

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка четырехколесного транспортного средства с

независимой подвеской и электрическим приводом

Студент

М.А. Шмально

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.А. Ивлиев

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Е.А. Боргардт

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

Аннотация

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», была выполнена работа на тему: «Разработка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом».

Использование электромобилей становятся все более актуальным решением проблемы для мегаполисов. Электромобиль, как транспортное средство обладает целым рядом достоинств по сравнению с традиционными автомобилями, главным из которых является отсутствие вредных выбросов в атмосферу в процессе работы. Также можно отметить низкий уровень шума, меньший нагрев окружающей среды и более высокий КПД. Главным недостатком и основной преградой на пути к широкому распространению электромобилей до настоящего времени является несовершенство источников электрической энергии – аккумуляторов.

Цель работы: разработка конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.

ВКР включает в себя четыре раздела.

В первом разделе рассмотрены тенденции развития электровелосипедов.

Во втором разделе составлено техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом конструкторские расчеты под подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства.

В третьем разделе рассмотрены безопасность и экологичность конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.

В четвертом разделе определена экономическая эффективность конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.

Выпускная квалификационная работа состоит из 73 страниц, и включает в себя 16 иллюстраций, 18 таблиц, 34 источника.

Abstract

The graduation work is devoted to developing of four-wheeled vehicle with independent suspension and electric drive.

The use of electric vehicles is becoming an increasingly relevant solution to the problem for megacities. An electric car, as a vehicle, has a number of advantages compared to traditional cars, the main of which is the absence of harmful emissions into the atmosphere during the work. A low noise level, less heating of the environment and higher efficiency can also be noted. Nowadays, the main disadvantage and the main obstacle to the wide distribution of electric vehicles is the imperfection of electric energy sources - batteries.

The aim of the graduation work is to develop the four-wheeled vehicle with independent suspension and electric drive.

The graduation work consists of 73 pages, including 16 illustrations, 18 tables, 34 sources of literature.

The thesis of graduation project consists of four parts.

In the first part we consider the development trends of electric bicycles.

In the second part we draw up the terms of reference and the technical proposal for the development of the four-wheeled vehicle with independent suspension and electric drive. Also we make an engineering calculations of the electric motor and battery selection for the developed vehicle.

The third part describes the safety and ecological compatibility of the developed vehicle.

The fourth part deals with economic efficiency calculation of the designed construction of the four-wheeled vehicle with independent suspension and electric drive.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Тенденции развития электровелосипедов	8
1.2 Современные конструкции электровелосипедов.....	10
2 Конструкторская часть	16
2.1 Техническое задание на разработку четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.....	16
2.2 Техническое предложение на разработку четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	19
2.3 Конструкторские расчеты	31
3 Безопасность и экологичность технического объекта	39
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	39
3.2 Определение профессиональных рисков.....	41
3.3 Способы снижения профессиональных рисков	43
3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	47
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	50
4 Расчет экономической эффективности четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом	53
4.1 Расчет себестоимости проектируемого транспортного средства	53
4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта	62
Заключение	69
Список используемой литературы и используемых источников.....	70

Введение

В последнее время остро ставится вопрос о поиске альтернативных источников энергии и замене двигателей внутреннего сгорания (ДВС) более совершенными и экологически чистыми устройствами.

Общемировой рост цен на энергоносители делает все более дорогостоящим использование автомобилей с ДВС. Резкое ухудшение экологической обстановки в крупных городах и мегаполисах зачастую также связано с эксплуатационными недостатками традиционных автомобилей. По этой причине в настоящее время практически все ведущие автомобилестроители инвестируют немалые средства на разработку и внедрение гибридных автомобилей, в которых совместно с ДВС работает электродвигатель, питаемый от аккумуляторов. Интенсивно ведется разработка двигателей, использующих в качестве горючего водород и иные виды топлива, энергию солнечных лучей и др.

Использование электромобилей становятся все более актуальным решением проблемы для мегаполисов. Электромобиль, как транспортное средство обладает целым рядом достоинств по сравнению с традиционными автомобилями, главным из которых является отсутствие вредных выбросов в атмосферу в процессе работы. Также можно отметить низкий уровень шума, меньший нагрев окружающей среды и более высокий КПД. Главным недостатком и основной преградой на пути к широкому распространению электромобилей до настоящего времени является несовершенство источников электрической энергии – аккумуляторов.

Электромобиль относится к тяговому электроприводу. Тяговый электропривод – привод, предназначенный для приведения в движение транспортных средств (электровозов, электропоездов, тепловозов и теплоходов с электроприводом, трамваев, троллейбусов, электромобилей и тому подобное.).

Тяговый электропривод классифицируют по роду тока (постоянного и переменного тока), системе передачи вращающего усилия от вала двигателя к движущему механизму (с индивидуальным и групповым электроприводом), системе вентиляции (с самовентиляцией, независимой и смешанной вентиляцией).

Наиболее употребительны в качестве тягового электродвигателя – электродвигателя постоянного тока, последовательного и независимого возбуждения, синхронные двигатели с постоянными магнитами и трёхфазные асинхронные электродвигатели.

Выбор того или иного тягового электродвигателя в электроприводе электромобиля прежде всего, зависит от области применения электромобилей и требований, предъявляемых к нему. Несмотря на то, что каждый тяговый электропривод предъявляет собственные требования к системе управления и имеет оптимальные характеристики лишь в определенном диапазоне частот вращения, к нему предъявляются следующие основные требования: простота изготовления, надежность, удобство обслуживания, легкость регулирования, простота системы управления, высокий момент во всем диапазоне частот вращения, пригодность для рекуперативного торможения, высокий КПД.

При сравнении различных вариантов тяговых электроприводов электромобилей их КПД наряду с собственной массой является одним из решающих факторов, так как применяемые в настоящее время тяговые аккумуляторные батареи имеют ограниченный запас энергии и значительную массу.

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.

1 Состояние вопроса

1.1 Тенденции развития электровелосипедов

В ближайшее десятилетие эксперты предсказывают бум развития электротранспорта. При этом основной прирост ожидается не за счет таких распиаренных автомобилей как Tesla Model 3 или Cybertruck, и даже не скутеров. Пальма первенства будет за электровелосипедами.

Поверить в это пока очень сложно, ведь с 2006 по 2012 год продажи электробайков составили всего 1 процент от общего числа реализованных велосипедов. Так, в 2013 году в Европе их было продано 1,8 миллиона, а в США всего 185,000. Тем более американцы, известные своей любовью к большим автомобилям, вообще всерьез не рассматривают легкие байки как средство передвижения.

В США и Канаде только 1 процент ездит на велосипеде на работу. Не то что, к примеру, голландцы, которые чуть ли не поголовно крутят педали и в зной, и в холод.

Но ситуация начала меняться, благодаря улучшениям в технологии литиево-ионных аккумуляторов, снижению цен, увеличению запаса хода, а также постепенному переходу от автомобилей с ДВС на транспорт с нулевым уровнем выбросов.

В ежегодном прогнозе развития технологий, средств массовой информации и телекоммуникаций, который готовит компания Deloitte, говорится, что мировые продажи электровелосипедов с 2020 по 2023 годы составят около 130 миллионов штук. Компания также отмечает, что количество электробайков на дорогах превысит число других электрических транспортных средств уже к концу следующего года.

Простые математические подсчеты показывают, что так, видимо, и будет. Если верить отчету Deloitte, ежегодно прирост продаж велосипедов на электротяге будет составлять 40 миллионов. А согласно прогнозу развития

электротранспорта (Global EV Outlook 2019), подготовленного Международным энергетическим агентством, в 2025 году будет продано только 12 миллионов электромобилей (сейчас их на дорогах 5,1 миллиона).

Мировой прогноз продаж от Guidehouse - 113 миллионов велосипедов с 2020 по 2023 год. Это хоть и несколько меньшие, чем у Deloitte, но цифра по-прежнему впечатляющая. «Электровелосипеды - самый продаваемый электротранспорт на планете!» - заявил аналитик Guidehouse Райан Цитрон.

Безусловно, рост продаж электробайков приведет и к изменению транспортных привычек. Deloitte прогнозирует увеличение числа людей, которые ездят на работу на велосипедах с 2019 до 2022 года, на 1 процент. На первый взгляд цифра не такая и большая, но, учитывая большой нереализованный потенциал, разница будет впечатляющей. Десятки миллиардов дополнительных поездок на велосипеде в год означают уменьшение использования автомобилей и, как следствие, сокращение вредных выбросов.

По данным исследовательской компании NPD Group, продажи электровелосипедов в США подскочили на невероятные 91 процент с 2016 по 2017 год, а затем еще на 72 процента с 2017 по 2018 год, достигнув впечатляющих 143,4 миллиона долларов. Но Мэтт Пауэлл из NPD считает, что Deloitte и другие компании немного переоценивают возможности электробайков. Он прогнозирует продажи только 100 000 электрических велосипедов в США на 2020 год.

Велосипеды имеют некоторые очевидные преимущества перед электромобилями: они дешевле, их легче заряжать, и они не требуют огромных инвестиций в поддерживающую инфраструктуру. Но, надо признать, это транспортное средство подходит далеко не для каждого. Многие просто чувствуют себя небезопасно на двухколесных роверах, на них неудобно перевозить детей или грузы. Но в Deloitte уверены, что электрификация позволит решить эти проблемы, тем более что передвижение

на велосипеде с электротягой не требует олимпийской физической подготовки.

И если в городах заинтересованы в развитии легкого электротранспорта, необходимо развивать соответствующую инфраструктуру – создавать сети защищенных велосипедных дорожек и парковок. И тогда все больше горожан будут пересаживаться с четырехколесного транспорта на экологичный двухколесный.

1.2 Современные конструкции электровелосипедов

1.2.1 Велоквадроцикл Pedilio

Созданная немецким изобретателем Томасом Фибахом одноместная веломашина Pedilio (рисунок 1) получила 21-скоростную трансмиссию с педальным приводом от правого заднего колеса и ступичным мотором в левом заднем колесе, который может выступать в качестве ассистента мышечной силе велосипедиста. Разработчики планируют выпускать модель в двух версиях. Первая будет оснащена 250-ваттным двигателем, с помощью которого пользователь сможет развить скорость до 25 км/ч. Вторая, с 500-ваттным двигателем, обеспечит разгон до 45 км/ч. Таким образом Pedilio подпадает в категорию легких мототранспортных средств (по крайней мере, в Европе), а желающими на нем поехать потребуются водительские права.

