

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 транспортного средства для
транспортировки малогабаритных грузов

Студент

Е.О. Золотов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов».

Пояснительная записка содержит четыре раздела, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 85 страниц с приложением. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В первом разделе рассмотрена история развития электровелосипедов, проведен анализ текущего развития электрического велосипеда в России, выполнен обзор грузовых электровелосипедов, представленных на мировых рынках.

Во втором разделе составлено техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов, конструкторские расчеты под подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства.

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

В последнем разделе ВКР определена экономическая эффективность разработанной конструкции электрического транспортного средства для транспортировки грузов.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

The title of the graduation work is: «The construction development of a electric vehicle for the small goods transportation».

An explanatory note consists of five parts, introduction, conclusion, list of references, 1 appendix, totally 85 pages, including attachments. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation work is fully consistent with the issued assignment.

In the first part the history of the electric bicycles development is considered. We analyzed the current development of an electric bike in Russia and dealt with a cargo electric bicycles presented on the world markets.

In the second part we drew up the terms of reference and the technical proposal for the development of an electric vehicles construction for transporting goods on the motor company territory. The design calculations were made for the selection of an electric motor and a battery for this vehicle.

The graduation work covers safety and labor protection issues. Measures to provide an ecological safety are offered.

The last part of graduation work defines an economic efficiency of the developed design of an electric vehicle for transporting good on the motor company s.

In the conclusion the results of the study were presented.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 История развития электровелосипедов	7
1.2 Текущее развитие электрического велосипеда в России	12
1.3 Обзор грузовых электровелосипедов	13
2 Конструкторская часть	28
2.1 Техническое задание на разработку электрического транспортного средства для транспортировки грузов по территории автотранспортного предприятия.....	28
2.2 Техническое предложение на разработку электрического транспортного средства для транспортировки грузов по территории автотранспортного предприятия.....	31
2.3 Конструкторские расчеты.....	47
3 Производственная и экологическая безопасность проекта	52
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки грузов	52
3.2 Определение профессиональных рисков	54
3.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков	55
3.4 Пожарная безопасность.....	60
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки грузов	63
4 Экономическая эффективность проекта.....	65
4.1 Расчет себестоимости проектируемого электрического транспортного средства для транспортировки грузов	65
4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта.....	73
Заключение	81
Список используемой литературы и используемых источников.....	82
Приложение А Спецификация.....	85

Введение

«В последнее время остро ставится вопрос о поиске альтернативных источников энергии и замене двигателей внутреннего сгорания (ДВС) более совершенными и экологически чистыми устройствами. Общемировой рост цен на энергоносители делает все более дорогостоящим использование автомобилей с ДВС. Резкое ухудшение экологической обстановки в крупных городах и мегаполисах зачастую также связано с эксплуатационными недостатками традиционных автомобилей.

По этой причине в настоящее время практически все ведущие автомобилестроители инвестируют немалые средства на разработку и внедрение гибридных автомобилей, в которых совместно с ДВС работает электродвигатель, питаемый от аккумуляторов.

Интенсивно ведется разработка двигателей, использующих в качестве горючего водород и иные виды топлива, энергию солнечных лучей и прочее» [1].

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

Электромобиль относится к тяговому электроприводу. Тяговый электропривод – привод, предназначенный для приведения в движение транспортных средств (электровозов, электропоездов, тепловозов и теплоходов с электроприводом, трамваев, троллейбусов, электромобилей и т.п.). Тяговый электропривод классифицируют по роду тока (постоянного и

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

Наиболее употребительны в качестве тягового электродвигателя – электродвигателя постоянного тока, последовательного и независимого возбуждения, синхронные двигатели с постоянными магнитами и трёхфазные асинхронные электродвигатели» [2].

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию транспортного средства на базе велосипеда с электрическим приводом, который позволил бы осуществлять транспортировку малогабаритных грузов с сохранением своей мобильности.

1 Состояние вопроса

1.1 История развития электровелосипедов

История электровелосипедов началась более ста лет назад и раскручивалась очень медленно. В 1890-х годах электрические велосипеды были зарегистрированы в США несколькими патентами. Например, 31 декабря 1895 года Огдену Болтону-младшему был выдан патент США № 552271 (рисунок 1). Это был электровелосипед с задним мотор-колесом.

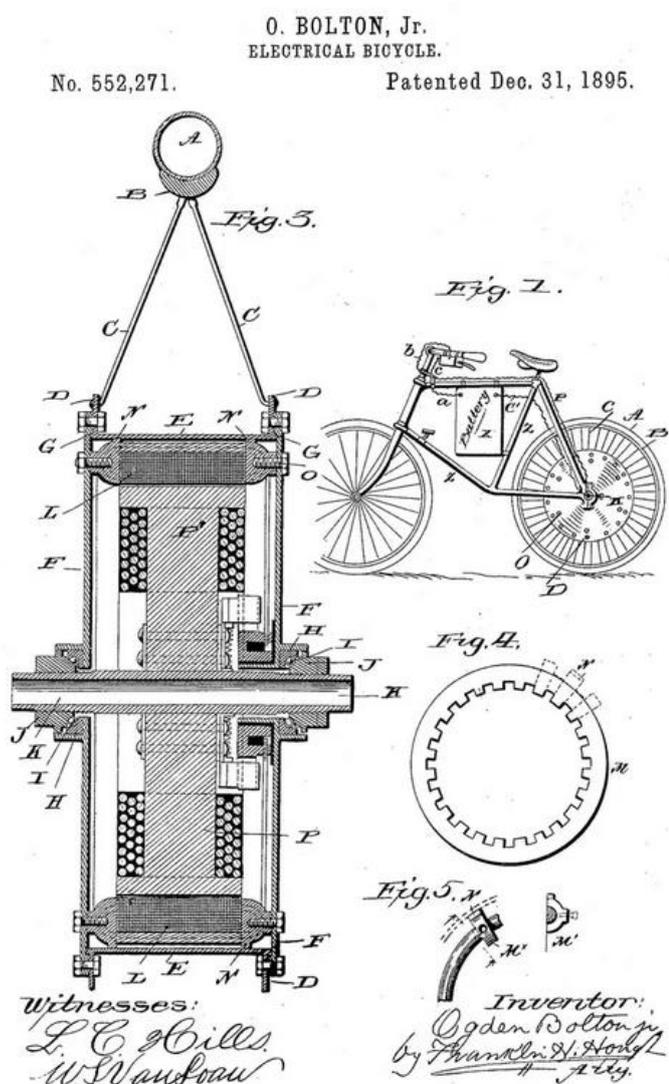


Рисунок 1 – Патент США № 552,271 «Электровелосипед с задним мотор-колесом»

Два года спустя, в 1897 году, Осия У Либби из Бостона изобрел электрический велосипед (патент США № 596,272) с двумя батареями (рисунок 2). В движение его приводил «двойной электродвигатель». На ровной дороге работала только одна батарея, а при подъеме подключалась вторая.

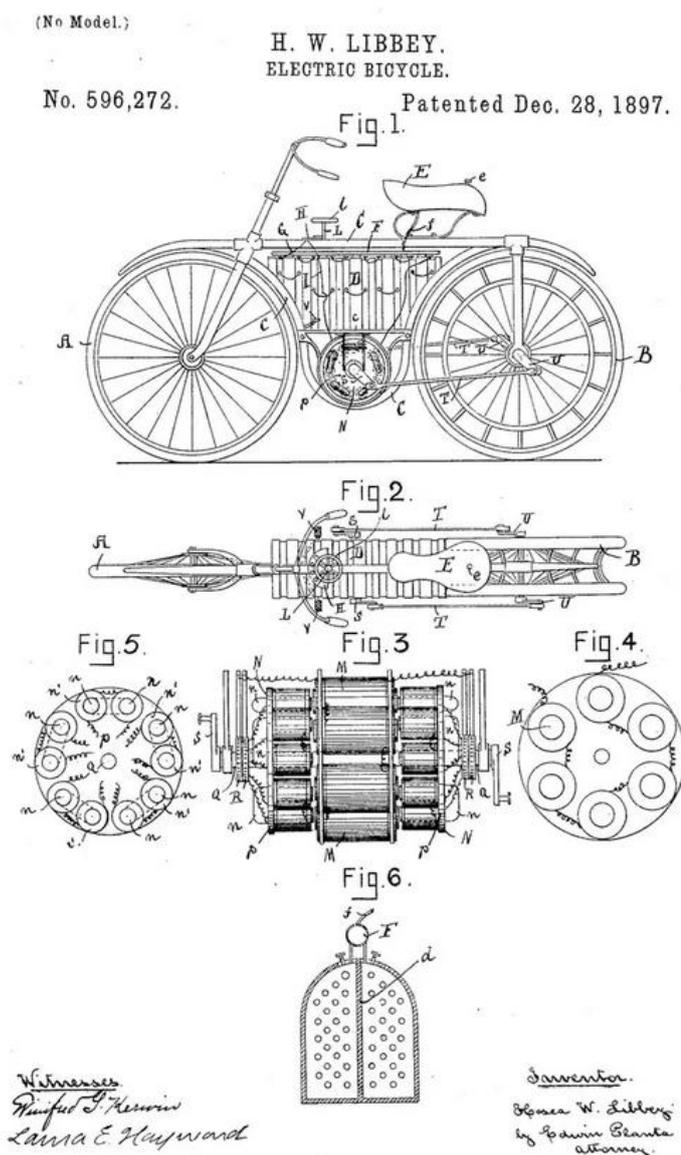


Рисунок 2 – Патент США №596272 «электрический велосипед с двумя батареями»

На выставке Stenlev Show в 1897 году был продемонстрирован электрический тандем (рисунок 3). Утверждается, что велосипед был

сконструирован британской компанией Number. Подробной информации о нем история не сохранила.



