

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 Техническое решение по переводу бензинового квадроцикла для работы на
электрической тяге

Студент

М.Д. Дужников

(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: «Техническое решение по переводу бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге».

Пояснительная записка содержит четыре раздела, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 63 страницы. 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, достоинства и недостатки бензиновых и электрических квадроциклов представленных на мировых рынках.

Во втором разделе составлено техническое задание и техническое предложение на перевод бензинового квадроцикла для работы 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 devoted to the development of a technical solution for modifying a petrol quad bike to work on electric traction.

The explanatory note consists of four parts, introduction and conclusion, list of references, totally 63 pages. The graphic part is on 6 A1 sheets were executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

After analyzing the latest ratings, we can conclude that electric quad bikes in the near future will seriously compete with petrol vehicles. The advantages of electrified vehicles will look even more advantageous in case of tightening environmental legislation or introducing additional charges for the use of petrol engines.

Considering the current trends in the use of electric drives, it was decided to develop a technical solution for modifying the petrol quad bike to work on electric traction.

The first part of graduation work deals with the history of the quad bikes development, advantages and disadvantages of petrol and electric quad bikes presented on world markets.

In the second part we make up the terms of reference and the technical proposal for modifying the petrol quad bike to work on electric traction. The design calculations for the selection of an electric motor and a battery for this vehicle are made.

The graduation work covers safety and labor protection issues. Measures for ecological safety are offered.

In the last part of graduation work the economic efficiency of the developed design of the quad bike on electric traction is established.

In the conclusion the results of the study are featured.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 История квадроциклов	7
1.2 Достоинства и недостатки бензиновых и электрических квадроциклов	16
2 Конструкторская часть	19
2.1 Техническое задание на перевод бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге.....	19
2.2 Техническое предложение на перевод бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге	22
2.3 Конструкторские расчеты.....	34
3 Безопасность и экологичность технического объекта	39
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге.....	39
3.2 Определение профессиональных рисков	41
3.3 Способы снижения профессиональных рисков.....	42
3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге	47
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки квадроцикла на электрической тяге.....	49
4 Экономическая эффективность проекта.....	52
4.1 Расчет себестоимости.....	52
4.2 Расчет затрат на выплату заработной платы.....	53
4.3 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования.....	55
4.4 Расчет общей суммы затрат на изготовление конструкции.....	56
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.....	59

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 по переводу бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге.

1 Состояние вопроса

1.1 История квадроциклов

Первые квадроциклы появились в одно время с автомобилями, в 20-х годах XX века, и имели смешную по нынешним меркам мощность – около 2 л.с. Но именно эти начинания позволили через 100 лет наладить выпуск самой компактной, мощной и манёвренной техники. Далее рассмотрим как зародилось производство квадроциклов, как выглядели первые модели и как развивался рынок квадроциклетной техники [27].

Прототип современных мотовездеходов – заднеприводная четырехколесная повозка с рулевым управлением, представленная британцем Дж. Уордом в 1850 году (рисунок 1). Она напоминает велосипед, только более быстрый и устойчивый.

