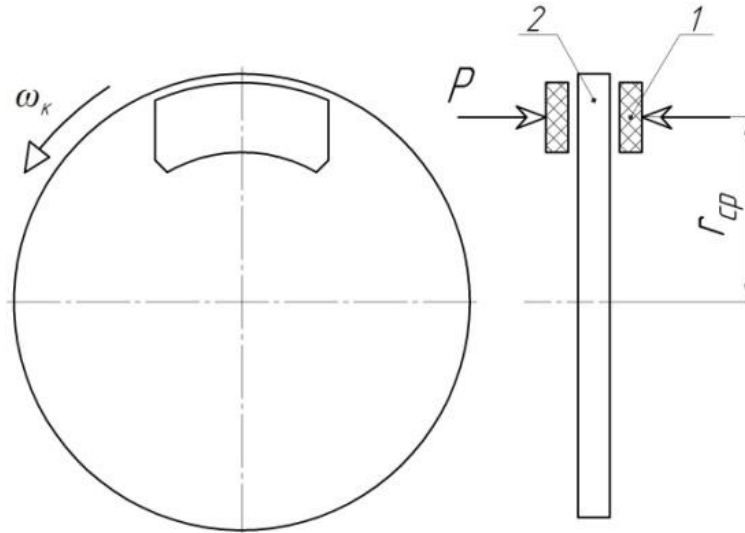


Рисунок 28 – Расчетная схема заднего дискового тормозного механизма

«Параметры заднего дискового тормозного механизма:

- диаметр поршня колесного цилиндра $d_{п}$ равно 0,021 м;
- число пар трения i равно 2;
- КПД колесного цилиндра $\eta_{п}$ равен 0,9;
- диаметр тормозного диска D равен 0,18 м;
- масса заднего тормозного диска $m_{д}$ равен 0,114 кг;
- коэффициент трения между накладкой и тормозным диском $f_{нак}$ равен 0,4.
- начальное давление срабатывания заднего тормоза p_0 равно 0,09807 МПа» [13].

«Средний радиус тормозного диска:

$$r_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_n^3 - r_g^3}{r_n^2 - r_g^2}, \quad (28)$$

где r_n – наружный радиус поверхности трения накладок, принимается равным 0,091м;
 r_e – внутренний радиус поверхности трения накладок, принимается равным 0,0785 м» [13].

$$r_{cp} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,091^3 - 0,0785^3}{0,091^2 - 0,0785^2} = 0,0849 \text{ м.}$$

Нормальная реакция задней оси:

$$R_2 = (m_2 \cdot g) - \left(\frac{m_a \cdot j_{max} \cdot h_g}{L} \right). \quad (29)$$

$$R_2 = (87 \cdot 9,81) - \left(\frac{130 \cdot 4,4 \cdot 0,685}{1300} \right) = 853 \text{ Н.}$$

«Момент тормозной на колесе:

$$M_{T_1} = \varphi \cdot \left(\frac{R_2}{2} \right) \cdot r_m, \quad (30)$$

где φ – коэффициент сцепления с дорогой, принимается равной 0,7» [13].

$$M_{T_1} = 0,7 \cdot \left(\frac{853}{2} \right) \cdot 0,274 = 81,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Сила трения на диске:

$$P_{T_1} = \frac{M_{T_1}}{r_{cp}}, \quad (31)$$

$$P_{T_1} = \frac{81,8}{0,0849} = 963,5 \text{ Н.}$$

«Нормальная сила, создаваемая поршнем колесного цилиндра:

$$N_{\text{п}} = \frac{P_{T_1}}{\mu \cdot i \cdot \eta_n}, \quad (32)$$

где μ – коэффициент трения между накладкой и диском, принимается равным 0,4» [13].

$$N_{\text{п}} = \frac{963,5}{0,41 \cdot 2 \cdot 0,9} = 1305,6 \text{ Н.}$$

Давление рабочей жидкости в цилиндре:

$$P_{\text{жс}} = \frac{N_{\text{п1}}}{S_{\text{п1}}}, \quad (33)$$

где $S_{\text{п1}}$ – площадь поршня, м².

$$P_{\text{жс}} = \frac{1305,6}{0,000346} = 3,77 \text{ МПа.}$$

Передний барабанный тормозной механизм.

Представим схему и параметры ТМ для проектного расчета (рисунок 29).

