

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка конструкции электрического велоквадроцикла

Обучающийся

В.Е. Торхов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

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

Цель дипломного проекта – Разработка конструкции электрического велоквадроцикла.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 83 страницы с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрена классификация велосипедов, изучены сферы их применения, определены популярные марки велосипедов.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчет электрического велоквадроцикла.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического велоквадроцикла. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велоквадроцикла.

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность разработки электрического велоквадроцикла с экономической стороны.

Abstract

The topic of given graduation project is: «The design development of an electric velomobile».

The aim of the graduation project is to develop the design of the electric velomobile.

The graduation project consists of six parts, introduction, conclusion, list of references, 1 appendices – 83 pages in total.

The graphic part is on 10 A1 sheets, which performed in the automated system for the development and execution of design and project documentation «KOMPAS-Graph». The graduation project fully complies with the approved assignment.

In the first part we consider the classification of velomobiles, study the scope of their application, and identify the popular brands of velomobiles.

The second part concentrates on the calculation of traction-dynamic properties of the electric velomobile.

In the third part we provide the terms of reference and the technical proposal for the design development of the electric velomobile. We make the construction calculations for the battery selection.

The fourth part substantiates the selection of the technological process, determines the labour intensity of the assembly. The technological process of assembling the electric velomobile is developed.

In the fifth part of the graduation work we cover issues of ensuring the safety and environmental friendliness of the project.

The final part defines the economic efficiency of developing the electric velomobile.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 Классификация велосмобилей.....	8
1.2 Сферы применения	10
1.3 Популярные марки велосмобилей.....	12
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	20
3 Конструкторская часть	30
3.1 Техническое задание на разработку электрического велоквадроцикла	30
3.2 Техническое предложение на разработку электрического велоквадроцикла.....	33
3.3 Конструкторские расчеты	42
4 Технологический раздел.....	44
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	44
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	47
4.3 Составление технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла.....	48
5 Безопасность и экологичность проекта	53
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла.....	53
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	53
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	55
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	61
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла.....	63
6 Экономическая эффективность проекта	66
Заключение	75
Список используемой литературы и используемых источников.....	76
Приложение А. Спецификация.....	83

Введение

«Очевидно, что в настоящее время ДВС практически достигли своего теоретического предела по экономичности и экологическим показателям, и дальнейшее значимое улучшение этих показателей вряд ли возможно. Такие показатели, как надежность и стоимостные показатели ДВС не имеют теоретического предела, но динамика их развития достигла такого состояния, когда даже незначительное их улучшение требует все больших временных и материальных затрат и уже не представляется экономически целесообразным» [32].

«В то время как перспективы развития и усовершенствования автомобильных электродвигателей и аккумуляторов представляются весьма обширными, а объему ресурсов, требуемые для такого развития в настоящее время имеют отрицательную динамику.

Всё это позволяет уверенно прогнозировать уменьшение доли автомобилей в ДВС в будущем и рост числа электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой» [4].

«Сектор гибридных автомобилей претерпел качественные изменения. Появляется все больше гибридных автомобилей, в которых ДВС перестает быть основным двигателем, и ему все чаще отводится вспомогательная роль. Подобные гибридные автомобили могут уже заряжать аккумуляторы от внешних источников питания и использование внутреннего ДВС для этой цели уже не является необходимым.

Этот факт, в свою очередь позволяет ряду аналитиков относить такие автомобили к «электрическим» и учитывать их в статистических обзорах именно как электромобили.

Основным сдерживающим фактором для расширения сектора электромобилей на данном этапе становится не малая емкость аккумулятора, а недостаточно развитая инфраструктура для их использования» [1].

Поощрительные программы для владельцев электромобилей, принятые правительствами ряда стран и существенно более низкая стоимость эксплуатации привели к тому, что более высокая на данном этапе цена электромобиля уже утрачивает значение фактора, удерживающего потребителя от покупки.

Согласно расчётам [30] Vygon Consulting из доклада «Накопители энергии в России: инъекция устойчивого развития» только за счет экономии на топливе за 5 лет (при ежегодном пробеге в России стоимость владения электромобилем за пять лет может быть сопоставима со стоимостью владения бензиновой машиной. Для Европы, где стоимость топлива существенно выше, этот срок будет меньше

«На первое место, в качестве фактора, удерживающего от покупки электромобиля выходят сложности с подзарядкой на трассе (недостаточное количество зарядных станций), существенно большее время зарядки, и еще не сформировавшаяся до конца инфраструктура обслуживания электромобилей.

Тем не менее, тот факт, что уже согласованы стандарты зарядного интерфейса автомобилей, позволяет надеяться, что решение этих проблем – вопрос недалекого будущего» [2].

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию электрического велоквадроцикла, который позволил бы осуществлять комфортные прогулки с сохранением своей мобильности.

1 Состояние вопроса

«Веломобиль – это уникальное транспортное средство: с велосипедным педальным приводом, но конструкцией, напоминающий автомобиль (из-за использования трёх или четырёх колес, установленных на двух осях). Приводимые в движение мускульной силой водителя (иногда крутить педали помогают и пассажиры), веломобили сочетают в себе экологичность и простоту велосипеда с автомобильной устойчивостью на дороге, большей грузоподъемностью и лучшими скоростными характеристиками» [2].

«Объединив также приличный уровень комфорта и низкие эксплуатационные расходы, веломобили быстро обрели массовую популярность в начале 20 века (когда громоздкий и дорогой автомобиль могли позволить себе далеко не все слои населения). Первые веломобили в большинстве своем были ручными «поделками» умельцев и талантливых инженеров, но со временем на рынке появились качественные заводские варианты, в частности легендарный «Velocar» французского изобретателя Шарля Моше (рисунок 1)» [33].

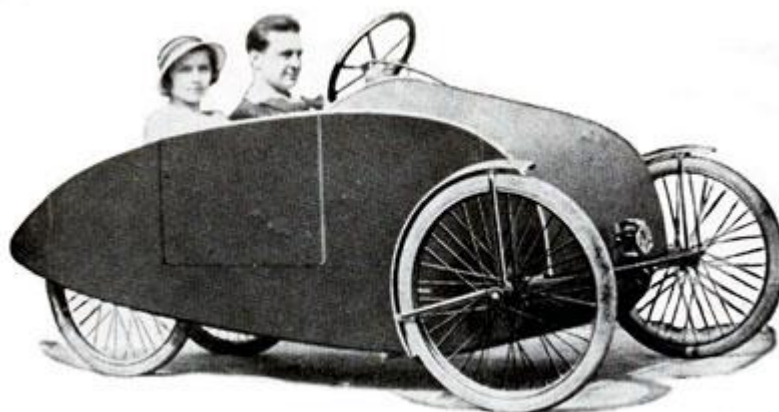


Рисунок 1 – «Velocar» французского изобретателя Шарля Моше

«Вторая волна популярности веломобилей пришлась на 70-е годы 20 века, когда в США разразился бензиновый кризис, вынудивший миллионы

автолюбителей искать более доступный способ передвижения по городу. В это же время велосипеды массово проникли и в СССР.

В настоящее время велосипеды выпускаются в десятках стран мира и по своему технологическому наполнению не уступают автомобилям. Как правило, современный заводской велосипед оборудуется обтекаемым кузовом для улучшения аэродинамики, продвинутыми системами pedalного привода, различными электронными примочками и прочим оборудованием, повышающим комфорт катания или КПД кручения педалей» [33].

1.1 Классификация велосипедов

«В мировой практике нет жестко ограниченной и общепринятой схемы классификации велосипедов, поэтому разные производители и специалисты используют собственные критерии.

В первую очередь велосипеды делятся на:

- а) детские (больше игрушка, чем транспорт);
- б) подростковые (для развлечения и спортивных соревнований);
- в) взрослые, которые в свою очередь можно разделить на подвиды:
 - прогулочные,
 - туристические,
 - грузовые,
 - утилитарные (пассажирские),
 - спортивные,
 - рекордно-гоночные (уникальные).

При этом каждый подвид может иметь множество внутренних вариантов деления. Например, по количеству посадочных мест велосипеды могут быть одноместными, двухместными и многоместными (как правило, 3 или 4 посадочных места)» [31].