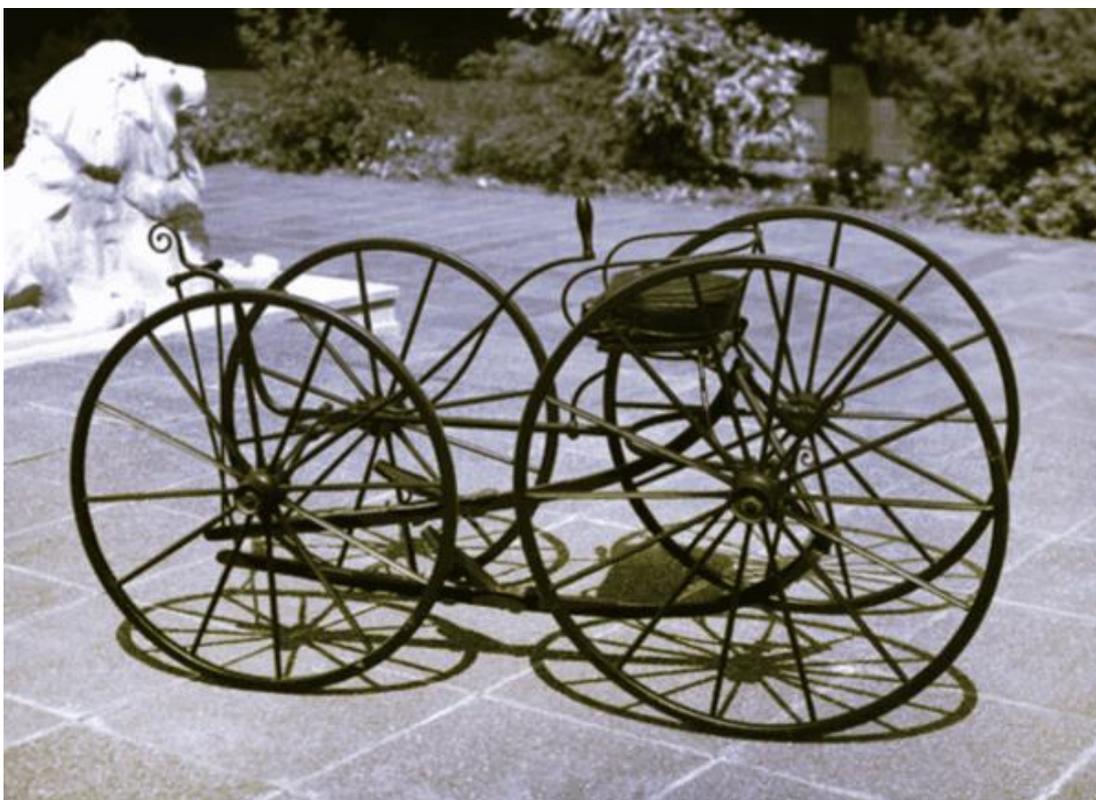


Рисунок 1 – Четырехколесная повозка с рулевым управлением Дж. Уорда, 1850 г.

Один из первых квадроциклов – модель Ford Quadricycle Генри Форда (рисунок 2). Он работал на двухцилиндровом двигателе мощностью 2 л.с. – невиданные по тем временам показатели. Двигатель работал на этаноле, колёса были велосипедными, а двухместное сиденье напоминало ящик для инструментов.

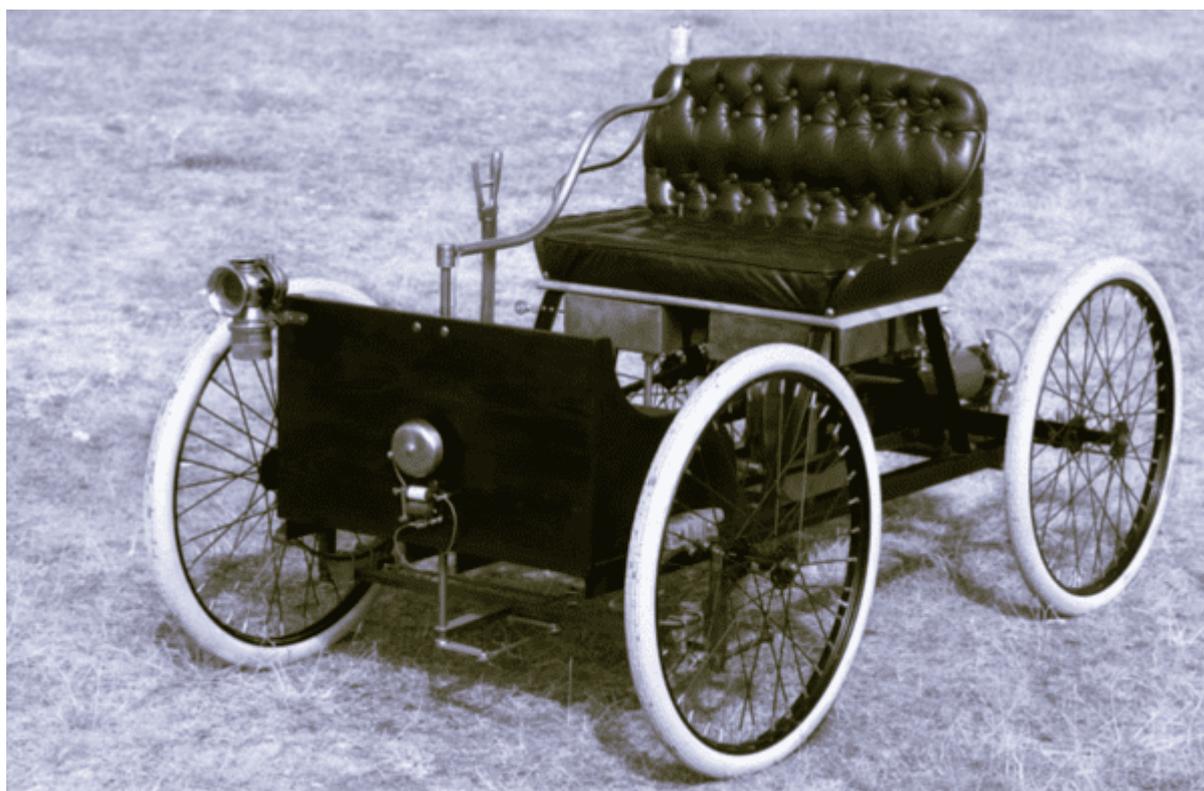


Рисунок 2 – Ford Quadricycle – четырехколесная повозка с двигателем Генри Форда, 1896 г.

В 1924 году француз Шарль Моше представил публике «велокар» с педалями (рисунок 3) – по сути, более устойчивую версию велосипеда. Модель была двухместной: пока один ездок крутил педали, второй мог отдыхать. Это изобретение помогло Франции во время Второй мировой войны, когда территория страны находилась под оккупацией Германии, а бензин было невозможно достать. Велокары Шарля Моше сохранились до наших дней – их можно увидеть в музеях Франции [26].



Рисунок 3 – Велокар Шарля Моше

На фоне бензинового кризиса второй половины XX века и обострения экологических проблем, связанных с масштабным производством автомобилей, в 1970–1980 годы возрождается интерес к четырёхколёсному мототранспорту. В 1970 году Осаму Такеучи из Honda выпускает трехколёсный гибрид US90 (рисунок 4). Модель получила практичность автомобиля и манёвренность мотоцикла. Изобретение позиционировалось как вездеходный мотоцикл [24].