Питание для мотор-колеса поставляет литий-ионный аккумулятор, который позволит проехать около 60 км на электрической тяге. Но запас хода может быть увеличен благодаря системе рекуперативного торможения. Также Pedilio оснащен солнечными панелями, расположенными на крыше: они обеспечат зарядку батареи во время стоянки. Кроме того, предусмотрена возможность установки дополнительного модуля АКБ.

Велоквадроцикл оснащен стальной рамой с порошковым напылением и кабиной из углеродного волокна. При весе около 68 кг имеет максимальную грузоподъемность 130 кг и, при желании заказчика, может комплектоваться

независимой подвеской на всех четырех 20-дюймовых колесах, передними и задними гидравлическими дисковыми тормозами и полноценной системой освещения с указателями поворота.



Рисунок 1 – Веломашина Pedilio

1.2.2 Био-гибрид

Немецкая инжиниринговая компания Шэффлер (Schaeffler), которая является крупным частным производителем элементов трансмиссий и силовых установок для автомобильного, аэрокосмического и промышленного применения, уверена, что будущее за персональным транспортом. И в подтверждение этому она создала уникальную веломашину, которая олицетворяет ее видение городской мобильности.

Транспортное средство получило название bio hybrid (био-гибрид) (рисунок 2). И действительно, оно сочетает в себе достоинства велосипеда и

автомобиля, предоставляя пользователю возможность путешествовать с комфортом, бережно относится к экологии и не забывает о своем здоровье.

В отличие от обычного велосипеда, pedalная машина Шэффлер защищает водителя от воздействий плохой погоды и дает возможность перевозить объемные грузы, а при желании она может оснащаться дополнительным сиденьем и вмещать двух человек. Благодаря электрическому приводу и съемным батареям четырехколесный байк может без труда преодолевать от 50 до 100 км с максимальной скоростью 25 км/ч.



Рисунок 2 – Био-гибрид

Преимущества в сравнении с автомобилем заключаются в том, что для езды на био-гибриде не требуются водительские права, причем пользоваться им можно и на велосипедных дорожках, благодаря достаточно компактным размерам (2,1 м в длину, 1,5 м в высоту, 85 см в ширину).

Водитель может выбирать как ему передвигаться – в обычной или спортивной манере. Платформа с двумя передними и задними колесами обеспечивает повышенную безопасность и стабильность управления

транспортным средством. Электрическая передача заднего хода также позволяет маневрировать без каких-либо проблем.

Экстравагантный дизайн гибридного электробайка увенчивает оригинальная крыша, которая легко сдвигается за спинку сиденья с помощью интеллектуального механизма поворота, и в таком положении веломашина превращается в стильный кабриолет и позволяет водителю наслаждаться свежим воздухом.

Немецкий велосомобиль легко интегрируется со смартфоном, приложения которого открывают доступ как к техническим данным, так и к информации о погоде, дорожной ситуации и другим дополнительным сведениям.

1.2.3 Грузовой электробайк на четырех колесах EAV Project 1

Грузовой электробайк на четырех колесах EAV Project 1 (рисунок 3), педальный привод которого мало чем отличается от традиционного двухколесного велосипеда, может перевозить до 150 кг груза и уже включен в парк международной службы экспресс-доставки DPD в рамках ее планов по снижению уровня транспортных выбросов.



Рисунок 3 – Грузовой электробайк на четырех колесах EAV Project 1

Производитель электротранспорта EAV уже начал серийное производство своего нового четырехколесного аппарата, который, как уверены в компании, произведет революцию в поставках «последней мили» в городских районах.

Новое транспортное средство работает как обычный велосипед с дополнительным электрическим приводом и развивает максимальную скорость около 32 км/ч. Габариты этого квадроцикла допускают перемещение по велосипедной дорожке, а в заднем отсеке достаточно места для больших поклажей массой до 150 кг или шести грузовых контейнеров.

Новые варианты городской мобильности вроде Убера, проката электросамокатов, велопроката без станций и, возможно, в будущем, беспилотных шаттлов может выветрить автомобилецентризм из сознания людей. Электровелосипеды могут сыграть важную роль во всё более населённых и загрязнённых городах, если станут тем видом транспорта, который обеспечит переход от плохой привычки к более здоровым, устойчивым, доступным, да и просто весёлым вариантам. Конечно, если все велосипеды в мире сейчас вмиг заменить на электровелосипеды, для окружающей среды ничего хорошего не будет. Но поскольку езда на электровелосипеде менее требовательна к уровню физической подготовки людей (на них проще забираться в гору и преодолевать большие расстояния), люди могут отказаться от автомобилей в пользу электровелосипедов.

1.2.4 Веломобиль Podride

Веломобиль Podride (рисунок 4) представляет собой закрытый четырехколесный мини-экипаж с приводом Pedelec, технически напоминающий лигерад (лежачий велосипед, рикамберн), а внешне – карбоновый автомобиль Peanuts уже почти собрал на краудфандинговой платформе необходимую для запуска производства сумму. Опирающийся на 20-дюймовые колеса автомобильчик имеет размеры 180x72x145 сантиметров (ДхШхВ). А так как колесная база составляет всего 88 сантиметров, радиус поворота не превышает трех с половиной метров.



Рисунок 4 – Веломобиль Podride

В отличие от большинства трех- и четырехколесных лигерадов, в салоне у Podride установлено сиденье, на котором водитель сидит на той же высоте, что и водитель легкового автомобиля. Обшитая материей кабина вместе с ветровым стеклом откидывается вперед, что обеспечивает удобную посадку и высадку. Комфорт во время движения обеспечивает и пневматическая подвеска. Также транспортное средство оборудовано передними и задними осветительными приборами, а также указателями поворотов.

Управляется всящая 70 килограмм конструкция с помощью двух расположенных рядом с сиденьем рычагов. Педалями приводятся в движение задние колеса, причем водитель может для движения как пользоваться силой своих ног, нажимая на эти педали, так и подключать себе в помощь установленный на каретке 250-ваттный двигатель от Bafang. Как и у большинства лигерадов, максимальная скорость экипажа составляет 25 км/час. На одном заряде аккумулятора, если нет желания работать ногами, можно проехать до 60 километров.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Четырехколесное транспортное средство с независимой подвеской и электрическим приводом представляет собой рамное транспортное средство на колесном ходу, оснащенное независимой подвеской, узлом для поворота передних колес, мотор-колесами, расположенными в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей.

Четырехколесное транспортное средство с независимой подвеской и электрическим приводом предназначено для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, парковым и лесопарковым зонам преимущественно летом и в межсезонье.

Возможность экспорта в зарубежные страны не предусмотрена.

Разработка ведется в соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

При разработке транспортного средства особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы, журналы, каталоги гаражного оборудования, методические пособия и другую техническую литературы.

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

Четырехколесное транспортное средство с независимой подвеской и электрическим приводом должно состоять из металлической рамы, качающейся рамки с возможностью продольного и поперечного перемещения в целях гашения колебаний, узла для поворота передних колес, мотор-колес, расположенных в задней части, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

К конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки одного человека;
- должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным 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;
- должна быть выполнена независимая подвеска;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на задние колеса, путем установки мотор-колес;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид. Посадка и высадка пассажиров, погрузка и выгрузка груза должна быть максимально удобной.
- водителю транспортного средства должна быть обеспечена максимально хорошая обзорность;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.

Разработку конструкции выполнить в специализированных программах (2D или 3D).

Из конструктивных соображений, принимаем ориентировочно следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм

– длина.....	2600
– ширина.....	900
– высота.....	1200
Угол поворота, °.....	не менее 40
Тип двигателя.....	электрический, мотор-колесо
Количество двигателей, шт.	не более 2
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500
Запас хода, км.....	не менее 50
Ход подвески, мм.....	не менее 70
Масса.....	не более 140

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

Использовать транспортное средство 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.

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

На экспертизу предоставить в письменном варианте ТЗ, ТП. Место проведения экспертизы – кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет».

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

Изготовление опытного образца предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

2.2 Техническое предложение на разработку четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.

Четырехколесное транспортное средство с независимой подвеской и электрическим приводом представляет собой транспортное средство на колесном ходу состоящее из металлической рамы, оснащенное независимой подвеской, узлом для поворота передних колес и двумя задними колесами, оснащенными мотор-колесами, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

Четырехколесное транспортное средство с независимой подвеской и электрическим приводом должно иметь следующие технические показатели:

Габаритные размеры, мм

— длина.....	2595
— ширина.....	891
— высота.....	1130
Угол поворота, °.....	60
Тип двигателя.....	электрический, мотор-колесо
Количество двигателей, шт.	2
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500
Запас хода, км.....	60
Ход подвески, мм.....	80
Масса.....	108

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции так называемых «велотрайков», с независимой подвеской, одним приводным электродвигателем и приводом при помощи цепной передачи. Использование двух мотор-колес для привода в задней части не найдено. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих по заданные технические требования не имеется.

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 представленные источники информации.

Основными частями четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом являются:

- металлическая рама;
- узел поворота передних колес;
- независимая подвеска;
- мотор-колесо в количестве 2 штук;
- аккумуляторные батареи;
- контроллер.

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

В первую очередь необходимо определиться с рамой, так как она является несущим элементом, на который крепятся все остальные элементы транспортного средства, также она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 5, а) или профиля круглого сечения (рисунок 5, б).

Преимуществом профиля прямоугольного сечения является его существенная пространственная жёсткость, в отличие от труб круглого

сечения. За счёт плоских поверхностей, профильные трубы технически проще обрабатывать, грунтовать, красить. Плоские грани профиля обеспечивают отличную эргономику и удобство работы при креплении других элементов устройства по сравнению с трубой круглого сечения.