«По числу колес подразделяются на:

- трициклы (трехколесные велосипеды), включая велотрайки (трехколесный лигерад), которые отличаются лежащим положением водителя и пассажиров. Трехколесная конструкция обеспечивает снижение массы и повышение управляемости, что позволяет добиться более динамичной и маневренной езды;
- квадроциклы или четырехколесные велосипеды. Их главное преимущество – устойчивость и лучший комфорт за счет более продвинутой подвески.

Кроме того, существует ряд конструктивных особенностей. Так рама велосипеда может быть пространственной или хребтовой (самый распространенный вариант). Кузов (обтекатель) может быть как полностью закрытым, так и частично открытым (для удешевления производства).

По типу привода велосипеда, как и автомобилей, делятся на переднеприводные, заднеприводные и полноприводные (привод на обе оси). При этом привод может быть ножным, ручным, а также комбинированным. К ведущим колесам тяга передается через цепь, ременную передачу, карданный вал или трос. Разумеется, все современные велосипеды имеют многоскоростную систему переключения передач с велосипедным переключателем классической или планетарной конструкции. Кроме того, самые продвинутые модели могут получать вариаторную велосипедную трансмиссию» [32].

Велосипеды имеют ряд преимуществ перед велосипедами с двумя колесами. Они состоят в следующем:

- это очень устойчивые велосипеды;
- для них характерна комфортная посадка велосипедиста;
- имеется возможность перевозить большие грузы;
- есть расширенные возможности управления;
- можно легко передвигаться как по асфальту, так и по грунтовой почве, а также по траве;
- оригинальность конструкции.

К недостаткам можно отнести следующие моменты:

- сложная конструкция, которую нелегко собирать и ремонтировать;
- чаще ломаются из-за непростого устройства;
- велосипеды стоят довольно дорого, а самостоятельное изготовление требует больших затрат времени и средств;
- из-за больших габаритов конструкцию сложно поднять при необходимости во время поездки или при хранении.

1.2 Сферы применения

«Каждый подвид велосипеда конструктивно рассчитан на определенную сферу использования. На рынке имеется множество предложений – от простых моделей «для покатушек в выходные», до профессиональных гоночных «велоболидов» (способных устанавливать невероятные рекорды скорости)» [3].

«Подробное знакомство со сферами применения велосипедов начнем со взрослых версий:

- утилитарные (городские) – довольно обширный класс велосипедов, рассчитанных на эксплуатацию в черте города. Сюда можно включить семейные велосипеды, которые помогают родителям отвезти детей в школу или доставить домой покупки из магазина. Кроме того, к утилитарным моделям также относятся простые трехколесные велорикши и современные велотакси, развозящие туристов в крупных городах мира или на территориях аэропортов;
- туристические – велосипеды для туризма, придуманы для путешественников и рассчитаны на длительные поездки по шоссе и магистралям. Как правило, туристические модели обязательно комплектуются крытым верхом для защиты от непогоды, а также отсеками для перевозки необходимых в походе вещей;

- прогулочные – простенькие одно- или двухместные велосипеды для неспешного прогулочного катания по паркам и городским улицам. Чаще всего такие велосипеды можно встретить в точках проката велотехники в крупных туристических центрах;
- лечебные – специализированные трехколесные велосипеды для лечебного катания по парковой территории медицинских учреждений, призванные помочь больным с сердечно-сосудистыми заболеваниями быстрее восстановить физическую форму после перенесенных операций;
- грузовые – велосипеды, рассчитанные на перевозку грузов, а потому оснащенные вместительным грузовым отсеком. Оптимальное транспортное средство для развоза пиццы в пределах района, доставки курьерских посылок или почты. Также существуют версии для садоводов и фермеров, оборудованные небольшим открытым кузовом, а в некоторых странах можно встретить передвижные веломагазины, торгующие мороженым или напитками;
- спортивные – название говорит само за себя. Спортивные велосипеды разрабатываются для участия в различных соревнованиях, например, «Британский чемпионат педальных автомобилей» или гонки под эгидой Международной Ассоциации Мускулоходов;
- рекордно-гоночные – самые дорогие и совершенные с конструктивной точки зрения велосипеды, собираемые исключительно для достижения новых скоростных рекордов. Все велосипеды данного типа получают аэродинамический кузов из углепластика и множество уникальных технических решений для повышения эффективности работы педального привода. К примеру, голландец Себастьян Буйер во время заезда на 200 м сумел разогнать велосипед VeloX3 до 133,78 км/час» [4].

1.3 Популярные марки велосмобилей

Количество производителей велосмобилей достаточно велико, но все же среди них можно выделить ключевые бренды – продукция которых проверена временем и покупательским спросом.

«TVL (рисунок 2) – востребованный в России бренд, предлагающий велосмобилы начального уровня по демократичной цене. Несмотря на это, велосмобилы TVL отличаются достаточно высоким качеством сборки, функциональностью и необходимым уровнем обеспечения безопасности» [29].



Рисунок 2 – Велосмобил TVL

«Для самых маленьких любителей катания TVL предлагает простенькие модификации (TVL C), детям постарше понравится гоночная модель из серии TVL Rally, ну а подростки и взрослые оценят динамичность велосмобиля TVL Speed Race или брутальность чоппера TVL One» [29].

«Berg – производитель из Нидерландов с более чем 25-летним стажем разработки велосмобилей. В России компания Berg предлагает довольно широкий модельный ряд, который включает как самые простые и недорогие версии для маленьких детей Berg Buzzy (рисунок 3), так и продвинутые велосмобилы для подростков и взрослых, стоимость которых может достигать десятков тысяч рублей (Berg X-Cross BFR).



Рисунок 3 – Веломобиль Berg

Вся продукция бренда отвечает самым современным требованиям по качеству и безопасности, а множество моделей с различным оснащением позволит подобрать веломобиль под абсолютно любые запросы» [28].

«Smart – еще один распространенный в России бренд, выпускающий качественный веломобили для всех возрастов. Техника Smart отличается хорошо продуманной и прочной конструкцией, обилием моделей с различным оснащением, а также присутствием серьёзных коммерческих модификаций, например, таких как 4-местный Smart Impressive (рисунок 4), стоимость которого превышает 200 000 рублей.

Впрочем, основной упор в модельном ряду сделан на детскую аудиторию, для которой компания предлагает как простенькие версии Smart Kids, так и подростковые гоночные модели Smart Speed Race.

Puku – немецкий бренд среднего ценового диапазона, поставляющий в Россию привлекательные детские веломобили, в дизайне которых отчетливо прослеживается гоночная тематика. Веломобили Puku привлекательны внешне, но при этом обладают и качественной, прочной конструкцией рамы.

Все модели получают богатое оснащение, необходимое оборудование для обеспечения безопасности и комфортные сидения» [28].



Рисунок 4 – Веломобиль Smart Impressive

Если выделять конкретные модификации, то можно отметить динамичный веломобиль Puky F550 (рисунок 5) и топовый Puky F1L.



Рисунок 5 – Веломобиль Puky F550

«Kettler – всемирно известный немецкий бренд выпускает не только тренажеры, но и детские велосипеды высокого качества. Каждая модель – это вершина технической мысли и передовые инженерные решения, гарантирующие безопасность использования велосипеда ребенком.

Детям до 5 лет компания Kettler подготовила модель Kettler Spa (рисунок 6), а подросткам понравится Kettler Indianapolis Air с гоночным дизайном, спортивным рулем и бесшумным резвым ходом» [28].



Рисунок 6 – Велосипед Kettler Spa

Если велосипеды с четырьмя колесами уже давно перестали быть диковинкой, то серийное производство четырехколесных электровелосипедов пока еще только начинается. Интересно, что западные производители, активно участвующие в развитии различных видов электротранспорта, пока демонстрируют только опытные образцы таких электробайков, не торопясь запускать их массовое производство.

Некоторые модели, представляемые разработчиками на выставках, привлекают не только оригинальным дизайном, но и неплохими эксплуатационными качествами. В 2021 году немецкая компания Schaeffler представила на выставке в Детройте четырехколесный велосипед Bio-Hybrid

(рисунок 7). Его конструкция, оснащенная электродвигателем и съемным аккумулятором, рассчитана на преодоление расстояния 50-100 км.