В качестве двигателя в трицикле Honda использовался одноцилиндровый четырёхтактный мотор на 70 «кубиков» от мотоцикла Honda ST70. Рама треугольной формы и ведущий задний привод хорошо зарекомендовали себя на испытаниях. Куда больше проблем было с колёсами – компания долго искала подходящие варианты. По задумке Такеучи, колёса должны были быть устойчивыми на песке и снегу. Было рассмотрено множество вариантов, включая фермерские культиваторы. Выбор пал на колёса от американского вездехода-амфибии, который легко ездил по

болотам, грязи и сугробам. Это были шины низкого давления на высокопрофильной резине. На их основе были разработаны собственные 22 дюймов колёса Honda с давлением 2,2 МПа и развитым протектором. Благодаря низкому удельному весу трицикл мог передвигаться по воде, не говоря уже о рыхлом грунте [27].



Рисунок 4 – Трицикл Honda US 90 в фильме «Бриллианты Навсегда» (Diamonds Are Forever), 1971 г.

Ожидалось, что новинка заинтересует фермеров. Однако этого не произошло и отсутствие спроса чуть не привело проект к закрытию. Интерес к трициклу от Хонды проявили обеспеченные калифорнийцы. Они искали транспорт для передвижения по широким песчаным пляжам – автомобили и двухколёсные байки для этой цели не подходили, а вот трицикл чувствовал себя в таких условиях уверенно. Таким образом, разработка была спасена.

Очевидный успех US90 заметили другие японские авто- и мотопроизводители. Они вникли в суть идеи и стали выпускать аналоги. Компания Honda яростно отстаивала свои права на трицикл в судах. Первую

же тяжбу с Yamaha по поводу плагиата она выиграла. Но это не остановило конкурентов. Уже в 1980 году Ямаха представила 123-кубовый трицикл YТ125 (рисунок 5), а в 1981 бренд Kawasaki презентовал публике мотовездеход KLT 200 (рисунок 6). Свои разработки также запатентовали американские Arctic Cat и Polaris.



Рисунок 5 – Трицикл Yamaha Tri Moto (YТ125), 1986 г.



Рисунок 6 – Трицикл Kawasaki KLT 200, 1981 г.

Работы над конструкцией вездехода-трицикла не прекращались. В 1982 году Аки Гото из Suzuki рискнул установить четвёртое колесо на собственный трицикл Suzuki ALT125, при этом подвеска и подножки остались прежними. Так появился первый четырёхколесный мотовездеход Suzuki QuadRunner LT125 (рисунок 7) [5].



Рисунок 7 – Квадроцикл Suzuki QuadRunner LT 125, 1984 г.

К тому времени трёхколёсные вездеходы стали очень популярными. Но к трициклам не относились как к полноценному виду транспорта, что влекло за собой большое количество травм. Американские контролирующие органы в области безопасности товаров поспособствовали тому, чтобы о неустойчивых трициклах забыли. При этом были ужесточены правила безопасности для квадроциклов.

1985 год ознаменовался выпуском первого в мире полноприводного квадроцикла Honda FourTrax TRX350 4×4 (рисунок 8). Он получил дифференциал повышенного трения и мотор с масляным радиатором [9].



Рисунок 8 – Квадроцикл Honda FourTrax TRX350 4×4

В ответ на это Yamaha выпустила полноприводный мотовездеход Big Bear 350 (рисунок 9) с четырёхтактным 350-кубовым двигателем, пониженным и повышенным режимом трансмиссии, задним ходом, карданным приводом, гидравлическими передними тормозами и блокирующимся передним мостом.

В гонку полноприводных квадроциклов включился американский бренд Polaris. Компания выпустила модель Trail Boss 250 4×4 (рисунок 10) с автоматической КПП.

В 1991 году Suzuki выпускает KingQuad 4×4 (рисунок 11). Мотовездеход получил одноцилиндровый четырёхтактный 280-кубовый мотор, независимую подвеску, 5-ступенчатую КПП с блокировкой дифференциала и задним ходом [22].



Рисунок 9 – Квадроцикл Yamaha Big Bear 350, 1987 г.



Рисунок 10 – Квадроцикл Polaris Trail Boss 250, 1995 г.



Рисунок 11 – Квадроцикл Suzuki KingQuad LTF 300, 1991 г.

2000-е годы ознаменовались выходом на международный рынок китайских квадроциклов. Концерн CFMOTO лидирует по объёмам выпуска мотовездеходов среди китайских производителей. Квадроциклы CFMOTO (рисунок 12) составляют конкуренцию топовым маркам благодаря отличному качеству и доступным ценам.



Рисунок 12 – Квадроцикл CFMOTO X10 EPS, 2019 г.

В 2010-е годы развитие квадроциклов получило новый виток. Все большую популярность получали так называемые SSV (side-by-side vehicle), или UTV (utility task vehicle). На фоне стабильно ровного интереса к квадроциклам ATV начался настоящий «бум» продаж мотовездеходов с автомобильной посадкой [23].

SSV-модели имеют ремни безопасности и прочный каркас, что повышает безопасность водителя и пассажира при активной езде.

Некоторые сайд-бай-сайды имеют откидной кузов самосвального типа, что открывает широкие возможности по использованию их в хозяйстве. Этот класс квадроциклов развивается в мире наиболее активно: производители с каждым годом совершенствуют характеристики моделей, делая их мощнее, быстрее, функциональнее.