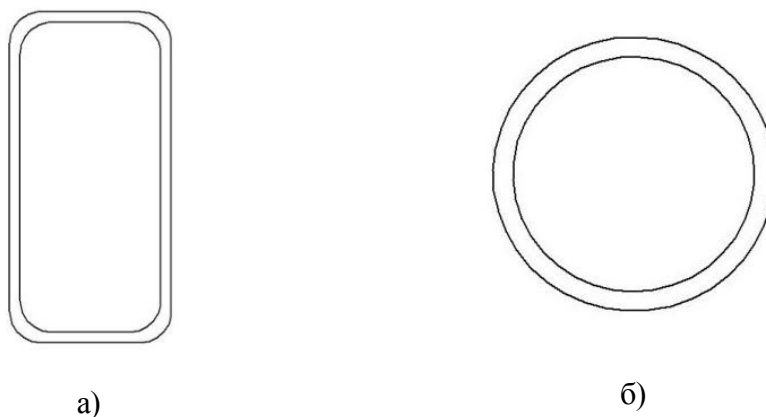
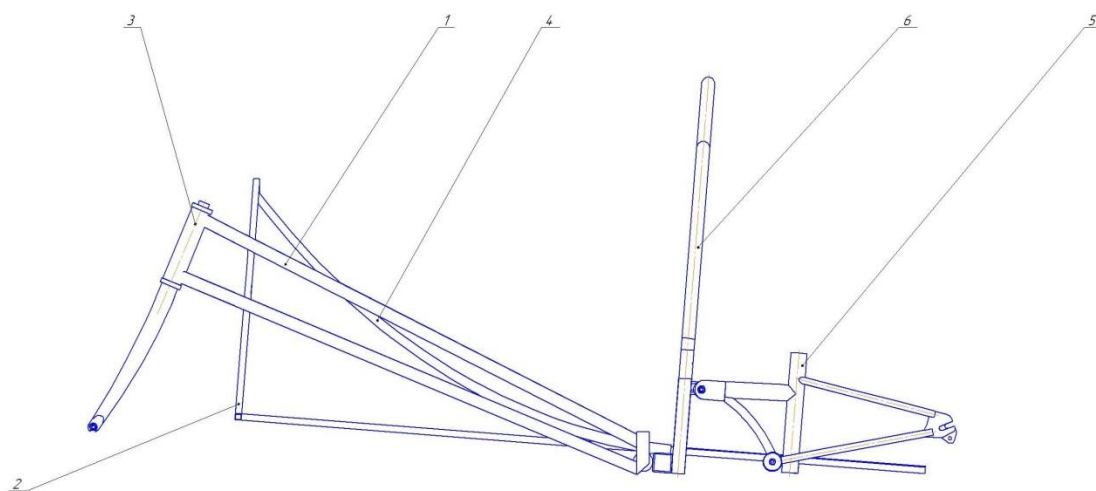


Рисунок 5 – Виды профиля для рамы

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 6, сваренную из профилей прямоугольного сечения. Также к передней и задней части приварены вилки от велосипеда.



1 – основная рама; 2 – качающаяся рама; 3 – передняя вилка; 4 – усилитель;
5 – задняя вилка; 6 – дуга безопасности

Рисунок 6 – Конструкция рамы

Отличительной особенностью проектируемого транспортного средства являются конструкции независимой подвески и узла, обеспечивающего поворот передних колес.

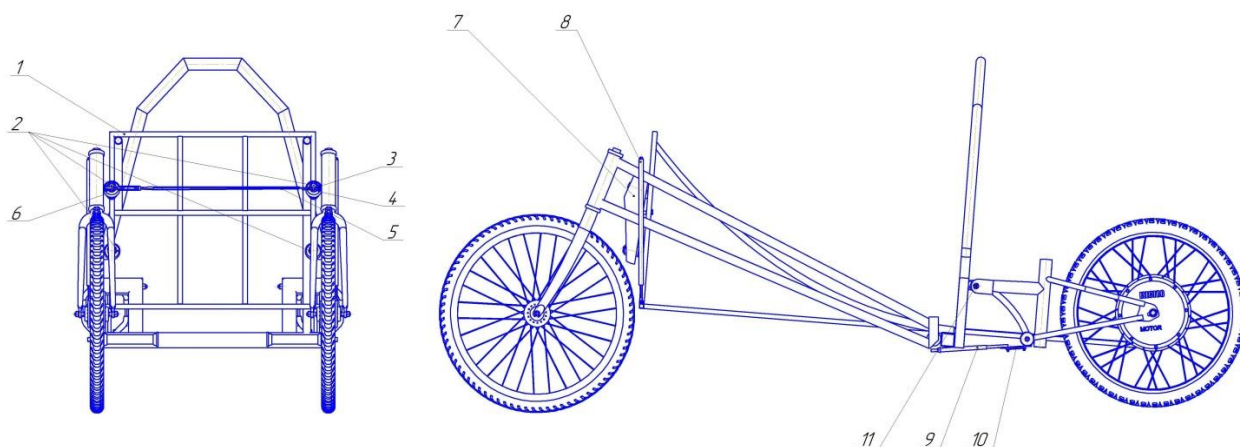
Рассмотрим подробно данные элементы конструкции.

Независимая подвеска – это такая подвеска, в которой колеса одной оси не связаны друг с другом, и изменение положения одного колеса не оказывает влияния на другое.

Разработанная независимая подвеска (рисунок 7) состоит из следующих элементов:

- качающаяся рамка;
- подшипник;
- гайка;
- пружина;
- трос;
- талреп;
- направляющая пластина;
- пружина для гашения продольных колебаний;
- устройство для натяжения пружин;
- набор пружин для гашения поперечных колебаний.

Качающаяся рамка 1 перемещается при помощи подшипников 4 по направляющим пластинам 7, закрепленным на раме транспортного средства. В качестве упругого элемента для гашения продольных колебаний выступает пружина 8, для гашения поперечных колебаний выступает набор пружин 10. Устройство 9 служит для натяжения пружин 10. Трос 5 с талрепом 6 и пружиной 4 крепится к гайкам 3 и выступает в качестве стягивающего элемента.

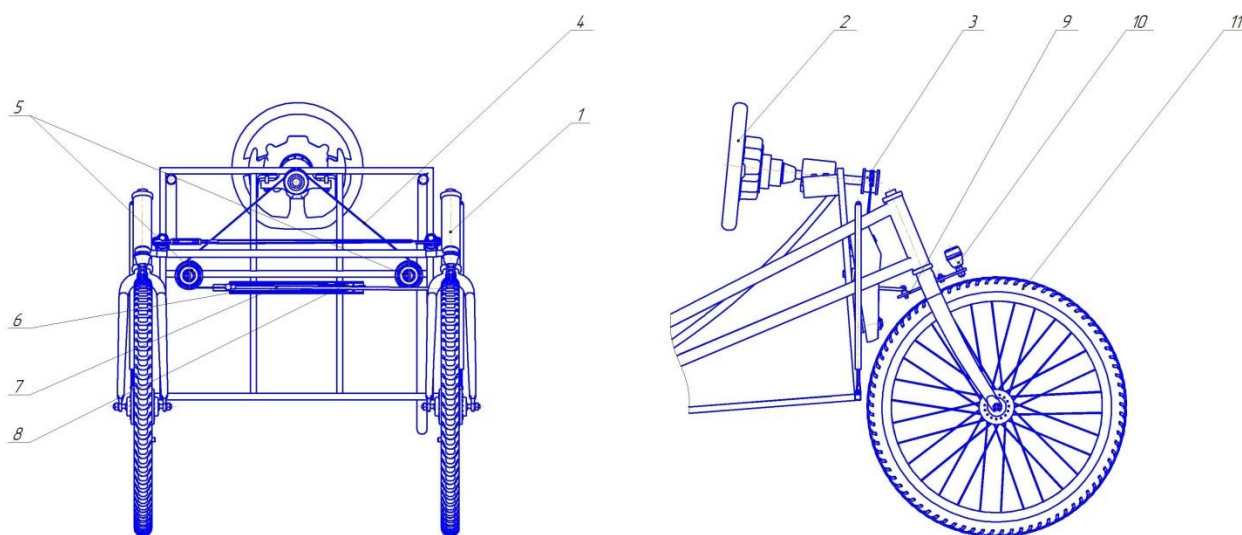


- 1 – качающаяся рамка; 2 – подшипник; 3 – гайка; 4 – пружина; 5 – трос; 6 – талреп;
 7 – направляющая пластина; 8 – пружина для гашения продольных колебаний;
 9 – устройство для натяжения пружин; 10 – набор пружин для гашения поперечных колебаний; 11 – шарнирное соединение

Рисунок 7 – Конструкция разработанной независимой подвески

Узел обеспечивающий поворот передних колес (рисунок 8) состоит из следующих элементов:

- двух вилок от велосипедов;
- шкива;
- металлического троса;
- двух натяжных роликов;
- натяжителя (талрепа);
- направляющей;
- тяги;
- поперечины;
- двух кронштейнов
- рулевого колеса с кронштейном в сборе.



1 – вилка велосипедная; 2 – рулевое колесо с кронштейном в сборе; 3 – шкив; 4 – металлический трос; 5 – натяжной ролик; 6 – направляющая; 7 – тяга; 8 – натяжитель (талреп); 9 – кронштейн; 10 – поперечина; 11 – велосипедное колесо

Рисунок 8 – Конструкция узла поворота передних колес

При повороте рулевого колеса 2, на шкив 3 наматывается металлический трос 4, который в свою очередь через натяжные ролики 5 действует на тягу 7 перемещающуюся по направляющей 6. Тяга 7 соединена с кронштейном 9 на вилке 1, что в свою очередь вызывает поворот вилки 1. Связь двух вилок обеспечена при помощи поперечины 10. Регулировка натяжения троса осуществляется при помощи натяжителя 8.

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать установленные в задней части – два мотор-колеса.

Рассмотрев представленные на рынке мотор-колеса выбираем мотор-колесо JOYUE H04A (рисунок 9) мощностью 350 Вт.

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики мотор-колеса

Параметр	Значение
1	2
Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	36/48
Сила тока А	13

Продолжение таблицы 1

1	2
Мощность, Вт	350
Максимальная мощность, Вт	
– при 36В	550
– при 48В	750
Тормоз	v-brake/дисковый тормоз
Масса, кг	2,6



Рисунок 9 – Мотор-колесо

Для обеспечения торможения и ускорения транспортного средства принимаем педальный узел (рисунок 10).

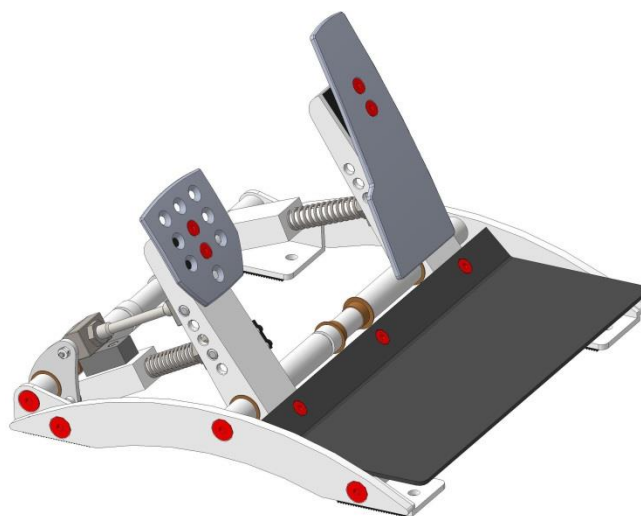


Рисунок 10 – Педальный узел

Выполняем выбор батареи.