Рисунок 7 – Электровеломобиль Schaeffler Bio-Hybrid

Максимально возможная скорость – 25 км/ч. Весит электробайк 80 кг, но конструкторы обещают уменьшить его вес до 60 кг. В ближайшее время специалисты компании планируют начать его мелкосерийное производство.

Благодаря передовым технологиям, в ассортименте компании Berg появился веломобиль Hybrid с приводом E-BFR (рисунок 8). Благодаря данному приводу, любая поездка будет легкой и приятной, ведь чем трудней крутить педали, тем больше привод будет помогать в этом.

Особенности Berg Hybrid E-BFR:

- система E-BFR;
- дисплей со спидометром, измерителем расстояния, зарядом аккумулятора;
- двигатель с датчиком крутящего момента;

- 8 позиций регулировки сиденья позволят удобно устроиться как детям, так и взрослым;
- напряжение аккумулятора 24 В;
- съемный аккумулятор;
- мощность 250 Вт;
- максимальная скорость 16 км/ч;
- время работы аккумулятора 3-4 часа;
- 12 дюймовые колеса со скоростными шинами.



Рисунок 8 – Электровеломобиль Berg Hybrid E-BFR

Пока зарубежные производители представляют опытные образцы четырехколесных велосипедов на электротяге, российский филиал компании «EcoBike» разработал и запустил производство электробайка RusRover (рисунок 9). В продаже имеется несколько модификаций этого четырехколесного велосипеда.



Рисунок 9 – Электровеломобиль RusRover

Они различаются количеством установленных двигателей и грузоподъемностью. Запас хода зависит от емкости АКБ, использованных в конструкции электробайка. Во всех моделях установлены колеса диаметром 20", оснащенные прочными шинами улучшенной проходимости. Скорость передвижения у каждой модели по ровной дороге до 25 км/ч.

Производители предлагают следующие варианты электробайка RusRover:

- ECO – оборудован одним двигателем (мотор-колесо) 250 Вт, грузоподъемность до 70 кг;
- LIGHT – два мотор-колеса по 500 Вт, грузоподъемность до 200 кг;
- QUADRO – в комплекте четыре мотор-колеса 2×500 Вт + 2×350 Вт, грузоподъемность до 250 кг. Запас хода в зависимости от местности 50-80 км
- QUADRO DUAL – комплект двигателей аналогичный предыдущей модели, но оснащен АКБ большей емкости. Стандартная

комплектация 48 В 20А×ч, но можно использовать более мощный вариант. Запас хода до 100 км. Предусмотрена установка двух сидений.

Транспорт оснащен четырехподвесочной системой амортизаторов, дисковыми тормозами. Для удобства водителя и пассажира предусмотрена подставка для ног, плавно переходящая в защитное ограждение, на котором можно поместить корзинку для груза. Подходит для пожилых водителей.

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрена классификация велосмобилей, изучены сферы применения, определены популярные марки велосмобилей.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Для выбора комплектующих тяговой системы электрического велоквадроцикла, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля.

За базовые параметры электрического велоквадроцикла принимаем данные модель RusRover.

Базовые параметры электромобиля RusRover приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Базовые параметры электромобиля RusRover [15]

Параметр	Значение
«Тип автомобиля	заднеприводный трицикл
Колесная формула	2×4
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2400×1092×1466
Снаряженная масса, кг	48
Размерность шин	175/65R 13
Коэффициент сопротивления воздуха	0,3
Коэффициент сопротивления качению	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги	0,25
Максимальная скорость, км/ч	45
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, с ⁻¹	160
КПД трансмиссии	0,75» [15]

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_{\text{ч}} \cdot n) + M_{\text{г}} \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса автомобиля, принимаем равным 48 кг;

$M_{\text{ч}}$ – масса человека, принимается равной 80 кг;

$M_{\text{г}}$ – масса груза на одного человека, принимается равной 10 кг;

n – количество людей в электромобиле, принимаем равным 1» [27].

$$M_a = 48 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 138 \text{ кг.}$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

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

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

H – высота профиля шины, равна 0,114 м» [27].

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

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

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где ρ – плотность воздуха, принимается равной 1,293 кг/м³» [27].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле (4):

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

$$F = 0,8 \cdot 1,092 \cdot 1,466 = 1,28 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

$$f = 0,013 \cdot \left(1 + \frac{12,5^2}{25000} \right) = 0,013.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

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

где G_a – полный вес автомобиля;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [27].

$$N_v = \frac{1}{0,75} \cdot (138 \cdot 9,81 \cdot 0,013 \cdot 12,5 + 0,15 \cdot 1,293 \cdot 1,28 \cdot 12,5^3) = 831,1 \text{ Вт.}$$

«На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель» [27].

Наиболее распространенным вариантом электрического двигателя, используемый на электрических велоквадроциклах является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC), принимаем с небольшим запасом электродвигатель BLDC-108, с максимальной мощностью 1,5 кВт. Одного двигателя будет достаточно.

На рисунке 10 представлены характеристики электрического двигателя BLDC-108.

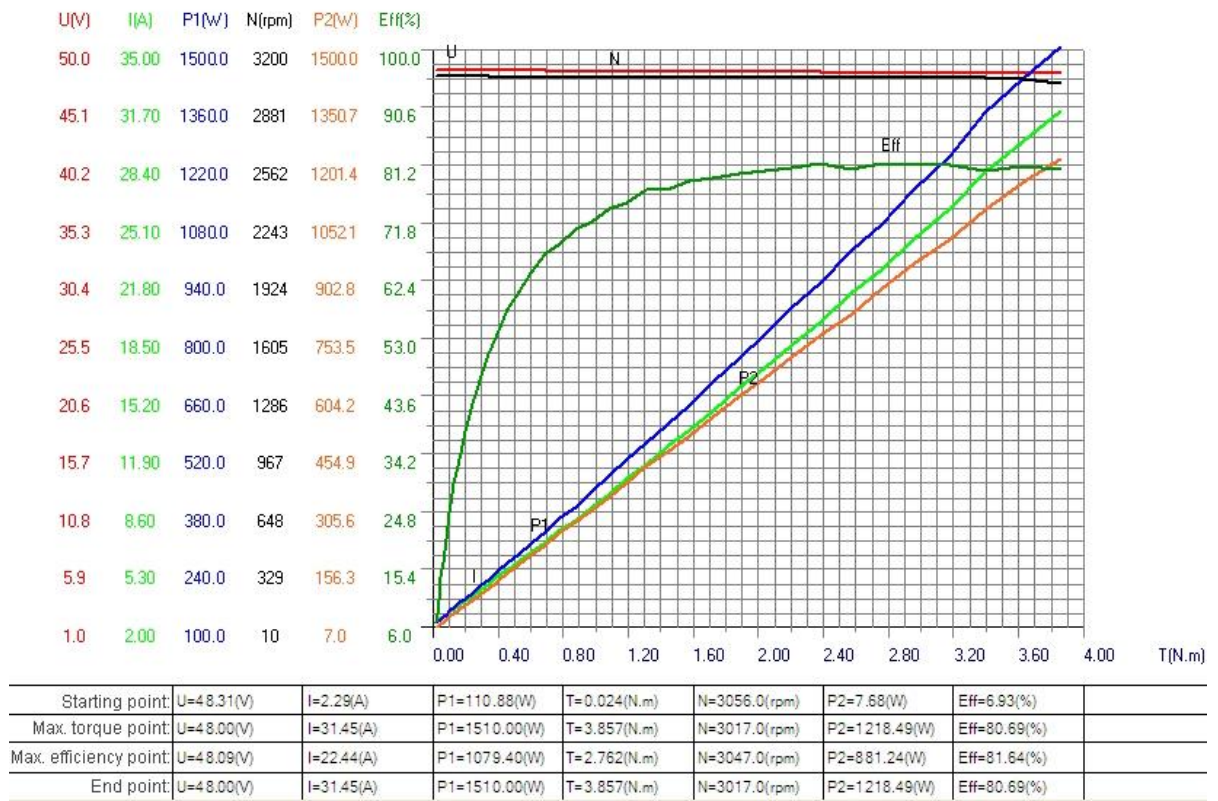


Рисунок 10 – Характеристики электродвигателя BLDC-108 1,5 кВт 48В

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

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

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач, то передаточное число принимаем за 1» [27].

$$U_0 = \frac{0,233}{1} \cdot \frac{160}{12,5} = 2,98.$$

Определяем передаточное число главной передачи.