1.2 Достоинства и недостатки бензиновых и электрических квадроциклов

Ключевое преимущество любого электромобиля, квадроцикла или другого портативного транспорта – это полная экологичность и безопасность. Транспортные средства работают бесшумно, не производят выхлопных газов или других вредных веществ.

Основные плюсы техники на электротяге:

- надежность и долговечность. Электрические двигатели работают гораздо дольше своих бензиновых аналогов;
- габариты и вес. Практически все модели отличаются легкостью и компактностью. Это актуально, как для детских моделей, так и для квадроциклов, ориентированных на взрослых райдеров;
- легкость в обслуживании, минимальные вложения в плане технического обслуживания. Вы приобретаете электрический квадроцикл, который уже полностью оснащен и готов к

эксплуатации. Минимальный уход и соблюдение правил позволит наслаждаться управлением девайсом не один год;

- экономичность. Электричество – один из самых доступных ресурсов. Цена такого эко топлива гораздо ниже, чем бензин [21].

Распространенный вопрос многих новичков: как производить зарядку устройства. Восполнить заряд аккумулятора поможет подключение к самой обычной стационарной розетке на 220 В. Неудобства могут возникать только в начале. Со временем алгоритм зарядки войдет в привычку, и не будет приносить никаких сложностей.

Еще один потенциальный минус: низкая проходимость техники в сравнении с бензиновыми модификациями. Это не совсем верно. Проходимость зависит от размера колес, мощности мотора и емкости аккумулятора. Хорошие мощные модели электротранспорта способны рассекать бездорожье даже лучше, чем некоторые бензиновые квадроциклы.

Если стоит выбор, что купить: электрический или бензиновый квадроцикл, стоит беспристрастно оценить потенциал всех понравившихся вариантов. К главным достоинствам бензиновых модификаций, на которые любят акцентировать внимание производители: такая техника «не привязана» к розетке и отличается хорошей проходимостью.

Впрочем, остается один нюанс: любое транспортное средство необходимо снабжать топливом, будь то электричество или бензин. Поэтому «привязка» к источникам топлива актуальна для всех модификаций транспорта.

Бензиновая версия квадроцикла не подходит для ребенка. Большинство моделей в категории детских устройств ориентированы на райдеров в возрасте от 10 – 14 лет и старше. Поэтому, чтобы познакомить ребенка с интересным транспортом, лучше выбирать достойные варианты в категории портативного электротранспорта.

Объективные плюсы бензиновых квадроциклов:

- функциональность. Мощные агрегаты с двигателем от 90 до 125 кубов подходят для прогулок, поездок по бездорожью, перевозки небольших грузов и активного отдыха;
- доступная цена. Купить производительную бензиновую модель проще, чем электроверсию с аналогичными показателями;
- небольшой расход бензина в хороших проработанных модификациях. Детские и подростковые модели потребляют всего около 3 л топлива на 100 км [9].

Есть и один минус, который часто влияет на выбор транспорта – бензиновый мотор изнашивается быстрее электродвигателя, а его обслуживание обходится дороже.

Выводы по разделу.

Проанализировав последние рейтинги, можно сделать вывод: электрические квадроциклы в скором будущем составят серьезную конкуренцию бензиновым агрегатам. Преимущества электрифицированных устройств будут выглядеть еще более выигрышно, в случае ужесточения экологического законодательства или введения дополнительных сборов за использование бензиновых двигателей.

Уже сейчас многие райдеры, использующие квадроциклы и другую технику на электротяге, акцентируют внимание именно на экологичности транспорта. Гораздо выгоднее один раз вложить деньги в стоящий товар, чтобы потом долго и без проблем пользоваться прогрессивной техникой.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на перевод бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге

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

Квадроцикл на электрической тяге представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное электродвигателем, дифференциалом, расположенными в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей [11].

Квадроцикл на электрической тяге предназначен для передвижения по обычным дорогам, легкому 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.

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

К конструкции квадроцикла 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 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 [11].

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	более 500.
Запас хода, км.....	не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....	не менее 50.
Масса, кг.....	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 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 «Тольяттинский 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 перевод бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге

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

Квадроцикл на электрической тяге представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное электродвигателем, дифференциалом расположенными в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей.

Квадроцикл 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 менее 500.
Запас хода, км.....	не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....	не менее 50.
Масса, кг.....	не более 180.

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 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 квадроцикла на электрической тяге являются:

- рама;
- каркас безопасности;
- подвеска;
- электродвигатель;
- дифференциал;
- колеса;
- аккумуляторные батареи;
- контроллер.

В качестве базового квадроцикла для переоборудования с бензина на электрическую тягу принимаем квадроцикл Irbis ATV250 (рисунок 13).



Рисунок 13 – 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.

Рассмотрев техническое оснащение, представленных на рынке квадроциклов на электрической тяге, принимается решение об установке электродвигателя мощностью 3 кВт.

Для приведения в движение транспортного средства предлагается использовать привод, состоящий из асинхронного двигателя Denzel DA90-4.1 (рисунки 16, 17, 18) и цепной передачи (рисунок 19).