Рисунок 3 – Первый электрический тандем

В патенте США № 627,066, выданном в 1899 году Джоном Шнепфом, описан первый в истории электрический велосипед с фрикционным мотором (рисунок 4).

В 1920 году немецкая компания Heinzmann начала массовое производство электродвигателей для велосипедов. Французская компания Heinzmann приступил к выпуску «электроциклетов». Скорость до 25 км/ч, «дальнобойность» 30 км, вес - 75 кг. В 30-х годах XX века число компаний, выпускающих электровелосипеды, увеличилось до нескольких десятков. Но развитие электротранспорта затормозила Вторая мировая война.

В 1946 году дизайнер автомобилей Бенджамин Боуден (Benjamin Bowden), на ярмарке в Лондоне представил прототип «электровелосипеда будущего» под названием Classic (рисунок 5). Этот футуристический электробайк накапливал энергию на спусках и подключал электропривод для движения в гору [31].

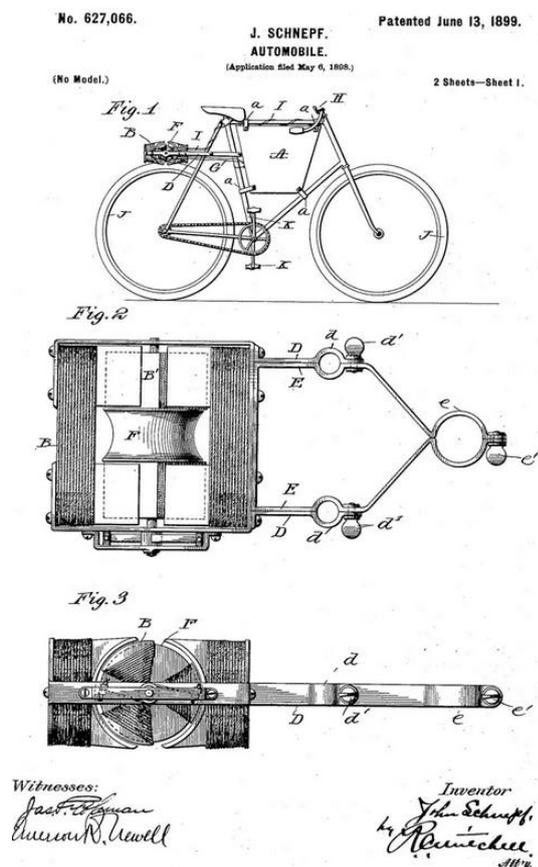


Рисунок 4 – Патент США № 627,066 «Первый электрический велосипед с фрикционным мотором»



Рисунок 5 – Прототип «электровелосипеда будущего» Classic (1946 г.)

В 1970 году Panasonic выпустил свой первый электровелосипед. За ним последовало еще несколько разработок различных компаний, но они так и не стали серийными. В то время история развития электротранспорта тормозилось большим весом батарей.

Датчики крутящего момента и контроллеры были разработаны в конце 1990-х годов. Например патент Такада Ютки из Японии зарегистрирован в 1997 году. В 1992 году компания Vector Services Limited разработала и продавала электровелосипед Zike. Никель-кадмиевые аккумуляторы были встроены в элемент рамы. Кроме электровелосипеда Zike, в 1992 году практически не было коммерческих электровелосипедов.



Рисунок 6 – Электровелосипед Zike

Инженеры японского автомобильного гиганта Yamaha построили один из ранних прототипов электровелосипеда еще в 1989 году и изобрели систему помощи педалям в 1993 году.

С 1993 по 2004 год производство электровелосипедов выросло примерно на 35%. Все упиралось в отсутствие относительно дешевых, легких, емких, долговечных и безопасных аккумуляторных батарей. Некоторые из менее дорогих моделей электровелосипедов использовали громоздкие свинцово-кислотные батареи, тогда как в более новых моделях обычно использовались никель-металлогидридные, никель-кадмиевые и/или литий-ионные аккумуляторы [32].

Постепенный рост популярности электровелосипедов в мире начался с 1998 года и эпицентр располагался в Китае. К 2007 году считалось, что электровелосипеды составляют от 10 до 20 процентов всех двухколесных транспортных средств на улицах многих крупных китайских городов. В 2016 году в Китае ежедневно использовалось около 210 миллионов электрических велосипедов, а в Европе в этот же год продано приблизительно 2 миллиона. К 2020 году популярность электровелосипедов возросла многократно. В большинстве крупных городов мира это уже совершенно обычный вид транспорта.

1.2 Текущее развитие электрического велосипеда в России

В то время, когда весь мир катается на качественных электровелосипедах, россияне только начинают осваивать самосборы на основе дешевых мотор-колес.

Причин у этого явления несколько:

- общая технологическая отсталость страны;
- низкие доходы большей части населения и как следствие: потребительская стратегия: «чем дешевле - тем лучше».
- инфраструктура городов мало пригодна для массового использования велосипедов, да и вообще не очень удобна для жизни;
- вне мегаполисов постоянную угрозу для велосипедистов, особенно детей и женщин представляют собаки;
- этическая «дикость» населения. Пешеходы ненавидят велосипедистов и автомобилистов. Велосипедисты ненавидят пешеходов и автовладельцев. Автовладельцы пребывают в тотальном шоке от поведения пешеходов и велосипедистов;
- если вы купили или собрали электровелосипед, то нужно постоянно помнить о том, что электровелосипеды воруют. Из-за этого

электробайк неудобно использовать для поездок по магазинам и возникают проблемы с местом его хранения;

- во многих странах муниципалитеты платят до 1000 евро людям решившим купить электрический велосипед. Цель – сократить количество автомобилей и тем самым улучшить экологию. При нашей жизни в России такого не будет;
- по состоянию на 2021 год даже в Москве нет веломастерских имеющих сертифицированных мастеров по ремонту кареточных велосомоторов.

1.3 Обзор грузовых электровелосипедов

«На данный момент облик такого транспортного средства, как грузовой электровелосипед (Cargo e-Bike) сформировался окончательно. В 2019 году только в Германии было продано 75000 грузовых велосипедов, две трети из которых были оснащены электромотором. Грузовые электровелосипеды пришли в этот мир и в ближайшие десятилетия никуда не денутся» [3].

«Большая часть людей на велосипедах просто так не катается. Для них велосипед – это удобное и практичное средство передвижения в пространстве. Подавляющее большинство приобрели их для поездок за покупками и перевозки детей.

Меньшая часть для своего частного бизнеса, в основном для поездок по заказчикам с инструментом (электрики, садовники, сантехники, курьеры и так далее). Совсем малая часть купили каргобайк для туризма, решив, что это более удобно, чем велоприцеп. Значительное число грузовых электрических велосипедов приобретается компаниями, специализирующимися на доставке» [35].

К достоинствам можно отнести:

- возможность отказаться от автомобиля на дистанциях до 60 км;
- польза для здоровья;

- отсутствие пробок, экономия времени и нервов при поездках за покупками, доставке детей в детсады и школы;
- возможность путешествовать с детьми и собаками;
- экономия денег за счет перехода с бензина на электричество, с дорогого обслуживания транспортного средства на дешевое;
- идеальный транспорт для загородной жизни, поездок на пикник, пляж, за дровами, грибами, на рыбалку или охоту;
- имея парк электрокаргобайков можно заняться бизнесом, связанным с доставкой;
- для всех грузовых электрических велосипедов доступны дополнительные комплектующие и аксессуары делающие удобной и безопасной перевозку грузов, детей и домашних животных.

К недостаткам можно отнести:

- высокая стоимость;
- не годится для российских городов, если у вас нет гаража или подземной парковки;
- если ездить без груза, то ощущения от катания менее позитивные, чем при использовании других типов электровелосипедов.

1.3.1 Двухколесные грузовые электровелосипеды

Достоинства и недостатки:

- удлиненный и прочный багажник;
- такой же удобный и практичный, как и обычный электровелосипед, но с бонусом в виде большого багажника;
- маневренность лучше, чем у более громоздких собратьев;
- угол поворота меньше, чем у более длинных родственников;
- занимает мало места на парковке;
- нет моделей с задней подвеской. Можно использовать амортизационный подседельный штырь, но это не решает проблему с неподрессоренной массой;

- вес распределяется неравномерно, что ухудшает управляемость и увеличивает вероятность проблем с задним колесом;
- нет возможности визуально контролировать груз или детей.

Компания Riese & Muller (рисунок 7) выпускает мужскую и женскую (с заниженной рамой) модели грузовых электровелосипедов Multicharger и Multicharger Mixte имеющих удлиненный багажник сзади и маленький багажник спереди.



Рисунок 7 – Электровелосипед Riese & Muller

Компания Tern (рисунок 8) выпускает две модели электровелосипедов имеющих удлиненный багажник.



Рисунок 8 – Электровелосипед Tern

В ассортименте компании Кона одна модель грузового электровелосипеда (рисунок 9).



Рисунок 9 – Электровелосипед Кона

У компании Rad Power Bikes одна модель грузового электровелосипеда RadWagon 4 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Электровелосипед RadWagon 4

Электровелосипед Magnum Payload (рисунок 11).



Рисунок 11 – Электровелосипед Magnum Payload

Технические характеристики:

- заднее редукторное мотор-колесо 48 В, 500 Вт,
- батарея на элементах Li-NCM: 18 А·ч,
- максимальная нагрузка: 158 кг,
- мотор перестает ассистировать при достижении скорости 40 км/ч.