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

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

где $G_{ци}$ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле (9).

$$G_{ци} = \lambda_k \cdot G_{вд}, \quad (9)$$

$$G_{ци} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 20 = 157 \text{ Н},$$

где φ – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии коэффициент сцепления равен 0,8» [27].

$$U_1 \leq \frac{157 \cdot 0,8 \cdot 0,233}{4 \cdot 0,75 \cdot 2,98} \leq 3,27.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

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

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

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

Сводим результаты расчетов в таблицы 2 и 3.

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 2 – Результаты расчета

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

Таблица 3 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

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

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

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

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Динамический фактор	Коэффициент сопротивления
1529	0,1951	0,013
2000	0,1937	0,013
2500	0,1914	0,014
3000	0,1882	0,014
3500	0,184	0,015
4000	0,1984	0,015
4500	0,1963	0,016
1529	0,1894	0,017

Выполняем анализ динамики разгона.

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

Определяем ускорение по формуле (15):

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

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

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес» [27].

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

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

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ » [27].

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

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

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

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

$$\Delta t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} \cdot d_v \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \Delta t. \quad (18)$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Результаты расчета

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

Таблица 7 – Результаты расчета

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

Выполняем анализ мощностного баланса электромобиля.

«Определяем мощность, передаваемую ведущим колесам по формуле:

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

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

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колес, определяется по формуле (20) кВт;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема, определяется по формуле (21), кВт;

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха, определяется по формуле (22), кВт;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление силы инерции, определяется по формуле (23), кВт;

N_D – мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления дороги, определяется по формуле (24), кВт» [27].

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

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

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

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

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

Результаты расчетов сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов

V_{max}	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
N_e	1,50	5,00	7,50	10,00	12,00	12,00	14,00	16,00
N_t	1,28	4,25	6,38	8,50	10,20	10,20	11,90	13,60
N_B	0,01	0,04	0,14	0,34	0,66	1,14	1,81	2,7
N_δ	0,13	0,30	0,45	0,62	0,80	1,00	1,22	1,46
N_{B+H_H}	0,14	0,34	0,59	0,96	1,46	2,14	3,03	4,16
$\frac{(N_e+N_\delta)}{N_t}$	0,11	0,08	0,09	0,11	0,14	0,21	0,25	0,31

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчет электрического велоквадроцикла, построены соответствующие графики и зависимости

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку электрического велоквадроцикла

Конструкторская разработка относится к области велосипедного транспорта и может быть использована для активного отдыха, туристических прогулок, поездок на работу на небольшие расстояния, при этом уменьшая загрязнение воздуха и проблемы с дорожным движением.

Электрический велоквадроцикл представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство, оснащённое подвеской, рулевой колонкой и рулем для управления двумя передними поворотными колесами, водительским сиденьем, педалями с приводными звездочками цепной передачи на задние приводные колеса, электродвигателем, контроллером, электрическим аккумулятором для питания электродвигателя.

Электрический велоквадроцикл предназначен для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье.

«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» [15].

Электрический велоквадроцикл должен состоять из металлической рамы, водительского сиденья, устройства для поворота передних колес, подвески, педалей с приводными звездочками цепной передачи на задние приводные колеса, электродвигателя, контроллера, электрического аккумулятора для питания электродвигателя.

«К конструкции электрического велоквадроцикла предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;
- конструкция должна обеспечивать низкий центр тяжести, высокую устойчивость и уменьшенное сопротивление ветру;
- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- в передней части должен быть выполнен рулевой механизм для обеспечения поворота колес;
- транспортное средство должно быть выполнено с комбинированным приводом на задние колеса: приводом от мускульных сил и электрическим приводом» [7];
- «дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя, погрузка и выгрузка грузов должна быть максимально удобной» [7];
- «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» [17].

- разработку конструкции выполнить в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График.

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

- габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2500;
 - 2) ширина, не более мм 1100;
 - 3) высота, не более мм 1500;
- угол поворота, не менее град. 40.
- тип привода задний, комбинированный,
.....мускульный и электрический;
- количество двигателей, не более шт. 1;
- мощность двигателя, не более Вт 1500;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 100» [11].

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

Использовать электрический велоквадроцикл 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 электрического велоквадроцикла должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [17].

«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.

Возможность экспорта разрабатываемого электрического велоквадроцикла в зарубежные страны не предусмотрена» [20].

3.2 Техническое предложение на разработку электрического велоквадроцикла

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию электрического велоквадроцикла. Электрический велоквадроцикл представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство, оснащённое подвеской, рулевой колонкой и рулем для управления двумя передними поворотными колесами, водительским сиденьем, педалями с приводными звездочками цепной передачи на задние приводные колеса, электродвигателем, контроллером, электрическим аккумулятором для питания электродвигателя.

«Электрический велоквадроцикл должен иметь следующие технические показатели:

- габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2500;
 - 2) ширина, не более мм 1100;
 - 3) высота, не более мм 1500;
- угол поворота, не менее град. 40;

- тип привода задний, комбинированный,
..... мускульный и электрический;
- количество двигателей, не более шт. 1;
- мощность двигателя, не более Вт 1500;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 100» [11].

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции велоквадроциклов на мускульной тяге. Основным недостатком данных велосипедов является отсутствие вспомогательного двигателя, что вынуждает постоянно (без передышки) использовать мускульную силу для движения велосипеда, что ограничивает длительность и расстояния эксплуатации велосипеда вследствие усталости велосипедиста.

Преимуществом разрабатываемой конструкции является совмещение механического велосипедного педального привода с электрическим. 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:

- интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [19].

Основными частями электрического велоквадроцикла являются:

- рама,
- рулевое управление,
- управляемые передние неприводные колеса с тормозными механизмами;

- задние приводные колеса;
- электрический двигатель,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер.

В рамках разработки конструкции электрического велоквадроцикла предлагаются следующие варианты исполнения конструктивных элементов.

В первую очередь необходимо определиться с рамой для, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 11, а) или профиля круглого сечения (рисунок 11, б).

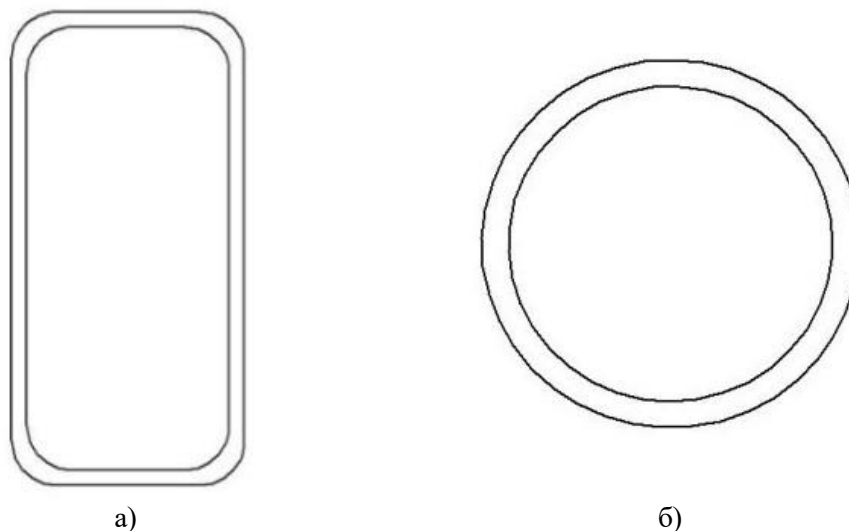


Рисунок 11 – Виды профиля для рамы

«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» [26].

«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» [9].

Принимаем форму рамы из профиля круглого сечения – трубы (рисунок 12).

