

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 Проектирование малогабаритного компактного электрического транспорта для
транспортировки негабаритных грузов

Обучающийся

Н.С. Макаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Проектирование малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов».

Дипломный проект посвящен проектированию малогабаритного компактного электрического транспорта, предназначенного для транспортировки грузов. В работе рассматривается вопрос проектирования и создания такого транспортного средства с использованием передовых технологий и инновационных решений.

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 98 страниц с приложением. Графическая часть состоит из 10 листов формата А1. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

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

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

В третьем разделе выбран, обоснован и составлен технологический процесс сборки.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, разработаны меры и мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта дипломного проекта.

В пятом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation project is: «The design development of a small-sized compact electric bicycle for transporting oversized cargo».

The graduation project consists of: an introduction, five general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation work is the construction development of the small-sized compact electric bicycle, which is intended for transporting cargo.

We touch upon the problem of developing a relatively inexpensive compact electric bicycle for transporting cargo in order to popularize the electric transport and improve the environmental situation in cities.

The aim of the graduation project is to develop the design of a small-sized compact electric bicycle for transporting oversized cargo.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the overview of the electric bicycles development history; the analysis of the current state of the Russian electric bicycle market; the review of the electric cargo bikes; the terms of reference and the technical proposal for the design development of the electric bicycle for transporting oversized cargo; the design calculations.

We also examine the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we report the results of the economic efficiency calculation of the project.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 Исторический обзор развития электровелосипедов	7
1.2 Электрический велосипед в России текущее положение.....	12
1.3 Обзор «карго» электровелосипедов.....	13
2 Конструкторская часть	27
2.1 Техническое задание на разработку малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов	27
2.2 Техническое предложение на разработку малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов	30
2.3 Конструкторские расчеты.....	46
3 Технологический раздел.....	51
3.1 Обоснование выбора технологического процесса	51
3.2 Разработка технологического процесса сборки	56
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	62
4.1 Описание технологического процесса сборки малогабаритного компактного электрического транспорта с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны	63
4.2 Идентификация профессиональных рисков	64
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	66
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	72
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса	75
5 Экономическая эффективность проекта.....	78
5.1 Расчет себестоимости проектируемого малогабаритного компактного электрического транспорта.....	78
5.2 Расчет коммерческой эффективности проекта.....	87
Заключение	94
Список используемой литературы и используемых источников.....	95
Приложение А. Спецификация.....	98

Введение

Многие автопроизводители уже работают над разработкой более совершенных и экологически чистых двигателей, таких как электрические двигатели, гибридные двигатели и двигатели на водороде. Эти технологии позволяют снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшить зависимость от нефтепродуктов.

Замена двигателей внутреннего сгорания на более современные устройства может принести значительные выгоды как для окружающей среды, так и для экономии топлива. Кроме того, новые технологии могут обеспечить более высокую производительность и надежность автомобилей.

Однако, переход на более совершенные и экологически чистые двигатели требует значительных инвестиций и технических изменений в производстве автомобилей. Кроме того, необходимо развивать инфраструктуру для зарядки электромобилей и обеспечения доступа к водородным заправочным станциям.

«В целом, замена двигателей внутреннего сгорания на более совершенные и экологически чистые устройства является важным шагом в направлении устойчивого развития автомобильной индустрии и защиты окружающей среды» [2].

Электромобили становятся все более популярными в современном мире из-за их экологической чистоты и экономической эффективности. Вот несколько преимуществ использования электромобилей:

- экологическая чистота: электромобили не выбрасывают вредные газы в атмосферу, что помогает уменьшить загрязнение окружающей среды и бороться с изменением климата.
- экономия на топливе: зарядка электромобиля обычно дешевле, чем заправка бензином или дизелем, что позволяет сэкономить деньги на эксплуатации автомобиля.

- технологические новшества: электромобили обычно оснащены самыми современными технологиями, такими как автоматическое управление, системы безопасности и дистанционное управление.
- удобство зарядки: сеть зарядных станций для электромобилей постоянно расширяется, что делает зарядку автомобиля более удобной и доступной.
- меньшие операционные расходы: электромобили требуют меньше обслуживания и ремонта, так как у них нет двигателя внутреннего сгорания и других подвижных частей.

«С учетом растущей популярности электрических приводов в современных тенденциях, было принято решение создать конструкцию транспортного средства на основе велосипеда с электрическим приводом. Это позволило бы перевозить небольшие грузы, сохраняя в то же время высокую мобильность» [1].

Важным аспектом проектирования такого транспорта является его экологичность и энергоэффективность. Поэтому необходимо использовать современные технологии и материалы, которые обеспечат минимальное воздействие на окружающую среду и максимальную эффективность использования энергии.

1 Состояние вопроса

1.1 Исторический обзор развития электровелосипедов

Развитие электровелосипедов началось более ста лет назад, однако происходило это довольно медленными темпами.

«В конце 1890-х годов в США было зарегистрировано несколько патентов на электровелосипеды. Например, 31 декабря 1895 года был выдан патент США № 552271 Огдену Болтону-младшему (рисунок 1), касающийся электровелосипеда с задним моторным колесом» [2].

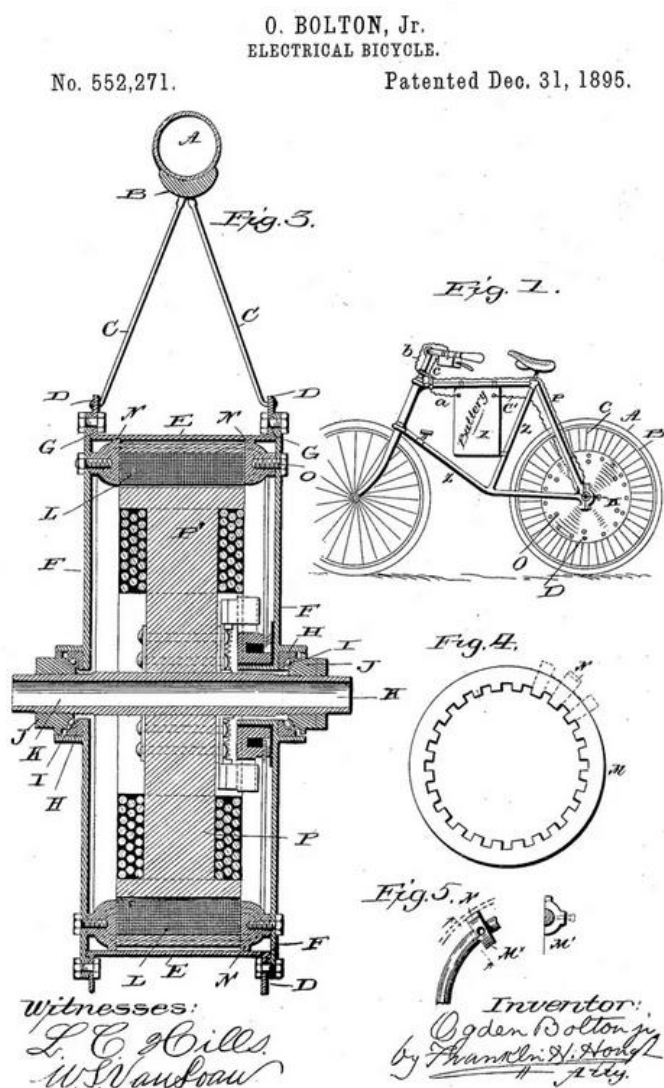


Рисунок 1 – Патент США № 552271 «Электровелосипед с задним мотор-колесом»

«Через два года, в 1897 году, Осия У Либби из Бостона создал электрический велосипед с двумя батареями (запатентовано в США под номером 596272), оснащенный двойным электродвигателем (рисунок 2). При движении по ровной дороге использовалась только одна батарея, а при подъеме включалась вторая» [2].