Рисунок 16 – Электродвигатель Denzel DA90-4.1 и его габаритные размеры

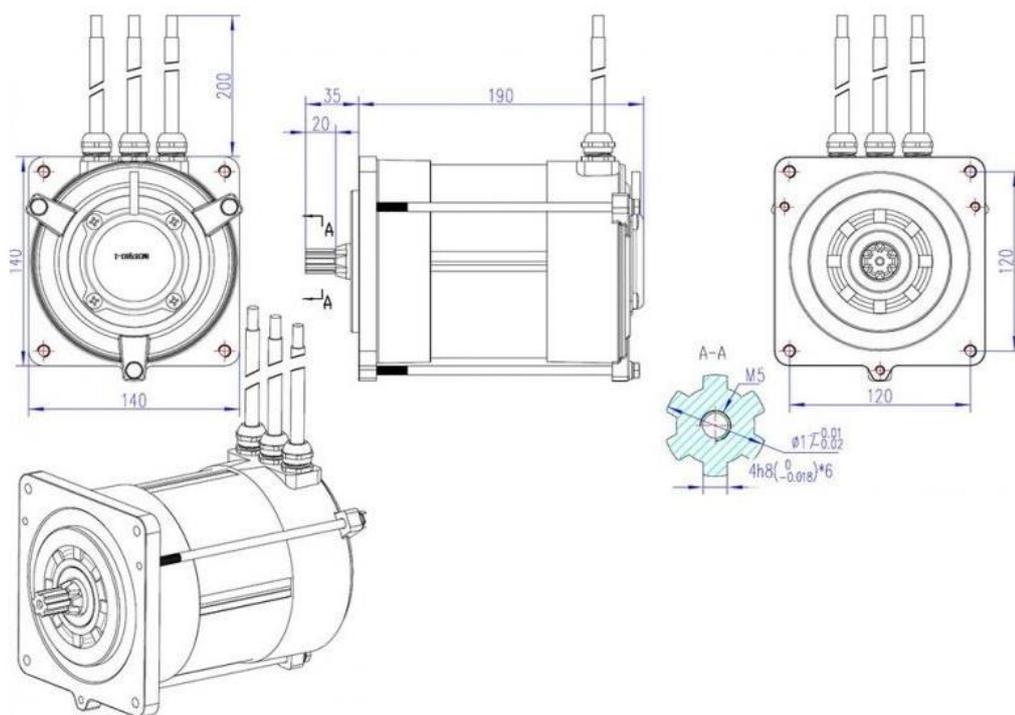


Рисунок 17 – Габаритные размеры электродвигателя Denzel DA90-4.1

Технические характеристики электродвигателя Denzel DA90-4.1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – 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.

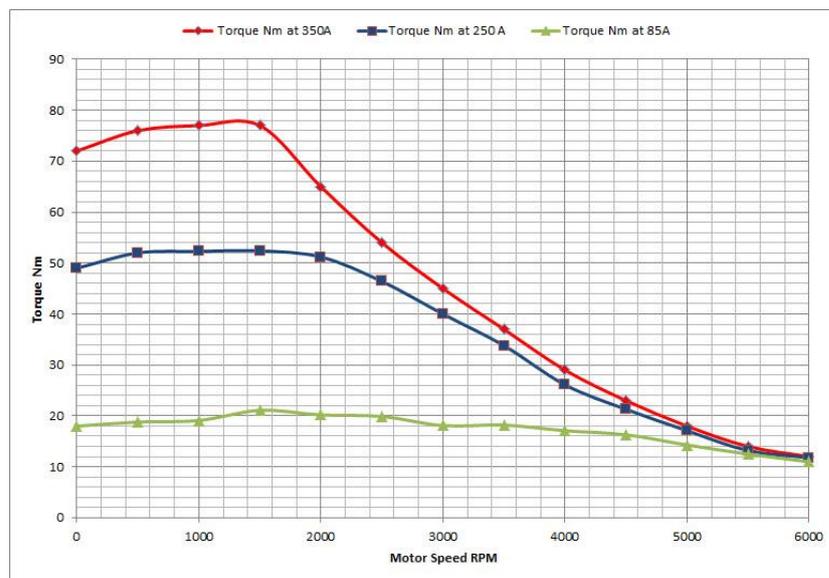


Рисунок 18– Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-4.1

Преимущества:

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

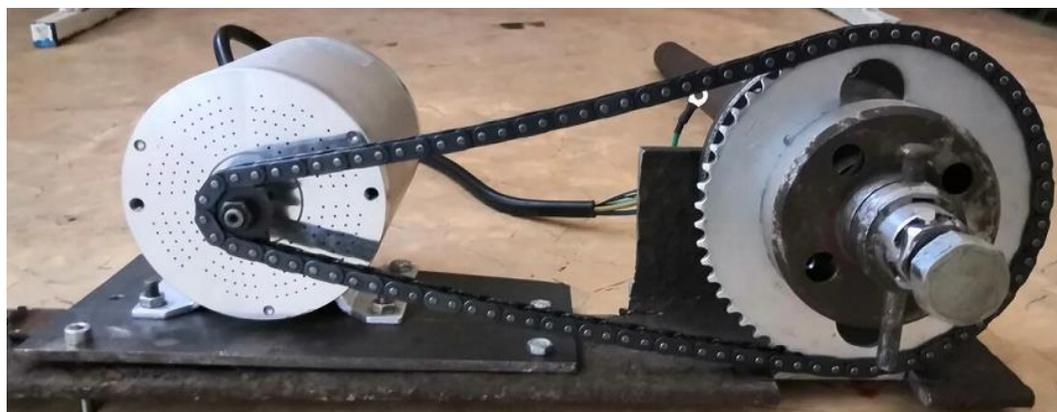


Рисунок 19 – Цепная передача

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» [1].