В большинстве современных электрических машинах используются 4 типа аккумуляторных батарей. Самые распространённые – литий-ионные, алюминий-ионные и литий-серные. Иногда применяют ещё и металл-воздушные, где в качестве металла выступают цинк, литий, натрий, магний или алюминий.

Литий-ионные АКБ.

Литий-ионные АКБ – самый распространённый вариант для установки на электрических автомобилях. Преимуществами таких источников питания считают:

- высокую плотность накапливаемой энергии;
- более высокое по сравнению с другими видами АКБ напряжение;
- небольшой саморазряд – до 6% в месяц, до 20% в год;
- практически полное отсутствие «эффекта памяти», из-за которого новые батареи требуется «тренировать», используя несколько циклов заряда/разряда;
- сравнительно большой срок эксплуатации – не меньше 1000 циклов или 10 лет.

Не лучшими характеристиками таких батарей можно назвать высокую стоимость, которая влияет и на цену автомобиля, и плохую устойчивость к избыточному заряду.

Минусом является и небольшой температурный диапазон, в котором работают литий-ионные АКБ (от минус 20 до плюс 50°C). При использовании за пределами этих значений характеристики батареи ухудшаются – на холоде снижается ёмкость, при жаре аккумулятор может работать нестабильно.

Серьёзная проблема Li-Ion источника питания – высокий уровень взрывоопасности при повреждении и нарушении герметичности.

Алюминий-ионные аккумуляторы.

Алюминий в составе батареи для электромобиля повышает безопасность её использования.

Кроме того, такой аккумулятор дешевле обходится при производстве. Использованию таких устройств мешает невысокая производительность катодов и меньшее количество циклов заряда/разряда.

В Китае ведутся исследования по поводу улучшения характеристик батарей. Уже разработана новая конструкция катода, увеличившая ёмкость и сроки службы литий-ионной АКБ, а также уменьшившая её цену. Новая версия, ещё не применяемая на серийных авто, выдерживает до 250 тыс. перезарядок.

Литий-серные батареи.

Аккумуляторы, принцип действия которых основан на реакции между литием и серой, делаются многослойными. Их ёмкость примерно вдвое выше по сравнению с аналогичными по размеру литий-ионными батареями. Стоимость изготовления таких аккумуляторов ниже, а рабочий диапазон температур выше, чем у большинства других источников питания электромобилей.

Недостатком литий-сернистых АКБ является небольшое количество перезарядок (до 60). Это делает батареи непригодными для установки в серийных автомобилях. Однако над устранением недостатков уже работают специалисты нескольких компаний, включая OXIS Energy. Предполагается, что к 2020 году стоимость поездки на аккумуляторах Li-S будет ниже, чем у современных литий-ионных версий.

Металл-воздушные АКБ.

Преимуществами металл-воздушных аккумуляторов являются:

- небольшой вес, благодаря которому снижается и масса автомобиля;
- большой пробег электромобилей, которые комплектуются такой батареей;
- сравнительно доступная стоимость;
- более простая утилизация по сравнению с литиевыми АКБ.

Минусами устройства является снижение производительности батареи при низкой температуре. Кроме того, такой батарее нужна система фильтрации, потребляющая почти треть общей мощности. Ещё один серьёзный минус – внезапный выход из строя металл-воздушных аккумуляторов из-за образовавшейся на их поверхности плёнки из пероксида лития. И, наконец, последний минус, из-за которого такие батареи не пользуются большим спросом – небольшое число циклов заряда/разряда – до 50-60.

Другие варианты.

Кроме основных технологий производства аккумуляторов электромобилей, существует несколько видов, которые только находятся в разработке. Предполагается, что такие аккумуляторные батареи для электромобиля получат большую ёмкость и срок службы по сравнению с существующими версиями. Одной из таких разработок является аккумулятор на основе кремния и графита, способный накапливать в 5 раз больше энергии без заметного износа.

Южнокорейскими разработчиками создана технология, вообще не требующая зарядки. Вместо подключения к электросети после у электромобиля заменяется одна алюминиевая пластина, которой хватает на 700 км пробега. Алюминий идёт на переработку и используется повторно.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston WB-LP12V60AH (рисунок 11) со следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 2.

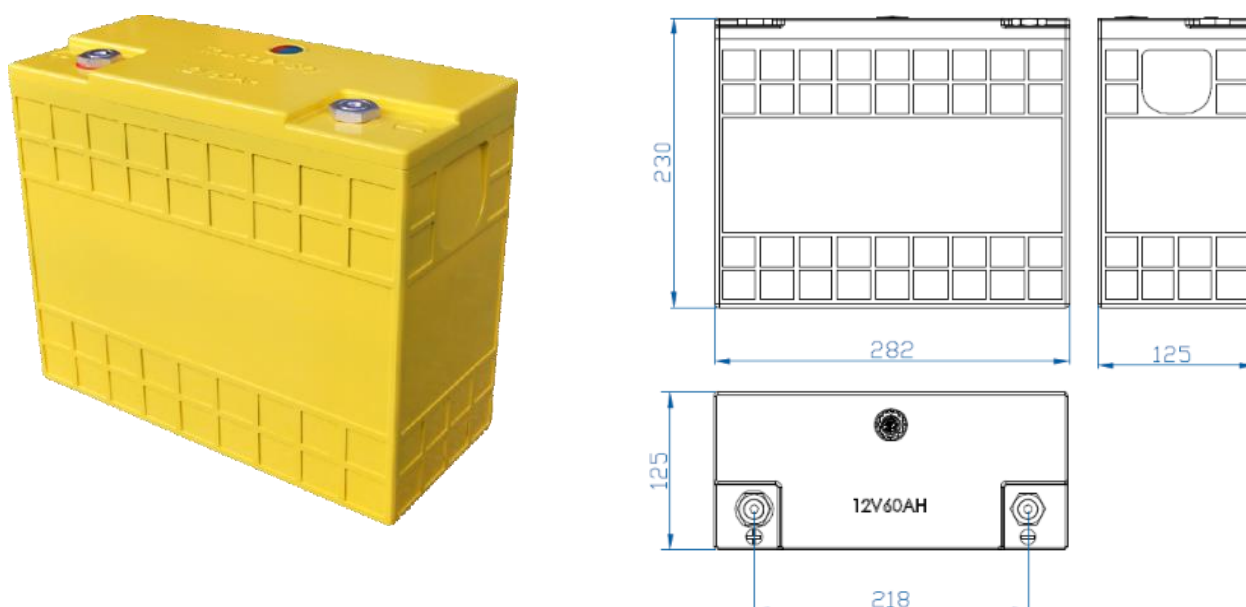


Рисунок 11 – Аккумуляторная батарея и ее габаритные размеры

Таблица 2 – Технические характеристики литий-ионной батареи Winston WB-LP12V60AH

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	282×125×230
Рабочее напряжение, В:	
– заряда	16
– разряда	11
Номинальная мощность, А·ч	60
Ток разряда максимальный непрерывный / пиковый, А:	180/600
Максимальный зарядный ток, А	180
Количество циклов зарядки	5000-7000
Саморазряд, %	≤3
Температурный режим эксплуатации, °С	от минус 45 до плюс 85
Масса, кг	11,5

Контроллер служит для запуска электродвигателя, как внешнего, так и мотор-колеса. Ведь у батареи два полюса – «плюс» и «минус», а у мотор-колеса три фазных провода, и подключить, напрямую не получится. Контроллер создает вращающееся магнитное поле в обмотке статора, получая обратную связь о положении ротора либо по датчикам Холла, либо по противо-ЭДС (при управлении двигателями без датчиков). Также, контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать

скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель.

Изучив представленные на рынке контроллеры выбираем параллельные контроллеры Kunray (рисунок 12) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 3.

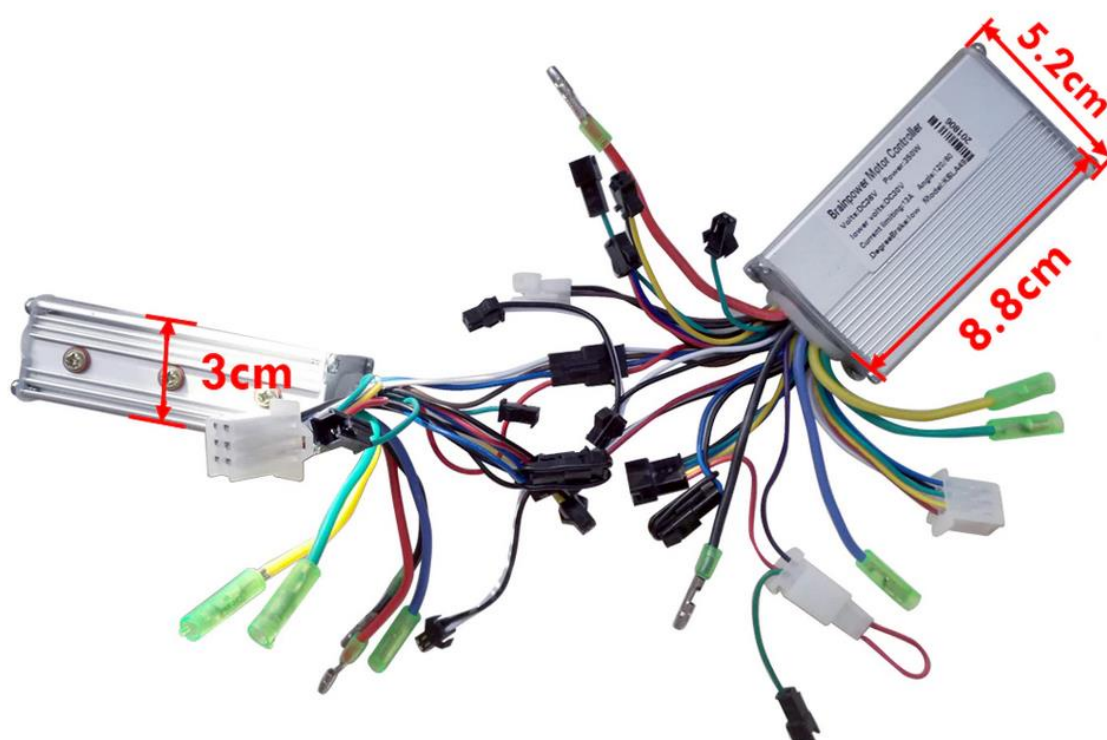
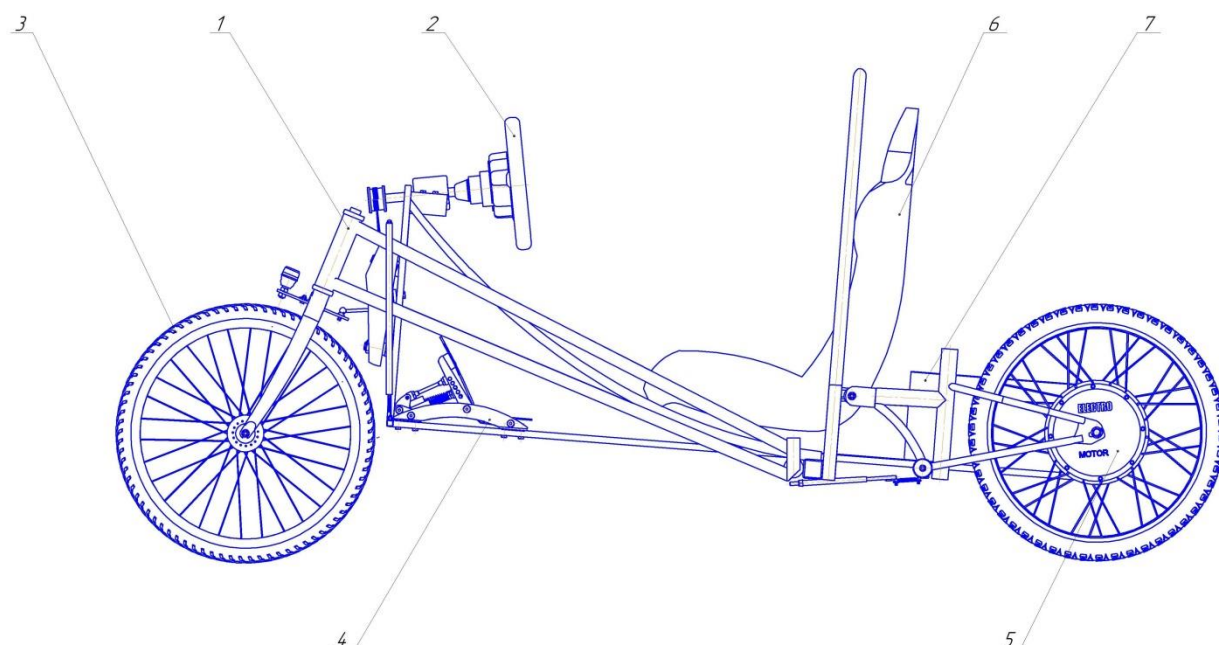