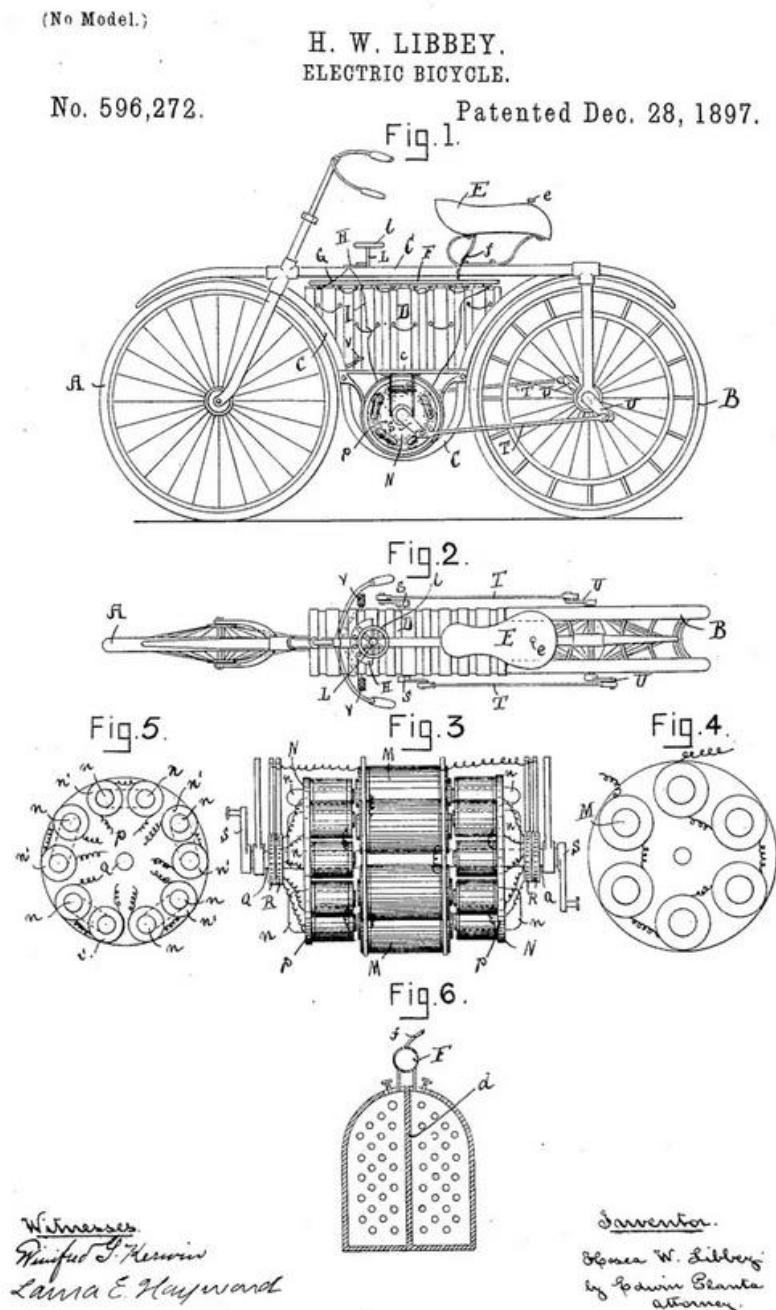


Рисунок 2 – Патент США №596272 «электрический велосипед с двумя батареями»

«На Stenlev Show в 1897 году был представлен электрический тандем (рисунок 3), о котором говорится, что он был разработан компанией Humber из Великобритании. Исторические данные о данном тандеме не сохранились, и детальной информации о нем не известно» [2].



Рисунок 3 – Конструкция электрического тандем

«В патенте США № 627066, выданном Джоном Шнепфом в 1899 году, 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 стала выпускать "электроциклеты" с максимальной скоростью 25 км/ч, дальностью до 30 км и весом 75 кг. В 1930-х годах количество компаний, производящих электровелосипеды, увеличилось до нескольких десятков. Однако развитие электротранспорта сдержала наступившая Вторая мировая война. В 1946 году дизайнер автомобилей Бенджамин Боуден на ярмарке в Лондоне представил прототип "электровелосипеда будущего" под названием Classic (рисунок 5). Этот футуристический электробайк накапливал энергию на спусках и включал электропривод для подъема в гору» [6].

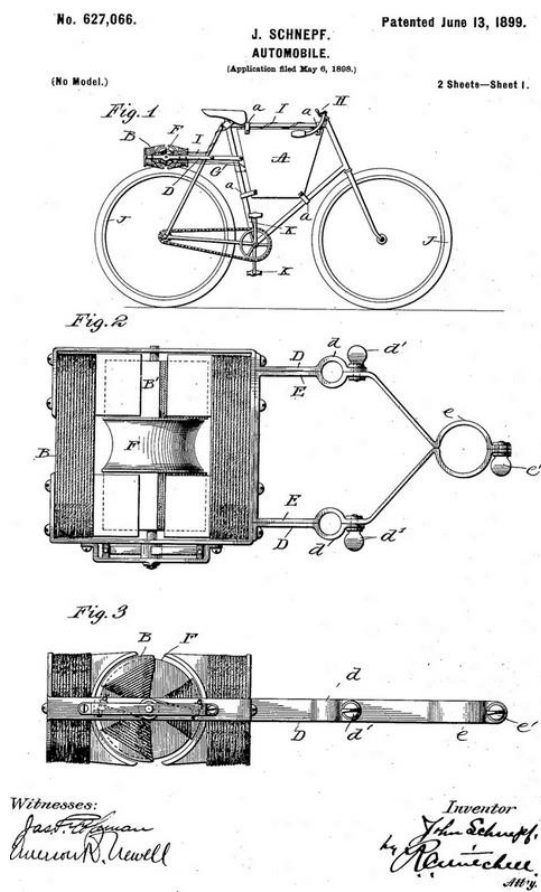


Рисунок 4 – Патент США № 627066 «Первый электрический велосипед с фрикционным мотором»



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

«В 1970 году Panasonic выпустил свой первый электровелосипед, за которым последовали несколько разработок различных компаний, однако ни одна из них не стала серийной. В те годы развитие электротранспорта замедлялось из-за большого веса батарей. Первые датчики крутящего

момента и контроллеры были разработаны в конце 1990-х годов, включая патент Такада Ютки из Японии, зарегистрированный в 1997 году. В 1992 году компания Vector Services Limited создала и выпускала на продажу электровелосипед Zike (рисунок 6) который включал никель-кадмиевые аккумуляторы интегрированные в элемент рамы. Кроме Zike, в 1992 году практически не существовало коммерческих электровелосипедов» [28].



Рисунок 6 – Электровелосипед Zike

«Инженеры известного японского автомобильного концерна Yamaha уже в 1989 году разработали один из первых прототипов электровелосипеда, а систему помощи педалям изобрели в 1993 году» [23].

«С 1993 по 2004 год производство электровелосипедов увеличилось примерно на 35%, но основным препятствием стало отсутствие относительно доступных, легких, емких, долговечных и безопасных аккумуляторов. Некоторые из более дешевых моделей электровелосипедов использовали громоздкие свинцово-кислотные батареи, тогда как в современных моделях обычно применяются никель-металлогидридные, никель-кадмиевые и/или литий-ионные аккумуляторы.

Постепенный рост популярности электровелосипедов в мире начался с 1998 года, причем центром этого развития стал Китай. К 2007 году

считалось, что электровелосипеды составляют от 10 до 20 процентов всех двухколесных транспортных средств на улицах многих крупных городов Китая. В 2016 году ежедневно в Китае использовалось около 210 миллионов электрических велосипедов, а в Европе за тот же период было продано примерно 2 миллиона. К 2023 году популярность электровелосипедов возросла в разы, и в большинстве крупных городов мира этот вид транспорта стал обыденным» [11].

1.2 Электрический велосипед в России текущее положение

«В современном мире, где электровелосипеды высокого качества покорили все улицы, жители России только начинают вникать в самосборы на основе доступных мотор-колес» [1].

«Это явление происходит по нескольким причинам:

- общая технологическая задержка в стране;
- низкий уровень доходов большинства населения, что влечет за собой стратегию потребления "чем дешевле, тем лучше";
- инфраструктура городов представляет малую поддержку для широкого использования велосипедов и не слишком удобна в повседневной жизни;
- вне крупных городов велосипедистов постоянно подвергают угрозе особенно собаки, особенно для детей и женщин;
- разнообразные конфликты между участниками движения: пешеходы недолюбливают велосипедистов и водителей, велосипедисты испытывают агрессию к пешеходам и автовладельцам, а водители часто находятся в шоке от поведения пешеходов и велосипедистов;
- приобретая или собирая электровелосипед, необходимо помнить, что они подвержены кражам, что делает их неудобными для поездок по магазинам и вызывает проблемы с их хранением;

- в многих странах муниципалитеты предоставляют до 1000 евро гражданам, решившим купить электрический велосипед, чтобы уменьшить количество автомобилей и улучшить экологию. В России такой программы пока не предусмотрено;
- по состоянию на 2024 год даже в Москве отсутствуют веломастерские с сертифицированными мастерами по ремонту кареточных веломоторов» [5].

1.3 Обзор «карго» 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 приобретает 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» [4].

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» [5].

Компания Riese & Muller (рисунок 7) выпускает 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 Kona одна модель грузового электровелосипеда (рисунок 9).



Рисунок 9 – Электровелосипед Kona

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

«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» [8].



Рисунок 12 – Электровелосипед Venno Bikes

«Компания Riese & Muller выпускает четыре модели грузовых электровелосипедов (рисунок 13) с обширным пространством для грузов расположенном перед водителем. Есть, как городские велосипеды, так и конструкции для туризма. R&M на данный момент – лидер, как по

количеству моделей, так и по объемам продаж в этом секторе электровелосипедостроения» [21].



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» [11].