«Параметры барабанного механизма:

- диаметр барабана, принимается равным 0,13 м;
- масса барабана m_6 , принимается равной 1,072 кг;

- коэффициент трения между накладкой и тормозным диском $f_{\text{нак}}$ принимается равным 0,35» [13].

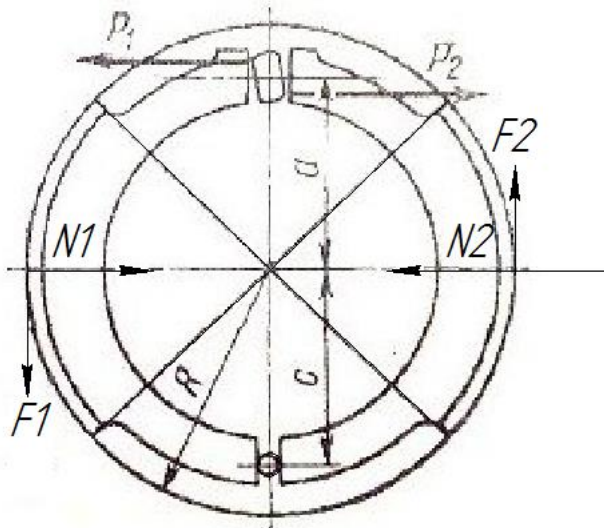


Рисунок 29 – Расчетная схема барабанного тормозного механизма

Нормальная реакция передней оси:

$$R_1 = (m_1 \cdot g) + \left(\frac{m_a \cdot j_{\text{max}} \cdot h_g}{L} \right), \quad (34)$$

$$R_1 = (43 \cdot 9,81) + \left(\frac{130 \cdot 4,4 \cdot 0,685}{1300} \right) = 422 \text{ Н.}$$

Момент тормозной на колесе:

$$M_{T_2} = \varphi \cdot \left(\frac{R_2}{2} \right) \cdot r_m, \quad (35)$$

$$M_{T_2} = 0,7 \cdot \left(\frac{422}{2} \right) \cdot 0,274 = 40,5 \text{ Н м.}$$

Суммарная сила P давления кулачка на концы колодок, считая коэффициент трения обшивки μ_0 равным 0,35:

$$P_{T_2} = \frac{M_{T_2} \cdot \cos \beta}{f_{\text{нак}} \cdot r_6 (\pi - 2\beta)}, \quad (36)$$

где r_6 – радиус тормозного барабана.

$$P_{T_2} = \frac{40,5 \cdot 0,866}{0,35 \cdot 0,066 (3,14 - 2 \cdot 0,525)} = 726 \text{ Н.}$$

Принимая максимальное давление на рычаг P_n равным 196 Н, найдем необходимое передаточное отношение:

$$X_1 = \frac{PT_2}{P_n}, \quad (37)$$

$$X_1 = \frac{726}{196} = 3,7.$$

Следовательно можно определить длину тормозного рычага для обеспечения расчетного давления тормозных колодок

Составим расчетную схему для нахождения передаточного отношения тормозного привода (рисунок 30).

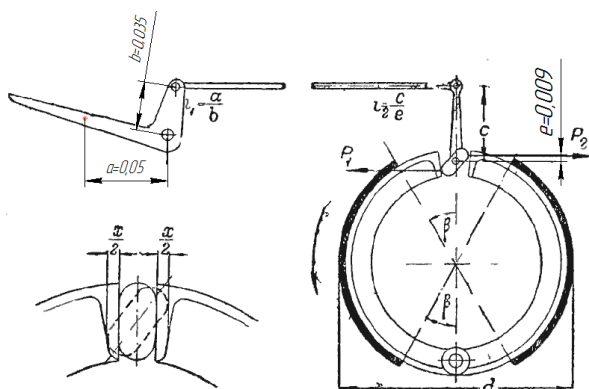


Рисунок 30 – Расчетная схема для нахождения передаточного отношения тормозного привода

Зная суммарное передаточное число и длину ручного рычага вычислим длину тормозного рычага на тормозном барабане используя зависимость передаточных отношений:

$$c = \frac{Xae}{b}, \quad (38)$$

$$c = \frac{3,7 \cdot 0,05 \cdot 0,009}{0,035} = 0,048 \approx 50 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений запаса прочности ручного привода примем длину тормозного рычага l_p равной 80мм.

Удельное давление.