Рисунок 12 – Параллельные контроллеры Kunray на 350 Вт

Таблица 3 – Технические характеристики параллельных контроллеров Kunray на 350 Вт

Параметр	Значение
Мощность, Вт	350
Напряжение, В	36/48
Номинальный ток, А:	38

После выбора всех элементов конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 13).



1 – рама; 2 – рулевое управление; 3 – колесо; 4 – pedalный узел; 5 – мотор-колесо;
6 – сиденье; 7 – ящик с электрооборудованием

Рисунок 13 – Общая компоновка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

2.3 Конструкторские расчеты

2.3.1 Выбор мощности электродвигателя

Понятие номинальной мощности электродвигателя отличается от понятия номинальной мощности ДВС.

Номинальной мощностью автомобильного ДВС называют мощность, соответствующую высшей точке его характеристики, то есть максимальную мощность, которую вообще может развить данный двигатель.

Поэтому автомобильный ДВС подбирается по максимальной мощности, требующейся для заданных условий движения.

На рисунке 14 показаны характеристики электродвигателя последовательного возбуждения. Из них видно, что максимальная мощность и максимальный момент, который может развивать электродвигатель, далеко выходят за пределы его номинального рабочего режима.

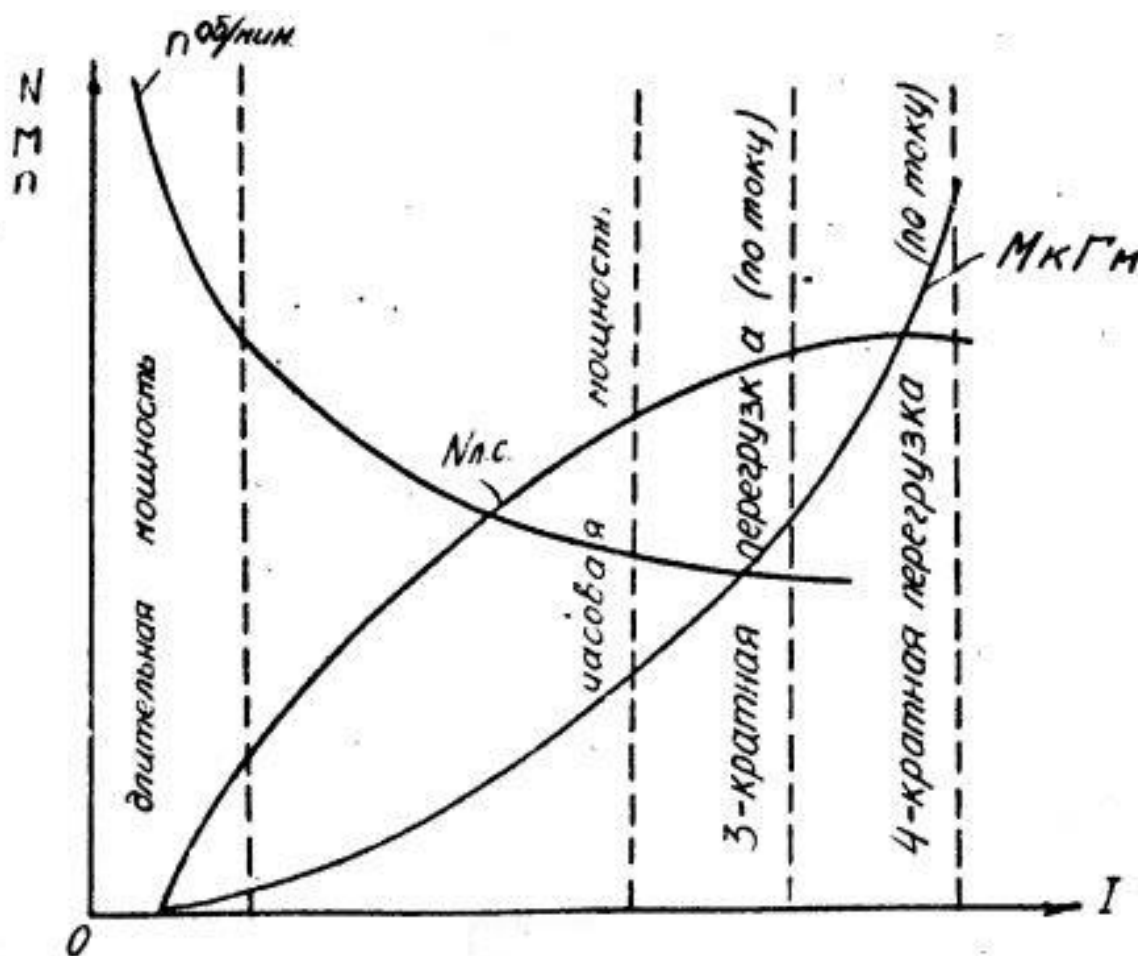


Рисунок 14 – Характеристики электродвигателя последовательного возбуждения

Различают:

- продолжительную мощность;
- кратковременную (30-минутную, часовую, двухчасовую);

- мощность, предельную при коротких перегрузках (на несколько минут, секунд), ограничивается коммутацией и механической прочностью.

Исходные данные для расчета мощности мотор-колеса для четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета мощности мотор-колеса

Параметр	Значение
Снаряжённая масса электромобиля, кг	70
Масса одной батареи Winston 60AH составляет 11,5 кг, в конструкции используется комплект из 2 батарей	23
Масса мотор-колеса, мощностью 350 Вт – 2,6 кг, в конструкции используется 2 мотор-колеса	5,2
Масса параллельных контроллеров на 350 Вт, кг	2,4
Дополнительный вес (переходная плита, провода, крепление), кг	7
Общая масса с округлением, кг	108
Масса водителя, кг	80
Полная расчётная масса, кг	188
Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x)	0,342
Площадь поперечного сечения автомобиля (S), м ²	0,49
Коэффициент силы трения для асфальта ($F_{тр}$)	0,018
Скорость автомобиля (V), км/ч	30
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225

Мощность, необходимая для движения четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом с заданной скоростью, определяется выражением

$$N = \frac{W \cdot v}{\eta \cdot 0,736}, \quad (1)$$

где W – полный расход энергии на преодоление сопротивления движения, кВт·ч/т·км;

v – скорость электромобиля, км/ч;

η – КПД трансмиссии.

Раскрываем формулу (1).

$$N = g \cdot F_{TP} \cdot m \cdot V + C_x \cdot S \cdot V^2 + g \cdot m \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 188 \cdot 30 + 0,342 \cdot 0,49 \cdot 30^2 + 9,8 \cdot 188 \cdot \sin 0 = 336 \text{ Вт.}$$

Рассчитанные значения мощности в зависимости от угла подъема при заданной скорости движения 30 км/ч сводим в таблицу 5 и строим график (рисунок 15).

Таблица 5 – Зависимость мощности, необходимой для движения электромобиля с заданной скоростью от угла подъема

Наклон, град	Наклон, %	Мощность, кВт
0	0,0	0,5
2	3,5	0,6
4	7,0	0,7
6	10,5	0,8
8	14,1	0,9
10	17,6	1,0
12	21,3	1,1
14	24,9	1,2
16	28,7	1,3
18	32,5	1,4
20	36,4	1,5
22	40,4	1,5
24	44,5	1,6
26	48,8	1,7
28	53,2	1,8
30	57,7	1,9

Необходимо учесть КПД узлов транспортного средства: двух мотор-колес – 0,81, трансмиссии – 0,76, контроллера с потерями на проводах и контакторах – 0,94.

