

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 кафедры)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка конструкции минитрактора на электрической тяге

Студент

М.Д. Малышенко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

(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.Г. Смышляева

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Бакалаврская работа выполнена на тему: «Разработка конструкции минитрактора на электрической тяге».

Пояснительная записка содержит четыре раздела, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, , всего 59 страниц. Графическая часть содержит 6 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В первом разделе рассмотрена история развития квадроциклов и виды электрических квадроциклов.

Во втором разделе составлено техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге, выполнены конструкторские расчеты по подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства.

В ВКР также разработаны вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда. Намечены мероприятия по экологической безопасности.

В последнем разделе ВКР определена экономическая эффективность разработанной конструкции квадроцикла на электрической тяге.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

This graduation work is about the design development of a mini-tractor on electric traction.

An explanatory note consists of four parts, introduction and conclusion, list of references, totally 59pages. The graphic part on 6 A1 sheets was executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

A small farm needs mechanized equipment to carry out various agricultural operations. In this situation, it will be advisable to use a mini-tractor.

The mini-tractor mechanizes plowing, harrowing, cultivation of the land, harvests the crop from the field, and helps in the forage preparation. The capabilities of the vehicle are expanded by additional equipment.

Considering the current trends in the use of electric drives, it was decided to develop the design of the mini-tractor on electric traction.

The first part of graduation work dealt with the history of the quad bikes development and with the types of electric quad bikes.

In the second part we made up the terms of reference and the technical proposal for the design development of the mini-tractor on electric traction. The design calculations for the selection of an electric motor and a storage battery for this vehicle were made.

The graduation work covered the safety and labor protection issues. Measures to provide an ecological safety were offered.

In the last part of graduation work we concentrated on economic efficiency of the developed design of the mini-tractor on electric traction.

In the conclusion the results of the study are presented.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 История развития квадроциклов	7
1.2 Обзор видов электрических квадроциклов	10
2 Конструкторская часть	15
2.1 Техническое задание на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге	15
2.2 Техническое предложение на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге	18
2.3 Конструкторские расчеты.....	32
3 Безопасность и экологичность технического объекта	37
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки минитрактора на электрической тяге.....	37
3.2 Определение профессиональных рисков	39
3.3 Способы снижения профессиональных рисков.....	41
3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки минитрактора на электрической тяге	45
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге.....	47
4 Экономическая эффективность проекта.....	50
4.1 Расчет себестоимости.....	50
4.2 Расчет затрат на выплату заработной платы.....	51
4.3 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования.....	53
4.4 Расчет общей суммы затрат на изготовление конструкции.....	54
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.....	56

Введение

Относительно недавно электроквадроциклы были известны только в виде игрушек для детей. Однако в результате разработки новых источников электрической энергии в виде аккумуляторов высокой емкости появились и квадроциклы с электромоторами для взрослых пользователей. Сразу после появления на рынке нового вида электротранспорта у него появилось солидное количество поклонников.

Попытки налаживания массового производства электромобилей пока были неудачными – слишком высокие требования предъявляли к ним разработчики. Однако технические параметры, неприемлемые для электромобилей, оказались весьма подходящим для электроквадроциклов. Для этого вида электротранспорта оказалось вполне достаточно пробега на расстояние 40-70 км.

При подсчете расхода электроэнергии оказалось, что стоимость поездки на расстояние 100 км обходится владельцу электротранспорта значительно меньше цены бензина, истраченного на такое же путешествие. При этом квадроцикл с электродвигателем практически не требует ухода при эксплуатации. Основная забота владельца – вовремя поставить его на зарядку.

Кроме уменьшения расходов на эксплуатацию, электродвигатель выигрывает в эффективности. Если максимальный КПД двигателя внутреннего сгорания едва достигает 60%, то электродвигатель может похвастаться КПД 90-95 %. Такая высокая эффективность электродвигателя достигается благодаря отсутствию элементов, присущих транспорту с ДВС – трансмиссии и коробки передач.

Это делает потери на трение минимальными. Более того, простая конструкция квадроцикла с электродвигателем сводит к минимуму возможность поломок. Важным преимуществом электроквадроциклов является отсутствия шума при их работе. Данный транспорт отличается

также высокой проходимостью, поскольку в их конструкции производители используют широкие шины большого диаметра с хорошо выраженными протекторами.

Сегодня в приобретении данного вида электротранспорта заинтересованы люди, интересующиеся новыми разработками в области современного электротранспорта. Большинство из них считают электроквадроциклы транспортом будущего, разработанного для сохранения природы.

Для таких людей важно, что электротранспорт не дымит и не воняет, а передвигается бесшумно, не выделяя в атмосферу вредных веществ. Имея полное представление о возможностях данного вида транспорта, они ценят его мощность, отличную тягу, проявляющуюся с момента включения двигателя, и плавный ход четырехколесных моделей.

Для большинства владельцев квадроциклов с электрической тягой важным фактором, повлиявшим на выбор данного средства передвижения, стала простота управления и обслуживания. С управлением легко справляются люди любого возраста.

На стоимость квадроциклов влияет множество факторов:

- мощность двигателя и емкость аккумулятора;
- грузоподъемность транспорта и наличие дополнительного места для перевозки пассажира;
- наличие бортового компьютера и осветительных приборов;
- качество тормозной системы и амортизаторов.

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию минитрактора на электрической тяге.

1 Состояние вопроса

1.1 История развития квадроциклов

«Если попытаться заглянуть в самую глубину истории, откуда ведут свои корни предки современных квадроциклов, то первым их прародителем можно назвать экземпляр, представленный в 1853 году на выставке промышленности всех наций мира в Нью-Йорке. Это произошло в то время, когда еще только начали приобретать популярность двухколесные велосипеды. Квадроциклы преподносились, как возможность решения проблемы низкой скорости, стабильности в езде, к тому же, у велосипедов того времени отсутствовали даже пассажирские места» [25].

«Двухместные квадроциклы в XIX веке выпускались двух конфигураций: с сиденьями друг напротив друга и на одной линии. Не сразу изобретатели пришли к решению вопроса о размещении колес квадроцикла. Они попробовали разместить колеса в вершинах ромба, но это решение оказалось неудачным, так как квадроциклы становятся менее устойчивыми и стабильными. Поэтому разработчики того времени вернулись к исторически более распространенной форме – прямоугольнику» [24].