Компания Venno Bikes создана в 2015 году и специализируется на выпуске грузовых электровелосипедов (рисунок 12). Все модели оснащены системами Bosch, могут использоваться для перевозки небольших грузов и установки двух детских кресел. Компания очень серьезно подходит к оснащению своих электробайков различными типами багажников.

Достоинства:

- место для груза спереди,
- вес человека и груза распределяется более равномерно и заднее колесо не оказывается перегруженным,
- хорошая управляемость,
- есть модели двухподвесы,
- есть возможность постоянного визуального контроля за грузом.



Рисунок 12 – Электровелосипед Benno Vikes

Компания Riese & Muller выпускает четыре модели грузовых электровелосипедов (рисунок 13) с обширным пространством для грузов расположенном перед водителем. Есть, как городские велики, так и конструкции для туризма. R&M на данный момент – лидер, как по количеству моделей, так и по объемам продаж в этом секторе электровелосипедостроения.



Рисунок 13 – Электровелосипед Riese & Muller

Электровелосипед Elian E-drive (рисунок 14) оснащен ультра-бесшумным двигателем Neodrives с датчиком крутящего момента, позволяющий кататься совершенно не ощущая загруженности багажника. Батарея 612 Вт·ч/36 В.



Рисунок 14 – Электровелосипед Elian E-drive

E-multi Steps и e-multi «рх» (рисунок 15) – две сходные по конструкции модели электрических грузовых велосипедов, со складными емкостями для груза расположенными спереди от велосипедиста.



Рисунок 15 – Электровелосипед E-multi Steps

Электровелосипед Cube Cargo (рисунок 16).



Рисунок 16 – Электровелосипед Cube Cargo

Технические характеристики:

- мотор: Bosch Cargo Line (крутящий момент 85 Н·м),
- аккумуляторная батарея: Bosch PowerPack 500 Вт·ч,
- вилка: SR Suntour MOBIE CARGO, 80 мм,
- дисплей: Bosch Intuvia,
- тормоза: дисковые Magura CMe,
- покрышки: Schwalbe Super-Moto-X,
- масса 46,5 кг.

Ridgeback Cargo-E (рисунок 17).



Рисунок 17 – Электровелосипед Ridgeback Cargo-E

Технические характеристики:

- мотор: Shimano E8000 (крутящий момент до 70 Н·м),
- аккумуляторная батарея: 504 Вт·ч,
- максимальная нагрузка: 150 кг,
- тормоза: гидравлические дисковые Tektro.

Электровелосипед Electrified Bullitt (рисунок 18).

Выпускается в нескольких вариантах. Заказчик сам может подобрать компоненты и цвет рамы.

Технические характеристики:

- мотор: Shimano e6100 (крутящий момент 60 Н·м) или EP8 (крутящий момент 85 Н·м);
- аккумуляторная батарея: 418 Вт·ч. или 504 Вт·ч.;
- масса: от 22,3 до 27,5 кг.



Рисунок 18 – Электровелосипед Electrified Bullitt

Компания Urban Arrow производит три модели двухколесных электрических каргобайков (рисунок 19) стараясь подстроиться подзапросы разных групп потенциальных покупателей. Используются веломоторы: Bosch Active Line Plus и Bosch Performance Line.



Рисунок 19 – Электровелосипед Urban Arrow

Датская компания Trio bike (рисунок 20) имеет дилеров по всему миру. Все электровелосипеды оснащены моторами Brose. В основе два типа рам.



Рисунок 20 – Электровелосипед Trio bike

Немецкая компания Radkutsche выпускает две модели грузовых электровелосипедов. Одна из них – Rapid (рисунок 21) со стальной рамой и мотор-колесом, что несколько не типично для европейских брендов.



Рисунок 21 – Электровелосипед Radkutsche

1.3.2 Трехколесные грузовые электровелосипеды

«Трехколесные модели (трайки) наиболее распространены в странах, где население склонно жить в частных домах. Самым ярким примером является США, а также в Юго-Восточной Азии, где распространена передвижная уличная торговля. В Европе используются в основном службами доставки» [34].

Достоинства:

- удобно заниматься погрузкой и разгрузкой, поскольку конструкция не склонна к опрокидыванию,
- выше грузоподъемность.

Недостатки:

- больше колес – больше проблем,
- занимает много места на парковке в сравнении с двухколесными моделями,
- не получится ездить по узким тропинкам и дорогам с узкими колеями,
- место для груза сзади.

Немецкая компания Radkutsche выпускает две модели грузовых электровелосипедов. Одна из них, Musketier (рисунок 22) – трехколесная, со стальной рамой и мотор-колесом.



Рисунок 22 – Электровелосипед Radkutsche трехколесный

Трехколесные грузовые электровелосипеды Tender (рисунок 23) от компании Urban Arrow выпускаются с несколькими модификациями грузовой платформы. Работают на моторах Bosch Cargo Line.



Рисунок 23 – Электровелосипед Tender

Немецкая компания Chike производит довольно практичные трехколесные электровелосипеды (рисунок 24) на моторах Shimano STEPS E6100. Вес: 38 кг. Допустимая общая масса: 200 кг. На грузовую платформу предусмотрена установка штатного ящика для багажа.



Рисунок 24 – Электровелосипед Chike

Электрокаргобайк Stroke Cargo Trike от японской компании Daga. В Японии жесткие стандарты размеров велосипедов и разработчикам приходится в них вписываться. Так что это очень компактная модель. Два передних колеса имеют независимую подвеску и наклоняются при поворотах.



Рисунок 25 – Электровелосипед Stroke Cargo Trike

Компания Bunch-bike из США производит четыре модели трехколесных каргобайков (рисунок 26). У самой модной модели мотор кареточный Vafano M400, у более утилитарных каргобайков редукторные мотор-колеса на 500 Вт.



Рисунок 26 – Электровелосипед Bunch-bike

Butchers & bicycles занимается выпуском трехколесного грузовичка поставляемого в нескольких модификациях (рисунок 27). Мотор Bosch Performance Line CX, крутящий момент 75 Н·м, батарея 500 Вт·ч, рулевое управление Askermann с механизмом наклона передних колес.



Рисунок 27 – Butchers & bicycles

«В настоящее время электровелосипед – это самый быстрый способ пересечь такой город, как Лондон. По данным исследовательской компании Inrix, в Лондоне водители едут со средней скоростью 11,2 км/час. Кроме того, исследование In-Car Cleverness показало, что в период с 2016 по 2017 год скорость движения в некоторых ключевых городах Великобритании упала на целых 20 % и в дальнейшем эта тенденция сохраняется. Для

предприятий занимающихся доставкой это становится большой проблемой» [6].

«Итальянская компания Royal Mail GLS over начала экспериментировать с доставкой посредством грузовых велосипедов. За ней последовали DHL, UPS, ирландская An Post и многие другие крупные компании. Грузовики по-прежнему доставляют посыпки в логистические центры на окраинах городов, но внутри городов с их пробками доставку в идеале должны осуществлять более эффективные виды транспорта

Не так давно торговля электрическими каргобайками считалась нишевой, но не в настоящее время. Исследование, проведенное в рамках программы Intelligent Energy Europe показало, что «почти в каждом случае» предприятия могут сэкономить и повысить эффективность городской доставки перейдя с фургонов на грузовые электровелосипеды. В исследовании было задействовано 40 компаний по доставке из 20 городов Испании, Нидерландов, Швеции, Италии, Хорватии, Словении и Португалии» [5].

«В результате исследования проведенного Всемирным экономическим форумом высказано предположение, что в связи с ростом потребительского спроса на товары, реализуемые через интернет-магазины к 2030 году в густонаселенных городах потребуется на 36% больше транспортных средств занимающихся доставкой. Жизненно важно, чтобы эти транспортные средства стали более эффективными и менее вредоносными для атмосферы. Так что в городах будущего каргобайки будут перемещаться стадами» [7].

Выводы по разделу.

В данном разделе была рассмотрена история развития электровелосипедов в мире, а также текущее развитие электрического транспорта в России. Более детально был проведен обзор конструкций велосипедов, доступных для приобретения, описаны их достоинства и недостатки.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

Конструкторская разработка относится к области велосипедного транспорта и может быть использована для перевозки грузов.

Электрическое транспортное средство для транспортировки малогабаритных грузов представляет собой рамное трехколесное транспортное средство на базе велосипеда, оснащенное в передней части рамой с рулевым механизмом и подвеской, двумя неприводными колесами для перевозки грузов, мотор-колесом, расположенным в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей.

Электрическое транспортное средство для транспортировки грузов предназначено 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.

Электрическое транспортное средство для транспортировки малогабаритных грузов должно состоять из металлической рамы, багажника в передней части для транспортировки грузов, рулем поворота передних колес, передней подвески, мотор-колеса, расположенного в задней части, набора аккумуляторных батарей, контроллера.

К конструкции электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки одного человека;
- должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- в передней части должна быть выполнена рама для перевозки грузов с двумя колесами, механизмом для обеспечения поворота, подвеской и тормозными механизмами;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на заднее колесо, путем установки мотор-колеса;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя, погрузка и выгрузка грузов должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.
- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования.

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

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 3200;
 - 2) ширина, не более мм 1400;
 - 3) высота, не более мм 1400;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, мотор-колесо;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, не более Вт 1000;
- е) Запас хода, не менее км 40;
- ж) Грузоподъемность, не менее кг 40;
- з) Масса, не более кг 100.

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

Использовать транспортное средство должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации.

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

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

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

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

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

2.2 Техническое предложение на разработку электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов.

Электрическое транспортное средство для транспортировки малогабаритных грузов представляет собой рамное трехколесное транспортное средство на базе велосипеда, оснащенное в передней части рамой для перевозки грузов с двумя колесами, механизмом для поворота колес, подвеской, мотор-колесом, расположенным в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей.