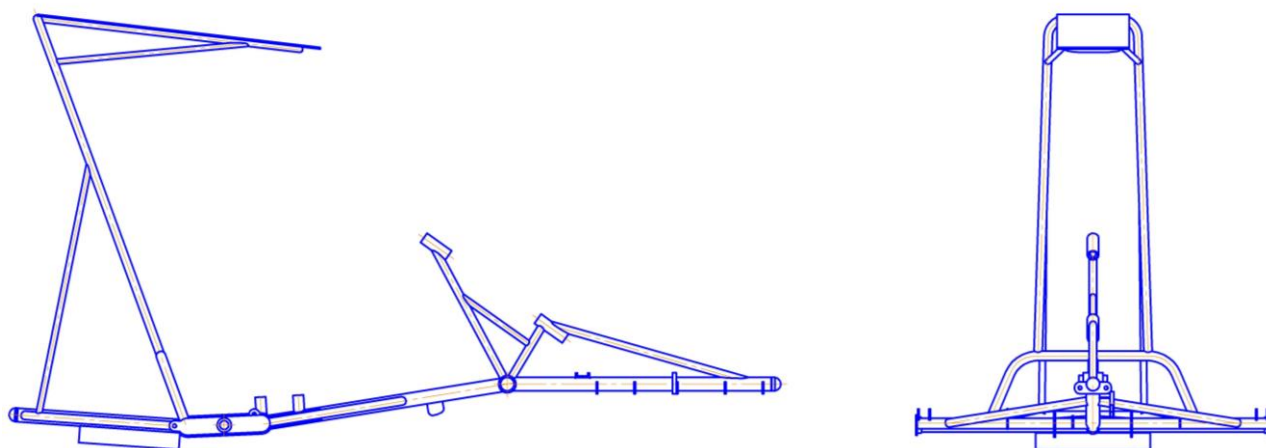


Рисунок 12 – Конструкция рамы электрического велоквадроцикла

Для обеспечения поворота передних колес предусматриваем рулевую колонку и руль для управления двумя передними поворотными колесами (рисунок 13). Управление колесами осуществляется посредством тяг.

Для обеспечения торможения транспортного средства на передних колесах предусмотрены гидравлические дисковые тормозные механизмы.

«Для обеспечения удобства и комфорта при использовании электрического велоквадроцикла предусматриваем подвеску с двумя амортизаторами сзади и одним спереди» [26].

Педальный механический велосипедный привод вращающего типа, который по своей эффективности более подходит, чем нажимной (не случайно, на велосипедах установлены именно педальные приводы вращающегося типа, поскольку они энергетически более рациональны, чем

все остальные известные). Ближе к задней части рамы установлено кресло для водителя.

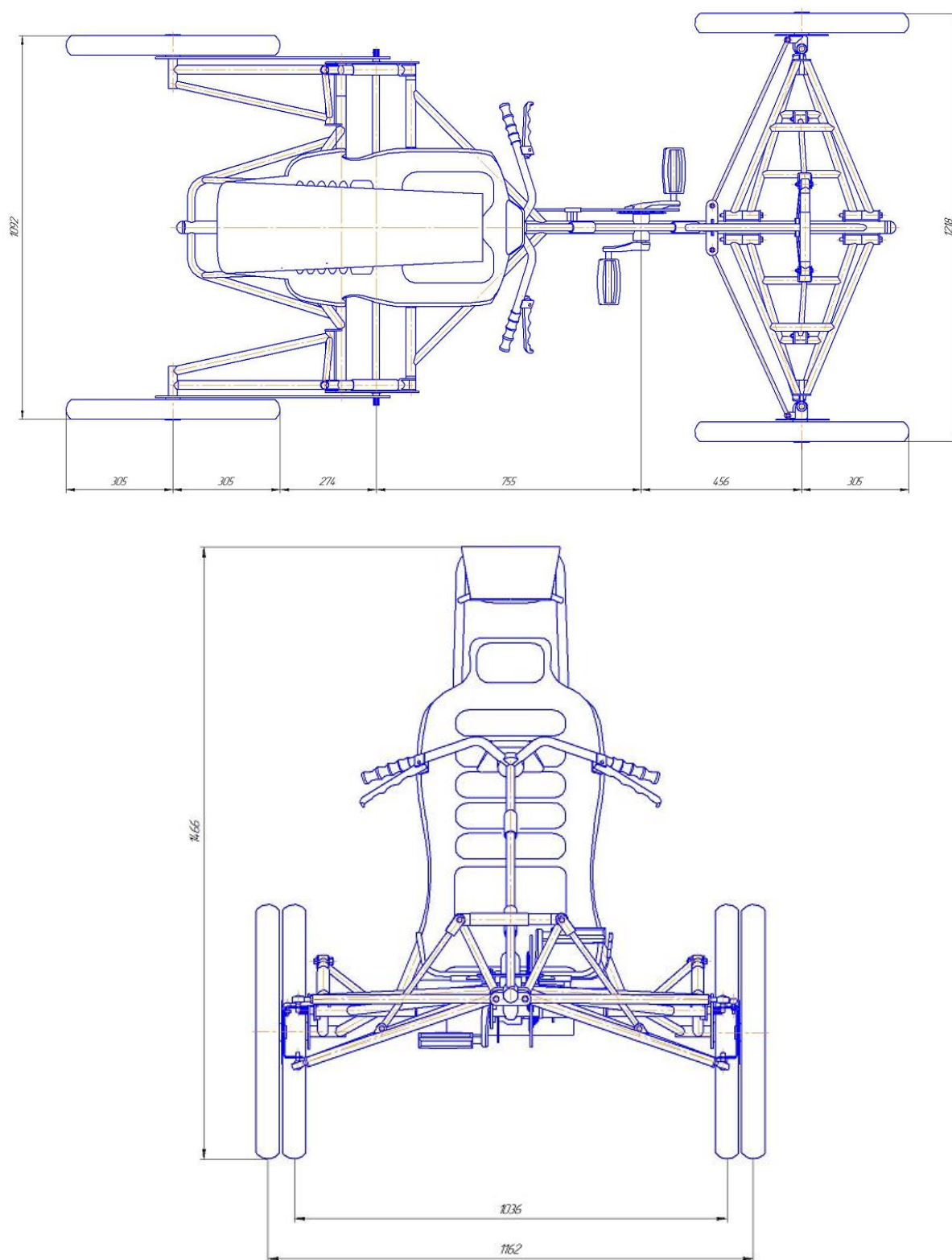


Рисунок 13 – Конструкция рулевого привода и подвески

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать бесщёточный, бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 1500 Вт с воздушным охлаждением (рисунок 14).



Рисунок 14 – Электродвигатель постоянного тока (BLDC) 1500 Вт

Технические характеристики электродвигателя постоянного тока (BLDC) 1500 Вт представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики электродвигателя постоянного тока (BLDC) 1500 Вт

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесщёточный мотор-редуктор
Напряжение, В	48
Номинальная мощность, Вт	1500
Номинальный момент, Н·м	4
Максимальная частота вращения, об/мин	4000
Масса, кг	3,9
КПД, %	85

Для управления мощностью электродвигателя предусматриваем ручку акселератора мотоциклетного типа (рисунок 15).



Рисунок 15 – Ручка акселератора

В целях обеспечения торможения транспортного средства предусматриваем совмещённый гидравлический и электронный тормоз МР-4(5) и SMP-4(5) (рисунок 16).



Рисунок 16 – Совмещённый гидравлический и электронный тормоз МР-4(5) и SMP-4(5)

В комплект входят правая (задняя) и левая (передняя) рычаги, совмещенные с электронным рекуперативным микропереключателем, гидрелинии, машинки, 2 тормозных диска.

Универсальный внешний контроллер ВАС-0420Х (рисунок 17), программируемый, внешний контроллер с мощностью до 2000 Вт. Идеально

подходит для BLDC (бесколлекторных бесщёточных) моторов с датчиками либо без датчиков Холла. Программируется с помощью USB-кабеля.



Рисунок 17 – Контроллер VAC-0420X

Технические характеристики универсального внешнего контроллера VAC-0420X представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики универсального внешнего контроллера VAC-0420X

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В),	117×72,5×42,5
Масса, кг	1
Постоянная сила тока, А	до 40
Пиковая сила тока, А	до 60
Программируемое напряжение, В	24/36/48
Программируемая мощность, Вт	250/500/750/1000/1500/2000
Программируемый сдвиг фаз, °	
Рекуперативное торможение;	имеется
Круиз-контроль (постоянная скорость)	имеется
Реверс	имеется

«Контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток,

протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель» [14].