Можно считать, что первые экспериментальные автомобили на паровых двигателях по сути являлись квадроциклами. Ford Quadricycle был одним из первых таких автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и назывался как раз автотранспортным квадроциклом. Такие квадроциклы с двигателями внутреннего сгорания очень быстро завоевали популярность во всем мире.

Популярность квадроциклов заметно угасла в конце XIX века, когда в результате стремительного совершенствования технологий появились автомобили и возможность купить мотовездеход. Но, тем не менее, в туристических районах все равно производилось небольшое число квадроциклов.

Возрождением квадроцикла можно назвать XX век, когда во Франции Чарльз Моше в 1924 году представил на суд публики свой Velocar с педалями. Velocar очень пригодился французам во время Второй мировой войны, когда население находилось под немецкой оккупацией, и бензин был фактически недоступен. Квадроциклы Моше и сейчас при желании можно увидеть в музеях Франции. На фоне нефтяного кризиса 1973 года и обострившихся в те годы экологических проблем, связанных с массовым производством автомобилей, в 70-е, 80-е годы прошлого столетия вновь возродился интерес к четырехколесным транспортным средствам с целью использовать их как личный транспорт. Это была попытка объединения лучших качеств автомобиля и мотоцикла. В 1970 году стали появляться трехколесные вездеходные мотоциклы, обладавшие выносливостью, практичностью автомобиля и маневренностью мотоцикла. Возможно, их создатели тогда и сами не полагали, что эта машина положит начало огромной индустрии мотовездеходов. В Калифорнии в те годы эта машина стала активно использоваться для передвижения по пляжам. мода на пляжные машины росла, их производство увеличивалось, а качество совершенствовалось. Для придания большей устойчивости затем было добавлено четвертое колесо и различные аксессуары для квадроциклов.

Современный квадроцикл – это универсальный внедорожник для езды по пересеченной местности. Квадроциклы находят свое практическое применение в охотничьих и фермерских хозяйствах, лесопарковых зонах и заповедниках.

История квадроциклов в России, увы, едва ли насчитывает 20 лет. Первые квадроциклы, завезенные к нам, стоили, как небольшой трактор, а поэтому катание на них было возможно только для очень обеспеченных россиян. Однако несколько лет назад ситуация стала меняться. благосостояние населения постепенно стало возрастать. К тому же, на отечественный рынок пришли квадроциклы по вполне приемлемым ценам.

«Сегодня большой популярностью пользуются современные модели электрических квадроциклов. Эти транспортные средства имеют массу достоинств, привлекающих потребителей.

Нынешние модели электрических квадроциклов отличаются надёжными и удобными конструкциями, в которых предусмотрено всё, вплоть до мельчайших деталей. Качественные модели выпускают многие известные бренды, поэтому перед покупателями стоит огромный выбор разнообразных устройств, отличающихся и техническими характеристиками, и внешним исполнением» [20].

«Электрические квадроциклы могут похвастаться множеством достоинств.

- главное, что отличает эти агрегаты – это их универсальность. На таком «железном коне» пользователь может легко отправиться кататься в горы, на ралли по грязи, прогулки на природе – всё под силу таким транспортным средствам;
- многих покупателей привлекает в электрических квадроциклах то, что для них требуется относительно дешёвое «топливо». Если анализировать поездки протяжённостью в 100 км, то можно прийти к выводу, что электродвигатели оказываются гораздо более экономными, нежели бензиновые устройства;
- зарядить подобный агрегат можно практически где угодно. Главное, держать уровень заряда квадроцикла под контролем, чтобы он неожиданно не разрядился;
- машины на электротяге могут похвастаться неплохой эффективностью. Самый большой показатель коэффициента полезного действия у движков, работающих на бензине, достигает всего 60%, а у электродвигателей – 90%;
- рассматриваемые устройства могут страдать только от незначительных поломок. Благодаря не самой хитрой сборке электроквадроциклы вполне могут не ломаться на протяжении

многих лет. Главное, вовремя и правильно за ними ухаживать, чтобы не знать никаких проблем;

- электрические устройства характеризуются отличной тягой, потому что максимальный крутящий момент в них появляется с самого момента движения, а не на 3000–4000 об/мин., как в случае с бензиновыми агрегатами;
- рассматриваемые транспортные средства характеризуются плавным ходом» [17].

«Электрический квадроцикл имеет и определённые недостатки. Главный из них – ограниченное время работы. Передвигаться на агрегате удастся, пока в нём есть достаточный заряд аккумулятора. Именно поэтому так важно всегда держать его под контролем, чтобы не оказаться в неприятной ситуации.

Правда, сегодня в продаже можно встретить модели, которые могут действовать без зарядки более 5 часов, что делает их очень популярными и практичными» [14].

1.2 Обзор видов электрических квадроциклов

«Электрические квадроциклы подразделяются на множество разных видов, каждый из которых имеет свои особенности, плюсы и минусы. Их надо учитывать, подбирая оптимальную модель» [11].

Спортивные.

«Очень популярны в наше время квадроциклы на электродвигателе, относящиеся к спортивному типу (рисунок 1). Главная отличительная черта этих транспортных средств заключается в облегчённом кузове. В основном их вес составляет не более 300 кг. Силовое устройство при этом имеет неплохие мощностные показатели. Такие агрегаты быстро набирают высокие скорости. Максимальный показатель обычно составляет 145 км/ч» [1].



Рисунок 1 – Спортивный электрический квадроцикл

«В спортивных агрегатах ставят только механические коробки передач. Чаще всего привод приходится только на 2 колеса. Дополнительные надстройки здесь не предусматриваются, поскольку могут увеличить массу агрегата. Оснащаются такие квадроциклы независимыми подвесками, что придаёт им манёвренности, лёгкости хода. В подобной подвеске присутствуют мощные амортизаторы с множеством регулировок.

В спортивных агрегатах система зажигания снабжается специальной аварийной чекой. Подобные транспортные средства сегодня очень популярны, их выпускают многие известные бренды – потребителям есть из чего выбрать подходящий вариант» [2].

Туристические.

«Эти агрегаты произошли от других разновидностей – утилитарных. Если верить мнению продавцов-консультантов, именно туристические квадроциклы (рисунок 2) являются наиболее продаваемыми в настоящее время. Основное предназначение этих машин – путешествия по новым

маршрутам в обстановке «сурового» бездорожья. Благо, в России таких мест предостаточно, поэтому техника не будет простаивать.