Электрическое транспортное средство для транспортировки малогабаритных грузов должно иметь следующие технические показатели:

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 3200;
 - 2) ширина, не более мм 1400;
 - 3) высота, не более мм 1400;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода электрический, мотор-колесо;

- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, Вт не более 1000;
- е) Запас хода, км не менее 40;
- ж) Грузоподъемность, кг не менее 40;
- з) Масса не более 100.

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции трехколесных грузовых велосипедов с багажником как спереди, так и сзади, также называемых «велотрайками», с одним приводным электродвигателем и вспомогательным педальным приводом при помощи цепной передачи. Использование рулевого привода в виде сочетания карданных шарниров с коническим редуктором и рулевой зубчатой рейкой не найдено. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих под заданные технические требования не имеется.

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

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации:

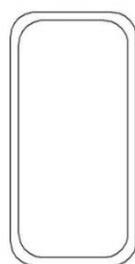
- интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу.

Основными частями электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов являются:

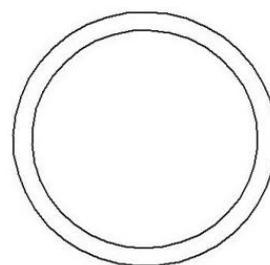
- рама от велосипеда,
- рама для транспортировки грузов с подвеской,
- рулевое управление,
- мотор-колесо,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер.

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

В первую очередь необходимо определиться с рамой для транспортировки грузов, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 28, а) или профиля круглого сечения (рисунок 28, б).



а)



б)

Рисунок 28 – 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.

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 предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [12].

Отличительной особенностью проектируемого транспортного средства является конструкция рамы для перевозки грузов. Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 29, взятую от велосипеда и частично доработанную.

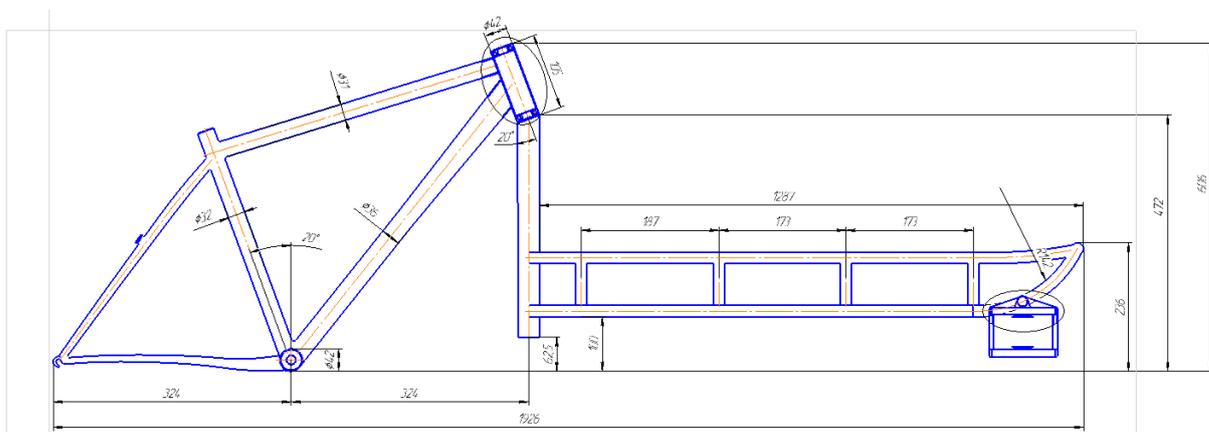


Рисунок 29 – Конструкция рамы транспортного средства

Для обеспечения поворота колес предусматриваем рулевое управление с реечным механизмом поворота колес (рисунок 30), в котором управляющее воздействие передается путем поворота руля и далее через карданную передачу затем на конический редуктор и далее на шестерню рулевого механизма, которая в свою очередь перемещает рейку и поворачивает колеса.

Также для обеспечения удобства и комфорта при перевозке малогабаритных грузов предусматриваем подвеску с двумя амортизаторами.

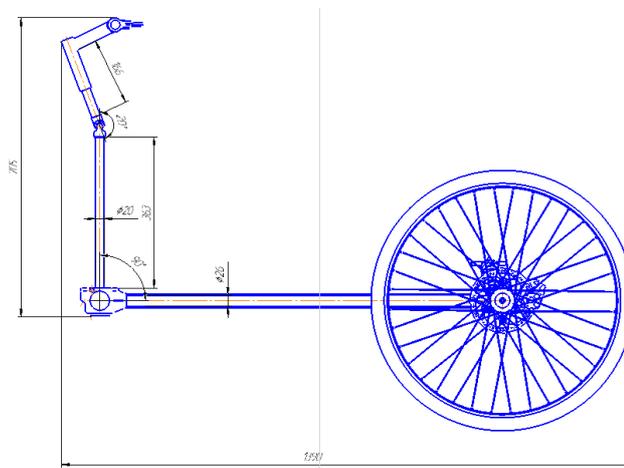


Рисунок 30 – Конструкция рулевого привода

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать установленное в задней части мотор-колесо.

«В 95-98% электровелосипедах изготавливаемых в заводских условиях применяются редукторные двигатели с обгонной муфтой. Редукторный двигатель обладает большим крутящим моментом при относительно небольшой мощности за счет наличия в конструкции планетарного редуктора большой надежности в котором солнечная шестерня металлическая, а сателлиты выполнены из композитных материалов. Веских причин для преимущественного применения редукторных двигателей несколько:

- максимальный пробег на одной зарядке аккумулятора. Двигатели с внутренним планетарным редуктором на 30% экономичнее по расходу энергии аккумуляторной батареи, в сравнении с двигателями прямого привода;
- малый вес и габариты редукторного двигателя, в сравнении с двигателем прямого привода. Вес и габариты редукторного двигателя примерно в два раза меньше чем у двигателей прямого привода;
- вращающий момент редукторных двигателей значительно больше чем у двигателей прямого привода той же мощности. Это позволяет преодолевать подъемы до 12 градусов, а современные двухскоростные редукторные двигатели с автоматическим переключением передач, позволяют преодолевать на велосипеде подъемы до 27 градусов;
- необходимая энергоемкость (а значит вес и стоимость) аккумуляторной батареи при использовании редукторного двигателя меньше на 30% для сравнимых дистанций пробега;
- велосипед с редукторным двигателем имеет значительно более легкий ход с выключенным двигателем, за счет наличия в двигателе обгонной муфты;

- надежность редукторных двигателей за счет хорошо налаженного производства и высокой серийности не хуже чем у двигателей прямого привода. Практически большая часть серийных моделей электровелосипедов оснащается редукторными двигателями из-за их малого веса и экономичного расходования энергии аккумуляторной батареи» [9].

«Данный тип электромотора в настоящее время обладает большей популярностью, нежели другие. Причина в том, что его просто установить на колесо и превратить рядовой байк в велосипед с электрическим мотором. Также для эксплуатации мотора-колеса необходимо обзавестись батареей, ручками запуска и регулирования скорости, аппаратом, контролирующим двигатель» [10].

Изучив, установленные на аналогичных конструкциях мотор-колеса, принимаем для нашей конструкции мотор-колесо мощностью 1000 Вт.

Рассмотрев представленные на рынке мотор-колеса выбираем мотор-колесо Eltreco 36V 1000W (рисунок 31) мощностью 1000 Вт.



Рисунок 31 – Мотор-колесо Eltreco 36V 1000W

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики мотор-колеса Eltreco 48V 1000W

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	48
Сила тока А	15
Скорость, км/ч	35-40
Тормоз	дисковый тормоз

Для удобства электрификации конструкции выбираем готовый к эксплуатации после установки комплект (рисунок 32) на базе мотор-колеса Eltreco 48V 1000W под дисковый тормоз, смонтированный в двойной 20-дюймовый за спицованный обод заднего колеса.

В комплект входят:

- мотор ELTRECO 48V 1000W;
- контроллер 36/48V20A LCD;
- LCD дисплей OMT-M3;
- ручка газа;
- датчик PASS;
- ручки тормоза комплект черные;
- обод двойной 20" с усиленными спицами.



Рисунок 32 – Комплект для электрификации

Двойной алюминиевый обод и крепкие спицы обеспечивают надёжность конструкции.

В состав комплекта входит ручка акселератора (рисунок 33), которая устанавливается на правой грипсе и позволяет передвигаться в режиме «скутера». На ручке расположена LED-индикация уровня заряда аккумуляторной батареи и кнопка включения/выключения питания электромотора.



Рисунок 33 – Ручка акселератора

Две ручки тормоза (рисунок 34), идущие в комплекте, снабжены концевиками, которые отключают электромотор при торможении.

Современный контроллер (рисунок 35), входящий в состав комплекта, управляет слаженной работой всех компонентов.

«Контроллер размещается в пластиковом корпусе, который легко установить на раме или подседельной трубе. 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].



Рисунок 34 – Ручки тормоза



Рисунок 35 – Контроллер

Классификация аккумуляторных батарей по месту расположения.

Совершенно очевидно, что классифицировать аккумуляторные батареи (батарейные блоки) нужно по месту их расположения на электрическом велосипеде.

Универсальная батарея используются для электрификации горных, прогулочных и туристических велосипедов. Может использоваться с различными типами рам.

Рассмотрим батареи данного вида.

Батарея в рюкзаке (рисунок 36);



Рисунок 36 – Батарея в рюкзаке

Батарея на багажнике (рисунок 37).



Рисунок 37 – Батарея на багажнике

Данный вариант неудобен тем, что центр тяжести велосипеда расположен высоко и смещен к задней части. Можно купить, как готовую батарею, встроенную в багажник, так и багажник с корпусом батареи. Такие батареи обычно рассчитаны на 50-60 ячеек. Данное решение весьма распространенное для бюджетных городских электробайков.