Для питания электрического велоквадроцикла необходимо предусмотреть тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание BLDC мотора. За спинкой кресла располагаем багажный отсек, в котором находятся аккумуляторы для энергообеспечения электродвигателя.

Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции электрического велоквадроцикла составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 18).

Спецификация на электрический велоквадроцикл представлена в Приложении А (рисунок А.1).

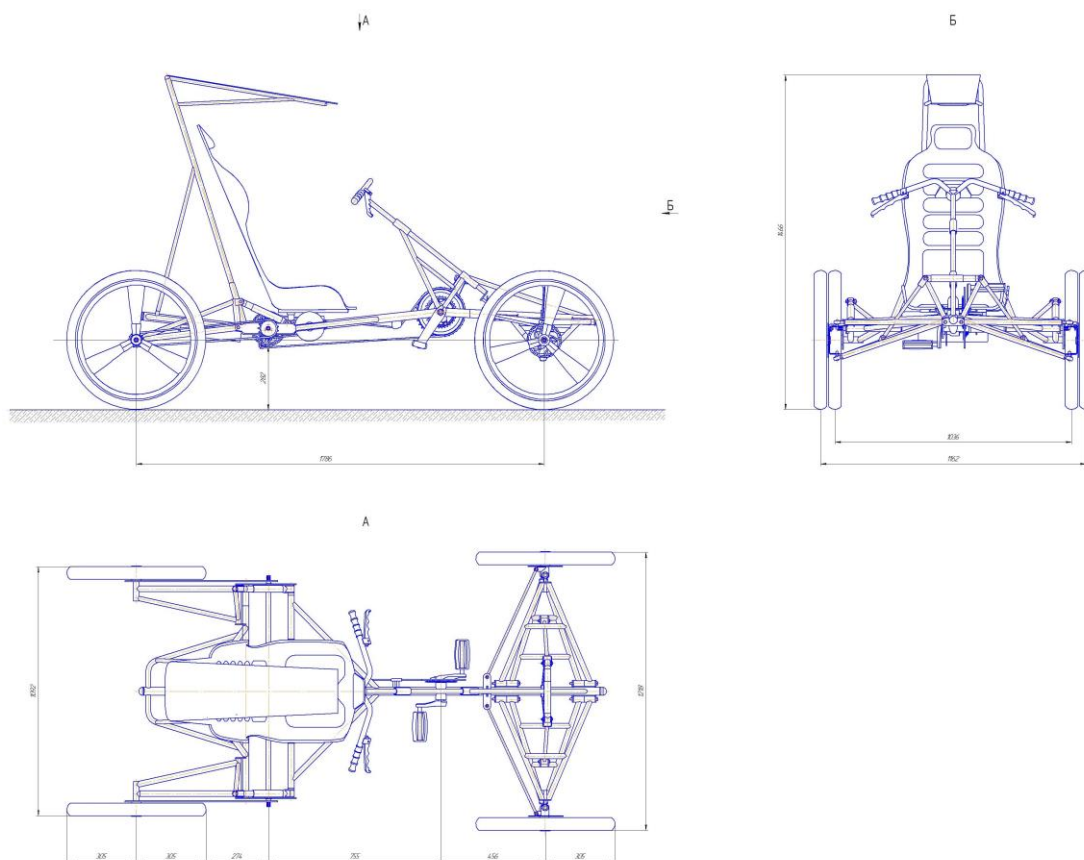


Рисунок 18 – Общая компоновка электрического велоквадроцикла

3.3 Конструкторские расчеты

«Так как никель-металлогидридный и никель-кадмиевый аккумуляторы имеют значительно меньшую плотность энергии на единицу массы, чем литий-ионный и литий-железо-фосфатный аккумуляторы, их в процессе подбора не рассматриваем» [26].

При средней скорости 30 км/час и дальности хода 40 км требуемое время хода 1,33 часа чистого времени.

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

$$Q = N_{\pi} \cdot t, \quad (25)$$
$$Q = 831,1 \cdot 1,33 = 1105,3 \text{ Дж.}$$

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

$$I_{\text{отд}} = \frac{N_{\pi}}{U}, \quad (26)$$
$$I_{\text{отд}} = \frac{831,1}{48} = 17,31 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (27)$$
$$C = \frac{1105,3}{48} = 23 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем аккумуляторную батарею

LiFePO₄, 48 В-24 А·ч в герметичном корпусе из ABS пластика, класс защиты IP65, собрана на основе призматиков 3,2 В-12 А·ч (рисунок 19).



Рисунок 19 – Аккумуляторная батарея LiFePO₄, 48В-24 А·ч

Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO₄, 48В-24 А·ч представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO₄, 48В-24 А·ч

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В),	360×200×150
Масса, кг	11
Класс защиты	IP65
Корпус	ABS пластик
Напряжение, В	48
Ёмкость, А·ч	24
BMS	встроенное
Количество циклов зарядки, раз	>2000
Максимальный непрерывный ток разряда, А	40
Максимальный непрерывный ток разряда, кВт	2

Самый безопасный аккумулятор из всех литиевых АКБ. В отличие от свинцовых батарей, в 2 раза легче и при этом срок эксплуатации выше в 15 раз. Высокая токоотдача, позволяющая выдавать большую мощность. Эксплуатация зимой до минус 20°С.

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического велоквадроцикла. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [16].

Для сборки электрического велоквадроцикла предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид конструкции не будет иметь большого количества заказов, ввиду новизны, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

Определяем такт выпуска:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (28)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч для стационарной сборки на необорудованных стендах;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 150 шт.

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{150} = 828 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки электрического велоквадроцикла представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 12), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 12 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Взять раму трехколесного электрического велоквадроцикла	0,7
Осмотреть раму электрического велоквадроцикла	0,8
Установить раму электрического велоквадроцикла на сборочное приспособление	2
Взять переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами	1
Осмотреть переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами	0,9
Установить переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами на раму	95
Взять заднюю подвеску в сборе со ступицами	1
Осмотреть заднюю подвеску в сборе со ступицами	0,9
Установить заднюю подвеску со ступицами на раму	65
Взять велосипедное колесо 4 шт.	1,2
Осмотреть велосипедное колесо 4 шт.	0,8
Установить велосипедные колеса на ступицы	15
Взять направляющий элемент поворота колес	0,2
Осмотреть направляющий элемент поворота колес на раму	0,3
Установить направляющий элемент поворота колес на раму	4
Взять рулевой вал с рулем в сборе	0,2
Осмотреть рулевой вал с рулем в сборе	0,3
Установить рулевой вал с рулем в сборе в кронштейны рулевой колонки на раме	8
Взять тягу рулевого управления 2 шт.	0,2
Осмотреть тягу рулевого управления 2 шт.	0,3
Закрепить тягу рулевого управления 2 шт. одним концом на	20

Продолжение таблицы 12

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
направляющем элементе поворота колес, другим концом на поворотном кулаке	
Взять звезду педального привода в сборе с педалями	0,2
Осмотреть звезду педального привода в сборе с педалями	0,3
Установить звезду педального привода в сборе с педалями на раму	10
Взять подшипниковые опоры 2 шт.	0,3
Осмотреть подшипниковые опоры 2 шт.	0,4
Установить подшипниковые опоры 2 шт. на раму в задней части при помощи сварки	16
Взять вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе	0,4
Осмотреть вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе	0,6
Установить вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе на раму в подшипниковые опоры	46
Взять шестерни привода задних колес 2 шт.	0,2
Осмотреть шестерни привода задних колес 2 шт.	0,4
Установить шестерни привода задних колес 2 шт. на вал привода задних колес	6
Взять BLDC электродвигатель	0,2
Осмотреть BLDC электродвигатель	0,3
Установить BLDC электродвигатель на кронштейны и закрепить при помощи винтов 3 шт.	6
Взять контроллер ВАС-0420Х	0,2
Осмотреть контроллер ВАС-0420Х	0,3
Установить контроллер ВАС-0420Х на кронштейн и закрепить при помощи винтов 2 шт.	4
Взять приводные цепи 4 шт.	0,4
Осмотреть приводные цепи 4 шт.	0,6
Установить приводную цепь на звезду педального привода и кассету (набор звездочек)	10
Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню привода от электродвигателя на валу	7
Установить приводную цепь 2 шт. на шестерни привода задних колес и заднее колесо 2 шт.	15
Взять аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч	0,2
Осмотреть аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч	0,3
Установить аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч на раму	5
Взять ручку акселератора и тормоза	0,3
Установить ручку акселератора и тормоза на руле	10
Взять электрические провода	0,3
Проложить электрические провода по раме	35
Выполнить подключение электрических проводов, соединяющих ручку акселератора, электродвигатель, контроллер и аккумуляторную батарею	60

Продолжение таблицы 12

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Взять сиденье	0,2
Осмотреть сиденье	0,3
Установить сиденье на раму	5
Провести регулировочные операции	20
Выполнить проверку электрической части велоквадроцикла на электротяге	15
Выполнить испытание электрического велоквадроцикла на электротяге и провести необходимые регулировки	85
Итого:	579,2

4.2 Определение трудоемкости сборки

Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (29)$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (30)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, которая принимается в диапазоне от 2 до 3%, принимаем 3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, которая принимается в диапазоне от 4 до 6%, принимаем 5%» [8].

$$t_{ум}^{общ} = 579,2 + 579,2 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 625,53 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 13.