В устройствах данной категории предусматриваются колёса с низким давлением. Благодаря этому, они бесппроблемно преодолевают пути с песком, снегом зимой и грязью (осенней и весенней). Надо сказать, это одно из первостепенных преимуществ рассматриваемых аппаратов с электродвигателем, особенно если ставить их в сравнении с мотоциклами, снегоходами, поскольку последние можно эксплуатировать только в определённые сезоны» [3].



Рисунок 2 – Туристический электрический квадроцикл

«В туристических электроквадроциклах имеет место полный привод, а также автоматическая коробка передач (вариатор). Сложности с вождением таких машин редко возникают даже у новичков в этом деле. Кроме того, многие из известных производителей дополняют выпускаемые агрегаты

достаточным количеством предупреждающих табличек на разных участках техники. Нередко надписи дублируются, причём на нескольких языках.

В таких устройствах много внимания уделяется защите. Она характерна для силовых компонентов конструкции электрического мотора и тормозов. Реализуется с применением металлических пластин.

Многие из спортивных квадроциклов представлены двухместными модификациями, ведь путешествовать вдвоём всегда интереснее» [3].

Утилитарные.

«Не менее популярны сегодня утилитарные (рисунок 3) разновидности квадроциклов с электроприводом. Эти устройства являются более тяжёлыми и массивными, нежели спортивные или туристические экземпляры. Они имеют привод 4×4, оснащаются колёсами небольшого диаметра, глубоким протектором и парой багажников (располагаются спереди и сзади).

Часто утилитарные устройства дополняются различными специальными приспособлениями. Надо учесть, что для подъёма в гору, транспортировки различных грузов необходим достаточно мощный силовой агрегат, который справится с перечисленными нагрузками. Утилитарные разновидности такими качествами обладают» [4].



Рисунок 3 – Утилитарные электрические квадроциклы

«Средний объём таких устройств достигает 500 см³ или больше. Они оснащаются подвеской независимого типа и дисковыми тормозами. Этот электромобиль-квадроцикл с полным приводом часто дополняется навесным оборудованием, которое изменяет его внешние данные. Благодаря этим оснащениям можно сделать устройство более функциональным или более привлекательным – каждый пользователь преследует свои цели.

Утилитарный квадроцикл с электрическим мотором может стать прекрасным помощником в строительстве, если оснастить его дополнительным фаркопом и лебёдкой. Если имеются ручки с подогревом и ветровое стекло, техника будет очень удобной в эксплуатации зимой» [5].

Вывод по разделу.

В данном разделе проведен обзор литературы об истории развития квадроциклов в мире, конструктивные особенности, подразделения, основные преимущества и недостатки.

Определена конструкция для дальнейшей модернизации – унитарный квадроцикл.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге

Конструкторская разработка относится к транспортному машиностроению, а именно, к внедорожным колесным транспортным средствам – квадроциклам.

Минитрактор на электрической тяге представляет собой рамное четырехколесное полноприводное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное двумя электродвигателями, контроллерами и аккумуляторной батареей.

Минитрактор на электрической тяге предназначен для передвижения по обычным дорогам, бездорожью, летом, в межсезонье и зимой.

Возможность экспорта в зарубежные страны не предусмотрена.

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

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

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

Минитрактор на электрической тяге должен содержать несущую систему в виде рамы с закрепленной на ней электродвигателем, устройствами для передачи механической мощности элементам, взаимодействующим с поверхностью перемещения, элементы их подвески, а также внешние элементы размещения водителя и груза, набор аккумуляторных батарей, контроллеры, багажник в задней части для транспортировки небольших грузов.

К конструкции минитрактора на электрической тяге предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен 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;
- предусмотреть возможность крепления груза на раме;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на передние и задние колеса;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя должна быть максимально удобной;
- 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 универсальной системе автоматизированного проектирования.

Исходя из конструктивных соображений и представленных на рынке предложений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм

– длина.....	2600;
– ширина.....	900;
– высота.....	1200
Тип привода.....	электрический.
Количество двигателей, шт.	не более 1.
Мощность двигателя, Вт.....	не менее 2000
Запас хода, км.....	не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....	не менее 50.
Масса, кг.....	не более 200.

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 транспортного средства 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 «Гольяттинский государственный университет».

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

2.2 Техническое предложение на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию минитрактора на электрической тяге на базе бензинового квадроцикла.

Четырехколесное полноприводное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное одним электродвигателем, контроллером и аккумуляторной батареей.

Минитрактор на электрической тяге должен иметь следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм	
– длина.....	2600;
– ширина.....	900;
– высота.....	1200.
Тип привода.....	электрический.
Количество двигателей, шт.	не более 1.
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500.
Запас хода, км.....	не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....	не менее 50.
Масса, кг.....	не более 140

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции бензиновых квадроциклов с приводом на одну, реже на две оси. Техническое решение по переводу бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге на все колеса (полный привод) не найдено. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих под 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 минитрактор на электрической тяге являются:

- рама,
- каркас безопасности,
- подвеска,
- электродвигатели,
- колеса,
- аккумуляторные батареи,
- контроллеры.

В качестве базового квадроцикла для переоборудования с бензина на электрическую тягу принимаем квадроцикл Irbis ATV250 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Квадроцикл Irbis ATV250

Квадроцикл Irbis ATV250 имеет следующие технические характеристики:

Габаритные размеры, мм

– длина.....1840;

– ширина.....1040;

– высота.....1080.

Тип и объем двигателя, см³.....ДВС 4-х тактный, 250.

Мощность двигателя, л.с.....18.

Крутящий момент, Н·м.....19.

Объем бензобака, л.....10.

Масса, кг.....175.

Рама.....трубчатая, пространственная.

Передняя подвеска..... независимая, с двумя А-образными рычагами.

Задняя подвеска..... независимая, маятниковая с моноамортизатором.

Тормозная системагидравлическая.

Передние и задние тормоза.....дисковые.

Колёса штампованные, изготовленные из стали:

– передние шины..... 23×7,00-10 внедорожные;

– задние шины..... 22×10,00-10 внедорожные.

Квадроцикл Irbis ATV250 имеет современный дизайн и компоновку.