Батарея на подседельный штырь типа «лягушка» (рисунок 38).

Лягушки популярны у владельцев двуподвесов, поскольку нормального багажника там конструктивно не предусмотрено, а место внутри треугольника рамы зачастую занято амортизатором заднего колеса. Центр тяжести высоко и смещен назад, багажник использовать неудобно. Дополнительный минус: вероятнее всего не получится использовать лучший амортизационный подседельный штырь. Не подходит для е-MTB из-за высокой уязвимости при падениях.



Рисунок 38 – Батарея на подседельный штырь типа «лягушка»

«Треугольник» на раму (рисунок 39).

Преимущества: позволяет не перегружать заднюю часть электровелосипеда и сохранять нормальную развесовку; можно использовать батареи большой ёмкости; легко изготовить под любую конфигурацию треугольника рамы.

Недостатки: неудобно снимать батарею для зарядки; проблемы с креплением.



Рисунок 39 – Батарея «Треугольник» на раму

«Бутылка» на раму (рисунок 40).

Преимущества: батарея позволяет не перегружать заднюю часть электровелосипеда и сохранять нормальную развесовку; выглядит вполне симпатично; нет проблем с креплением (обычно крепится на место бутылки для воды); легко снимать для зарядки.

Недостатки: относительно маленькая ёмкость (с другой стороны, ни что не мешает возить запасную батарею в рюкзаке или на багажнике).



Рисунок 40 – Батарея «Бутылка» на раму

«Дельфин» на раму (рисунок 41).

Это вершина эволюции быстросъемных и не интегрированных в раму аккумуляторных батарей для электровелосипеда. Не смотря на разработку множества типов рам со встроенными батареями, дельфин используют многие серьезные бренды.



Рисунок 41 – Батарея «Дельфин» на раму

Батарея типа «дельфин» позволяет не перегружать заднюю часть электровелосипеда и сохранять нормальную развесовку; хороший дизайн; нет проблем с креплением (обычно крепится на место бутылки для воды); легко снимать для зарядки, емкость больше, чем у «бутылок». Для производителей электровелосипедов этот тип удобен тем, что позволяет использовать дешевые рамы, тем самым позволяя производить бюджетные модели электробайков.

Электровелосипед с любой внешней батареей не особо похож на педальный велосипед. Из-за этого людям являющимся поклонниками дизайна обычных велосипедов этот тип батарей не нравится.

Батарейный блок, представленный на рисунке в настоящее время самый популярный, его можно купить за 2396 рублей. Вместимость: 65 аккумуляторов 18650. Также его можно купить уже в сборе за 19000-34000 рублей.

Пространственная рама (рисунок 42).

В просторечии – мангал. По сути это обширные металлические батарейные отсеки к которым приделаны руль, колеса и прочие мелочи. Эти конструкции рассчитаны на высокие скорости и дальность. По сути велосипедами не являются, скорее это электроскутеры с педалями.



Рисунок 42 – Пространственная рама

Батарея, как элемент рамы.

Вершиной эволюции электровелосипедов являются изделия в которых батарея встроена в раму и визуально незаметна.

Эффектный дизайн, все провода идут внутри рамы, батарея хорошо защищена от механических повреждений.

Относительно небольшая ёмкость и высокая цена, как самого электровелосипеда, так и дополнительных батарей.

Модульные системы аккумуляторных батарей (рисунок 43).



Рисунок 43 – Пространственная рама

Многие производители электровелосипедов (Specialized, Riese & Muller и другие) используют модульные системы, которые позволяют добавлять к интегрированной в раму батарее дополнительную внешнюю такой же или меньшей емкости.

Дополнительная батарея Specialized на 160 Вт·ч весит примерно 1 кг.

Рассмотрев достоинства и недостатки представленных аккумуляторных батарей, принимаем батарею «Треугольная» (рисунок 44)

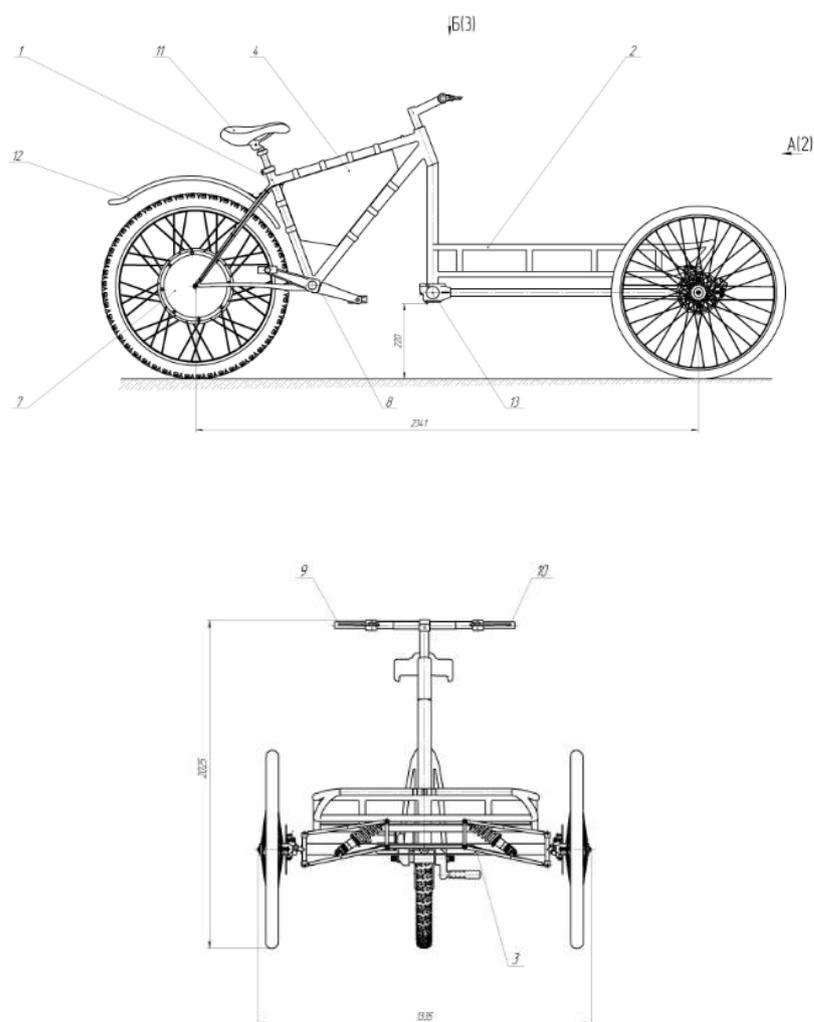


Рисунок 44 – Батарея «Треугольная»

Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 45).

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



1 – рама; 2 – рулевое управление; 3 – мотор-колесо; 4 – колеса; 5 – блок управления; 6 – рулевое управление; 7 – амортизаторы; 8 – педальный узел; 9 – тормозной механизм

Рисунок 45 – Общая компоновка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

2.3 Конструкторские расчеты

2.3.1 Тягово-динамический расчет

Выбор мощности электродвигателя.

Понятие номинальной мощности электродвигателя отличается от понятия номинальной мощности ДВС.

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

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

Различают:

- продолжительную мощность,
- кратковременную (30 минутную, часовую, двухчасовую),
- мощность, предельную при коротких перегрузках (на несколько минут, секунд), ограничивается коммутацией и механической прочностью.

Рассмотрим силы, действующие на электрическое транспортное средство для транспортировки грузов (рисунок 46).

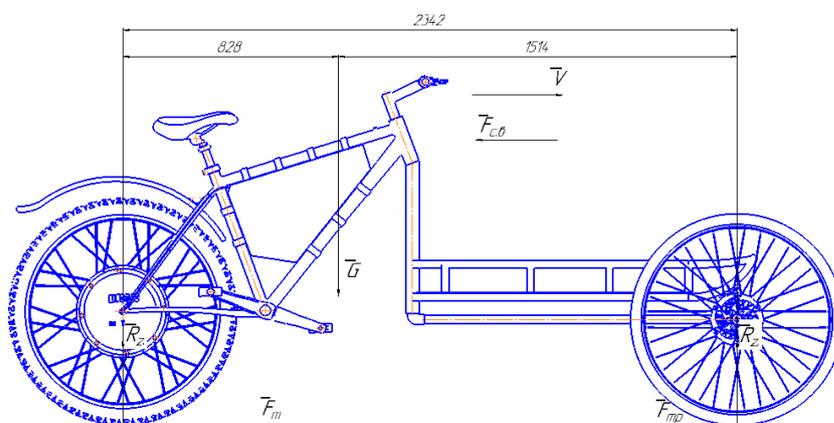
Исходные данные для расчета мощности мотор-колеса электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета мощности мотор-колеса

Параметр	Значение
Снаряжённая масса электрического транспортного средства для транспортировки грузов, кг	40
Масса батареи, кг	8
Масса мотор-колеса, мощностью 1000 Вт	3,1
Масса контроллера, кг	1,1
Дополнительный вес, кг	1
Общая масса с округлением, кг	53
Масса водителя, кг	80

Продолжение таблицы 3

Параметр	Значение
Дополнительный полезный вес (груз)	50
Полная расчётная масса, кг	183
Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x)	0,45
Площадь поперечного сечения электрического транспортного средства для транспортировки грузов (S), м ²	1,15
Коэффициент силы трения для асфальта (F_{mp})	0,018
Скорость электрического транспортного средства для транспортировки грузов (V), км/ч	25
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225



F_m – сила тяги; F_{mp} – сила трения качения; $F_{c.в}$ – сила сопротивления воздуха;
 G – сила тяжести; $R_{z1,2}$ – силы реакции дороги

Рисунок 46 – Силы, действующие на электрическое транспортное средство для транспортировки грузов

Мощность, необходимая для движения электрического транспортного средства для транспортировки грузов с заданной скоростью, определяется выражением

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

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

v – скорость электрического транспортного средства для транспортировки грузов, км/ч;
 η – КПД трансмиссии.