Рисунок 14 – Электровелосипед Elian E-drive

E-multi Steps и e-multi «рх» (рисунок 15) – похожие конструктивно модели электрических карговелосипедов, со складывающимися боксами 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 СМе,
- масса 46,5 кг» [28].

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» [14].

На рисунке 18 представлен электровелосипед Electrified Bullitt, имеющий следующие 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» [29].



Рисунок 18 – Электровелосипед Electrified Bullitt

Компания Urban Arrow производит три модели двухколесных электрических каргобайков (рисунок 19).



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. В Европе используются в основном службами доставки.

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» [33].

Компания Radkutsche из Баварии (Германия) наладила выпуск грузового электровелосипеда Musketier (рисунок 22).



Рисунок 22 – Электровелосипед Radkutsche трехколесный

Urban Arrow выпускает трехколесные грузовые электровелосипеды Tender (рисунок 23) с разными вариантами грузовой платформы.



Рисунок 23 – Электровелосипед Tender

Компания Chike из немецкого Гамбурга наладила выпуск трехколесных электровелосипедов на моторах компании Shimano (рисунок 24).



Рисунок 24 – Электровелосипед Chike

Вес электровелосипеда составляет 40 кг. Допустимая общая масса составляет 200 кг. На грузовую платформу предусмотрена установка штатного ящика для багажа.

«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» [33].



Рисунок 25 – Электровелосипед Stroke Cargo Trike

Американская компания Bunch-bike наладила выпуск трехколесных электрокаргобайков (рисунок 26).



Рисунок 26 – Электровелосипед Bunch-bike

Butchers & bicycles выпускает трехколесный «грузовичок» поставляемый в нескольких модификациях (рисунок 27). Из особенностей конструкции велосипеда можно выделить рулевое управление Ackermann с механизмом наклона передних колес.



Рисунок 27 – Butchers & bicycles

«По данным [34] в Лондоне автомобили едут со средней скоростью 11,2 км/час. Кроме того, исследование [32] показало, что в период с 2016 по 2017 год скорость движения в некоторых городах Великобритании упала на целых 20% и в дальнейшем эта тенденция сохранится» [6].

Для предприятий (организаций) занимающихся доставкой это становится большой проблемой.

«Итальянская компания Royal Mail GLS over начала экспериментировать с доставкой посредством грузовых велосипедов. За ней последовали DHL, UPS, AnPost 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 компактные, маневренные виды транспорта.

Исследование, проведенное в рамках программы Intelligent Energy Europe показало, что предприятия могут сэкономить и повысить эффективность 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» [7].

Электровелосипеды прошли долгий путь развития от первых прототипов до современных моделей, которые предлагают высокую производительность, удобство и экологичность. В будущем, с развитием технологий и увеличением спроса на экологически чистые виды транспорта, электровелосипеды, скорее всего, будут продолжать развиваться и становиться все более популярными.

Выводы по разделу.

В разделе была рассмотрена история развития электровелосипедов в мире, детально проведен обзор конструкций велосипедов, доступных для приобретения, описаны их достоинства и недостатки. В целом, раздел позволяет ознакомиться с основными аспектами выбора, использования и обслуживания электровелосипедов.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов

Для проектирования малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов необходимо учитывать ряд особенностей.

Во-первых, транспорт должен быть достаточно мощным, чтобы перевозить грузы больших размеров и весом. Поэтому необходимо уделить особое внимание выбору электродвигателя и батареи, чтобы обеспечить достаточную грузоподъемность и дальность хода.

Во-вторых, компактный транспорт должен быть легким и маневренным, чтобы обеспечить удобство в управлении и возможность проезда по узким улицам и проходам. Для этого необходимо разработать уникальную конструкцию шасси и колес, которая обеспечит устойчивость и маневренность при транспортировке негабаритных грузов.

Также важно обеспечить безопасность как для груза, так и для оператора. Для этого необходимо предусмотреть специальные системы крепления груза, а также обеспечить надежное торможение и управление транспортом.

Важным аспектом проектирования такого транспорта является также его экологичность и энергоэффективность. Поэтому необходимо использовать современные технологии и материалы, которые обеспечат минимальное воздействие на окружающую среду и максимальную эффективность использования энергии.

Наконец, важно учитывать потребности потенциальных пользователей такого транспорта и строить его функционал на основе этих потребностей. Только так можно создать идеальный компактный электрический транспорт

для транспортировки негабаритных грузов, который будет удовлетворять требованиям рынка и принести успех производителю.

«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.

Транспортное средство для транспортировки грузов предназначено для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье» [2].

«К конструкции электрического транспортного средства 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.
- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования» [21].

«Исходя из конструктивных соображений и представленных на рынке предложений 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» [12].

«Использовать транспортное средство должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации» [18].

«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 требуется в сухом помещении» [10].

«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 «ТГУ». На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется» [23].

2.2 Техническое предложение на разработку малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов

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

«Электрическое транспортное средство 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» [12].

«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. » [12].

«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» [12].

Проведенный анализ конструктивных особенностей транспортных средств показал, что ни одно из них не отвечает (в полной мере), установленным в ТЗ требованиям, что обуславливает необходимость разработки новой конструкции.

«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» [21].

Основой для всего проектирования конструкции является рама для транспортировки грузов, которая может быть изготовлена из профиля прямоугольного или круглого сечения (рисунок 28).

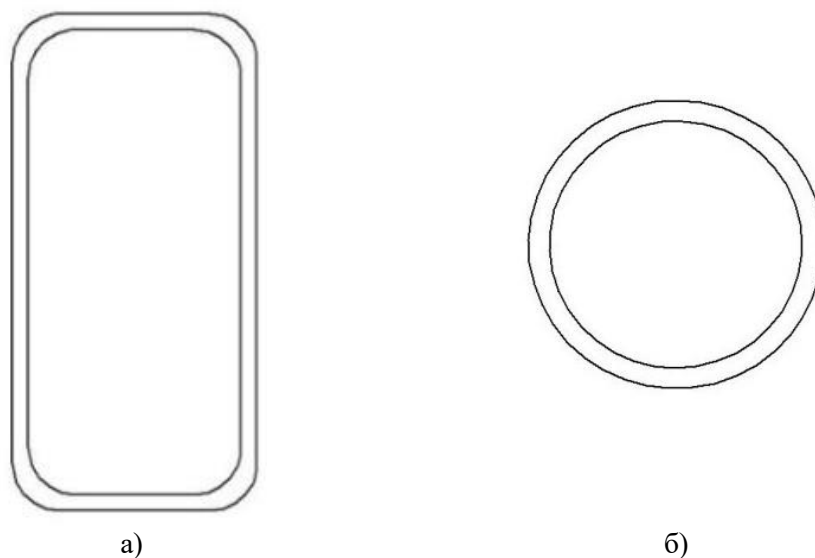


Рисунок 28 – Виды профиля для рамы

«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» [12].

Используем спроектированную форму рамы (рисунок 29), гибрида велосипеда и тележки.

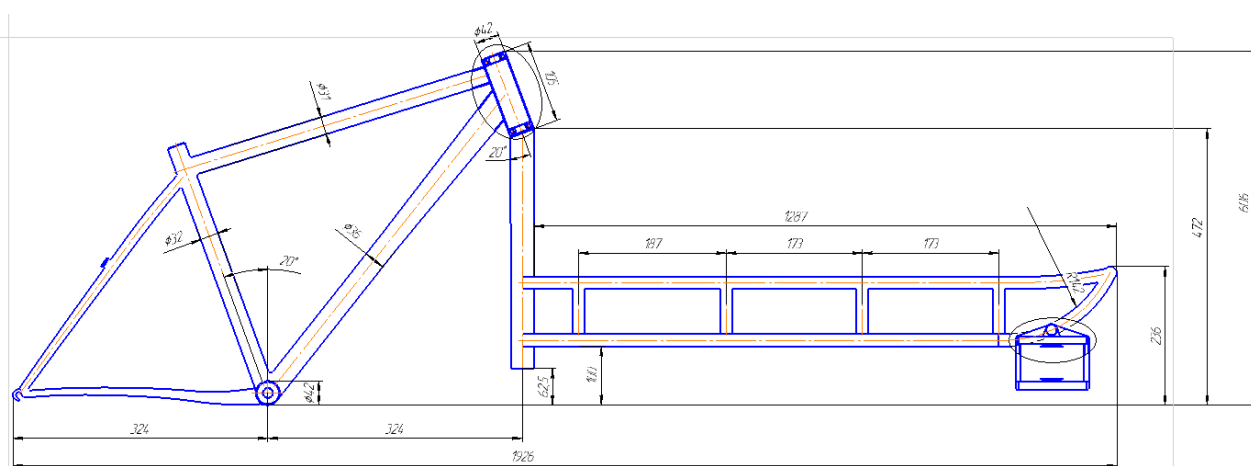


Рисунок 29 – Конструкция рамы транспортного средства

«Для обеспечения поворота колес предусматриваем рулевое управление с реечным механизмом (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» [2].