«Площадь фрикционной накладки переднего тормоза (рисунок 31) найдем по формуле:

$$F_{\text{нак}} = Sb, \quad (39)$$

где S – длина дуги тормозной колодки, м;

b – ширина колодки, м» [14].

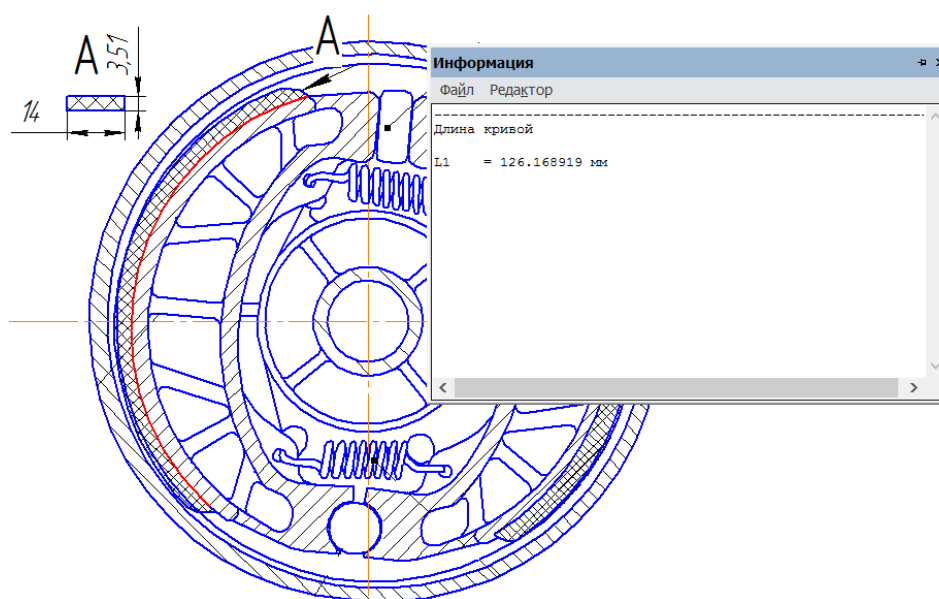


Рисунок 31 – Площадь фрикционной накладки переднего тормоза

$$F_{\text{нак}} = 12,6 \cdot 1,4 = 17,6 \text{ см}^2.$$

Для переднего колеса:

$$p_{\text{уд}} = \frac{726}{17,6 \cdot 2} = 20,6 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Удельное давление для фрикционной накладки дискового тормозного механизма определяется по формуле:

$$p_{\text{уд}} = \frac{N}{F_{\text{нак}} \cdot i}, \quad (40)$$

где $F_{\text{нак}}$ – площадь фрикционной накладки;

i – число пар трения.

Площадь фрикционной накладки заднего тормоза $F_{\text{нак}}$ посчитаем с помощью программы «Компас 3D» рисунок 32.



Рисунок 32 – Площадь фрикционной накладки заднего тормоза

Для заднего колеса:

$$P_{y\partial} = \frac{1305,6}{3,21 \cdot 2} = 203 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Работа трения.

«Наиболее слабым элементом тормозного механизма, подвергающимся быстрому изнашиванию, является тормозная накладка.

Удельная работа трения зависит от начальной скорости торможения, при которой вся кинетическая энергия автомобиля поглощается работой трения в тормозных механизмах:

$$q_{y\partial} = \frac{A}{F_{\text{нак.сум}}}, \quad (41)$$

где A – кинетическая энергия автомобиля массой m_a при максимальной скорости v начала торможения;

$F_{\text{нак.сум}}$ – суммарная площадь поверхности накладок тормозных механизмов, всех колес мотоцикла» [20].

$$q_{y\partial} = \frac{(130 \cdot 16,6^2) / 2}{41,6} = 25,9 \text{ Дж/см}^2.$$

Средние значения удельной работы трения составляют от 1 до 2 кДж/см² для легковых автомобилей (большее значение для дисковых тормозных механизмов).

Нагрев тормозного диска.

«Нагрев тормозного барабана (или диска) за одно торможение определяется по формуле:

$$\Delta t_n = \frac{m_k \cdot v^2}{2 \cdot m_d \cdot c}, \quad (42)$$

где m_k – масса автомобиля, приходящаяся на тормозящее колесо, кг;

m_d – масса тормозного диска, кг;

c – удельная теплоемкость чугуна или стали, принимается равной 500 Дж/(кг·К)» [20].