Итоговый КПД с учетом кинематики:

$$\eta = 0,81 \cdot 0,76 \cdot 0,94 = 0,58$$

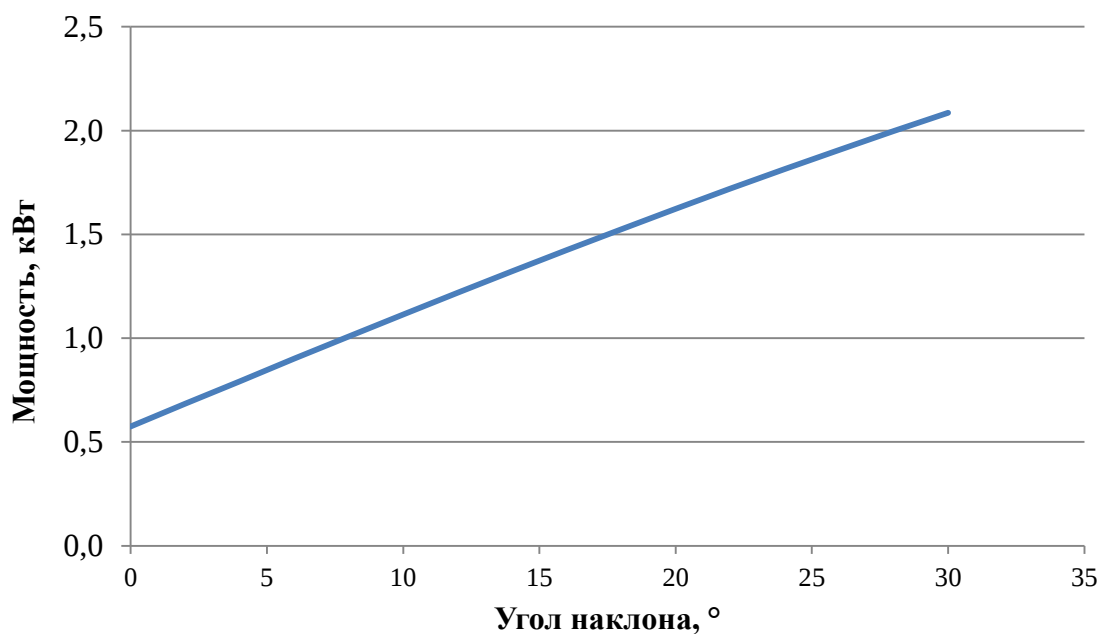


Рисунок 15 – График зависимости мощности от угла подъема

Определяем необходимую мощность электродвигателя.

$$N_{\text{н}} = \frac{N}{\eta}, \quad (3)$$

$$N_{\text{н}} = \frac{336}{0,58} = 579,31 \text{ Вт.}$$

Принимаем для привода 2 мотор-колеса с мощностью не менее 350 Вт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят мотор-колеса компании Kupray мощностью 350 Вт.

2.3.2 Выбор напряжения 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 электромобиля не должна быть чрезмерно велика.

Первое требование вызвано тем, чтобы для зарядки батареи электромобиля 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 электромобиля, а, следовательно, и мощности электродвигателя приходится применять более высокое напряжение, то есть большее число элементов батареи.

Для указания номинальной емкости производители используют расчет выдаваемого аккумулятором тока в течении стандартного времени (если не указано значение этого времени в спецификациях, то оно обычно равно 20 часам для больших аккумуляторов).

Например, если в маркировке аккумулятора указано, что его емкость равна 100 А·ч, то это означает, что он может питать нагрузку током 5 А в течение 20 часов.

Однако существует закономерность, чем больше нагрузка на аккумулятор, тем меньше процент отдаваемой емкости (аккумулятор 100 А·ч может выдавать ток 100 А в течении менее 1 часа), таким образом реальная мощность аккумулятора уменьшается с увеличением тока нагрузки, но при движении электромобиля с остановками происходит частичное восстановление емкости.

Причина этого явления связана с тем, что внутри аккумулятора ток течет благодаря ионной проводимости. Если ионная проводимость электролита достаточно высока и не несет особого значения, то процесс переноса ионов внутри пластин аккумулятора и преодоление ими фазового раздела поверхность электрода электролит происходит достаточно

медленно. То есть при быстром разряде какая-то часть ионов не успевает выйти из электрода в электролит (или войти из электролита в электрод) за время разряда, что ограничивает выдаваемую аккумулятором емкость.

Математическая модель этого процесса была описана в 1897 году Пекертом, согласно которой эмпирически установлено, что отношение между разрядным током I и временем разряда аккумулятора T (от полностью заряженного к полностью разряженному) представляет собой константное отношение, и может быть описано формулой:

$$C_p = I^n \cdot T, \quad (4)$$

где C_p – емкость Пекерта (константное отношение для данного аккумулятора);

n – экспонента Пекерта. Экспонента Пекерта всегда больше единицы, чем больше n , тем меньше способность аккумулятора отдавать полную емкость при повышенной нагрузке. Наименьшее значение экспоненты Пекерта имеют литий-железные, литий-марганцевые, литий-полимерные и свинцово-кислотные аккумуляторы с электродами рулонного типа. Одно из самых больших значений n у недорогих тяговых свинцово-кислотных батарей;

I – разрядный ток;

T – время разряда аккумулятора.

Экспонента Пекерта обычно рассчитывается на основании измерения времени полного разряда (T_1 и T_2) для двух разных токов (I_1 и I_2). Для приблизительных расчетов можно использовать таблицы или графики разрядки, предоставляемые производителем аккумулятора.

Основываясь на знании значений экспоненты Пекерта и емкости аккумулятора можно рассчитывать время работы аккумулятора при определенной нагрузке:

$$T = \frac{C_p}{I^n}. \quad (5)$$

Значение числа Пекерта зависит от типа и возраста аккумулятора, а также от температуры окружающей среды. Средние значения числа Пекерта разных типов свинцово-кислотных аккумуляторов: AGM 1,05-1,15; гелевый: 1,10-1,25; затопленный: 1,20-1,60; для литиевых 1,12.

При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деградационные 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 70-80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура.

При расчете батареи исходим из-того, что транспортное средство будет использоваться в городе, лесопарковых зонах с небольшим рельефом и определим время поездки периодом 120 минут.

При средней скорости 30 км/час и дальности хода 60 км требуемое время хода 2 часа чистого времени.

При среднем токе потребления электродвигателя 13 ампер рассчитаем емкость аккумулятора:

$$C_p = 2 \cdot 26 = 52 \text{ А/ч.}$$

Из предлагаемого ряда типовых батарей выберем для использования в проекте батареи емкостью 60 А/час.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston WB-LP12V60AH.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Экология и безопасность жизнедеятельности являются частью общего технологического комплекса в любой отрасли промышленности.

На автомобильных предприятиях часто внедряются новая техника и передовая технология. При проектировке цеха особое внимание необходимо уделять вопросам охраны труда, техники безопасности и экологии. Одной из основных задач администрации предприятия является ликвидация производственного травматизма и профессиональных заболеваний, охрана здоровья работников, обеспечение безопасности труда и окружающей среды. Задачу сохранения здоровья и работоспособности человека решает охрана труда, которая опирается на систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств. Безопасность труда обеспечивается требованиями нормативно-технической документации, правилами и инструкциями. Охрана труда является одной из основных составляющих ритмичной работы производства, так как улучшение рабочих условий приводит к таким социально важным результатам, как улучшение здоровья трудящихся, более полная удовлетворенность трудом. Улучшение условий труда так же сказываются и на экономических показателях производства (производительность труда, улучшение качества продукции и так далее.). Снижается процент невыхода на работу по причине производственной травмы, отчисление на оплату бюллетени и так далее. Разрабатывая правила техники безопасности, необходимо учитывать особенности производства и условия труда работников. Чтобы исключить

случаи травм в процессе труда, рабочие места организуются в соответствии с ГОСТ 12.2.061, в соответствии с ГОСТ 12.2.003 предъявляются требования к производственному оборудованию, по ГОСТ 12.2.049 соблюдаются общие эргономические требования.

Наиболее общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений; рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия.

Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются.

Охрана окружающей среды – это прежде всего рациональное использование природных ресурсов и их постоянное воспроизводство.

Паспорт безопасности предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств а также их использования в бытовых целях.

Паспорт безопасности должен содержать изложенную в доступной и краткой форме достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и

их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла вещества, в том числе утилизацию.

В таблице 6 представлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Таблица 6 – Паспорт безопасности на технологический процесс сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Технологический процесс	Наименование и содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс, согласно Приказа Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст	Оборудование и приспособления	Перечень веществ и материалов, используемых при выполнении технологического процесса
1	2	3	4	5
Сборка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом. 3 Испытание и доводка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Рожковые и накидные ключи по размеру крепежа. накидные ключи с рукоятью-трещоткой, плоские отвертки разных размеров из качественной стали, углошлифовальная машина, сварочный аппарат, токарный станок, фрезерный станок, сверлильный станок	Перчатки, защитные очки, сварочная маска, спецодежда

3.2 Определение профессиональных рисков

Определение профессиональных рисков подразумевает под собой процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях выработки пакета предупреждающих мероприятий для обеспечения безопасности труда.

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование выполняемых работ	Наименование О и ВПФ согласно ГОСТ 12.0.003-2015	Источник происхождения О и ВПФ
1	2	3
1 Подготовка к сборке. 2 Сборка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом. 3 Испытание и доводка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, станки
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станки
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, сварочный аппарат, станки
	Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Излучение сварочной дуги	
	Электромагнитные поля	
	Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании транспортного средства
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	

3.3 Способы снижения профессиональных рисков

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков, и направлять на эти цели, согласно ст. 226 Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Типовой перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н (в ред. от 16.06.2014).

Основные мероприятия, включаемые в Перечень:

- а) Проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ).
СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить вредные и (или) опасные производственные факторы и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.
- 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) Организация обучения и проверки знаний по охране труда работников.
- г) Проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований.
- д) Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.
- е) Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) 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.
- з) Обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ.
- и) 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.

- к) Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.
- л) 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.
- м) Организация и проведение производственного контроля.
- н) Издание (тиражирование) инструкций по охране труда.

Сводная информация по способам снижения профессиональных рисков представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Способы снижения профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
1	2	3
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Выполнять на регулярной основе планово-предупредительное обслуживание. Эксплуатация инструмента, приспособлений в соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования, знаки безопасности по ГОСТ, дистанционное управление оборудованием	–

Продолжение таблицы 8

1	2	3
	—	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)
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 предварительных и периодических медосмотров	Использование СИЗ защиты органов слуха (наушников, беруш)
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
Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги	Питание электрической дуги разрешается производить только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей. Непосредственное питание сварочной дуги от силовой, осветительной и контактной сети не допускается	Для обеспечения безопасного производства работ электросварщики должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в число которых входят брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой, ботинки и рукавицы (перчатки). Спецодежда и рукавицы должны быть сухими, без следов масла. Для защиты лица и глаз электросварщики должны обеспечиваться защитными шлемами или щитками и специальными светофильтрами в зависимости от силы сварочного тока.
Электромагнитные поля		
Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл		
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания	—

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры согласно ст. 212 ТК РФ	–
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– рационализация режимов труда и отдыха в соответствии с действующим законодательством РФ; – устройство комнат психологической разгрузки; занятия различными видами физической культуры, санаторно-курортное оздоровление, физиотерапевтические медицинские мероприятия	–

3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

На рисунке 16 показаны правила соблюдения пожарной безопасности на сборочном участке.