Элементы конструкции спроектированы таким образом, что бы обеспечить комфортное передвижение по любому покрытию. Для удобства установлены розетка питания 12 вольт, панель приборов со всей необходимой информацией, электрозапуск двигателя. Широкие колесные арки уменьшают попадание грязи на водителя, продуманное сиденье позволят занять любому человеку удобную посадку на квадроцикле. Проверенный годами эксплуатации двигатель 250 см³ разгоняет квадроцикл до 65 км/ч. Механическая коробка передач позволяет максимально ощутить всю мощность двигателя. Бак 10 литров позволяет преодолеть большое расстояние без дозаправки.

Независимая передняя подвеска позволяет легко маневрировать и держать уверенно курс. В наличие задний ход. На квадроцикле установлены большие внедорожные шины размером 23 дюйма передние и 22 дюйма задние. На задней оси установлены дополнительные защитные кожухи.

Рама квадроцикла изготовлена из высокопрочной стали, при этом удалось сделать квадроцикл достаточно легким, его сухой вес составляет 175 кг.

В целях повышения безопасности эксплуатации минитрактора принимается решение об использовании дуг безопасности собственной конструкции.

В первую очередь необходимо определиться с конструкцией дуг безопасности, так как они должны обеспечивать требуемую прочность, жесткость и безопасность конструкции. Дуги могут быть изготовлены из профиля прямоугольного сечения (рисунок 5, а) или профиля круглого сечения (рисунок 5, б).

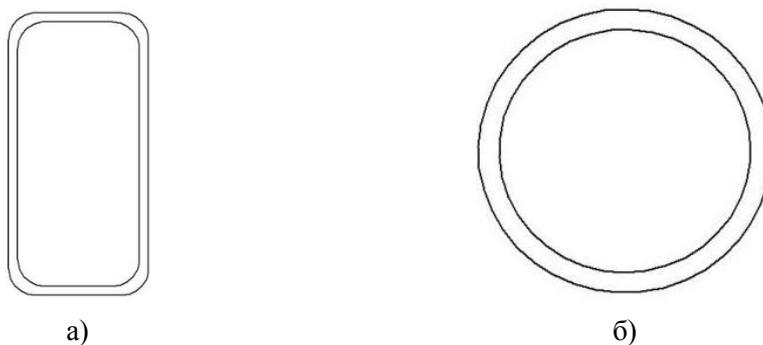


Рисунок 5 – Виды профиля для дуг безопасности

С точки зрения сопротивления материалов, наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном количестве материала они обеспечивают максимальную жесткость конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

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

Принимаем форму дуг безопасности, представленную на рисунке 6, сваренную из профилей круглого сечения.

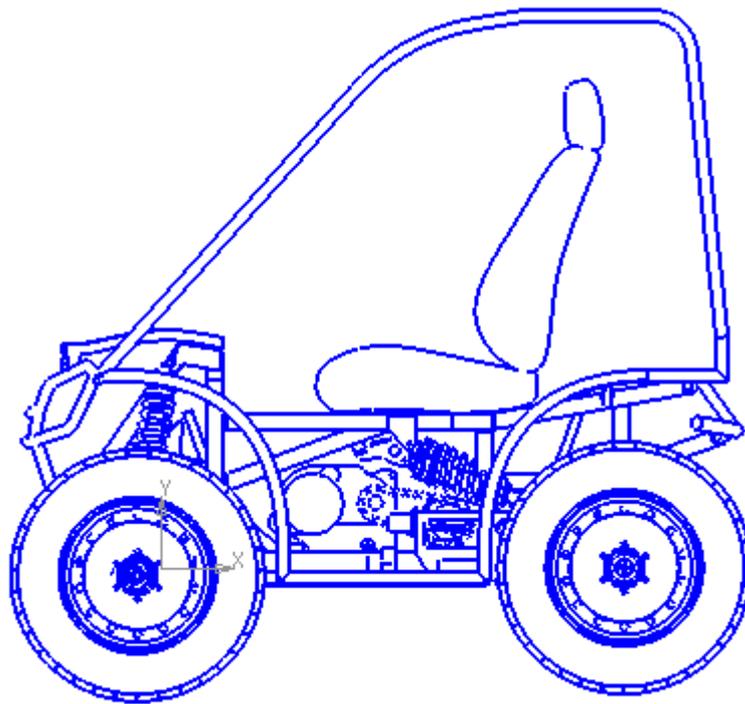


Рисунок 6 – Конструкция дуг безопасности

Рассмотрев техническое оснащение, представленных на рынке минитракторов на электрической тяге, принимается решение об установке двух электродвигателей мощностью по 3 кВт.

Для приведения в движение транспортного средства предлагается использовать привод, состоящий из асинхронного двигателя Denzel DA90-4.1 (рисунки 7, 8), редуктора и цепных передач (рисунок 10).