Для переднего колеса:

- при начальной скорости торможения v_n равной 30 км/ч температура нагрева не должно превышать 15 °С:

$$\Delta t_n = \frac{43 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 0,6 \text{ °С.}$$

- при максимальной скорости торможения v_n равной 50 км/ч температура нагрева должна быть в пределах от 40 до 60 °С:

$$\Delta t_n = \frac{43 \cdot 13,9^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 1,6 \text{ °С.}$$

Для заднего колеса:

- при начальной скорости торможения v_n равной 30 км/ч температура нагрева не должно превышать 15 °С:

$$\Delta t_n = \frac{87 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 53,8 \text{ °С.}$$

- при максимальной скорости торможения v_n равной 50 км/ч температура нагрева должна быть в пределах 40...60 °С:

$$\Delta t_n = \frac{87 \cdot 13,9^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 147 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Сделаем вывод что целесообразнее заменить задний тормозной механизм на более эффективный.

Выводы по разделу.

Разрабатывая электромотоцикл самостоятельно, можно создать уникальный дизайн, который будет полностью соответствовать индивидуальным предпочтениям и требованиям. Самостоятельная разработка и сборка электромотоцикла может быть более экономичным решением, чем покупка готового продукта. Можно выбирать компоненты и материалы в соответствии со своим бюджетом.

В разделе составлены технические задание и предложение на разработку электрического мотоцикла, конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи и проектные расчеты тормозных механизмов.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

«В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда» [9].

Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормы на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что электрический мотоцикл не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{Д} = \frac{F_{Д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (43)$$

где $F_{Д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [17].

$$T_{Д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям конструкторской документации;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки конструкции электрического мотоцикла представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять раму мотоцикла в сборе	0,3
Осмотреть раму мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка рулевого управления	
Взять вилку мотоцикла в сборе	0,3
Осмотреть вилку мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Взять руль	0,3
Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов	1
Установить руль на вилку в сборе	20
Взять фару	0,3
Осмотреть фару на наличие повреждений и дефектов	1
Установить фару на руль	5
Взять бортовой компьютер Sonic	0,3
Осмотреть бортовой компьютер Sonic на наличие повреждений и дефектов	1
Установить бортовой компьютер Sonic на руль	8
Взять грипсы с рычагами тормоза	0,3
Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов	1
Установить грипсы с рычагами на руль	6
Взять болт M12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку M12×1,5 (6 шт.)	0,3
Установить рулевое управление на раму при помощи болтов M12×1,5, шайб 12, гаек M12×1,5	12
Взять переднее колесо с тормозным диском в сборе	0,3
Осмотреть переднее колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Взять ось переднего колеса, гайку оси переднего колеса	0,3
Установить переднее колесо с тормозным диском в сборе в переднюю вилку при помощи оси переднего колеса и закрепить при помощи гайки оси переднего колеса	15
Подборка привода мотоцикла	
Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт	0,3
Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов	1
Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место предназначенное для крепления	10
Взять шпонку	0,2
Установить шпонку на вал электродвигателя	0,3
Взять звездочку	0,3
Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов	1
Установить звездочку на вал электродвигателя	2
Взять кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла	0,3
Осмотреть кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов	1

Продолжение таблицы 10

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме	0,3
Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов	1
Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму	2
Взять цепь приводную	0,3
Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка системы питания	
Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч	0,3
Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов	1
Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для крепления	8
Взять провода электрические	0,3
Взять контроллер НРС300Н	0,3
Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов	1
Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления	8
Взять клеммы для соединения проводов	0,3
Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа	10
Подборка задней подвески	
Взять маятник	0,3
Осмотреть маятник на наличие повреждений и дефектов	1
Взять амортизатор	0,3
Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)	0,2
Установить амортизатор на маятник при помощи болтов и гаек	7
Взять колесо заднее	0,3
Осмотреть заднее колесо на наличие повреждений и дефектов	1
Взять ось заднего колеса, гайку оси заднего колеса	0,3
Установить заднее колесо на маятник при помощи оси заднего колеса и закрепить при помощи гайки оси заднего колеса	6
Взять сиденье	0,3
Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов	1
Установить сиденье	6
Провести регулировочные операции и испытание электрического мотоцикла	100
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	40
Итого:	290,6

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (44)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (45)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 290,6 + 290,6 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 313,84 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 11.