Рисунок 16 – Правила пожарной безопасности на сборочном участке

Каждый работник обязан:

- знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;

- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность.

Сводная информация по мероприятиям, направленным на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
1	2
Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
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
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
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

Продолжение таблицы 9

1	2
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, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	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

3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3	4
Сборка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом	Мелкодисперсная пыль в воздухе, испарения СОЖ с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
			отходы (ТБО, ТКО, коммунальный мусор), металлический лом

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом

Мероприятий, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3
Использование фильтрующих элементов в имеющихся на участке отсасывающих устройствах. Контроль воздушной среды должен проводиться по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения РФ, ГОСТ 12.1.005-76, ГОСТ 12.1.014-79 и ГОСТ 12.1.016-79	Соблюдение мер по предотвращению загрязнения почв. Контроль за утилизацией и захоронением выбросов, стоков и осадков сточных вод Персональная ответственность за охрану окружающей среды	Изношенная спецодежда используется как вторсырье при производстве ветоши. Вывоз отходов осуществляется на основании заключенного договора с региональным оператором по вывозу мусора

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- составлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом (таблица 8);

- определены профессиональные риски при технологическом процессе сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом (таблица 9) и способы их снижения (таблица 10);
- рассмотрены мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом (таблица 11, 12);
- рассмотрены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом (таблица 13).

4 Расчет экономической эффективности четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом

4.1 Расчет себестоимости проектируемого транспортного средства

В таблице 14 представлены исходные данные для проведения расчета проектируемого четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом с целью определения экономического эффекта от внедрения данного узла на производство.

Таблица 14 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Годовая программа выпуска изделия	$V_{год}$	шт.	10
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$E_{соц.н.}$	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{обзава}$	%	197
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{ком.}$	%	0,3
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{обор.}$	%	19
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	$K_{тпр.}$	%	1,4
Коэффициент цеховых расходов	$E_{цех.}$	%	17
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{инстр.}$	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{рент.}$	%	30
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	$K_{вып.}$	%	14
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{прем.}$	%	12
Коэффициент возвратных отходов	$K_{вот.}$	%	1
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	C_{p5}	руб.	95,29
Часовая тарифная ставка 6-го разряда	C_{p6}	руб.	99,44
Часовая тарифная ставка 7-го разряда	C_{p6}	руб.	103,53
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{инв.}$	%	0,086

Расчет статьи затрат «Сырьё и материалы» выполняется по формуле (6):

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left(\frac{K_{мзр.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (6)$$

где C_{Mi} – оптовая цена материала i-го вида, р.;

Q_{Mi} – норма расхода материала i-го вида, кг;

$K_{мзр.}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$K_{вот.}$ – коэффициент возвратных отходов.

В таблице 15 представлены исходные данные для расчета затрат на сырьё и материалы.

Таблица 15 – Расчет затрат на сырьё и материалы

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Круг горячекатаный	кг	120,0	25,0	3000,0
Лист холоднокатаный 1260x2520x1,5	шт.	3375,0	1	3375,0
Швеллер 14П	м	87,25	12,0	1047,0
Трубный прокат	м	79,0	20	1580,0
Грунтовка	кг	75	10	750,0
Краска	кг	120	10	1200,0
Уголок металлический 50x50x3	м	215,0	5	2075,0
Прочее	–	–	–	2500
Итого:	–	–	–	17250,0

Расчет статьи затрат «Покупные изделия» выполняется по формуле (7):

$$\sum \Pi_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{мзр.}}{100}, \quad (7)$$

где C_i – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида, руб.;

n_i – количество покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида, шт.».

В таблице 16 представлены исходные данные для расчета затрат на покупные изделия.

Таблица 16 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
Рама велосипеда (детского)	шт.	3500,0	2	7000,0
Колесо велосипедное	шт.	1250,0	2	2500,0
Моноколесо, 3 кВт	шт.	7200,0	2	14400
Аккумуляторы	шт.	8000,0	1	8000,0
Подшипник	шт.	320,0	4	1280,0
Сиденье	шт.	3500,0	1	3500
Блок педалей	шт.	1500,0	1	1500,0
Рулевое колесо	шт.	1500,0	1	1500
Метизы в ассортименте	шт.	10,0	100	1000,0
Пружин	шт.	83,75	6	670
Прочее	шт.	4000,0	1	4000,0
Итого:	—	—	—	46850,0

Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих» выполняется по формуле (8):

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{прем}}}{100}\right), \quad (8)$$

где Z_m – тарифная заработная плата, руб. (формула 9);

$K_{\text{прем}}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве.

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (9)$$

где $C_{p.i}$ – часовая тарифная ставка, руб.;

T_i – трудоемкость выполнения операции, ч.

В таблице 17 представлены исходные данные для расчета затрат на выполнение операций.

Таблица 17 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, ч./час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Заготовительная	3	12,0	42,2	506,0
Сварочная	5	12,0	50,5	606,1
Токарная	5	6,0	50,5	303,1
Фрезерная	5	4,0	50,5	202,0
Сверлильная	4	2,5	45,0	112,6
Слесарная	4	6,0	45,0	270,2
Сборочная	5	20,0	50,5	1010,2
Окрасочная	4	2,5	45,0	112,6
Испытательная	4	8	45,0	360,3
Итого:	–	–	–	2977,2
Премия, доплаты	12	–	–	595,4
Итого:	–	–	–	3572,6

Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» выполняется по формуле (10):

$$Z_{дон} = Z_O \cdot K_{вып}, \quad (10)$$

где $K_{вып}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве.

$$Z_{дон} = 3572,6 \cdot 0,14 = 500,2 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС» выполняется по формуле (11):

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{дон}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (11)$$

где $E_{соц.н.}$ – коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС.

$$C_{соц.н.} = (3572,6 + 500,2) \cdot 0,3 = 1221,8 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» выполняется по формуле (12):

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_O \cdot E_{\text{обор.}}, \quad (12)$$

где $E_{\text{обор.}}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$C_{\text{сод.обор.}} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6930,8 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Цеховые расходы» выполняется по формуле (13):

$$C_{\text{цех.}} = Z_O \cdot E_{\text{цех.}}, \quad (13)$$

где $E_{\text{цех.}}$ – коэффициент цеховых расходов.

$$C_{\text{цех.}} = 3572,6 \cdot 1,7 = 6073,4 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку» выполняется по формуле (14):

$$C_{\text{инстр.}} = Z_O \cdot E_{\text{инстр.}}, \quad (14)$$

где $E_{\text{инстр.}}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку.

$$C_{\text{инстр.}} = 3572,6 \cdot 0,03 = 107,2 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (15):

$$C_{\text{цех.себ.}} = M + \Pi_u + Z_o + C_{\text{соц.н.}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{инстр.}} \quad (15)$$

$$C_{цех.себ.} = 16580,0 + 46850,0 + 3572,6 + 1221,8 + 500,2 + 6930,8 + \\ + 6073,4 + 107,2 = 171836,0 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы» выполняется по формуле (16):

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (16)$$

где $E_{об.зав.}$ – коэффициент общезаводских расходов.

$$C_{об.зав.} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6787,9 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (17):

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.}, \quad (17)$$

$$C_{об.зав.себ.} = 6787,9 + 171836,0 = 178623,9 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Коммерческие расходы» выполняется по формуле (18):

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (18)$$

где $E_{ком.}$ – коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов.

$$C_{ком.} = 178623,9 \cdot 0,0029 = 518,0 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (19):

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (19)$$

$$C_{полнсеб.} = 178623,9 + 518,0 = 179141,9 \text{ р.}$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле (20):

$$C_{отп.б.} = C_{полнсеб.} \cdot \left(1 + \frac{K_{рент.}}{100} \right), \quad (20)$$

$$C_{отп.б.} = 179141,9 \cdot (1 + 0,3) = 232884,5 \text{ р.}$$

В таблице 18 представлена сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия.

Таблица 18 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия	
		покупное изделие	разрабатываемое изделие
Стоимость основных материалов	M	—	16580,0
Стоимость покупных изделий	P_u	—	46850,0
Основная заработная плата производственных рабочих	Z_o	—	3572,6
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп}$	—	500,2
Страховые взносы	$C_{соц.н.}$	—	121,8
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор.}$	—	6930,8
Цеховые расходы	$C_{цех.}$	—	6073,4
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр.}$	—	107,2
Цеховая себестоимость	$C_{цех.себ.}$	—	171836,0
Общезаводские расходы	$C_{об.зав.}$	—	6787,9
Общезаводская себестоимость	$C_{об.зав.себ.}$	—	178623,9
Коммерческие расходы	$C_{ком.}$	—	518,0
Полная себестоимость	$C_{полн.себ.}$	—	179141,9
Отпускная цена	$C_{отп.}$	500000	232884,5

Выполняем расчет безубыточного объема продаж.

Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.уд.}} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц.н.}}, \quad (21)$$

$$Z_{\text{перем.уд.}} = 16580,0 + 46580,0 + 3572,6 + 500,2 + 1221,8 = 68724,6 \text{ р.}$$

Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.}} = Z_{\text{перем.уд.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (22)$$

где $V_{\text{год}}$ – объем производства.

$$Z_{\text{перем.}} = 68724,6 \cdot 10 = 687246,0 \text{ р.}$$

Расчет постоянных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{пост.уд.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{ком.}}, \quad (23)$$

$$Z_{\text{пост.уд.}} = 6930,8 + 107,2 + 6073,4 + 6787,9 + 518,0 = 20417,3 \text{ р.}$$

Расчет постоянных затрат на годовую программу выпуска выполняется по формуле:

$$Z_{\text{пост.}} = Z_{\text{пост.уд.баз.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (24)$$

$$Z_{\text{пост.}} = 20417,3 \cdot 10 = 204173 \text{ р.}$$

Расчет амортизационных отчислений выполняется по формуле (25):

$$A_{м.уд.} = (C_{сод.обор.} + C_{инстр.}) \cdot H_{А.}, \quad (25)$$

где $H_{А.}$ – доля амортизационных отчислений.