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

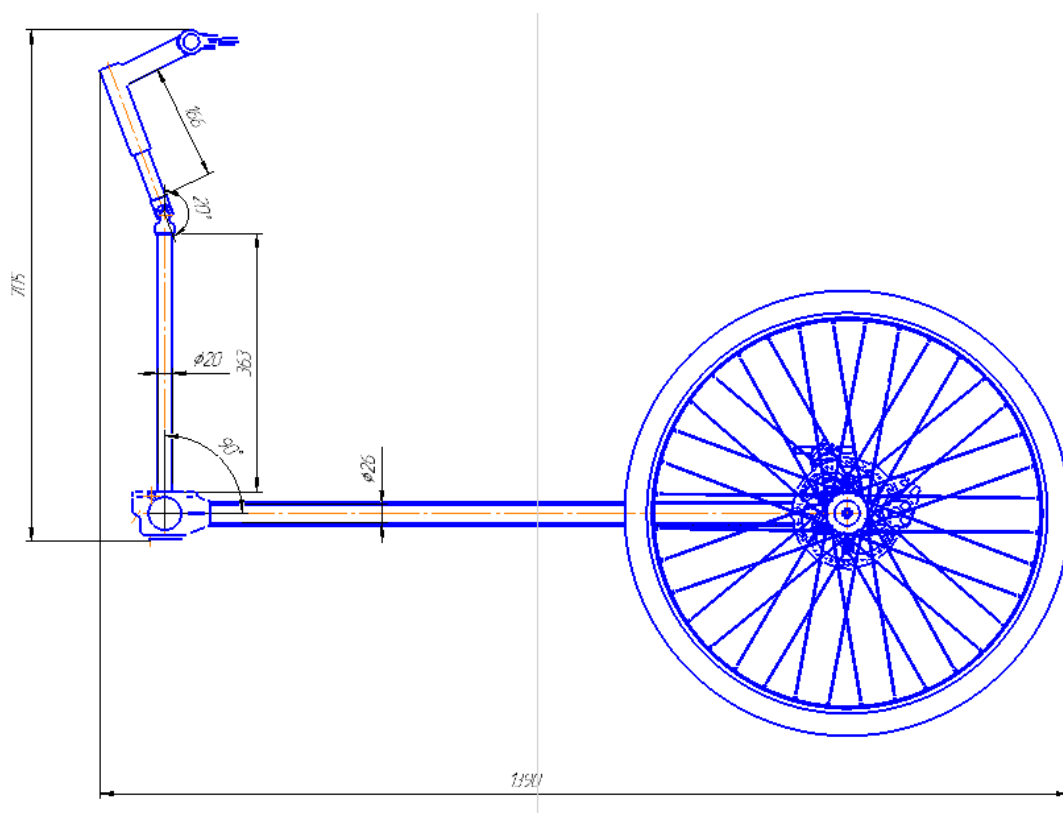


Рисунок 30 – Конструкция рулевого привода

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. 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 Eltreco 48V мощностью 1000 Вт (рисунок 31) с техническими характеристиками представленными в таблице 1» [10].



Рисунок 31 – Мотор-колесо Eltreco 48V

Таблица 1 – Технические характеристики мотор-колеса Eltreco 48V

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

Для удобства электрификации конструкции выбираем готовый комплект (рисунок 32) для мотор-колеса Eltreco 48V.

«В комплект входят:

- мотор ELTRECO 48V,
- контроллер 36/48V20A LCD,
- LCD дисплей OMT-M3,
- ручка газа,
- датчик PASS,
- ручки тормоза комплект черные,
- обод двойной 20" с усиленными спицами» [13].



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» [13].



Рисунок 33 – Ручка акселератора

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

Также в комплект поставки входят соединительный кабель необходимой длины в комплекте.



Рисунок 34 – Ручки тормоза

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 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» [35].

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. Такие батареи обычно рассчитаны на 50-60 ячеек. Данное решение весьма распространенное для бюджетных городских электробайков» [8].

Батарея на подседельный штырь (рисунок 38).

«Данный вид батарей популярны у владельцев велосипедов с двух подвесной конструкцией рамы, поскольку размещение багажника конструктивно не предусмотрено, а место внутри треугольника рамы зачастую занято амортизатором заднего колеса.

Центр тяжести высок и смещен назад.

Дополнительный минус:

- вероятнее всего не получится использовать лучший амортизационный подседельный штырь;
- не подходит для e-MTB из-за высокой уязвимости от ударах при падении» [8].



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» [24].



Рисунок 39 – Батарея «Треугольник» на раму

Бутылка на раму (рисунок 40).

«Можно выделить преимущества данного решения:

- 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)» [27].



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» [2].



Рисунок 41 – Батарея «Дельфин» на раму

«Батарея 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» [2].

Пример пространственной рамы представлен на рисунке 42.

«Металлические батарейные отсеки, к которым приделаны руль, колеса и прочие мелочи. Эти конструкции рассчитаны на высокие скорости и дальнобойность» [25].



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» [29].

Модульные системы аккумуляторных батарей (рисунок 43).



Рисунок 43 – Модульная система

«Многие производители электровелосипедов используют модульные системы, которые позволяют добавлять к интегрированной в раму батарее дополнительную внешнюю такой же или меньшей емкости» [22].

С учетом конструктивных преимуществ и недостатков аккумуляторных батарей, выбираем батарею формы «Треугольник» (рисунок 44)



Рисунок 44 – Батарея «Треугольная»

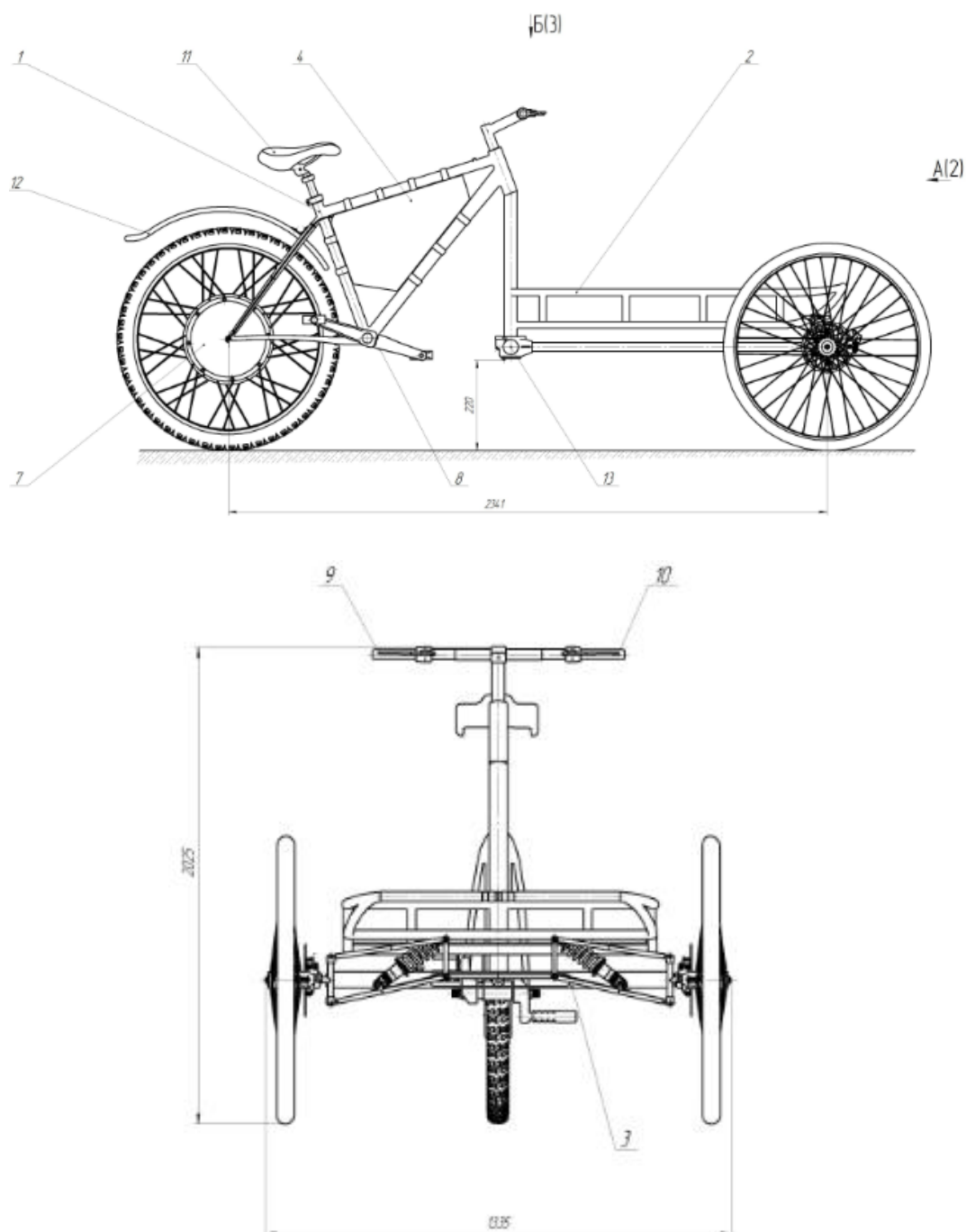
«Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе конструкторской части пояснительной записки, в которой предполагается проведение конструкторских расчетов» [2].

Составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 45).

При составлении компоновочной схемы следует стремиться к оптимальному размещению элементов, обеспечивающему эффективное функционирование конструкции и ее долговечность. Компоновочная схема размещения элементов конструкции должна быть логичной и удобной для использования. Важно учитывать не только функциональные аспекты, но и

эстетическую составляющую, чтобы конструкция выглядела привлекательно и эргономично.

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» [2].

«Различают:

- продолжительную мощность,
- кратковременную (30 минутную, часовую, двухчасовую),
- мощность, предельную при коротких перегрузках (на несколько минут, секунд), ограничивается коммутацией и механической прочностью» [34].

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

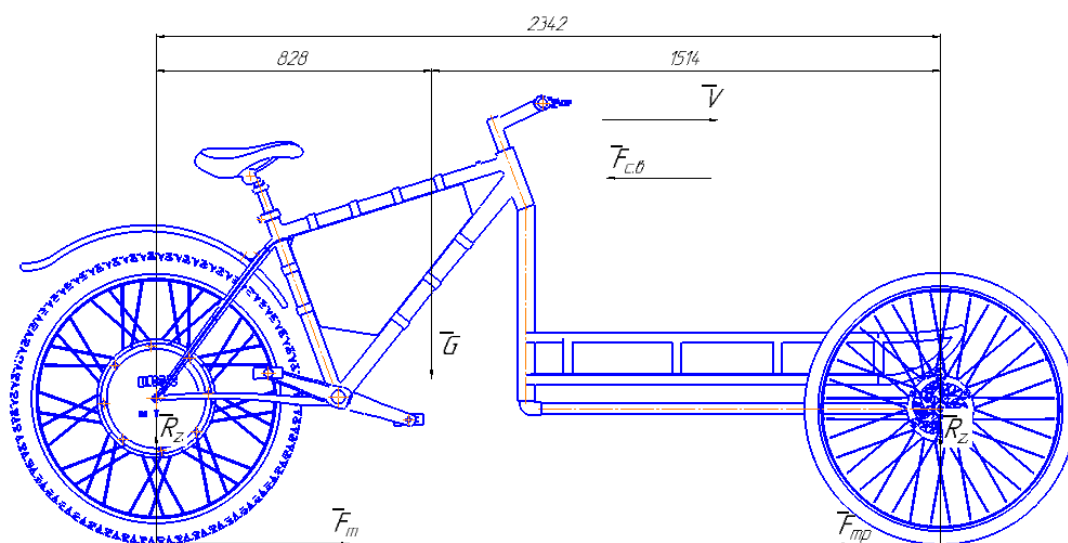
Данные для расчета мощности мотор-колеса электрического транспортного средства для транспортировки малогабаритных грузов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – 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» [2].	80

Продолжение таблицы 2

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 ($\rho_в$), кг/м ³ » [2].	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» [19].

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 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 от 110 до 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» [9].

«При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деграционные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения. Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих источников питания.» [2].

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

Вычисляем затрачиваемую энергию на движение:

$$Q = N_{II} \cdot t, \quad (4)$$

$$Q = 565 \cdot 1,6 = 904 \text{ Дж.}$$

Вычисляем ток отдачи батареи:

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

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

Вычисляем минимальную емкость аккумуляторной батареи:

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

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

Выполнив анализ и сравнение представленных на рынке аккумуляторных батарей, а также с учетом рассчитанной емкости аккумуляторной батареи, решено использовать треугольную литий-ионную батарею с напряжением 48 В, емкостью 20,5 А·ч. Размеры и технические характеристики батареи наиболее полно соответствуют требованиям технического задания.

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» [2].

Выводы по разделу.

В конструкторской части раздела работы составлены техническое задание и предложение на разработку малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов, проведены конструкторские расчеты для определения оптимальных параметров конструкции устройства, таких как размеры рамы, мощности электродвигателя, емкости батареи.

Таким образом, в конструкторской части работы проведены все необходимые этапы для создания малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов.

3 Технологический раздел

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства.

Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов.

Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

3.1 Обоснование выбора технологического процесса

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

- требования к качеству продукции: необходимо выбрать технологию, которая обеспечит высокое качество сборки изделий и минимизирует возможность дефектов;
- сроки производства: выбор технологии должен обеспечить выполнение заказов в заданные сроки и обеспечить эффективность процесса сборки;

- себестоимость производства: необходимо выбрать технологию, которая позволит снизить затраты на производство и повысить прибыльность предприятия;
- объем производства: технология должна быть масштабируемой и способной обеспечить производство большого количества изделий;
- технические возможности оборудования: необходимо учитывать наличие необходимого оборудования и его технические характеристики при выборе технологии сборки.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбор технологического процесса сборки должен быть обоснован и основан на комплексном анализе всех аспектов производства.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции.

Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки.

В случае с проектированием малогабаритного компактного электрического транспорта, предназначенного для транспортировки грузов, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

«При мелкосерийном производстве используется стационарная непоточная сборка с разделением процесса на узловую и общую сборку. Работы выполняются бригадами рабочих, специализирующихся в соответствующих областях сборки.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (6)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт» [11].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ ч.}$$

«После этапа разработки создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Этот план описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [12].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки малогабаритного компактного электрического транспорта, предназначенного для транспортировки грузов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки малогабаритного компактного электрического транспорта

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Установить раму малогабаритного компактного электрического транспорта на сборочную площадку	2
Осмотреть раму малогабаритного компактного электрического транспорта на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и	6

Продолжение таблицы 3

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
геометрии рамы заданным стандартам	
Взять мотор-колесо	0,5
Осмотреть мотор-колесо на наличие трещин или повреждений	2
Установить мотор-колесо Eltreco 1000 BT на заднюю вилку рамы малогабаритного компактного электрического транспорта	4
Взять кабели питания	1
Проложить кабели питания по раме малогабаритного компактного электрического транспорта	15
Зафиксировать кабели питания с помощью специальных крепежных элементов, таких как зажимы, скобы или проводники	5
Обеспечить защиту кабелей от вибрации, трения и внешних повреждений при помощи специальных гофрированных трубок или изоляционной ленты	3
Взять ручки газа и тормоза	0,5
Осмотреть ручки газа и тормоза на наличие трещин или повреждений	2
Установить ручки газа и тормоза на посадочные места на раме	7
Взять переднюю подвеску в сборе	1
Осмотреть переднюю подвеску в сборе на наличие трещин, износа или повреждений, проверить состояние амортизаторов, пружин и опорных подшипников	6
Установить переднюю подвеску в сборе на раму малогабаритного компактного электрического транспорта	15
Взять рулевое управление в сборе	1
Осмотреть рулевое управление в сборе на наличие трещин, износа или других повреждений, проверить состояние рулевых тяг, наконечников, рулевой рейки, шаровых опор и рулевых колонок на предмет люфта и износа	6
Установить рулевое управление в сборе на раму малогабаритного компактного электрического транспорта	20
Взять передние колеса	1
Осмотреть передние колеса на наличие их износа, царапин, трещин или других повреждений. Проверить состояние покрышек и правильное давление в них	5
Установить передние колеса на предназначенные для этого места	6
Взять аккумуляторную батарею 48В 20,3 А·ч Li-Ion и контроллер	1
Осмотреть аккумуляторную батарею и контроллер на наличие повреждений, износа, коррозии или других видимых проблем. Проверить соединения, провода и клеммы на предмет их надежности и целостности. Проверить работу контроллера, убедиться, что он функционирует правильно и не выдает ошибок. Провести тестирование аккумуляторной батареи на ее емкость и заряд	3
Установить аккумуляторную батарею 48В 20,3 А·ч Li-Ion и контроллер на раму малогабаритного компактного электрического транспорта	5

Продолжение таблицы 3

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Выполнить подключение электрических частей транспортного средства. Подключить провода к соответствующим контактам или разъемам согласно схеме. Проверить правильность подключения и убедиться, что все соединения прочные и безопасные. Подключить аккумулятор транспортного средства и проверить работу электрических частей	20
Проверить качество выполненных операций. Проверить, что все компоненты собраны правильно и надежно закреплены, что нет видимых дефектов, царапин или сколов	30
Выполнить испытание малогабаритного компактного электрического транспорта. Проверить техническое состояние транспорта. Убедиться, что все элементы (аккумулятор, электродвигатель, тормоза) функционируют корректно. Проверить заряд аккумулятора. Убедиться, что транспорт готов к использованию. Провести тест-драйв на небольшом участке дороги или тротуара. Оценить управляемость, скорость, устойчивость и комфорт при движении. Проехать участок с различными типами покрытия (асфальт, брусчатка, гравий и так далее) для оценки проходимости и комфорта. Проверить дальность поездки на одном заряде аккумулятора. Провести испытание на скорость и ускорение, чтобы оценить способности транспорта в различных ситуациях	90
Итого:	258

Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (7)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{um}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (8)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимается равным 3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается равным 5%» [23].

$$t_{ит}^{общ} = 258 + 258 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 278,64 \text{ мин.}$$

3.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 4.