Таблица 11 – Технологический процесс сборки электрического мотоцикла

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять раму мотоцикла в сборе	Кран гаражный, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы,	1,3
		2	Осмотреть раму мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов		
010	Сборочная	1	Подсборка рулевого управления		45,5

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		2	Взять вилку мотоцикла в сборе	вороток	
		3	Осмотреть вилку мотоцикла в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять руль		
		5	Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов		
		6	Установить руль на вилку в сборе		
		7	Взять фару		
		8	Осмотреть фару на наличие повреждений и дефектов		
		9	Установить фару на руль		
		10	Взять бортовой компьютер Sonic		
		11	Осмотреть бортовой компьютер Sonic на наличие повреждений и дефектов		
		12	Установить бортовой компьютер Sonic на руль		
		13	Взять грипсы с рычагами тормоза		
		14	Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов		
		15	Установить грипсы с рычагами на руль		
		015	Сборочная		
2	Установить рулевое управление на раму при помощи болтов М12×1,5, шайб 12, гаек М12×1,5				
3	Взять переднее колесо с тормозным диском в				

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			сборе		
		4	Осмотреть переднее		
		5	колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		6	Взять ось переднего колеса, гайку оси переднего колеса		
		7	Установить переднее колесо с тормозным диском в сборе в переднюю вилку при помощи оси переднего колеса и закрепить при помощи гайки оси переднего колеса		
020	Сборочная	1	Подборка привода мотоцикла		16,4
		2	Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт		
		3	Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место предназначенное для крепления		
		5	Взять шпонку		
		6	Установить шпонку на вал электродвигателя		
		7	Взять звездочку		
		8	Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов		
		9	Установить звездочку		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			на вал электродвигателя		
		10	Взять кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла		
		11	Осмотреть кабель мотор-колеса 3000 Вт с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов		
025	Сборочная	1	Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме		4,6
		2	Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов		
		3	Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму		
		4	Взять цепь приводную		
		5	Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов		
030	Сборочная	1	Подборка системы питания		29,2
		2	Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч		
		3	Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			крепления		
		5	Взять провода электрические		
		6	Взять контроллер НРС300Н		
		7	Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов		
		8	Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления		
		9	Взять клеммы для соединения проводов		
		10	Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа		
035	Сборочная	1	Подборка задней подвески		9,8
		2	Взять маятник		
		3	Осмотреть маятник на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять амортизатор		
		5	Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		6	Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)		
		7	Установить амортизатор на маятник при помощи болтов и гаек		
040	Сборочная	1	Взять колесо заднее		14,9
		2	Осмотреть заднее колесо на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять ось заднего колеса, гайку оси		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			заднего колеса		
		4	Установить заднее колесо на маятник при помощи оси заднего колеса и закрепить при помощи гайки оси заднего колеса		
		5	Взять сиденье		
		6	Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов		
		3	Установить сиденье		
045	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции и испытание электрического мотоцикла	Набор головок, рожковые ключи, отвертка,	140
		2	Устранить выявленные замечания в ходе испытания	динамометрический ключ, мультиметр	

Технологическая схема сборки конструкции электрического мотоцикла представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки электрического мотоцикла и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса сборки электрического мотоцикла с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки электрического мотоцикла с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 12).

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка электрического мотоцикла	«1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического мотоцикла. 3 Испытание и доводка электрического мотоцикла	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Стапель, рожковые ключи, динамометрический ключ, плоскогубцы, молоток, сварочный аппарат» [9]	Перчатки, ветошь

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 13 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки электрического мотоцикла.

Таблица 13 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического мотоцикла. 3 Испытание и доводка электрического мотоцикла.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического мотоцикла	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины
	Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	«Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [9]
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [9].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [9].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [9].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
оборудования	устройств в надлежащем состоянии	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [9].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [9].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [9]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и	–

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
с рабочей позой	<ul style="list-style-type: none"> – периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [9]. 	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника; » [9]. 	–
	<ul style="list-style-type: none"> – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического 	

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</p> <ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [9]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при – отсутствии экстренной необходимости его прерывания); чередование пассивного отдыха с активным» [15]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 15).

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок сборки»	Технологическое оборудование, применяемое на участке сборки	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [9].