Рисунок 7 – Электродвигатель Denzel DA90-4.1 и его габаритные размеры

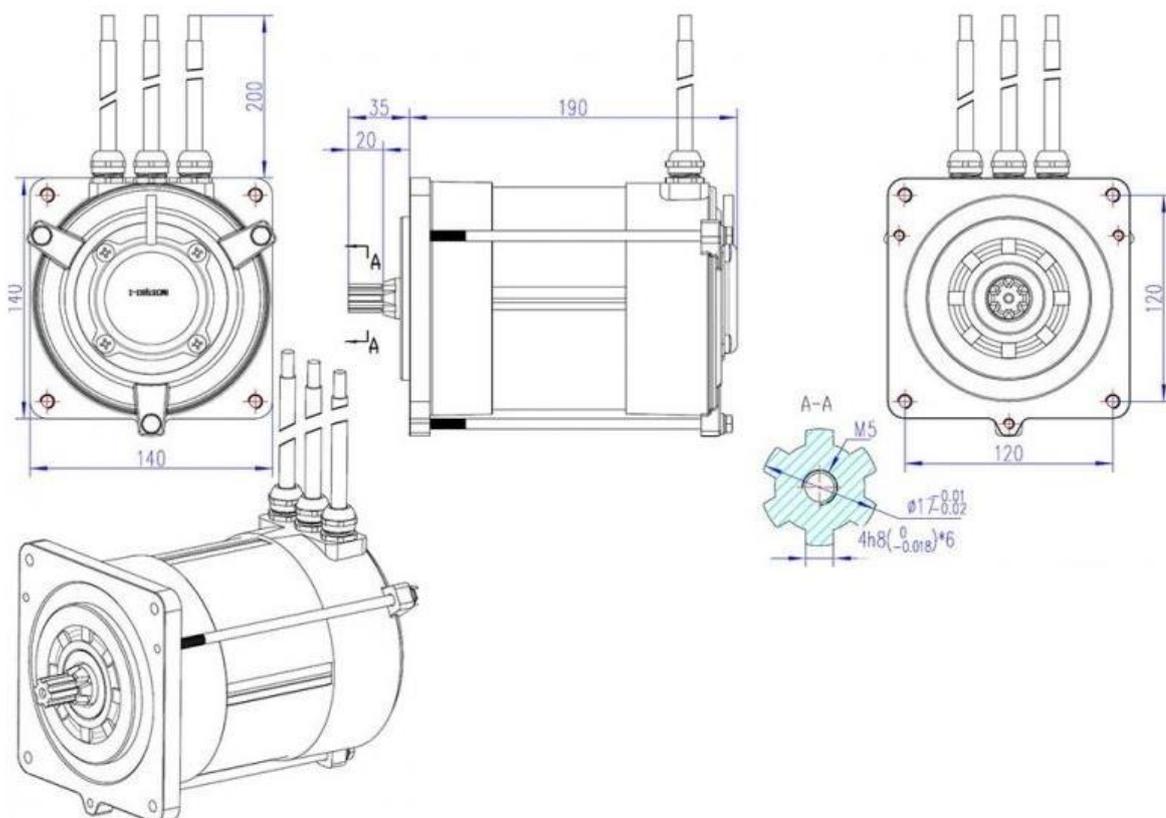


Рисунок 8 – Габаритные размеры электродвигателя Denzel DA90-4.1

Технические характеристики электродвигателя Denzel DA90-4.1 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики электродвигателя Denzel DA90-4.1

Параметр	Значение
Тип двигателя	асинхронный электрический
Номинальная мощность, Вт	3000 при 2500 об/мин
Пиковая мощность, Вт	9400
Частота вращения максимальная, об/мин	6000
Максимальный длительный ток, А	90
Пиковый ток, А	350
Номинальное напряжение, В	72
Крутящий момент со старта, Н·м	70
Максимальный крутящий момент, Н·м	74
Тип охлаждения	воздушный (на фланцах двигателя сделаны специальные отверстия для охлаждения. Когда двигатель работает, воздух проходит через двигатель, одновременно охлаждая наиболее нагретые части двигателя: ротор и обмотки. При этом мотор не боится попадания грязи, воды, песка, пыли и т.п.)
Диаметр мотора, мм	125
Ширина фланца, мм	140
Длина мотора без оси, мм	190
Масса, кг	10,5

Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-4.1 представлена на рисунке 18.

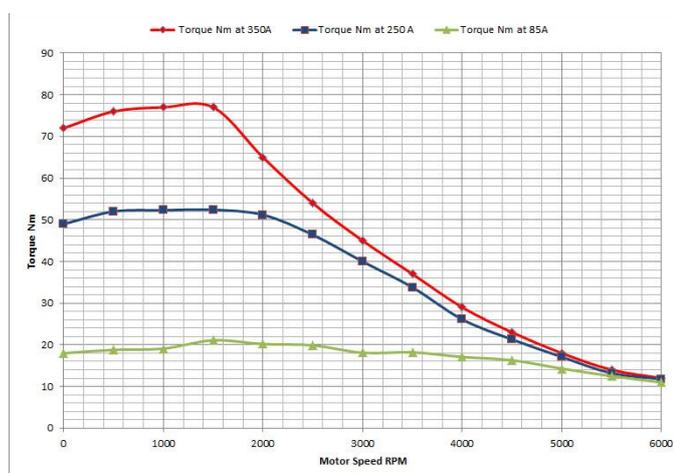


Рисунок 9 – Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-4.1

Преимущества:

- нет магнитов, нет магнитного сопротивления,
- повышение эффективности во всем диапазоне нагрузок,
- большой крутящий момент (с нуля – 35 Н·м),
- пиковый крутящий момент 70 Н·м,
- большая мощность – пиковая мощность 9,0 кВт (на валу).

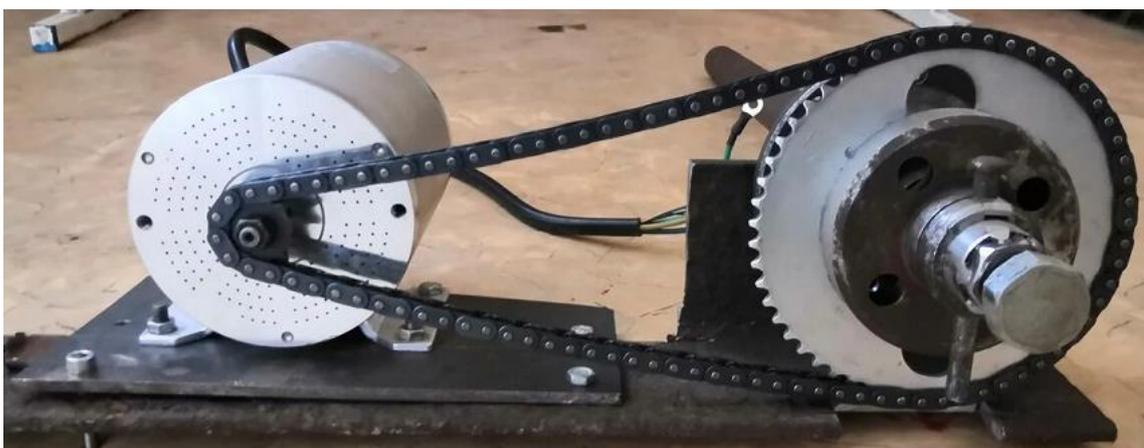


Рисунок 10 – Цепная передача

Выбранная цепная передача позволяет обеспечить передаточное число равное 4.

Контроллер служит для запуска электродвигателя.

«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» [4].

Изучив представленные на рынке контроллеры принимаем контроллер DECO 165 (рисунок 11) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики контроллера DECO 165

Параметр	Значение
Номинальная мощность, кВт	1,8
Максимальная мощность, кВт	7,5
Напряжение батарейное, В	48-80
Напряжение контроллера, В	от 30 до 96
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	193,7×125,7×72
Масса, кг	1,5



Рисунок 11 – Контроллер DECO 165

Для оснащения минитрактора на электрической тяге также понадобятся:

- индикатор напряжения аккумулятора;
- адаптер постоянного тока 10А;
- переключатель режимов Sport/Eco;
- переключатель направления (Forward/N/Reverse);
- ручка газа;
- сигнализация с 2-мя пультами дистанционного управления;
- кабельный комплект.