Таблица 13 – Технологический процесс сборки электрического велоквадроцикла

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
005	Сборочная	1	Взять раму трехколесного электрического велоквадроцикла	Сварочный аппарат, электрическая дрель, молоток, углошлифовальная машина, шуруповерт, плоскогубцы, набор головок, гаечных ключей, отверток	459,2
		2	Осмотреть раму электрического велоквадроцикла		
		3	Установить раму электрического велоквадроцикла на сборочное приспособление		
		4	Взять переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами		
		5	Осмотреть переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами		
		6	Установить переднюю подвеску в сборе со ступицами и тормозами на раму		
		7	Взять заднюю подвеску в сборе со ступицами		
		8	Осмотреть заднюю подвеску в сборе со ступицами		
		9	Установить заднюю подвеску со ступицами на раму		

Продолжение таблицы 13

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		10	Взять велосипедное колесо 4 шт.		
		11	Осмотреть велосипедное колесо 4 шт.		
		12	Установить велосипедные колеса на ступицы		
		13	Взять направляющий элемент поворота колес		
		14	Осмотреть направляющий элемент поворота колес на раму		
		15	Установить направляющий элемент поворота колес на раму		
		16	Взять рулевой вал с рулем в сборе		
		17	Осмотреть рулевой вал с рулем в сборе		
		18	Установить рулевой вал с рулем в сборе в кронштейны рулевой колонки на раме		
		19	Взять тягу рулевого управления 2 шт.		
		20	Осмотреть тягу рулевого управления 2 шт.		
		21	Закрепить тягу рулевого управления 2 шт. одним концом на направляющем элементе поворота колес, другим концом на поворотном кулаке		
		22	Взять звезду педального привода в сборе с педалями		
		23	Осмотреть звезду педального привода в сборе с педалями		
		24	Установить звезду		

Продолжение таблицы 13

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
			педального привода в сборе с педалями на раму		
		25	Взять подшипниковые опоры 2 шт.		
		26	Осмотреть подшипниковые опоры 2 шт.		
		27	Установить подшипниковые опоры 2 шт. на раму в задней части при помощи сварки		
		28	Взять вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе		
		29	Осмотреть вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе		
		30	Установить вал привода задних колес с тормозным диском, шестерней привода от электродвигателя и кассетой (набором звездочек) в сборе на раму в подшипниковые опоры		
		31	Взять шестерни привода задних колес 2 шт.		
		32	Осмотреть шестерни привода задних колес 2 шт.		
		33	Установить шестерни привода задних колес 2 шт. на вал привода задних колес		

Продолжение таблицы 13

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		34	Взять BLDC электродвигатель		
		35	Осмотреть BLDC электродвигатель		
		36	Установить BLDC электродвигатель на кронштейны и закрепить при помощи винтов 3 шт.		
		37	Взять контроллер ВАС-0420Х		
		38	Осмотреть контроллер ВАС-0420Х		
		39	Установить контроллер ВАС-0420Х на кронштейн и закрепить при помощи винтов 2 шт.		
		40	Взять приводные цепи 4 шт.		
		41	Осмотреть приводные цепи 4 шт.		
		42	Установить приводную цепь на звезду педального привода и кассету (набор звездочек)		
		43	Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню привода от электродвигателя на валу		
		44	Установить приводную цепь 2 шт. на шестерни привода задних колес и заднее колесо 2 шт.		
		45	Взять аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч		
		46	Осмотреть аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч		

Продолжение таблицы 13

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		47	Установить аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48В-24 А·ч на раму		
		48	Взять ручку акселератора и тормоза		
		49	Установить ручку акселератора и тормоза на руле		
		50	Взять электрические провода		
		51	Проложить электрические провода по раме		
		52	Выполнить подключение электрических проводов, соединяющих ручку акселератора, электродвигатель, контроллер и аккумуляторную батарею		
		53	Взять сиденье		
		54	Осмотреть сиденье		
		55	Установить сиденье на раму		
010	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции	Мультиметр, набор гаечных ключей, головок	120
		2	Выполнить проверку электрической части велоквадроцикла на электротяге		
		3	Выполнить испытание электрического велоквадроцикла на электротяге и провести необходимые регулировки		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велоквадроцикла.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла составлен технологический паспорт, представленный в таблице 14.

Таблица 14 – Технологический паспорт технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка электрического велоквадроцикла	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического велоквадроцикла. 4 Испытание электрического велоквадроцикла	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, набор головок, дрель, молоток, плоскогубцы, сварочный аппарат, станки токарный, фрезерный, набор отверток, углошлифовальная машина	Перчатки, смазочные материалы, сварочные электроды, грунт, акриловая краска, обезжириватель, растворитель отрезные круги

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее причинить вред. Для описания всего процесса

часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском).

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при сборке электрического велоквадроцикла представлена в таблице 15

Таблица 15 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического велоквадроцикла. 4 Испытание электрического велоквадроцикла	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического велоквадроцикла	Элементы конструкции электрического велоквадроцикла
	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель
	Повышенный уровень шума	Работающее оборудование

Продолжение таблицы 15

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [10].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации

федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [27].

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [10].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации,

психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) Российской Федерации» [10].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [27].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием» [23].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных (очередных и внеплановых) медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [27].
«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» [25].

Продолжение таблицы 16

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Использование мощной вытяжки, применение безопасных красок, внедрение автоматизированных окрасочных линий	Респиратор дыхания, костюм индивидуальной защиты
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [13]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [18]. 	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос 	–

Продолжение таблицы 16

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>(положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии;</p> <ul style="list-style-type: none"> – внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии) в структуру режима труда и отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции; – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; – разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных» [10]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 17).

Таблица 17 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Производственное помещение»	Технологическое оборудование, применяемое в производственном помещении	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [10].

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

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

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания;

– ручной, механизированный инструмент» [10].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный порошковый ОП-10 и воздушно-пенный огнетушитель;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий» [18].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического велоквадроцикла представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического велоквадроцикла

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

Продолжение таблицы 18

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
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» [21]
«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» [27]
«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» [24].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [5]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [21]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического велоквадроцикла и сведем их в таблицу 19.

Таблица 19 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического велоквадроцикла»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, пары акриловой краски, растворителя, обезжиривателя.	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель, грунт	«Спецодежда, пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка, остатки от отрезных кругов, электродов» [24].

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

- атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [22].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса сборки электрического

велоквадроцикла;

- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса сборки электрического велоквадроцикла и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки электрического велоквадроцикла (таблицы 17, 18);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе сборки электрического велоквадроцикла и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 19).

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического велоквадроцикла воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (31)$$

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [12].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (32)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [12].