Изучив представленные на рынке контроллеры принимаем контроллер DECO 165 (рисунок 20) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 2.



Рисунок 21 – Контроллер DECO 165

Таблица 2 – 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

Для оснащения квадроцикла на электрической тяге также понадобятся:

- индикатор напряжения аккумулятора,
- адаптер постоянного тока 10А,
- переключатель режимов Sport/Eco,
- переключатель направления (Forward/N/Reverse),
- ручка газ,
- 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» [2].

«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 1000 циклов или 10 лет.

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» [2].

«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» [3].

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» [4].

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.

«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» [25].

Принимая во внимание достоинства и недостатки конструкций аккумуляторных батарей, изучив представленные на рынке батареи, выбираем литиевую батарею ёмкостью 3024 Вт·ч (3 кВт·ч) (рисунок 22).

Аккумулятор изготовлен из электрических 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 22 – 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 230-240 Вт·ч/кг

Размер: 375×110×180 мм, масса 14 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 NMC 3,6V 42000 мА·ч в конфигурации 20s1p;
- внутреннее сопротивление 1,2 миллиом;
- постоянный ток разряда < 1С;
- пиковый ток разряда <3С;
- температурный режим разряда –20-45°С;
- ток заряда стандартный до 14 А, быстрая зарядка 42 А;
- температурный режим заряда –0-45°С.

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 – 60-120А.

3. Входной и выходной разъемы.

Разъем для зарядки аккумулятора форм-фактора XLR.

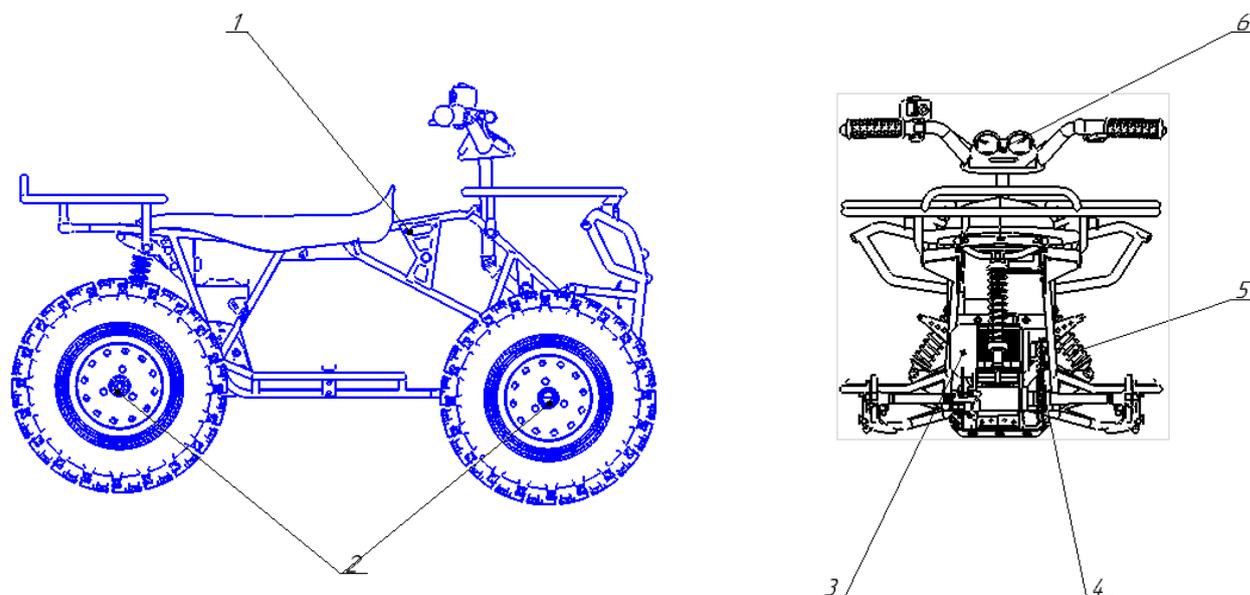
Разъем разряда XT150

4. Зарядное устройство

Зарядное устройство 84 В, 5А, время зарядки – 8-9 часов.

Разъем для зарядки XLR.

После выбора всех элементов конструкции квадроцикла на электрической тяге составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 23).



1 – рама; 2 колесо; 3 – электродвигатель; 4 – цепная передача;
5– подвеска; 6 – рулевое управление

Рисунок 23 – Общая компоновка квадроцикла 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 квадроцикла на электрической тяге представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета мощности электродвигателя

Параметр	Значение
Снаряжённая масса квадроцикла на электрической тяге, кг	120
Масса батареи, кг	14
Масса электродвигателя, мощностью 3000 Вт	10,5
Масса контроллера, кг	1,5
Дополнительный вес, кг	2
Общая масса с округлением, кг	148
Масса водителя, кг	80
Дополнительный полезный вес (груз)	20
Полная расчётная масса, кг	248
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
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225

Мощность, необходимая для движения квадроцикла 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 электромобиля, км/ч;

η – КПД трансмиссии.