Выполняем выбор батареи.

Электрический аккумулятор – это химический источник тока, особенность которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд). Термин «аккумулятор» используется для обозначения отдельного элемента. То есть аккумулятор не равен батарее. Батарея – это совокупность аккумуляторов.

Батарея – это два или более соединенных параллельно или последовательно электрических элементов. В просторечии, аккумуляторной батареей называют, как батарейные блоки (относительно крупные ёмкости, наполненные мелкими аккумуляторами), так и отдельные элементы (но это неправильно).

В большинстве современных электрических машинах используются следующие виды аккумуляторных батарей:

- литий-ионные,
- алюминий-ионные;
- литий-серные.

«Иногда применяют ещё и металл-воздушные, где в качестве металла выступают цинк, литий, натрий, магний или алюминий.

Литий-ионные АКБ – самый распространённый вариант для установки на электрических автомобилях.

Преимущества:

- высокая 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»;
- большой срок эксплуатации – не меньше 10 лет» [5].

Недостатки:

- «высокая стоимость, которая влияет и на цену автомобиля;

- плохая устойчивость к избыточному заряду;
- небольшой температурный диапазон (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;
- высокий уровень взрывоопасности при повреждении и нарушении герметичности» [6].

«Алюминий в составе алюминий-ионной 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» [7].

Литий-серные аккумуляторы.

«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» [8].

Металл-воздушные АКБ.

«Преимущества:

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

Недостатки:

- снижение производительности батареи при низкой температуре;
- необходимость в системе фильтрации, потребляющей почти треть общей мощности;
- внезапный выход из строя металл-воздушных аккумуляторов из-за образовавшейся на их поверхности плёнки из пероксида лития;
- небольшое число циклов заряда/разряда – до 50-60» [9].

«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» [10].

Принимая во внимание достоинства и недостатки конструкций аккумуляторных батарей, изучив представленные на рынке батареи, выбираем литиевую батарею ёмкостью 4320 Вт·ч (4,3 кВт·ч) (рисунок 12).

Аккумулятор изготовлен из электромобильных ячеек нового поколения.

Подходит для использования в пространственной раме электровелосипеда, а также замене шести свинцовых аккумуляторов в электроскутере, электроквадроцикле или другой технике с рабочим напряжением 72 В.



Рисунок 12 – Аккумуляторная батарея

Рекомендовано использовать совместно с моторами номинальной мощностью до 3 кВт.

Данный тип батареи является экономически более выгодным по сравнению со сборками из 18650 ячеек.

Ёмкость аккумулятора эквивалентна конфигурации 20s14p@3000 mAh, Кроме того, его срок жизни в 2-4 раза превосходит батареи на основе 18650.

Обладает плотностью заряда 250 Вт·ч/кг

Размер: 330×220×150 мм, вес 18 кг.

В комплект входит:

1. Элементы питания Li-ро нового поколения. Решение на базе призматических элементов питания для электрокаров:

- характерны высокой энергоёмкостью и низкой стоимостью Вт·ч;
- ячейки LG 3,7V 60000 mAh в конфигурации 20s1p, внутреннее сопротивление 1,2mΩ mΩ;
- постоянный ток разряда < 2C;
- пиковый ток разряда < 3C;
- температурный режим разряда –20-60°C;
- ток заряда стандартный до 14 А, быстрая зарядка 42 А;
- температурный режим заряда –0-45°C.

Данные элементы питания предназначены для использования в электротранспорте и при соблюдении техтребований, являются абсолютно безопасными.

Жизненный цикл: 80% емкости после 1000 перезарядок (более 5 лет при сезонной эксплуатации).

2. Smart BMS

BMS (Battery management system) – электронная плата, предотвращающая повреждение элементов в результате перезаряда или переразряда, а также балансирующая заряд элементов между собой.

Ток разряда — 80-160А.

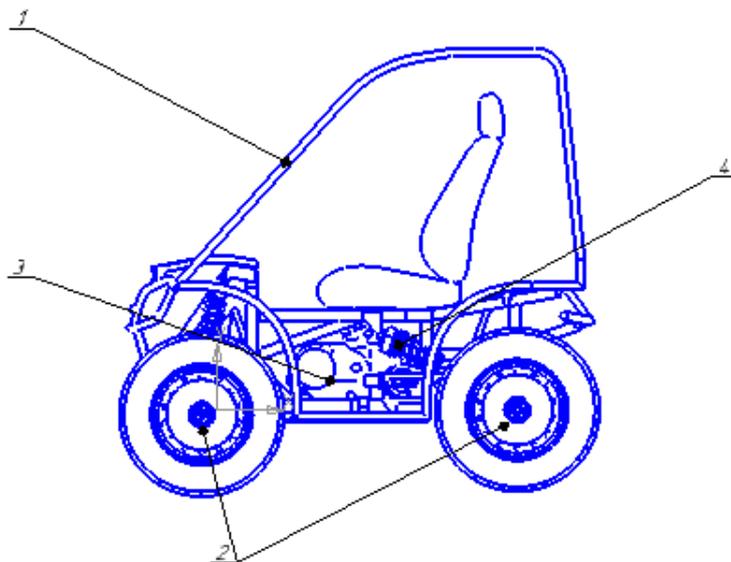
3. Входной и выходной разъемы.

Разъем для зарядки аккумулятора форм-фактора XLR. Разъем разряда XT150.

4. Зарядное устройство

Зарядное устройство 84 В, 10А, время зарядки – 5-6 часов. Разъем для зарядки XLR.

После выбора всех элементов конструкции минитрактора на электрической тяге составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 13).



1 – рама с дугами безопасности; 2 – колеса; 3 – электродвигатель с редуктором; 4 – подвеска

Рисунок 13 – Общая компоновка минитрактора на электрической тяге

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.

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 электродвигателя минитрактора на электрической тяге представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета мощности электродвигателя

Параметр	Значение
Снаряжённая масса минитрактора на электрической тяге, кг	150
Масса батареи, кг	18
Масса двух электродвигателей, мощностью 3000 Вт	21
Масса двух контроллеров, кг	3
Дополнительный вес, кг	3
Общая масса с округлением, кг	194
Масса водителя, кг	80
Дополнительный полезный вес (груз)	50
Полная расчётная масса, кг	324
Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x)	0,342
Площадь поперечного сечения автомобиля (S), м ²	1,59
Коэффициент силы трения для асфальта ($F_{тр}$)	0,018
Скорость автомобиля (V), км/ч	30

Продолжение таблицы 4

Параметр	Значение
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225

Мощность, необходимая для движения минитрактора на электрической тяге 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 электромотоцикла, км/ч;

η – КПД трансмиссии.