В таблице 20 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 20 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама велоквадроцикла из стандартного проката	Ст3	42	42	74,6	3133,2
Итого:	–	–	–	–	3133,2

$$C_{к.д} = 42 \cdot 74,6 = 3133,2 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} + C_M, \quad (33)$$

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

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [12].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (34)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей: рычаг подвески – 4 шт., поворотный кулак – 2 шт., рычаг рулевой – 2 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: рычаг подвески – 0,9 чел.-ч., поворотный кулак – 1,3 чел.-ч., рычаг рулевой – 1,4 чел.-ч.

$$t = (4 \cdot t_{\text{рычаг подвески}} + 2 \cdot t_{\text{поворотный кулак}} + 2 \cdot t_{\text{рычаг рулевой}}),$$

$$t = 4 \cdot 0,9 + 2 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1,4 = 9 \text{ чел.-ч.}$$

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [12].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$ р./ч.

$$C_{\text{пр}} = 9 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1368,15 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (35)$$

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 1368,15 / 100 = 136,81 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (36)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (1368,15 + 136,81) / 100 = 451,49 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma \text{пр}} = 1155,33 + 115,53 + 381,25 = 1956,46 \text{ р.}$$

В таблице 21 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 21 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1368,15
Дополнительная заработная плата	136,81
Начисления на заработную плату	451,49
Итого:	1956,46

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (37)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [12].

В таблице 22 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 22 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рычаг подвески	Сталь 45	4	4	78,8	315,2
Поворотный кулак	Сталь 40	2	1,9	74,6	141,74
Рычаг рулевой	Сталь 40	2	2	74,6	149,2
Итого:	–	–	–	–	606,14

$$C_M = 4 \cdot 78,8 + 2 \cdot 74,6 + 2 \cdot 74,6 = 606,14 \text{ р.}$$

$$C_{O,д} = 1956,46 + 606,14 = 2562,6 \text{ р.}$$

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (38)$$

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [12].

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

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{д.СБ} \cdot k_t, \quad (39)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [12].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (40)$$

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

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [12].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 10 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 12,5 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1900,22 \text{ р.,}$$

$$C_{д.СБ} = 0,1 \cdot 1900,22 = 190,02 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.СБ} = 0,3 \cdot (1900,22 + 190,02) = 627,07 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 1900,22 + 190,02 + 627,07 = 2717,32 \text{ р.}$$

В таблице 23 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 23 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1900,22
Дополнительная заработная плата	190,02
Страховые взносы в фонды	627,07
Итого	2717,32

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (41)$$

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

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C'_{PP} = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (42)$$

Подставив числовые значения в формулу 69 получим:

$$C'_{PP} = 1368,15 + 2717,32 = 4085,47 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(4085,47 \cdot 15)}{100} = 612,82 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: аккумуляторную батарею 1 – шт., тяговый электродвигатель – 1 шт., электрические провода (пучок) – 1 шт., контроллер – 1 шт., рукоятки

управления газом и тормозом – 1 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 24 [6].

Таблица 24 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Аккумуляторная батарея	2	4300	8600
Тяговый электродвигатель	1	10200	10200
Электрические провода (пучок)	1	1300	1300
Контроллер	1	4600	4600
Колесо велосипедное	4	1400	5600
Болт	28	4,2	117,6
Гайка	24	3,2	76,8
Шайба	20	2,1	42
Грунт для металла	1	740	740
Краска-эмаль акриловая по металлу	1	1930	1930
Разное	–	–	1850
Итого:			35056,4

$$C_{\text{ИД}} = 8600 + 10200 + 1300 + 4600 + 5600 + 117,6 + 76,8 + 42 + 740 + 1930 + 1850 = 35056,4 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 25.

$$C_{\text{КОИ}} = 3133,2 + 2562,6 + 2717,32 + 612,82 + 35056,4 = 44082,34 \text{ р.}$$

Таблица 25 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	3133,2
Затраты на изготовление оригинальных деталей	2562,6
Затраты на сборку	2717,32
Общепроизводственные накладные расходы	612,82
Стоимость покупных изделий (деталей)	35056,4
Итого:	44082,34

Общие затраты на изготовление конструкции электрического велоквадроцикла равны 44082,34 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (43)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. [12].

$$\mathcal{E}_Г = 75000 - 44082,34 = 30917,66 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (44)$$

$$O_{ОК} = \frac{44082,34}{30917,66} = 1,42 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (45)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 30917,66 - 0,15 \cdot 44082,34 = 24305,3 \text{ р.}$$

В таблице 26 представлены основные показатели проекта.

Таблица 26 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	75000	44082,34
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	30917,66
Экономический эффект	р.	–	24305,3
Срок окупаемости	год	–	1,42

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки конструкции электрического велоквадроцикла с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции электрического велоквадроцикла составляет 44082,34 р., срок окупаемости равен 1,42 года, что является допустимым для данной конструкции.

Разработанная конструкция электрического велоквадроцикла может быть интересна как для личного использования, так и коммерческого применения в сфере проката.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция электрического велоквадроцикла.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрена классификация велосипедов, изучены сферы применения, определены популярные марки велосипедов;
- выполнен тягово-динамический расчет электрического велоквадроцикла;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического велоквадроцикла. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи. Разработанная конструкция электрического велоквадроцикла проста в изготовлении и сборке, составляющие элементы конструкции доступны в продаже и легко заменяемы в случае ремонта, транспортное средство обладает оптимальными технико-экономическими характеристиками;
- выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического велоквадроцикла;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки электрического велоквадроцикла с экономической стороны. Стоимость изготовления составляет 44082,34 р., что значительно дешевле вариантов электрических велоквадроциклов представленных на рынке.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования : учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта] ; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. - Кемерово : КузГТУ, 2021. - 203 с.

2 Аносов В. Н. Повышение эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств [Текст] = [Improving the efficiency of traction electric drive systems for autonomous vehicles] / В. Н. Аносов, В. М. Кавешников. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 218, [1] с.

3 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1982-. - 22 см. Т. 2. - М. : Машиностроение, 1982. - 584 с.

4 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Е. И. Блинов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва : МГУПИ, 2014. - 113 с.

5 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-"Прикладная механика", 23.03.03 (23.04.03)-"Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 23.03.01 (23.04.01)-"Технология транспортных

процессов", 23.03.02 (23.04.02)-"Наземные транспортно-технологические комплексы", 23.05.01-"Наземные транспортно-технологические средства" / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

6 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.00.00 "Техника и технологии наземного транспорта", 20.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" (квалификация специалист) / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 344, [1] с.

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

8 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

9 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 с.

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

11 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / О. О. Горшкова, Г. Н. Шпитко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский индустриальный университет". - Тюмень : ТИУ, 2016. - 333 с.

12 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

13 Карпухин К. Е. . Этапы развития транспортных средств на электрической тяге в России и мире [Текст] : монография / К. Е. Карпухин, В. Н. Кондрашов, А. С. Теренченко ; Государственный научный центр Российской Федерации, Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ". - Москва : НАМИ, 2018. - 306 с.

14 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»,

профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ; Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

15 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.] ; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. - Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2016. - 176 с.

16 Кудрявцев Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов [Текст] : учебное пособие по направлению 25.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства", профиль "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Е. М. Кудрявцев. - Москва : АСВ, 2018. - 327 с.

17 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

18 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-

технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

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

20 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2016. - 21 см.

21 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева". - Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. - 284, [1] с.

22 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие : специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова" ; составители: А. В. Русинов [и др.]. - Саратов : Амирит, 2022. - 116 с.

23 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

24 Потапов С. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. И. Потапов, Е. А. Чашин ; Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Ковровская гос. технологическая акад. им. В. А. Дегтярева". - Ковров : КГТА им. В. А. Дегтярева, 2014. - 87 с.

25 Русинов А. В. Основы дизайна в машиностроении : учебное пособие для студентов обучающихся в высших учебных учреждениях по направлению подготовки "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Русинов А. В. ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова". - Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. - 101 с.

26 Хэдленд Т. Велосипед : иллюстрированная история : [16+] / Тони Хэдленд, Ханс Эрхард Лессинг, при участии Ника Клейтона и Гэри У. Сандерсона ; [перевод с английского Андрея Сатунина]. - Москва : КоЛибри : Азбука-Аттикус, печ. 2019. - 542, [1] с.

27 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет,

Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

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

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

30 Genta G. The Automotive Chassis. Vol. 2: System Design / Prof. Dr. Giancarlo Genta, Prof. Dr. Lorenzo Morello. - [Without locations], Netherlands : Springer Science+Business Media, 2009. - 832 p.

31 Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. — New York: Springer, 2008.-1015 p.

32 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., NY, 2013. - 435 p.

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