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при сборке электрического мотоцикла (таблица 16), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 16 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического мотоцикла

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат

Продолжение таблицы 16

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
безопасности	качества и соответствия» [15]
«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» [22]
«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» [9]
«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» [15].
«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» [9]
«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» [15]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического мотоцикла

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;

- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического мотоцикла и сведем их в таблицу 17.

Таблица 17 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического мотоцикла»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке электрического мотоцикла:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения

выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [9];

- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

- разработан технологический паспорт сборке электрического мотоцикла (таблица 12);
- выявлены профессиональные риски при сборке электрического мотоцикла (таблица 13) и определены методы и средства их снижения (таблица 14);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при сборке электрического мотоцикла (таблицы 15, 16);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при сборке электрического мотоцикла и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 17).

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического мотоцикла необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания электрического мотоцикла, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции электрического мотоцикла, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания электрического мотоцикла (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции электрического мотоцикла.

«Для определения финансовых затрат на сборку электрического мотоцикла воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (46)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{сб.п}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{o.H}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [13].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (47)$$

где Q_k – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [13].

В таблице 18 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 18 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама электрического мотоцикла	Ст.3	100	95	72	7200
Итого:	–	–	–	–	7200

$$C_{к.д} = 100 \cdot 72 = 7200 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o.д} = C_{п.р.н} + C_m, \quad (48)$$

где $C_{п.р.н}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_t, \quad (49)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление маятника – 5,05 чел.-ч.;

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [13].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{\text{ПР}} = 5,05 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 816,01 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (50)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 816,01 / 100 = 81,6 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (51)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (816,01 + 81,6) / 100 = 269,28 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma ПР} = 816,01 + 81,6 + 269,28 = 1166,89 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 19 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	816,01
Дополнительная заработная плата	81,6
Начисления на заработную плату	269,28
Итого:	1166,89

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (52)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 20 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 20 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Маятник	Сталь 40Х	1	4,7	86	404,2
Итого:	–	–	–	–	404,2

$$C_M = 4,7 \cdot 86 = 404,2 \text{ р.}$$

$$C_{O,Д} = 1166,89 + 404,2 = 1571,09 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (53)$$

где C_{CB} – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – страховые взносы в фонды, р» [13].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (54)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку, чел.-ч» [13].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (55)$$

где t_{CB} – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [13].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 6 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 7,5 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1211,89 \text{ р.},$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 1211,89 = 121,18 \text{ р.},$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (1211,89 + 121,18) = 399,92 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 1211,89 + 121,18 + 399,92 = 1732,99 \text{ р.}$$

В таблице 21 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 21 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1211,89
Дополнительная заработная плата	121,18
Страховые взносы в фонды	399,92
Итого	1732,99

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{ОН} = \frac{(C'_{ПР} \cdot R_{ОН})}{100}, \quad (56)$$

где $C'_{ПР}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{ОН}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %»
[13].

$$C'_{ПР} = (C_{ПР} + C_{СБ}). \quad (57)$$

Подставив числовые значения в формулы получим:

$$C'_{\text{пр}} = 816,01 + 1211,89 = 2027,9 \text{ р.}$$

$$C_{\text{он}} = \frac{(2027,9 \cdot 15)}{100} = 304,18 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести переднюю вилку, амортизатор, колеса, рулевое управление, электродвигатель, контроллер, аккумуляторную батарею, электрические провода, ручки газа и тормоза, а также метизы.

Перечень покупных деталей представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Электродвигатель	1	8300	8300
Контроллер	1	4200	4200
Аккумуляторная батарея	1	9600	9600
Электрические провода (пучок)	1	1600	1600
Ручки газа и тормоза	1	2100	2100
Амортизатор	1	1300	1300
Колеса	2	3800	7600
Рулевое управление	1	6000	6000
Передняя вилка	1	20000	20000
Метизы крепежные	50	12	600
Итого:			61300

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 23.

$$C_{\text{кон}} = 7200 + 1571,09 + 61300 + 1732,99 + 304,18 = 72108,26 \text{ р.}$$

Таблица 23 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	7200
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1571,09
Затраты на сборку	1732,99
Общепроизводственные накладные расходы	304,18
Стоимость покупных изделий (деталей)	61300
Итого:	72108,26

Общие затраты на сборку электрического мотоцикла равны 72108,26 р.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости разработки.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (58)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р.» [13];

$$\mathcal{E}_Г = 150000 - 72108,26 = 77891,74 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (59)$$

$$O_{ОК} = \frac{72108,26}{77891,74} = 0,92 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (60)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 77891,74 - 0,15 \cdot 72108,26 = 67075,5 \text{ р.}$$

В таблице 24 представлены основные показатели проекта.