Таблица 4 – Технологический процесс сборки малогабаритного компактного электрического транспорта

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Установить раму малогабаритного компактного электрического транспорта на сборочную площадку	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2" DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	
		2	Осмотреть раму малогабаритного компактного электрического транспорта на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам		
		3	Взять мотор-колесо		
		4	Осмотреть мотор-колесо на наличие трещин или повреждений		
		5	Установить мотор-колесо Eltreco 1000 BT		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			на заднюю вилку рамы малогабаритного компактного электрического транспорта		
		6	Взять кабели питания		
		7	Проложить кабели питания по раме малогабаритного компактного электрического транспорта		
		8	Зафиксировать кабели питания с помощью специальных крепежных элементов, таких как зажимы, скобы или проводники		
		9	Обеспечить защиту кабелей от вибрации, трения и внешних повреждений при помощи специальных гофрированных трубок или изоляционной ленты		
		10	Взять ручки газа и тормоза		
		11	Осмотреть ручки газа и тормоза на наличие трещин или повреждений		
		12	Установить ручки газа и тормоза на посадочные места на раме		
		13	Взять переднюю подвеску в сборе		
		14	Осмотреть переднюю подвеску в сборе на наличие трещин, износа или повреждений, проверить состояние амортизаторов, пружин и опорных		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			подшипников		
		15	Установить переднюю подвеску в сборе на раму малогабаритного компактного электрического транспорта		
		16	Взять рулевое управление в сборе		
		17	Осмотреть рулевое управление в сборе на наличие трещин, износа или других повреждений, проверить состояние рулевых тяг, наконечников, рулевой рейки, шаровых опор и рулевых колонок на предмет люфта и износа		
		18	Установить рулевое управление в сборе на раму малогабаритного компактного электрического транспорта		
		19	Взять передние колеса		
		20	Осмотреть передние колеса на наличие их износа, царапин, трещин или других повреждений. Проверить состояние покрышек и правильное давление в них		
		21	Установить передние колеса на предназначенные для этого места		
		22	Взять аккумуляторную батарею 48В 20,3 А·ч Li-Ion и контроллер		
		23	Осмотреть		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			<p>аккумуляторную батарею и контроллер на наличие повреждений, износа, коррозии или других видимых проблем. Проверить соединения, провода и клеммы на предмет их надежности и целостности. Проверить работу контроллера, убедиться, что он функционирует правильно и не выдает ошибок. Провести тестирование аккумуляторной батареи на ее емкость и заряд</p>		
		24	<p>Установить аккумуляторную батарею 48В 20,3 А·ч Li-Ion и контроллер на раму малогабаритного компактного электрического транспорта</p>		
		25	<p>Выполнить подключение электрических частей транспортного средства. Подключить провода к соответствующим контактам или разъемам согласно схеме. Проверить правильность подключения и убедиться, что все соединения прочные и безопасные. Подключить аккумулятор</p>		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			транспортного средства и проверить работу электрических частей		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций. Проверить, что все компоненты собраны правильно и надежно закреплены, что нет видимых дефектов, царапин или сколов	—	30
010	Испытательная	1	Выполнить испытание малогабаритного компактного электрического транспорта. Проверить техническое состояние транспорта. Убедиться, что все элементы (аккумулятор, электродвигатель, тормоза) функционируют корректно. Проверить заряд аккумулятора. Убедиться, что транспорт готов к использованию. Провести тест-драйв на небольшом участке дороги или тротуара. Оценить управляемость, скорость, устойчивость и комфорт при движении. Проехать участок с различными типами покрытия (асфальт, брусчатка, гравий и так далее) для оценки проходимости и комфорта. Проверить	Мультиметр	90

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			дальность поездки на одном заряде аккумулятора. Провести испытание на скорость и ускорение, чтобы оценить способности транспорта в различных ситуациях		

Выводы по разделу. Выбор технологического процесса сборки малогабаритного компактного электрического транспорта обоснован исходя из необходимости обеспечения высокой производительности, качества и надежности сборочного процесса. Для этого была проведена аналитическая работа, определены основные этапы сборки и выбраны оптимальные методы и оборудование. Трудоемкость сборки была оценена с учетом количества деталей, сложности сборочных операций и времени, необходимого на каждый этап процесса. Таким образом, было определено количество рабочих и оборудования, необходимое для эффективной сборки продукции.

На основе проведенного анализа был разработан технологический процесс сборки малогабаритного компактного электрического транспорта, который включает в себя следующие этапы: подготовка деталей и комплектующих; сборка основной конструкции; установка электрической системы; проведение испытаний и контроль качества; упаковка и отгрузка готовой продукции.

Графическая часть ВКР представляет собой схему технологического процесса с указанием последовательности операций, необходимого оборудования и рабочих мест. Такая визуализация позволяет наглядно представить все этапы сборки и оптимизировать процесс для повышения производительности и качества готового продукта.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

Производственная и экологическая безопасность играют ключевую роль при разработке и реализации любого дипломного проекта.

Ниже перечислены основные меры, которые могут быть применены для обеспечения безопасности производства и окружающей среды в рамках дипломного проекта:

- использование безопасного оборудования и технологий: необходимо убедиться, что все используемые в проекте материалы, оборудование и технологии соответствуют безопасным стандартам и требованиям;
- обучение персонала: все участники проекта должны быть обучены правилам безопасного труда и экологической ответственности;
- соблюдение законов и нормативов: необходимо следить за тем, чтобы все действия в рамках проекта соответствовали законодательству в области охраны труда и охраны окружающей среды;
- выбор экологически безопасных материалов: при проектировании и изготовлении продукции необходимо отдавать предпочтение материалам, которые меньше вредят окружающей среде;
- ответственная утилизация отходов: необходимо правильно управлять отходами, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

В настоящее время проявляется все больший интерес к человеческим ресурсам, и условия работы на производстве стали более благоприятными и обеспечивают высокие стандарты по охране труда. В перспективе благополучие работников становится источником стабильности, процветания и повышения производительности.

Согласно статистике, затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте в различных странах колеблются от 2,6% до 3,8% от валового национального продукта.

Затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте могут включать в себя следующие расходы:

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте.

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

4.1 Описание технологического процесса сборки малогабаритного компактного электрического транспорта с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки малогабаритного компактного электрического транспорта, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 5).

Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или подлежащих обязательному сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 5 – Технологический паспорт технологического процесса сборки малогабаритного компактного электрического транспорта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность сотрудника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка малогабаритного компактного электрического транспорта	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка комплектующих и деталей к сборке. 2. Монтаж рамы. 3. Установка электрической системы. 4. Монтаж колес и подвески. 5. Установка управляющих систем. 6. Тестирование: после сборки транспорт. 7. Финальная сборка 	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец, пресс для установки подшипников, динамометрический ключ для правильного затягивания болтов	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Важно проводить анализ идентификации профессиональных рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;
- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости.

Идентификация профессиональных рисков позволит организации эффективно управлять ими, минимизировать потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников и обеспечить бесперебойное функционирование

Таблица 6 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки малогабаритного компактного электрического транспорта.

Таблица 6 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1. Подготовка комплектующих и деталей к сборке. 2. Монтаж рамы. 3. Установка электрической системы. 4. Монтаж колес и подвески. 5. Установка управляющих систем. 6. Тестирование: после сборки транспорт.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля»	Элементы конструкции рабочего оборудования

Продолжение таблицы 6

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
7. Финальная сборка	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [7]
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [26].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7].	

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;

- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;
- соответствие условий труда нормативным требованиям;
- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

Для более глубокого понимания рабочих процессов и принятия обоснованных решений необходимо проводить обучение персонала. Правильное планирование рабочих задач способствует снижению рисков и уменьшает вероятность возникновения проблем в рабочей сфере.

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках.

Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].</p>
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> – проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом; – обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей. – регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум; – организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине; – проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума; – внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие 	<p>«Защитные противoshумные наушники, беруши противoshумные» [20].</p>

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
Возможность поражения электрическим током	экраны.	«Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [15].
	<ul style="list-style-type: none"> – «обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться с электрическими приборами, как избегать контакта с обнаженными проводами и как правильно использовать средства защиты» [15]. – проведение регулярных инструктажей и тренировок по безопасной работе с электричеством. Это поможет сотрудникам освежить знания и навыки, а также позволит им узнать о последних изменениях в правилах безопасности; – установка специального оборудования и средств защиты на рабочих местах. Это могут быть изоляционные материалы, предохранители, заземляющие устройства и другие средства, которые помогут предотвратить поражение электрическим током; – проведение регулярной проверки электрооборудования и проводов на предмет повреждений и износа. Это позволит выявить потенциально опасные ситуации и предотвратить аварии; – организация системы контроля за соблюдением правил безопасности при работе с электричеством. Это может включать в себя проведение аудитов, проверок и инспекций, а также наказание за нарушения правил; – проведение регулярных медицинских осмотров сотрудников, работающих с 	

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – электричеством. Это позволит выявить возможные заболевания или состояния, которые могут увеличить риск поражения электрическим током; создание системы экстренной помощи и обучение сотрудников оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия. 	
Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> – организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них; – установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения. 	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [7]. 	–

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
<p>Монотонность труда</p>	<ul style="list-style-type: none"> – обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что сделает их работу более интересной и разнообразной; – ротация рабочих мест: периодическое изменение рабочих обязанностей и рабочих мест поможет работникам избежать монотонности и рутины, а также приобрести новый опыт и знания. – внедрение новых технологий и методов работы: использование современных технологий и инструментов поможет сотрудникам выполнять свою работу более эффективно и интересно; – организация командных проектов и задач: работа в команде над общим проектом или задачей способствует разнообразию и дает возможность общения и взаимодействия с коллегами; – проведение корпоративных мероприятий и мероприятий по «team building»: организация различных мероприятий, таких как выездные тренинги, корпоративные вечеринки, спортивные соревнования и так далее, поможет работникам расслабиться, отдохнуть и наладить отношения с коллегами; – поддержка и стимулирование саморазвития: компания может предоставлять сотрудникам доступ к литературе, курсам и тренингам по саморазвитию и личностному росту, что поможет им расширить свои горизонты и избежать монотонности в работе. 	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

План пожарной безопасности содержит рекомендации, позволяющие всем на рабочем месте знать, что делать, чтобы свести к минимуму ущерб, причиненный пожаром. Это важный документ, необходимый для любого здания, содержащий важную информацию о том, как бороться с пожаром.

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 8).

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок сборки»	Технологическое оборудование, применяемое на участке сборки	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [7].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды

- огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [16].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

Разработка планов действий для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара. В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно

проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке малогабаритного компактного электрического транспорта и заносим мероприятия по пожарной безопасности в таблицу 9.

Таблица 9 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке малогабаритного компактного электрического транспорта

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [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» [20]
«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» [15]
«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» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей»
«Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах»
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [7]

Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты;
- информировать сотрудников об опасностях материалов и процессов, которым они подвергаются;
- пересмотреть с каждым новым сотрудником те части плана противопожарной защиты, которые сотрудник должен знать, чтобы защититься в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
- регулярно и надлежащим образом обслуживать оборудование или системы, установленные на тепловыделяющем оборудовании, чтобы предотвратить случайное возгорание горючих материалов.

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений.

Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и

частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс.

Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье.

Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию.

Повышение энергоэффективности имеет жизненно важное значение для сокращения выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение энергоэффективных технологий – шаги к экологической безопасности.

Транспорт вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду.

Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы.

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии,

поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при сборке малогабаритного компактного электрического транспорта и сведем их в таблицу 10.

Таблица 10 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка малогабаритного компактного электрического транспорта»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки малогабаритного компактного электрического транспорта; выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения; идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности сборки; идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по их снижению.

5 Экономическая эффективность проекта

Расчет себестоимости проектируемого малогабаритного компактного электрического транспорта имеет большое значение для определения конечной цены продукта, его конкурентоспособности на рынке, а также для оценки эффективности производства и возможности получения прибыли.

Кроме того, расчет себестоимости позволяет оценить потенциал для снижения затрат и улучшения качества продукции, что в свою очередь способствует увеличению прибыли и укреплению позиций на рынке. Таким образом, важность расчета себестоимости проектируемого малогабаритного компактного электрического транспорта заключается в его влиянии на финансовое состояние предприятия, конкурентоспособность продукции и общую стратегию развития бизнеса.

5.1 Расчет себестоимости проектируемого малогабаритного компактного электрического транспорта

Таблице 11 содержит данные для проведения расчета проектируемого малогабаритного компактного электрического транспорта с целью определения экономического эффекта от внедрения данной конструкции на производство.

Таблица 11 – 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» [29]

Продолжение таблицы 11

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
– «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	$C_{р3}$	руб.	109,64
– 4-го разряда	$C_{р4}$	руб.	123,56
– 5-го разряда	$C_{р5}$	руб.	139,23» [29]

«Вычисляем статью затрат сырьё и материалы по формуле:

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left(\frac{K_{тзр.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (9)$$

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

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

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

$K_{вот.}$ – коэффициент возвратных отходов» [31].

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

Таблица 12 – Данные по сырью и материалам

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Труба металлическая	м	292	10	2920,0
Лист холоднокатаный 1250×2500×2	шт.	5763	1	5763,0
Швеллер	м	2200	2,5	5500,0

Продолжение таблицы 12

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Грунтовое покрытие	кг	75	1,5	112,5
Эмаль	кг	130	2	260
Прочее	–	–	–	2000
Итого:	–	–	–	16555,5

«Вычисляем статью затрат «Покупные изделия» по формуле:

$$\sum P_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{мзр}}{100}, \quad (10)$$

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].

Таблица 13 содержит 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	шт.	15000	1	15000
Колесо для велосипеда	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

«Вычисляем статью затрат «Основная заработная плата производственных рабочих» по формуле:

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{прем}}{100} \right), \quad (11)$$

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

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

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (12)$$

где $C_{p.i}$ – часовая тарифная ставка, р. Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2024 год, которая составляет 19242 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: $19242 / (7 \cdot 21) = 87,02$ 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]

Таблица 14 содержит 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.
Заготовительная	3	3,0	110,22	330,66
Токарная	5	2,0	139,81	279,62
Слесарная	4	3,0	124,14	372,42
Сварочная	5	4,0	139,81	559,24
Сборочная	5	2,5	139,81	349,525
Электромонтажная	4	4,0	124,14	496,56
Испытательная	4	2,0	124,14	248,28
Итого:	–	–	–	1904,94
Премия	–	–	–	571,48
Всего:	–	–	–	2476,42

«Вычисляем статью затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» по формуле:

$$Z_{доп} = Z_o \cdot K_{вып}, \quad (13)$$

где $K_{вып}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве» [31].

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

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

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{доп}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (14)$$

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

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

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

$$C_{сод.обор.} = Z_o \cdot E_{обор.}, \quad (15)$$

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

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

«Вычисляем статьи затрат «Цеховые расходы» по формуле:

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

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

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

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

$$C_{инстр.} = Z_o \cdot E_{инстр.}, \quad (17)$$

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

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

Вычисляем цеховую себестоимость по формуле (21):

$$C_{цех.себ.} = M + П_u + Z_o + C_{соц.н.} + Z_{дон} + C_{сод.обор.} + C_{цех.} + C_{инстр.} \quad (18)$$

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

«Вычисляем статью затрат «Общезаводские расходы» по формуле:

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (19)$$

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

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

Вычисляем общезаводскую себестоимость по формуле:

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.}, \quad (20)$$

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

«Вычисляем статью затрат «Коммерческие расходы» по формуле:

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (21)$$

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

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

Вычисляем полную себестоимость по формуле:

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (22)$$

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

Вычисляем отпускную цену для базового и проектируемого изделия по формуле:

$$Ц_{отп.б.} = C_{полн.себ.} \cdot \left(1 + \frac{K_{рент.}}{100} \right), \quad (23)$$

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

Таблица 15 содержит сравнение себестоимости базового и проектируемого изделий.

Таблица 15 – Сравнение себестоимости базового и проектируемого изделий

Показатель	Затраты на единицу изделия	
	покупное	разрабатываемое
Стоимость основных материалов	–	16555,5
Стоимость покупных изделий	–	56753

Продолжение таблицы 15

Показатель	Затраты на единицу изделия	
	покупное	разрабатываемое
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

Вычисляем удельные переменные затраты на единицу изделия:

$$Z_{перем.уд..} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{доп} + C_{соц.н.}, \quad (24)$$

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

«Вычисляем переменные затраты на единицу изделия выполняется:

$$Z_{перем.} = Z_{перем.уд..} \cdot V_{зод}, \quad (25)$$

где $V_{зод}$ – объем производства» [30].