$$A_{м.уд.} = (6930,8 + 107,2) \cdot 0,12 = 844,6 \text{ р.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия выполняется по формуле (26):

$$C_{полнгод.} = C_{полнс.с.} \cdot V_{год}, \quad (26)$$

$$C_{полнгод.} = 179141,9 \cdot 25 = 4478547,5 \text{ р.}$$

Расчет выручки от реализации изделия выполняется по формуле (27):

$$Выручка = Ц_{отп.} \cdot V_{год}, \quad (27)$$

$$Выручка = 232884,5 \cdot 10 = 2328845,0 \text{ р.}$$

Расчет маржинального дохода выполняется по формуле (28):

$$Д_{марж} = Выручка - З_{перем.}, \quad (28)$$

$$Д_{марж} = 5822112,5 - 2328845 = 1343565 \text{ р.}$$

Расчет критического объема продаж выполняется по формуле (29):

$$A_{крит} = \frac{З_{пост.}}{(Ц_{отп.} - З_{перем.уд.})}, \quad (29)$$

$$A_{крит} = \frac{510432,5}{(232884,5 - 68724,6)} = 2,1 \approx 2.$$

4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта

Срок эксплуатации транспортного средства определяем в 5 лет. Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом на (30):

$$\Delta = \frac{V_{\max} - A_{\text{крит}}}{(n - 1)}, \quad (30)$$

где $V_{\max}$ – максимальный объем продукции, шт.;

$A_{\text{крит}}$ – критический объём продаж проектируемого изделия, шт.;

n – количество лет, с учётом предпроизводственной подготовки.

$$\Delta = \frac{10 - 2}{(6 - 1)} = 1,6 \text{ шт.}$$

Расчет объема продаж по годам выполняется по формуле (31):

$$V_{\text{prod}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta, \quad (31)$$

$$V_{\text{prod}1} = 3,6 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{prod}2} = 5,2 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{prod}3} = 6,8 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{prod}4} = 8,4 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{prod}5} = 10 \text{ шт.}$$

Расчет выручки по годам выполняется по формуле (32):

$$\text{Выручка}_i = C_{\text{омн.}} \cdot V_{\text{prod}i}, \quad (32)$$

$$\text{Выручка}_1 = 1723345,3 \text{ р.},$$

$$Выручка_2 = 2748037,1 \text{ р.},$$

$$Выручка_3 = 3772728,9 \text{ р.},$$

$$Выручка_4 = 4797420,7 \text{ р.},$$

$$Выручка_5 = 5822112,5 \text{ р.}$$

Расчет переменных затрат по годам для базового варианта выполняется по формуле (33):

$$З_{перем.i} = З_{перем.уд.б.} \cdot V_{прод.i}, \quad (33)$$

$$З_{перем.1} = 508562,0 \text{ р.},$$

$$З_{перем.2} = 810950,3 \text{ р.},$$

$$З_{перем.3} = 1113338,5 \text{ р.},$$

$$З_{перем.4} = 1415726,8 \text{ р.},$$

$$З_{перем.5} = 1718115,0 \text{ р.}$$

Расчет амортизации (только для проектного варианта) выполняется по формуле (34):

$$A_m = A_{м.уд.} \cdot V_{зод.}, \quad (34)$$

$$A_m = 21115 \text{ р.}$$

Расчет полной себестоимости по годам для базового варианта выполняется по формуле (35):

$$C_{полн.i} = З_{перем.i} + З_{пост.}, \quad (35)$$

$$C_{полн.1} = 1018994,5 \text{ р.},$$

$$C_{полн.2} = 1321382,8 \text{ р.},$$

$$C_{полн.3} = 1623771,0 \text{ р.},$$

$$C_{полн4} = 1926159,3 \text{ р.},$$

$$C_{полн5} = 2228547,5 \text{ р.}$$

Расчет налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле (36):

$$Pr_{обл.i} = (Выручка - C_{полн.i}), \quad (36)$$

$$Pr_{обл.1} = 704350,8 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.2} = 1426654,3 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.3} = 2148957,9 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.4} = 2871261,4 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.5} = 3593565,0 \text{ р.}$$

Расчет налога на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле (37):

$$H_{np.i} = Pr_{обл.i} \cdot 0,2, \quad (37)$$

$$H_{np.1} = 140870,2 \text{ р.},$$

$$H_{np.2} = 285330,9 \text{ р.},$$

$$H_{np.3} = 429791,6 \text{ р.},$$

$$H_{np.4} = 574252,3 \text{ р.},$$

$$H_{np.5} = 718713,0 \text{ р.}$$

Расчет чистой прибыли по годам выполняется по формуле (38):

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{np.i}, \quad (38)$$

$$Pr_{ч.1} = 143788 \text{ р.}$$

$$Pr_{ч.2} = 286213 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_3 = 428638 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_4 = 571063 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_5 = 713488 \text{ р.}$$

Расчет текущего чистого дохода (накопленное сальдо) выполняется по формуле (39):

$$ЧД_i = Пр_{ч.i} + A_m + Пр_{ож.д} \cdot V_{прод i}, \quad (39)$$

$$ЧД_1 = 756930,5 \text{ р.}$$

$$ЧД_2 = 1437242,8 \text{ р.}$$

$$ЧД_3 = 2117555 \text{ р.}$$

$$ЧД_4 = 2797867,3 \text{ р.}$$

$$ЧД_5 = 3478179,5 \text{ р.}$$

Осуществляется дисконтирование путем умножения значения денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле (40):

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{см.i})^t}, \quad (40)$$

где $E_{см.i}$ – процентная ставка на капитал, $E_{см.i} = 5\%$;

t – год приведения затрат и результатов.

$$\alpha_1 = 0,952,$$

$$\alpha_2 = 0,907,$$

$$\alpha_3 = 0,864,$$

$$\alpha_4 = 0,823,$$

$$\alpha_5 = 0,783.$$

Для оценки эффективности инвестиционного проекта по шагам расчетного периода используется дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам (текущий чистый дисконтированный доход), который рассчитывается по формуле (41):

$$ДСП_i = ЧД_i \cdot \alpha_i, \quad (41)$$

$$ДСП_1 = 720597,8 \text{ р.},$$

$$ДСП_2 = 1303579,2 \text{ р.},$$

$$ДСП_3 = 1829567,5 \text{ р.},$$

$$ДСП_4 = 2302644,7 \text{ р.},$$

$$ДСП_5 = 2723414,5 \text{ р.}$$

Суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока за расчетный период выполняется по формуле (42):

$$\sum ДСП = ДСП_i, \quad (42)$$

$$\begin{aligned} \sum ДСП = 720597,8 + 1303579,2 + 1829567,5 + 2302644,7 + \\ + 2723414,5 = 8879803,8 \text{ р.} \end{aligned}$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях выполняется по формуле (43):

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полнпр.i}, \quad (43)$$

где $K_{инв}$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

$$\begin{aligned} J_0 = 0,086 \cdot (1018994,5 + 1321382,8 + 1623771,0 + \\ + 1926159,3 + 2228547,5) = 698221,5 \text{ р.} \end{aligned}$$

Расчет чистого дисконтированного дохода выполняется по формуле (44):

$$\begin{aligned} ЧДД &= \sum ДСП - J_0, \\ ЧДД &= 8879803,8 - 698221,5 = 8181582,3 \text{ р.} \end{aligned} \quad (44)$$

Расчет индекса доходности выполняется по формуле (45):

$$\begin{aligned} JD &= \frac{ЧДД}{J_0}, \\ JD &= \frac{8181582,3}{698221,5} = 11,7. \end{aligned} \quad (45)$$

Расчет срока окупаемости проекта выполняется по формуле (46):

$$\begin{aligned} T_{\text{окуп.}} &= \frac{J_0}{ЧДД}, \\ T_{\text{окуп.}} &= \frac{698221,5}{8181582,3} = 0,09. \end{aligned} \quad (46)$$

Выводы и рекомендации.

Экономический эффект от реализации четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом в количестве 10 единиц составит $JD = 11,7$.

При расчете экономических показателей по реализации четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом в массовое производство было определено, что стоимость проектного варианта гораздо ниже приобретения подобного варианта, и в результате увеличения повышения комфортабельности передвижения за счет независимой подвески проектной конструкции

ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем. Для этого произведен расчет на общую эффективность четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом и была вычислена ожидаемая прибыль от реализации транспортного средства.

Чистый дисконтированный доход от внедрения четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом составляет 8181582,3 р.

Срок окупаемости данного четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом согласно вычислениям равен 0,09 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его реализации на отечественный и зарубежный рынки.

Заключение

В целях выполнения поставленной цели работы ВКР была выполнена работа на тему: «Разработка четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом».

Разработанная конструкция четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом является оптимальным транспортом для города, сочетающим предельную компактность и мобильность с экологичностью и комфортом для езды. Эксплуатационные расходы минимальны и сводятся, фактически, к стоимости электричества для зарядки батареи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- рассмотрены тенденции развития электровелосипедов;
- составлено техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом конструкторские расчеты под подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства.
- рассмотрены безопасность и экологичность конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом.
- определена экономическая эффективность конструкции четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской и электрическим приводом. Срок окупаемости данного четырехколесного транспортного средства с независимой подвеской с электрическим приводом согласно вычислениям равен 0,09 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его реализации на отечественный и зарубежный рынки.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Демидов, Н. Н. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили : учебное пособие / Н. Н. Демидов, А. А. Красильников, А. Д. Элизов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2016. - 95 с.
- 2 Ютт, В. Е. Электрооборудование электромобилей : Тяговые аккумулятор. батареи. Тяговое электрооборуд. постоянн. тока. Учеб. пособие / В. Е. Ютт, С. А. Бабешко. - М. : МАДИ, 1984. - 125 с.
- 3 Бусыгин, Б. П. Электромобили : (Методы расчета). Учеб. пособие / Б. П. Бусыгин. - М. : МАДИ, 1979. - 72 с.
- 4 Аринин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 5 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 6 Листвинский, М. С. Исследование электротехнических установок электромобилей [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. (232) / Моск. автомоб.-дор. ин-т. - Москва : [б. и.], 1972. - 23 с.
- 7 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
- 8 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 9 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 10 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.

- 11 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отделение, 1950. – 292 с.
- 12 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 13 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 14 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
- 15 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимоней. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
- 16 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.
- 17 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.
- 18 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
- 19 ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.
- 20 ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013. Система токопроводящей зарядки электромобилей = Ч. 1. Общие требования : Electric vehicle conductive charging sysytem - Part 1: General requirements : национальный стандарт Российской Федерации / Подготовлен Научно-технический центр "Энергия".

- Изд, офиц. : введен впервые : введен 2014-09-01. - Москва : Стандартинформ, 2014. - IV, 47 с.

21 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

22 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

23 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

24 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

25 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

26 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

27 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.

28 Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

29 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

30 Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. – p. 134.

31 Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

32 Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.

33 Konig, R. Sehmietechnik / R. Konig. – Springer, 1972. – p.164.

34 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024, Inc. Englewood Cliffs, 1975.