Раскрываем формулу (1):

$$N = g \cdot F_{TP} \cdot m \cdot V + C_x \cdot S \cdot V^2 + g \cdot m \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$
$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 183 \cdot 25 + 0,45 \cdot 1,15 \cdot 25^2 + 9,8 \cdot 183 \cdot \sin 0 = 330 \text{ Вт.}$$

«Необходимо учесть КПД узлов транспортного средства: мотор-колеса – 0,81, трансмиссии – 0,76, контроллера с потерями на проводах и контакторах – 0,94» [17].

Итоговый КПД с учетом кинематики:

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

Определяем необходимую мощность электродвигателя.

$$N_{II} = \frac{N}{\eta}, \quad (3)$$
$$N_{II} = \frac{330}{0,58} = 565 \text{ Вт.}$$

Для запаса мощности предлагается использовать мотор-колесо 1000 ВТ Eltreco.

Выбор батареи.

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

- батарея должна допускать заряд от сети постоянного тока, от «умформерных групп» составленных из нормальных электрических машин или выпрямительных устройств серийного производства;

- сила тока в главной цепи электрического транспортного средства не должна быть чрезмерно велика.

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

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

При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деградационные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения. Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих источников питания – примерно до 80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура.

При средней скорости 25 км/час и дальности хода 40 км требуемое время хода 1,6 часа чистого времени.

Затрачиваемая энергия на движение:

$$Q = N_{II} \cdot t, \quad (4)$$
$$Q = 565 \cdot 1,6 = 904 \text{ Дж.}$$

Ток отдачи батареи:

$$I_{отд} = \frac{N_{II}}{U}, \quad (5)$$

$$I_{отд} = \frac{565}{48} = 12 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (5)$$

$$C = \frac{904}{48} = 19 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем аккумуляторную батарею 48В 20,3 А·ч Li-Ion треугольная.

Технические характеристики батареи представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики батареи

Параметр	Значение
Тип АКБ	Li-Ion
Вид аккумулятора	Треугольник
Производитель ячеек	Panasonic
Номинальное напряжение, В	48
Энергоемкость, Вт·ч	974
Ёмкость аккумулятора, А·ч	20,3
Время заряда батареи, ч	7
Циклов заряда	1000
Масса, кг	8

Данная аккумуляторная батарея для электровелосипеда позволит проехать от 40 до 50 км на одном заряде. Дальность пробега зависит от скорости езды, плавности трогания с места, массы велосипедиста, массы перевозимого груза и так далее.

Выводы по разделу.

В конструкторской части раздела работы составлено техническое задание и предложение на разработку электрического транспортного средства, подобрано оборудование, модернизирована рама велосипеда.

3 Производственная и экологическая безопасность проекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

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

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять.

При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека:

- деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов,
- изменения режимов природной воды,
- загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются:

- рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений,
- рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии,

- рациональная организация рабочих мест,
- изоляция производственного процесса,
- улучшение технологии производства,
- механизация,
- автоматизация,
- защита работающих,
- организационно-массовые мероприятия» [29].

«Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства.

При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются» [26].

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

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [13].

В таблице 5 представлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов.

Таблица 5 – Паспорт безопасности на электрическое транспортное средство для транспортировки малогабаритных грузов

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Сборка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов. 3 Испытание и доводка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов	Слесарь по ремонту автомобилей разряда	Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые; – накидные; – с трещоткой. Отвертки по размеру крепежных элементов: – плоские; – крестообразные. Электрооборудование: – стационарное (станки токарный фрезерный сверлильный); – мобильное (углошлифовальная машина, сварочный аппарат)	Защитные хлопчатобумажные перчатки, очки, сварочная маска, краги, спецодежда, спецобувь

3.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [29].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов. 3 Испытание и доводка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Электроинструмент, станки
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станки
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, сварочный аппарат, станки
	Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Излучение сварочной дуги	
	Электромагнитные поля	
	Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	«Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании» [31].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	

3.3 Мероприятия по снижению 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)» [31].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ 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.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). 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 работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [25];
- 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 соответствии 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» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [22].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов»	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» [26].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 7

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [29].
«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» [29].
Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное «Излучение сварочной дуги Электромагнитные поля Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	Питание электрической дуги разрешается производить только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей. Непосредственное питание сварочной дуги от силовой, осветительной и контактной сети не допускается» [28].	Брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой, ботинки и рукавицы (перчатки), защитные шлема или щитки со специальными светофильтрами, регулирующие затемнение в зависимости от силы сварочного тока
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [33].	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – 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	–

Продолжение таблицы 7

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<ul style="list-style-type: none"> – технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе 	
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<ul style="list-style-type: none"> – автоматизация однообразного ручного труда; – оптимизация содержания трудовой деятельности, темпа и ритма работы; – совмещение профессий и чередование операций; – внедрение рациональных режимов труда и отдыха с введением пяти минутных регламентированных перерывов через каждый час работы; – рациональная организация рабочего места; – введение в режим рабочего дня комплексов производственной гимнастики, прослушивание функциональной музыки и организация отдыха в специальных комнатах психологической разгрузки» [18]. 	<p>–</p>

3.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и

сооружений СНИП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей

ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15].
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись
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» [29].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ
Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [24].
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [27].

3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

Для определения экологической безопасности технологического процесса переоборудования автомобиля начинается с идентификации экологических факторов воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки электрического транспортного средства

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [21].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки электрического транспортного средства представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки электрического транспортного

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
«Применение фильтрующих элементов в отсасывающих устройствах, а также их своевременная замена. Контроль воздушной среды должен проводиться по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения РФ, ГОСТ 12.1.005-76, ГОСТ 12.1.014-79 и ГОСТ 12.1.016-79	Контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [16].	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. «Региональные операторы заключают договоры на оказание услуг по обращению с твердыми коммунальными отходами с собственниками твердых коммунальных отходов, если иное не предусмотрено законодательством Российской Федерации» [8].

Выводы по разделу:

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов (таблица 5);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов (таблица 6) и определены пути их снижения (таблица 7);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов (таблицы 8, 9);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов (таблица 10).

4 Экономическая эффективность проекта

4.1 Расчет себестоимости проектируемого электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов

В таблице 11 представлены исходные данные для проведения расчета проектируемого электрического транспортного средства с целью определения экономического эффекта от внедрения данной конструкции на производство.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения расчета

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Годовая программа выпуска изделия	$V_{год}$	шт.	5
Коэффициенты:	–	–	–
– страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$E_{соц.н.}$	%	30
– общезаводских расходов	$E_{обзав}$	%	95
– коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{ком.}$	%	0,3
– расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{обор.}$	%	19
– транспортно – заготовительных расходов	$K_{тзр.}$	%	1,4
– цеховых расходов	$E_{цех.}$	%	17
– расходов на инструмент и оснастку	$E_{инстр.}$	%	3
– рентабельности и плановых накоплений	$K_{рент.}$	%	30
– доплат или выплат не связанных с работой на производстве	$K_{вып.}$	%	14
– премий и доплат за работу на производстве	$K_{прем.}$	%	12
– возвратных отходов	$K_{вот.}$	%	1
– капиталообразующих инвестиций	$K_{инв.}$	%	0,086
Часовая тарифная ставка:	–	–	–
– 3-го разряда	C_{p3}	руб.	109,64
– 4-го разряда	C_{p4}	руб.	123,56
– 5-го разряда	C_{p5}	руб.	139,23

«Рассчитываем статью затрат сырьё и материалы по формуле:

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left(\frac{K_{mzp.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (12)$$

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

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

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

$K_{вот.}$ – коэффициент возвратных отходов» [30].

В таблице 12 представлены исходные данные для расчета статьи затрат «Сырьё и материалы».

Таблица 12 – Исходные данные по сырью и материалам

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Труба 30×1,5	м	292	10	2920,0
Лист холоднокатаный 1250×2500×2	шт.	5763	1	5763,0
Швеллер 24	м	2200	2,5	5500,0
Грунтовка	кг	75	1,5	112,5
Краска	кг	130	2	260
Прочее	–	–	–	2000
Итого:	–	–	–	16555,5

«Рассчитываем статью затрат «Покупные изделия» по формуле (13):

$$\sum P_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{mzp.}}{100}, \quad (13)$$

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

n_i – количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.» [4].

В таблице 13 представлены исходные данные для расчета затрат на покупные изделия.

Таблица 13 – Исходные данные по покупным изделиям

Покупное изделие	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
Велосипед горный	шт.	15000	1	15000
Велосипедное колесо	шт.	1300	2	2600
Набор для электрификации	шт.	18753	1	18753
Аккумуляторная батарея	шт.	19000	1	19000
Метизы	шт.	8,0	50	400
Прочее	шт.	1000,0	1	1000
Итого:	–	–	–	56753

«Рассчитываем статью затрат «Основная заработная плата производственных рабочих» по формуле (14):

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{прем}}{100} \right), \quad (14)$$

где Z_m – тарифная заработная плата, р. (формула 15);

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

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (15)$$

где $C_{p.i}$ – часовая тарифная ставка, р. Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: $12792 / (7 \cdot 21) = 87,02$ 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.

T_i – трудоемкость выполнения операции, ч.» [11]

В таблице 14 представлены исходные данные для расчета затрат на выполнение операций.