Раскрываем формулу (1).

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

$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 248 \cdot 30 + 0,342 \cdot 1,59 \cdot 30^2 + 9,8 \cdot 248 \cdot \sin 0 = 943 \text{ Вт.}$$

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.

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

$$N_{II} = \frac{943}{0,58} = 1612 \text{ Вт.}$$

Принимаем для привода электродвигатель с мощностью не менее 3000 Вт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят электродвигатель 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 квадроцикл 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 3024 Вт·ч

Выводы по разделу.

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

Разработанная конструкция квадроцикла на электрической тяге полностью соответствует требованиям технического задания. Отличительной особенностью разработанной конструкции является перевод бензинового квадроцикла на работу на электричестве.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«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» [6].

«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» [7].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное 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, в том числе утилизацию» [8].

В таблице 5 представлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки квадроцикла на электрической тяге.

Таблица 5 – Паспорт безопасности на технологический процесс сборки квадроцикла на электрической тяге

Технологический процесс	Наименование и 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 квадроцикла на электрической тяге	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка квадроцикла на	Слесарь по ремонту	Оборудование: токарный,	Шлифовальные круги,

Продолжение таблицы 5

Технологический процесс	Наименование и 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
	Электрической тяге 3 Испытание и доводка квадроцикла на электрической тяге	автомобилей 5 разряда	фрезерный, сверлильный станки, сварочный аппарат, УШМ. Инструменты: набор рожковых, накидных ключей, отвертки разных размеров, плоскогубцы, напильники разных размеров	электроды/сварочная проволока, перчатки, защитные очки, сварочная маска, спецодежда

3.2 Определение профессиональных рисков

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе сборки квадроцикла на электрической тяге представлена в таблице 6.

Таблица 6 – 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 квадроцикла на электрической тяге. 3 Испытание и доводка квадроцикла на	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов Движущиеся машины и	Детали, узлы, агрегаты для сборки Электроинструмент,

Продолжение таблицы 6

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
электрической тяге	механизмы, подвижные части оборудования	станки
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станки
	«Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта» [11].
	«Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, сварочный аппарат, станки» [8].
	«Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Сварочный аппарат, сварка рамы» [12].
	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» [13].
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании» [12].
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 (ред. от 16.06.2014) «Об утверждении Типового перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков» [15].

«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» [19];
- 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» [22].

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)» [18].
«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)» [19].
«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	Использование СИЗ защиты органов слуха (наушников, беруш)» [17].

Продолжение таблицы 8

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	
«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» [16].
«Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное Излучение сварочной дуги Электромагнитные поля Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	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.
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» [14].
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.	–

3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки квадроцикла 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.

На рисунке 25 показаны правила соблюдения пожарной безопасности на сборочном участке.



Рисунок 25 – 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» [13].

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
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» [14].
«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» [25].
«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» [4].

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» [24].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки 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

Выводы по разделу.

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 (14):

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (14)$$

Сводим информацию по затратам на покупку сырья и материалов в таблицу 13.

Таблица 13 – Информация по затратам на покупку сырья и материалов

Номенклатура сырья, материалов и услуг	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
Профиль 20×20×2	1,7 м	53	90,1	Самовывоз со склада
Профиль 40×20×2	0,4 м	76	30,4	
Профиль 40×40×2	0,6 м	97	58,2	
Профиль 50×25×2	0,7 м	92	64,4	
Профиль 80×40×4	0,4 м	302	120,8	
Профиль 100×50×3	0,6 м	284	170,4	
Краска	1 л	145	145	
Итого:			679,3	
Транспортно-заготовительные расходы	–	–	68	–
Всего:	–	–	747,3	–

Рассчитываем затраты на покупные изделия и полуфабрикаты по формуле (15):

$$P_{II} = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (15)$$

Сводим информацию по затратам на покупные изделия в таблицу 14.

Таблица 14 – 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	
Мерный цилиндр SANPLATEC 1014	4	300	1200	Самовывоз со склада	
Манометр МТИ-К	2	650	1300		
Топливная рампа ДВС Opel Omega A 2.0i	1	1500	1500		
Рукав напорный ВГ-20 ТУ 38-105998-91	1,6 м	108	172,8		
Регулятор давления ДВС Opel Omega A 2.0i	1	1100	700		
Бачок омывателя ветрового стекла ВАЗ-2106	1	350	350		
Бензонасос Bosch 0 580 453 453	1	2300	2300		
Хомут STR 37802-22	12	25	300		
Блок «Реаниматор форсунок»	1	10900	9300		
Крепеж	70	4,5	315		
Итого:	–	–	17437,8		–
Транспортно-заготовительные расходы	–	–	523,13		–
Всего:	–	–	17960,93	–	

4.2 Расчет затрат на выплату заработной платы

Рассчитываем затраты на заработную плату по формуле (16):

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100} \right). \quad (16)$$

Сводим информацию по затратам на выплату основной заработной платы в таблицу 15.