Раскрываем формулу (1).

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

$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 324 \cdot 30 + 0,342 \cdot 1,59 \cdot 30^2 + 9,8 \cdot 324 \cdot \sin 0 = 1092 \text{ Вт.}$$

Расчитанные значения мощности в зависимости от угла подъема при заданной скорости движения 40 км/ч сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Зависимость мощности, необходимой для движения минитрактора на электрической тяге с заданной скоростью от угла подъема

Наклон, град	Наклон, %	Мощность, кВт
0	0,0	1,1
2	3,5	1,3
4	7,0	1,5
6	10,5	1,7
8	14,1	1,9
10	17,6	2,1
12	21,3	2,3

Продолжение таблицы 5

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

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

Итоговый КПД с учетом кинематики:

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

Определяем необходимую мощность электродвигателя.

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

$$N_{\text{п}} = \frac{1092}{0,58} = 1867 \text{ Вт.}$$

Принимаем для привода электродвигатель с мощностью не менее 3000 Вт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят электродвигатели компании Denzel DA90-4.1 мощностью 3000 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.

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 минитрактор на электрической тяге будет использоваться для различных поездок по пересеченной местности, с неровностями рельефа и определим время поездки периодом 30 минут.

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

При среднем токе потребления электродвигателя 20 ампер рассчитаем емкость аккумулятора:

$$C_p = 2 \cdot 20 = 40 \text{ А/ч.}$$

Из предлагаемого ряда представленных батарей выберем для использования в проекте ближайшую подходящую батарею емкостью 45 А·ч.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литиевую батарею ёмкостью 4230 Вт·ч.

Выводы по разделу.

В разделе были разработано технические задание и предложение, а также проведены конструкторские расчёты основных элементов транспортного средства.

Разработанная конструкция минитрактора на электрической тяге полностью соответствует требованиям технического задания. Отличительной особенностью разработанной конструкции является применение полного привода.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки минитрактора на электрической тяге

«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» [12].

«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» [13].

«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» [25].

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 минитрактора на электрической тяге.

Таблица 6 – Паспорт безопасности на технологический процесс сборки минитрактора на электрической тяге

Технологический процесс	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс, согласно «ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий»	Оборудование и приспособления	Перечень веществ и материалов, используемых при выполнении технологического процесса
Сборка минитрактора на электрической тяге	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка минитрактора на электрической тяге. 3 Испытание и доводка минитрактора на электрической тяге	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Оборудование: токарный, фрезерный, сверлильный станки, сварочный аппарат, УШМ. Инструменты: набор рожковых, накидных ключей, отвертки разных размеров, плоскогубцы, напильники разных размеров	Шлифовальные круги, электроды/сварочная проволока, 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» [14].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе сборки минитрактора на электрической тяге представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование выполняемых работ	Наименование О и ВПФ согласно «ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник происхождения О и ВПФ
1 Подготовка к сборке. 2 Сборка минитрактора на электрической тяге. 3 Испытание и доводка минитрактора на электрической тяге	«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» [15].
	«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» [16].
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании транспортного средства» [17].
	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 N 181н (ред. от 16.06.2014) «Об утверждении Типового перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков» [16].

«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:
 - 1) «информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [18].

- 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 соответствии 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» [19].

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
«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)» [20].
«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	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)» [21].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных	Использование СИЗ защиты органов слуха

Продолжение таблицы 8

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	(наушников, беруш) » [22].
«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» [20].
Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	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 электросварщика 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.
Излучение сварочной дуги		
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	Для защиты лица и глаз электросварщика должны обеспечиваться защитными шлемами или щитками и специальными светофильтрами в зависимости от силы сварочного тока» [25].
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;	–

Продолжение таблицы 8

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	– устройство комнат психологической разгрузки; занятия различными видами физической культуры, санаторно-курортное оздоровление, физиотерапевтические медицинские мероприятия	

3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки минитрактора на электрической тяге

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.

«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» [17].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки квадроцикла на электрической тяге представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки квадроцикла на электрической тяге

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«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» [2].
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя

Продолжение таблицы 9

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
оборудования	лица, ответственного за выполнение данных работ» [3].
«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
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» [6].
«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
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» [9].

3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Сборка электрического транспортного средства для транспортировки грузов по территории автотранспортного предприятия	«Мелкодисперсная пыль в воздухе, испарения СОЖ с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (ТБО, ТКО, коммунальный мусор), металлический лом» [18].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке квадроцикла на электрической тяге представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге

Мероприятий, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
«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» [5].

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- составлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки квадроцикла на электрической тяге (таблица 8);
- определены профессиональные риски при технологическом процессе сборки квадроцикла на электрической тяге (таблица 9) и способы их снижения (таблица 10);
- рассмотрены мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства для транспортировки грузов по территории автотранспортного предприятия (таблица 11, 12);
- рассмотрены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге (таблица 13).

4 Экономическая эффективность проекта

4.1 Расчет себестоимости

Рассчитываем затраты на покупку сырья и материалов по формуле (4):

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (4)$$

Сводим информацию по затратам на покупку сырья и материалов в таблицу 14.

Таблица 14 – Информация по затратам на покупку сырья и материалов

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Профильная труба 40×25×1,5	м	141,0	5,0	846
Труба 60×2	м	110	20,00	2200
Лист холоднокатаный 1260×2520×2,0	шт.	41000	1	41000
Лист поликарбоната	м	1800		
Грунтовка	кг	75	4	300
Краска	кг	120	4	480
Прочее	–	1100	–	1100
Итого:	–	–	–	47585

Рассчитываем затраты на покупные изделия и полуфабрикаты по формуле (5):

$$P_{II} = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (5)$$

Сводим информацию по затратам на покупные изделия в таблицу 15.