Таблица 14 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Квалификационный разряд работы	Трудоемкость, ч./час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1	2	3	4	5
Заготовительная	3	3,0	109,64	328,92
Токарная	5	2,0	139,23	278,46
Слесарная	4	3,0	123,56	370,68
Сварочная	5	4,0	139,23	556,92
Сборочная	5	2,5	139,23	348,075
Электромонтажная	4	4,0	123,56	494,24
Испытательная	4	2,0	123,56	247,12
Итого:	–		–	1904,94
Премия	–	–	–	571,48
Всего:	–	–	–	2476,42

«Рассчитываем статью затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» по формуле (16):

$$Z_{дон} = Z_o \cdot K_{вып}, \quad (16)$$

где $K_{вып}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве» [30].

$$Z_{дон} = 2476,42 \cdot 0,14 = 346,7 \text{ р.}$$

«Рассчитываем статью затрат «Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС» по формуле:

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{дон}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (17)$$

где $E_{соц.н.}$ – коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФССМ» [30].

$$C_{\text{соц.н.}} = (2476,42 + 346,7) \cdot 0,3 = 846,94 \text{ р.}$$

«Рассчитываем статью затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» по формуле:

$$C_{\text{сод.обор.}} = 3_O \cdot E_{\text{обор.}}, \quad (18)$$

где $E_{\text{обор.}}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования» [19].

$$C_{\text{сод.обор.}} = 2476,42 \cdot 1,9 = 4705,2 \text{ р.}$$

«Рассчитываем статьи затрат «Цеховые расходы» по формуле:

$$C_{\text{цех.}} = 3_O \cdot E_{\text{цех.}}, \quad (19)$$

где $E_{\text{цех.}}$ – коэффициент цеховых расходов» [30].

$$C_{\text{цех.}} = 2476,42 \cdot 1,7 = 4209,91 \text{ р.}$$

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

$$C_{\text{инстр.}} = 3_O \cdot E_{\text{инстр.}}, \quad (20)$$

где $E_{\text{инстр.}}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку» [30].

$$C_{\text{инстр.}} = 2476,42 \cdot 0,03 = 74,29 \text{ р.}$$

Рассчитываем цеховую себестоимость по формуле (21):

$$C_{цех.себ.} = M + \Pi_u + Z_o + C_{соц.н.} + Z_{дон} + C_{сод.обор.} + C_{цех.} + C_{инстр.} \quad (21)$$

$$C_{цех.себ.} = 16555,5 + 56753 + 2476,42 + 346,7 + 846,94 + 4705,2 + 4209,91 + \\ + 74,29 = 85967,96 \text{ р.}$$

«Рассчитываем статью затрат «Общезаводские расходы» по формуле:

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (22)$$

где $E_{об.зав.}$ – коэффициент общезаводских расходов» [30].

$$C_{об.зав.} = 2476,42 \cdot 1,9 = 4705,2 \text{ р.}$$

Рассчитываем общезаводскую себестоимость по формуле (23):

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.}, \quad (23)$$

$$C_{об.зав.себ.} = 4705,2 + 85967,96 = 90673,16 \text{ р.}$$

«Рассчитываем статью затрат «Коммерческие расходы» по формуле:

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (24)$$

где $E_{ком.}$ – коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов» [30].

$$C_{ком.} = 90673,16 \cdot 0,0029 = 262,95 \text{ р.}$$

Рассчитываем полную себестоимость по формуле (25):

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (25)$$

$$C_{полн.себ.} = 90673,16 + 262,95 = 90936,11 \text{ р.}$$

Рассчитываем отпускную цену для базового и проектируемого изделия по формуле (26):

$$C_{отп.б.} = C_{полнсеб.} \cdot \left(1 + \frac{K_{рент.}}{100}\right), \quad (26)$$

$$C_{отп.б.} = 90936,11 \cdot (1 + 0,3) = 118216,94 \text{ р.}$$

В таблице 15 представлена сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия.

Таблица 15 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Показатель	Затраты на единицу изделия	
	покупное	разрабатываемое
Стоимость основных материалов	–	16555,5
Стоимость покупных изделий	–	56753
Основная заработная плата производственных рабочих	–	2476,42
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	–	346,70
Страховые взносы	–	846,94
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	–	4705,20
Цеховые расходы	–	4209,91
Расходы на инструмент и оснастку	–	74,29
Цеховая себестоимость	–	85967,96
Общезаводские расходы	–	4705,20
Общезаводская себестоимость	–	90673,16
Коммерческие расходы	–	262,95
Полная себестоимость	–	90936,11
Отпускная цена	130000	118216,94

Выполняем расчет безубыточного объема продаж.

Рассчитываем удельные переменные затраты на единицу изделия по формуле (27):

$$Z_{перем.уд.} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{дон} + C_{соц.н.}, \quad (27)$$

$$Z_{перем.уд.} = 16555,5 + 56753 + 2476,42 + 346,7 + 846,94 = 76978,55 \text{ р.}$$

«Рассчитываем переменные затраты на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.}} = Z_{\text{перем.уд.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (28)$$

где $V_{\text{год}}$ – объем производства» [30].

$$Z_{\text{перем.}} = 76978,55 \cdot 25 = 1924463,86 \text{ р.}$$

Рассчитываем постоянные затраты на единицу изделия по формуле (29):

$$Z_{\text{пост.уд.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{ком.}}, \quad (29)$$

$$Z_{\text{пост.уд.}} = 4705,2 + 74,29 + 4209,91 + 4705,2 + 262,95 = 13957,55 \text{ р.}$$

Рассчитываем постоянные затраты на годовую программу выпуска по формуле (30):

$$Z_{\text{пост.}} = Z_{\text{пост.уд.баз.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (30)$$

$$Z_{\text{пост.}} = 13957,55 \cdot 25 = 348938,87 \text{ р.}$$

«Рассчитываем амортизационные отчисления по формуле:

$$A_{\text{м.уд.}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot H_A, \quad (31)$$

где H_A – доля амортизационных отчислений» [20].

$$A_{\text{м.уд.}} = (4705,2 + 74,29) \cdot 0,12 = 573,54 \text{ р.}$$

Рассчитываем полную себестоимость годовой программы выпуска изделия по формуле (32):

$$C_{полн.год.} = C_{полн.с.с.} \cdot V_{год}, \quad (32)$$

$$C_{полн.год.} = 90936,11 \cdot 25 = 2273402,73 \text{ р.}$$

Рассчитываем выручку от реализации изделия по формуле (33):

$$Выручка = Ц_{отп.} \cdot V_{год}, \quad (33)$$

$$Выручка = 118216,94 \cdot 25 = 2955423,55 \text{ р.}$$

Рассчитываем маржинальный доход по формуле (34):

$$Д_{марж} = Выручка - З_{перем.}, \quad (34)$$

$$Д_{марж} = 2955423,55 - 1924463,86 = 1030959,69 \text{ р.}$$

Рассчитываем критический объем продаж по формуле (35):

$$A_{крит} = \frac{З_{пост.}}{(Ц_{отп.} - З_{перем.уд.})}, \quad (35)$$

$$A_{крит} = \frac{348938,87}{(118216,94 - 76978,55)} \approx 8.$$

4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта

«Срок эксплуатации электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов определяем в 5 лет. Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом по формуле:

$$\Delta = \frac{V_{\max} - A_{крит}}{(n - 1)}, \quad (36)$$

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

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

n – количество лет, с учётом предпроизводственной подготовки»
[30].

$$\Delta = \frac{25 - 8}{(6 - 1)} \approx 3 \text{ шт.}$$

Рассчитываем объем продаж по годам по формуле (37):

$$V_{\text{прод}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta, \quad (37)$$

$$V_{\text{прод}1} = 8 + 1 \cdot 4 = 12 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}2} = 8 + 2 \cdot 4 = 16 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}3} = 8 + 3 \cdot 4 = 20 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}4} = 8 + 4 \cdot 4 = 24 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}5} = 8 + 5 \cdot 4 = 28 \text{ шт.}$$

Рассчитываем выручку по годам по формуле (38):

$$\text{Выручка}_i = C_{\text{омн.}} \cdot V_{\text{прод}i}, \quad (38)$$

$$\text{Выручка}_1 = 118216,94 \cdot 12 = 1899030,0 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_2 = 118216,94 \cdot 16 = 2215535,0 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_3 = 118216,94 \cdot 20 = 2532040,0 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_4 = 118216,94 \cdot 24 = 2848545,0 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_5 = 118216,94 \cdot 28 = 3165050,0 \text{ р.}$$