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

Вычисляем постоянные затраты на единицу изделия:

$$Z_{пост.уд..} = C_{сод.обор.} + C_{инстр.} + C_{цех.} + C_{об.зав.} + C_{ком.}, \quad (26)$$

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

Вычисляем постоянные затраты на годовую программу выпуска:

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

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

«Вычисляем амортизационные отчисления:

$$A_{\text{м.уд.}} = (C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot H_A, \quad (29)$$

где H_A – доля амортизационных отчислений» [20].

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

Вычисляем полную себестоимость годовой программы выпуска изделия:

$$C_{\text{полнгод.}} = C_{\text{полнс.с.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (30)$$

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

Вычисляем выручку от реализации изделия:

$$\text{Выручка} = Ц_{\text{отп.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (31)$$

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

Вычисляем маржинальный доход

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.}}, \quad (32)$$

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

Вычисляем критический объем продаж:

$$A_{\text{крит}} = \frac{3_{\text{пост.}}}{(Ц_{\text{отп.}} - 3_{\text{перем.уд.}})}, \quad (33)$$

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

5.2 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:

$$\Delta = \frac{V_{\text{max}} - A_{\text{крит}}}{(n - 1)}, \quad (34)$$

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

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

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

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

Вычисляем объем продаж по годам:

$$V_{\text{прод.}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta, \quad (35)$$

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

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

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

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

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

Вычисляем выручку по годам:

$$\text{Выручка}_i = C_{\text{отн.}} \cdot V_{\text{прод.}i}, \quad (36)$$

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

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

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

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

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

Вычисляем переменные затраты по годам для базового

:

$$Z_{\text{перем.}i} = Z_{\text{перем.уд.б.}} \cdot V_{\text{прод.}i}, \quad (37)$$

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

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

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

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

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

Вычисляем амортизацию (только для проектного варианта):

$$A_m = A_{\text{м.уд.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (38)$$

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

Вычисляем полную себестоимость по годам для базового варианта:

$$C_{\text{полн.}i} = Z_{\text{перем.}i} + Z_{\text{пост.}}, \quad (39)$$

$$\begin{aligned}
C_{\text{полн.1}} &= 923742,65 + 348938,87 = 1272681,52 \text{ р.}, \\
C_{\text{полн.2}} &= 1231656,87 + 348938,87 = 1580595,74 \text{ р.}, \\
C_{\text{полн.3}} &= 1539571,09 + 348938,87 = 1888509,96 \text{ р.}, \\
C_{\text{полн.4}} &= 1847485,31 + 348938,87 = 2196424,18 \text{ р.}, \\
C_{\text{полн.5}} &= 2155399,52 + 348938,87 = 2504338,39 \text{ р.}
\end{aligned}$$

Вычисляем налогооблагаемую прибыль по годам:

$$\begin{aligned}
Pr_{\text{обл.}i} &= (\text{Выручка} - C_{\text{полн.}i}), & (40) \\
Pr_{\text{обл.1}} &= (1418603,3 - 1272681,52) = 145921,78 \text{ р.}, \\
Pr_{\text{обл.2}} &= (1891471,07 - 1580595,74) = 310875,33 \text{ р.}, \\
Pr_{\text{обл.3}} &= (2364338,84 - 1888509,96) = 475828,88 \text{ р.}, \\
Pr_{\text{обл.4}} &= (2837206,61 - 2196424,18) = 640782,43 \text{ р.}, \\
Pr_{\text{обл.5}} &= (3310074,37 - 2504338,39) = 805735,98 \text{ р.}
\end{aligned}$$

Вычисляем налог на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам:

$$\begin{aligned}
H_{\text{нр.}i} &= Pr_{\text{п.обл.}i} \cdot 0,2, & (41) \\
H_{\text{нр.1}} &= 29184,36 \text{ р.}, \\
H_{\text{нр.2}} &= 62175,07 \text{ р.}, \\
H_{\text{нр.3}} &= 95165,78 \text{ р.}, \\
H_{\text{нр.4}} &= 128156,49 \text{ р.}, \\
H_{\text{нр.5}} &= 161147,2 \text{ р.}
\end{aligned}$$

Вычисляем чистую прибыль по годам:

$$Pr_{\text{ч.}i} = Pr_{\text{обл.}i} - H_{\text{нр.}i}, \quad (42)$$

$$Пр.ч_1 = 116737,43 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_2 = 248700,27 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_3 = 380663,11 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_4 = 512625,95 \text{ р.},$$

$$Пр.ч_5 = 644588,79 \text{ р.}$$

«Вычисляем экономию от повышения надежности и долговечности проектируемого электрического транспортного средства для транспортировки грузов:

$$Пр_{ож.д} = Ц_{отп.} \cdot \frac{D_2}{D_1} - Ц_{отп.}, \quad (43)$$

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].

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

Вычисляем текущий чистый доход (накопленное сальдо):

$$ЧД_i = Пр_{ч.i} + A_m + Пр_{ож.д} \cdot V_{прод.i}, \quad (44)$$

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{cm.i})} \cdot t, \quad (45)$$

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

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 Вычисляем дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам (текущий чистый дисконтированный доход» [30].

Определяется по формуле:

$$ДСП_i = ЧД_i \cdot \alpha_i, \quad (46)$$

$$ДСП_1 = 261136,39 \text{ р.},$$

$$ДСП_2 = 411145,83 \text{ р.},$$

$$ДСП_3 = 546276,52 \text{ р.},$$

$$ДСП_4 = 667605,31 \text{ р.},$$

$$ДСП_5 = 776140,25 \text{ р.}$$

Вычисляем суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока за расчетный период:

$$\sum ДСП = ДСП_i, \quad (47)$$

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

«Вычисляем потребность в капиталобразующих инвестициях:

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полн.пр.и}, \quad (48)$$

где $K_{инв}$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций» [15].

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

Вычисляем чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = \sum ДСП - J_0, \quad (49)$$

$$ЧДД = 2662304,31 - 812059,29 = 1850245,02 \text{ р.}$$

Вычисляем индекс доходности:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_0}, \quad (50)$$

Выполняем подставку значений в формулу:

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

Вычисляем срок окупаемости проекта:

$$T_{окуп.} = \frac{J_0}{ЧДД}, \quad (51)$$

Выполняем подставку значений в формулу:

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

Выводы по разделу.

Внедрение малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов в производство является экономически целесообразным решением. Проектный вариант стоит дешевле и позволяет увеличить объем продаж, что повышает ожидаемую прибыль. Расчет общественной эффективности также показал положительные результаты, что говорит о выгодности использования электрического транспорта в данной сфере.

Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Проектирование малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

Малогабаритный компактный электрический транспорт представляет собой эффективное решение для транспортировки негабаритных грузов в условиях ограниченного пространства.

Проектирование такого транспорта требует учета особенностей грузов, которые будут перевозиться, а также условий эксплуатации и требований к энергоэффективности.

Электрический привод является наиболее экологически чистым и энергоэффективным вариантом для такого транспорта, что позволяет снизить вредные выбросы и операционные расходы.

В результате разработки был спроектирован прототип малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов.

Дальнейшее развитие данного направления позволит улучшить технические характеристики транспорта, расширить его функциональные возможности и увеличить его конкурентоспособность на рынке.

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. постоян. 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 Знак Поз.	Обозначение		Наименование		Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A4	24.ДП.01.176.6100.000.СБ		Пояснительная записка		1	
A1	24.ДП.01.176.6100.000.СБ		Сборочный чертёж		1	
<i>Сборочные единицы</i>						
A1	1	24.ДП.01.176.6101.000	Рама		1	
	2	24.ДП.01.176.6102.000	Вилка велосипеда		1	
A1	3	24.ДП.01.176.6103.000	Рулевое управление		1	
	4	24.ДП.01.176.6104.000	Батарея и контроллер		1	
	5	24.ДП.01.176.6105.000	Колесо переднее		2	
	6	24.ДП.01.176.6106.000	Подвеска		1	
A1	7	24.ДП.01.176.6107.000	Мотор-колесо		1	
	8	24.ДП.01.176.6108.000	Педальный узел		1	
	9	24.ДП.01.176.6109.000	Ручка акселератора		1	
	10	24.ДП.01.176.6110.000	Ручка тормоза		1	
<i>Детали</i>						
	11	24.ДП.01.176.6100.011	Сиденье		1	
	12	24.ДП.01.176.6100.012	Крыло		1	
<i>Покупные изделия</i>						
A1	13		Редуктор конический малогабаритный		1	
24.ДП.01.176.6100.000						
Изм. Проб. Нконтр. Утв.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Модель 3D электрического компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов ТГУ, АТс-1901а	
	Разраб. Проб.	Макаров НС. Угарова ЛА				
	Лит.	Лист	Листов			
	Д		1			
Копировал				Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на модель 3D малогабаритного компактного электрического транспорта для транспортировки негабаритных грузов