Таблица 15 – Информация по затратам на покупные изделия и полуфабрикаты

Номенклатура покупного изделия	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу изделия, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
Квадроцикл	1 шт.	120000	120000	Самовывоз со склада
Электродвигатель, 3 кВт	1 шт.	9000,0	9000,0	
Цепь	5 шт.	900,0	4500,0	
Контроллер	1 шт.	2900,0	2900,0	
Аккумуляторная батарея	1 шт.	55000	55000	
Прочее	–	–	3000	
Всего:	–	–	194400	–

4.2 Расчет затрат на выплату заработной платы

Рассчитываем затраты на заработную плату по формуле (6):

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100} \right). \quad (6)$$

Сводим информацию по затратам на выплату основной заработной платы в таблицу 16.

Таблица 16 – Информация по затратам на выплату основной зарплаты

Наименование основной технологической операции	Разряд рабочего в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих	Затраты на производство единицы продукции (трудоемкость), чел-ч.	Должностной оклад, руб./час	Заработная плата, руб.
Заготовительная	3	3	85,43	256,29
Сварочная	4	10	91,39	913,9
Токарная	4	4	91,39	365,56
Фрезерная	4	4	91,39	365,56
Сверлильная	4	7	91,39	639,73
Слесарная	5	7	96,48	675,36
Сборочная	5	14	96,48	1350,72
Итого:	–	–	–	4567,12

Продолжение таблицы 16

Наименование основной технологической операции	Разряд рабочего в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих	Затраты на производство единицы продукции (трудоемкость), чел·ч.	Должностной оклад, руб./час	Заработная плата, руб.
Выплата стимулирующего характера (ч. 1 ст. 129 ТК РФ):	–	–	–	1370,13
Всего:	–	–	–	5937,25

«Рассчитываем затраты на выплату дополнительной заработной платы по формуле (7):

$$Z_d = Z_o \cdot K_d, \quad (7)$$

где K_d – коэффициент доплат до часового фонда заработной платы, коэффициент 1,1» [20].

$$Z_d = 5937,25 \cdot 1,1 = 593,72 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на отчисления единого социального налога по формуле (8):

$$O_c = (Z_o + Z_d) \cdot K_c, \quad (8)$$

где K_c – коэффициент доплат до часового фонда заработной платы, $K_c = 0,26$ [19].

$$O_c = (5937,25 + 593,72) \cdot 0,26 = 1698,05 \text{ р.}$$

4.3 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

«Рассчитываем затраты на содержание и эксплуатацию оборудования по формуле (9):

$$P_{\text{cod.ob}} = Z_O \cdot K_{\text{ob}}, \quad (9)$$

где K_{ob} – коэффициент, учитывающий расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, равен 1,04» [20].

$$P_{\text{cod.ob}} = 5937,25 \cdot 1,04 = 6174,74 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на общепроизводственные нужды по формуле:

$$P_{\text{onp}} = Z_O \cdot K_{\text{onp}}, \quad (10)$$

где K_{onp} – коэффициент распределения общепроизводственных расходов, равен 1,5.

$$P_{\text{onp}} = 5937,25 \cdot 1,5 = 5935,75 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты цеховой (внутрихозяйственной) себестоимости по формуле (11):

$$C_{\text{ц}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_O + Z_{\text{д}} + O_C + P_{\text{cod.ob}} + P_{\text{onp}}, \quad (11)$$

$$C_{\text{ц}} = 47585 + 194400 + 5937,25 + 593,72 + 1698,05 + 6174,74 + \\ + 5935,75 = 262324,51 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на общехозяйственные (общезаводские) расходы по формуле (12):

$$P_{\text{охр}} = Z_O \cdot K_{\text{охр}}, \quad (12)$$

где $K_{охр}$ – коэффициент, учитывающий общехозяйственные расходы,

$$P_{охр} = 5937,25 \cdot 1,6 = 9499,6 \text{ р.}$$

Рассчитываем общие затраты по формуле (13):

$$C_{ПР} = C_{Ц} + P_{охр}, \quad (13)$$

$$C_{ПР} = 262324,51 + 9499,6 = 271824,11 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на внепроизводственные нужды по формуле:

$$P_{ВН} = C_{ПР} \cdot K_{внепр}, \quad (14)$$

где $K_{внепр}$ – коэффициент, учитывающий внепроизводственные расходы, равен 0,05» [23].

$$P_{ВН} = 271824,1 \cdot 0,05 = 13591,2 \text{ р.}$$

4.4 Расчет общей суммы затрат на изготовление конструкции

Рассчитываем общие затраты на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге, покупку материалов, выплату денежных средств по формуле (15):

$$C_{ОБЩ} = C_{ПР} + P_{ВН}, \quad (15)$$

$$C_{ОБЩ} = 271824,1 + 13591,2 = 285415,3 \text{ р.}$$

Выводы по разделу.

Ориентировочная стоимость на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге составляет 285 415,3 р.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка конструкции минитрактора на электрической тяге» была обоснована тема бакалаврской работы, поставлены цель и задачи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- обзор литературы об истории развития квадроциклов в мире, конструктивные особенности, подразделения, основные преимущества и недостатки;
- рассмотрены основные виды электрических квадроциклов;
- разработано техническое задание и предложение, а также проведены конструкторские расчёты основных элементов транспортного средства
- выполнена конструкторская разработка минитрактора на электрической тяге, составлено техническое задание и предложение, проведены конструкторские расчеты основных элементов разработанной конструкции;
- рассмотрена безопасность и экологичность проекта, определены профессиональные риски и мероприятия по снижению их воздействия;
- определена экономическая эффективность электрического транспортного средства для транспортировки грузов по территории автотранспортного предприятия.

Проект по разработке минитрактора на электрической тяге является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение. Ориентировочная стоимость на разработку конструкции минитрактора на электрической тяге составляет 285415,3 р.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
3. 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.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Бусыгин, Б. П. Электромобили : (Методы расчета). Учеб. пособие / Б. П. Бусыгин. - М. : МАДИ, 1979. - 72 с.
6. 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.
7. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
8. 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.
9. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
10. Галкин, Ю. М. Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили) [Текст] : [История развития, тяговый расчет, конструкция и

эксплоатация] / Инж. Ю. М. Галкин. - Москва ; Ленинград : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1938 (М. : Образцовая тип.). - 160 с.

11. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

12. 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.

13. 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.

14. ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013. Система токопроводящей зарядки электромобилей = Ч. 1. Общие требования : Electric vehicle conductive charging system - 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.

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

16. 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.

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

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

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

20. 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.

21. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

22. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

23. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

24. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

25. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.