Таблица 15 – Информация по затратам на выплату основной заработной платы

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.
1 Заготовительная	3	3	85,43	256,29
2 Токарная	4	4	91,39	365,56
3 Слесарная	4	3	91,39	274,17
4 Сварочная	4	5	91,39	456,95
5 Сборочная	4	6	91,39	548,34
6 Электромонтажная	5	5	96,48	482,4
7 Испытательная	5	3	96,48	289,44
Итого:	–	–	–	2673,15
Выплата стимулирующего характера (ч. 1 ст. 129 ТК РФ):	–	–	–	534,63
Всего:	–	–	–	5880,93

Рассчитываем затраты на выплату дополнительной заработной платы по формуле (17):

$$Z_d = Z_o \cdot K_d, \quad (17)$$

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

$$Z_d = 5880,93 \cdot 1,1 = 588,09 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на отчисления единого социального налога по формуле (18):

$$O_c = (Z_o + Z_d) \cdot K_c, \quad (18)$$

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

$$O_C = (5880,93 + 588,09) \cdot 0,26 = 1681,94 \text{ р.}$$

4.3 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

«Рассчитываем затраты на содержание и эксплуатацию оборудования по формуле:

$$P_{\text{cod.ob}} = Z_O \cdot K_{\text{ob}}, \quad (19)$$

где K_{ob} – коэффициент, учитывающий расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, равен 1,04» [10].

$$P_{\text{cod.ob}} = 5880,93 \cdot 1,04 = 6116,16 \text{ р.}$$

«Рассчитываем затраты на общепроизводственные нужды по формуле:

$$P_{\text{onp}} = Z_O \cdot K_{\text{onp}}, \quad (20)$$

где K_{onp} – коэффициент распределения общепроизводственных расходов, равен 1,5» [10].

$$P_{\text{onp}} = 5880,93 \cdot 1,5 = 8821,39 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты цеховой (внутрихозяйственной) себестоимости по формуле (21):

$$C_{\text{ц}} = M + \Pi_{\text{н}} + Z_O + Z_{\text{д}} + O_C + P_{\text{cob.ob}} + P_{\text{onp}}, \quad (21)$$

$$C_{\text{ц}} = 747,3 + 17960,93 + 5880,93 + 588,09 + 1681,94 + 6116,16 + 8821,39 = 41796,76 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на общехозяйственные (общезаводские) расходы по формуле (22):

$$P_{оxp} = 3_0 \cdot K_{оxp}, \quad (22)$$

где $K_{оxp}$ – коэффициент, учитывающий общехозяйственные расходы, равен 1,6»

$$P_{оxp} = 5880,93 \cdot 1,6 = 9409,48 \text{ р.}$$

Рассчитываем общие затраты по формуле (23):

$$C_{ПР} = C_{Ц} + P_{оxp}, \quad (23)$$

$$C_{ПР} = 41796,76 + 9409,48 = 51206,25 \text{ р.}$$

Рассчитываем затраты на внепроизводственные нужды по формуле (24):

$$P_{ВН} = C_{ПР} \cdot K_{внепр}, \quad (24)$$

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

$$P_{ВН} = 51206,25 \cdot 0,05 = 2560,31 \text{ р.}$$

4.4 Расчет общей суммы затрат на изготовление конструкции

Рассчитываем общие затраты на перевод бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге, покупку материалов, выплату денежных средств по формуле (25):

$$C_{ОБЩ} = C_{ПР} + P_{ВН}, \quad (25)$$

$$C_{\text{общ}} = 51206,25 + 2560,31 = 53766,56 \text{ р.}$$

Ориентировочная стоимость затрат на перевод бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге составляет 53766,56 р.

Выводы по разделу.

В разделе был проведён расчет экономической эффективности перевода бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге.

Расчетная стоимость перевода бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге составляет 53766,56 р.

Таким образом, разработанное техническое решение по переводу бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге простое и недорогое в изготовлении и может найти широкое применение у людей.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Техническое решение по переводу бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге» была обоснована тема бакалаврской работы, поставлены цель и задачи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведен обзор истории развития квадроциклов, конструкции, подразделения;
- проведен анализ достоинств и недостатки бензиновых и электрических квадроциклов;
- разработано техническое задание и предложение, основные элементы рассчитаны на прочность;
- выполнена конструкторская разработка по переводу бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге;
- рассмотрены вопросы безопасности и экологичности, разработанного электрического квадроцикла, определены профессиональные риски и мероприятия по снижению их воздействия;
- определена экономическая эффективность стоимость по переводу бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге. Расчетная стоимость перевода бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге составляет 53766,56 р.

Проект по переводу бензинового квадроцикла на работу на электрической тяге является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение. Всё это говорит о целесообразности разработки данной конструкции.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
2. 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.
3. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
4. Бусыгин, Б. П. Электромобили : (Методы расчета). Учеб. пособие / Б. П. Бусыгин. - М. : МАДИ, 1979. - 72 с.
5. 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.
6. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
7. 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.
8. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
9. Галкин, Ю. М. Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили) [Текст] : [История развития, тяговый расчет, конструкция и эксплуатация] / Инж. Ю. М. Галкин. - Москва ; Ленинград : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1938 (М. : Образцовая тип.). - 160 с.

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

11. 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.

12. 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.

13. 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.

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

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

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

17. 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.

18. 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.

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

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

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

22. 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.

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

24. 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.

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

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

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