Рассчитываем переменные затраты по годам для базового варианта по формуле (39):

$$Z_{перем.i} = Z_{перем.уд.б.} \cdot V_{прод.i}, \quad (39)$$

$$Z_{перем.1} = 76978,55 \cdot 12 = 923742,65 \text{ р.},$$

$$Z_{перем.2} = 76978,55 \cdot 16 = 1231656,87 \text{ р.},$$

$$Z_{перем.3} = 76978,55 \cdot 20 = 1539571,09 \text{ р.},$$

$$Z_{перем.4} = 76978,55 \cdot 24 = 1847485,31 \text{ р.},$$

$$Z_{перем.5} = 76978,55 \cdot 28 = 2155399,52 \text{ р.}$$

Рассчитываем амортизацию (только для проектного варианта) по формуле (40):

$$A_m = A_{m.уд.} \cdot V_{год}, \quad (40)$$

$$A_m = 573,51 \cdot 25 = 16059,09 \text{ р.}$$

Рассчитываем полную себестоимость по годам для базового варианта по формуле (41):

$$C_{полн.i} = Z_{перем.i} + Z_{пост.i}, \quad (41)$$

$$C_{полн.1} = 923742,65 + 348938,87 = 1272681,52 \text{ р.},$$

$$C_{полн.2} = 1231656,87 + 348938,87 = 1580595,74 \text{ р.},$$

$$C_{полн.3} = 1539571,09 + 348938,87 = 1888509,96 \text{ р.},$$

$$C_{полн.4} = 1847485,31 + 348938,87 = 2196424,18 \text{ р.},$$

$$C_{полн.5} = 2155399,52 + 348938,87 = 2504338,39 \text{ р.}$$

Рассчитываем налогооблагаемую прибыль по годам по формуле (42):

$$Пр_{обл.i} = (Выручка - C_{полн.i}), \quad (42)$$

$$Пр_{обл.1} = (1418603,3 - 1272681,52) = 145921,78 \text{ р.},$$

$$Пр_{обл.2} = (1891471,07 - 1580595,74) = 310875,33 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.3} = (2364338,84 - 1888509,96) = 475828,88 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.4} = (2837206,61 - 2196424,18) = 640782,43 \text{ р.},$$

$$Pr_{обл.5} = (3310074,37 - 2504338,39) = 805735,98 \text{ р.}$$

Рассчитываем налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам по формуле (43):

$$H_{np.i} = Pr_{обл.i} \cdot 0,2, \quad (43)$$

$$H_{np.1} = 29184,36 \text{ р.},$$

$$H_{np.2} = 62175,07 \text{ р.},$$

$$H_{np.3} = 95165,78 \text{ р.},$$

$$H_{np.4} = 128156,49 \text{ р.},$$

$$H_{np.5} = 161147,2 \text{ р.}$$

Рассчитываем чистую прибыль по годам по формуле (44):

$$Pr_{ч.i} = Pr_{обл.i} - H_{np.i}, \quad (44)$$

$$Pr_{ч.1} = 116737,43 \text{ р.},$$

$$Pr_{ч.2} = 248700,27 \text{ р.},$$

$$Pr_{ч.3} = 380663,11 \text{ р.},$$

$$Pr_{ч.4} = 512625,95 \text{ р.},$$

$$Pr_{ч.5} = 644588,79 \text{ р.}$$

«Рассчитываем экономию от повышения надежности и долговечности проектируемого электрического транспортного средства для транспортировки грузов по формуле:

$$Pr_{ож.д} = Ц_{отн.} \cdot \frac{Д_2}{Д_1} - Ц_{отн.}, \quad (45)$$

где D_1 и D_2 – долговечность изделия соответственно по базовому и проектируемому варианту, предполагается, что долговечность разрабатываемого электрического транспортного средства для транспортировки грузов не изменилась» [23].

$$Pr_{ож.д} = 130000 \cdot 1 - 118216,94 = 11783,06 \text{ р.}$$

Рассчитываем текущий чистый доход (накопленное сальдо) по формуле (46):

$$ЧД_i = Pr_{ч.и} + A_m + Pr_{ож.д} \cdot V_{прод_i}, \quad (46)$$

$$ЧД_1 = 116737,43 + 16059,09 + 11783,06 \cdot 12 = 274193,21 \text{ р.,}$$

$$ЧД_2 = 248700,27 + 16059,09 + 11783,06 \cdot 16 = 453288,28 \text{ р.,}$$

$$ЧД_3 = 380663,11 + 16059,09 + 11783,06 \cdot 20 = 632383,35 \text{ р.,}$$

$$ЧД_4 = 512625,95 + 16059,09 + 11783,06 \cdot 24 = 811478,43 \text{ р.,}$$

$$ЧД_5 = 644588,79 + 16059,09 + 11783,06 \cdot 28 = 990573,5 \text{ р.}$$

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

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{см.i})^t}, \quad (47)$$

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

t – год приведения затрат и результатов» [30].

$$\alpha_1 = 0,952,$$

$$\alpha_2 = 0,907,$$

$$\alpha_3 = 0,864,$$

$$\alpha_4 = 0,823,$$

$$\alpha_5 = 0,783.$$

«В целях определения оценки эффективности инвестиционного проекта по шагам расчетного периода рассчитываем дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам (текущий чистый дисконтированный доход» [30].

Определяется по формуле:

$$ДСП_i = ЧД_i \cdot \alpha_i, \quad (48)$$

$$ДСП_1 = 261136,39 \text{ р.},$$

$$ДСП_2 = 411145,83 \text{ р.},$$

$$ДСП_3 = 546276,52 \text{ р.},$$

$$ДСП_4 = 667605,31 \text{ р.},$$

$$ДСП_5 = 776140,25 \text{ р.}$$

Рассчитываем суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока за расчетный период по формуле (49):

$$\sum ДСП = ДСП_i, \quad (49)$$

$$\begin{aligned} \sum ДСП &= 261136,39 + 411145,83 + 546276,52 + 667605,31 + \\ &+ 776140,25 = 2662304,31 \text{ р.} \end{aligned}$$

Рассчитываем потребность в капиталобразующих инвестициях по формуле (50):

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полнпр.i}, \quad (50)$$

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

$$J_0 = 0,086 \cdot 9442549,79 = 812059,28 \text{ р.}$$

Рассчитываем чистый дисконтированный доход по формуле (51):

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= \sum \text{ДСП} - J_0, \\ \text{ЧДД} &= 2662304,31 - 812059,29 = 1850245,02 \text{ р.} \end{aligned} \quad (51)$$

Рассчитываем индекс доходности по формуле (52):

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_0}, \quad (52)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$JD = \frac{1850245,02}{812059,29} = 2,28.$$

Рассчитываем срок окупаемости проекта по формуле (53):

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}}, \quad (53)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{812059,29}{1850245,02} = 0,44.$$

Выводы по разделу.

При расчете экономических показателей по внедрению

электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов в массовое производство было определено, что стоимость проектного варианта ниже себестоимости покупного варианта, и даже при сохранении ресурса проектной конструкции ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем. Для этого произведен расчет на общественную эффективность электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов и была вычислена ожидаемая прибыль от внедрения электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов в производство.

Чистый дисконтированный доход от внедрения электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов составляет 1850245,02 р.

Срок окупаемости данного электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов согласно вычислениям равен 0,44 года.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Разработка конструкции электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- рассмотрена история развития электровелосипедов в мире, а также текущее развитие электрического транспорта в России;
- проведен обзор конструкций велосипедов, доступных для приобретения, описаны их достоинства и недостатки;
- составлено техническое задание и предложение на разработку электрического транспортного средства, подобрано оборудование, модернизирована рама велосипеда;
- выполнена конструкторская разработка электрического транспортного средства для транспортировки грузов;
- рассмотрена безопасность и экологичность проекта;
- определена экономическая эффективность электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов.

Проект электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение. Проектируемое транспортное средство на 11783,06 р. дешевле аналога при прочих равных эксплуатационных возможностях. Срок окупаемости по проекту равен 0,44 года. Всё это говорит о целесообразности разработки данной конструкции.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
3. Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
6. Бусыгин, Б. П. Электромобили : (Методы расчета). Учеб. пособие / Б. П. Бусыгин. - М. : МАДИ, 1979. - 72 с.
7. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
8. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. 1973. – 195 с.
9. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
10. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
11. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г.Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
12. Галкин, Ю. М. Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили) [Текст] : [История развития, тяговый расчет, конструкция и эксплуатация] / Инж. Ю. М. Галкин. - Москва ; Ленинград : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1938 (М. : Образцовая тип.). - 160 с.

13. Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

14. Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

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

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

17. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.

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

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

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

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

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

23. Демидов, Н. Н. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили : учебное пособие / Н. Н. Демидов, А. А.

Красильников, А. Д. Элизов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2016. - 95 с.

24. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

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

26. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

27. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

28. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

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

30. Ютт, В. Е. Электрооборудование электромобилей : Тяговые аккумулятор. батареи. Тяговое электрооборуд. постоянн. тока. Учеб. пособие / В. Е. Ютт, С. А. Бабешко. - М. : МАДИ, 1984. - 125 с.

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

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

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

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

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

Приложение А
Спецификация

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
А4			21.ДП.ПЭА.127.61.00.000.СБ	Пояснительная записка	1	
А1			21.ДП.ПЭА.127.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3	
<i>Сборочные единицы</i>						
А1	1		21.ДП.ПЭА.127.61.01.000	Рама	1	
А1	2		21.ДП.ПЭА.127.61.02.000	Рама тележки для перевозки грузов	1	
	3		21.ДП.ПЭА.127.61.03.000	Рулевое управление	1	
	4		21.ДП.ПЭА.127.61.04.000	Контроллер и батарея	1	
	5		21.ДП.ПЭА.127.61.05.000	Колесо	2	
	6		21.ДП.ПЭА.127.61.06.000	Подвеска	2	
	7		21.ДП.ПЭА.127.61.07.000	Мотор-колесо	1	1 кВт
	8		21.ДП.ПЭА.127.61.08.000	Педальный узел	1	
	9		21.ДП.ПЭА.127.61.09.000	Ручка акселератора	1	
	10		21.ДП.ПЭА.127.61.10.000	Ручка тормоза	1	
<i>Детали</i>						
	11		21.ДП.ПЭА.127.61.00.011	Сиденье	1	
	12		21.ДП.ПЭА.127.61.00.012	Крыло	1	
			21.ДП.ПЭА.127.61.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разработчик	Золотов	Золотов	Бабровский		Модель 3D электрического транспортного средства для перевозки малогабаритных грузов ТГУ, ИМ, АТС-1601а	
Начальник	Бабровский	Бабровский	Бабровский			
Утв.					Копировал Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на модель электрического транспортного средства для перевозки малогабаритных грузов