Таблица 24 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	150000	72108,26
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	–	77891,74
Экономический эффект	р.	–	67075,5
Срок окупаемости	год	–	0,92

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки электрического мотоцикла с экономической стороны. Стоимость изготовления электрического мотоцикла составляет 72108,26 р., срок окупаемости равен 0,92 года.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция электрического мотоцикла.

Ключевым вопросом дипломной работы являлось проектирование конструкции электрического мотоцикла. Мотоцикл с электрическим мотором не вредит окружающей среде, так как не выделяет выхлопных газов. Он работает бесшумно, но при этом часто не уступает динамикой, разгоном и другими характеристиками бензиновым моделям. Не требует регулярного сложного обслуживания, заправки бензином, расходов на страховку и регистрацию.

В работе затронута проблема высокой стоимости и низкой доступности электрических мотоциклов для широкого круга потребителей. Разрабатываемая конструкция электрического мотоцикла значительно дешевле при схожих технических характеристиках.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены особенности электрических мотоциклов, выполнен обзор электрических мотоциклов, представленных как для свободной продажи, так и перспективные разработки;
- выполнен тягово-динамический расчёт мотоцикла;
- составлены технические задание и предложение на разработку электрического мотоцикла, конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи и проектные расчеты тормозных механизмов;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого электрического мотоцикла;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции электрического мотоцикла с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Вахламов, В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

2 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

3 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

4 Герасимов, М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

5 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

6 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

7 Демура Н. А. Организация и планирование производства [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. - 122 с.

8 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

9 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

10 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

11 Ионес С. В. Советские полноприводные [Текст] : [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. - Тула : Борус-Принт, 2017-. - 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. - 2017. - 417 с.

12 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

13 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

14 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

15 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

16 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

17 Нарбут А. Н. Мотоциклы : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" направления подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" / А. Н. Нарбут. - Москва : Академия, 2008. - 172, [4] с.

18 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

19 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

20 Сет Мирко де. Классические мотоциклы : иллюстрированная энциклопедия / Мирко де Сет ; [пер. с англ. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2007. - 297, [1] с.

21 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

22 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

23 Электрооборудование мотоциклов отечественного и иностранного производства : BMW, Honda, Triumph, Kawasaki, Yamaha и др. Восход, Днепр, Урал, Минск, ИЖ [и др.] : практ. рук. / [под ред. С. Афолина]. - Батайск : ПОНЧИК, 2004. - 180 с.

24 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

25 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

26 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

27 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

28 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А
Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
<i>Документация</i>											
A4			23.ДП.01.113.6100.000.ПЗ	Пояснительная записка	1						
A1			23.ДП.01.113.6100.000.СБ	Сборочный чертёж	1						
<i>Сборочные единицы</i>											
A1	1		23.ДП.01.113.6101.000	Рама	1						
	2		23.ДП.01.113.6102.000	Рулевое управление	1						
	3		23.ДП.01.113.6103.000	Передняя вилка	1						
	4		23.ДП.01.113.6104.000	Маятник	1						
	5		23.ДП.01.113.6105.000	Колесо переднее с тормозным диском	1						
	6		23.ДП.01.113.6106.000	Колесо заднее с звездочкой	1						
	7		23.ДП.01.113.6107.000	Амортизатор	1						
	8		23.ДП.01.113.6108.000	Электродвигатель с цепной передачей	1						
	9		23.ДП.01.113.6109.000	Аккумулятор с контроллером	1						
<i>Детали</i>											
		10	23.ДП.01.113.6100.010	Фара	1						
		11	23.ДП.01.113.6100.011	Подкрылки	2						
		12	23.ДП.01.113.6100.012	Бартовой компьютер	1						
23.ДП.01.113.6100.000											
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
		Разраб.	Шевченко А.Э.								
		Пров.	Турбин И.В.								
		Н.контр.	Турбин И.В.								
		Утв.	Бодровский А.В.								
Мотоцикл электрический							Лист	Лист	Листов		
ТГУ, АТс-1801а							Д		1		
Копировал							Формат А4				

Рисунок А.1 – Спецификация на электрический мотоцикл