

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге

Обучающийся

В.Е. Меньшаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов

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

Консультанты

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

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге».

Цель дипломного проекта – разработка конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 74 страницы с приложениями.

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

В первом разделе рассмотрены конструкции существующих электрических трехколесных транспортных средств.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт трехколесного транспортного средства на электротяге.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге, выполнены расчеты по подбору аккумулятора.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки трехколесного транспортного средства на электротяге.

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

В шестом разделе определена эффективность разработки трехколесного транспортного средства на электротяге с экономической стороны.

Abstract

This graduate work is about the design development of a three-wheeled vehicle on electric traction.

The aim of the work is to develop the design of the three-wheeled vehicle on electric traction.

The graduation work consists of 6 parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, totally 74 pages.

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

The first part outlines the designs of existing electric three-wheeled vehicles.

In the second part, the traction-dynamic properties of the three-wheeled vehicle on electric traction are calculated.

In the third part we prepare the terms of reference and technical proposal for the design development of the three-wheeled vehicle on electric traction. The calculations are made for the battery selection for this vehicle.

In the fourth part we establish the selection of the technological process, determine the labor intensity, and develop the technological process for assembling the three-wheeled vehicle on electric traction.

The fifth part is devoted to the safety and environmental friendliness of the project.

The sixth part explains the economic efficiency of the design development of a three-wheeled vehicle on electric traction.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Состояние вопроса | 9 |
| 2 Тягово-динамический расчет автомобиля | 19 |
| 3 Конструкторская часть | 28 |
| 3.1 Техническое задание на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге..... | 28 |
| 3.2 Техническое предложение на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге..... | 31 |
| 3.3 Конструкторские расчеты | 39 |
| 4 Технологический раздел..... | 42 |
| 4.1 Обоснование выбора технологического процесса..... | 42 |
| 4.2 Определение трудоемкости сборки..... | 44 |
| 4.3 Составление технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге..... | 45 |
| 5 Безопасность и экологичность проекта | 48 |
| 5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге..... | 48 |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков..... | 48 |
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 50 |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта | 54 |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге..... | 57 |
| 6 Экономическая эффективность проекта..... | 59 |
| Заключение | 67 |
| Список используемой литературы и используемых источников..... | 68 |
| Приложение А. Спецификация..... | 75 |

Введение

«В настоящее время в Российской Федерации реализуется сразу несколько проектов в области разработки и производства электромобилей. Все они находятся на разных стадиях развития и ориентированы на разные сегменты рынка» [10].

Сегмент электробусов представлен тремя компаниями: КАМАЗ, ГАЗ и Volgabus. Все они уже развернули серийное производство, а сами электробусы эксплуатируются на улицах российских городов, прежде всего Москвы. Ежегодный объем производства электробусов превышает 300 ед.

«Сегмент электромобилей представлен моделями разного уровня готовности. Наиболее ярким проектом является разработанный СПбПУ Петра Великого совместно с КАМАЗ электромобиль «Кама-1». В рамках проекта инженеры Центра компетенций НТИ «Новые производственные технологии» СПбПУ в кратчайшие по стандартам автомобилестроения сроки – всего за два года – создали цифровой двойник электромобиля и изготовили экспериментальный образец малогабаритного городского электромобиля «Кама-1». Это первый опытный образец в составе формируемой в СПбПУ платформы разработки электротранспорта: от компактного городского автомобиля до городских 18-метровых электробусов, соответствующих международным требованиям сертификации.

Существуют и другие проекты по производству электромобилей:

- ПАО «ГАЗ» создало единую платформу для выпуска полной линейки коммерческого электротранспорта;
- на базе предприятия ООО «Зетта» (Тольятти) запланировано серийное производство электромобилей под брендом Zetta;
- аккумуляторная компания «Ригель» объявила о строительстве завода в Санкт-Петербурге по производству электромобилей;
- запущены тесты первого электрогрузовика Moskva (на базе КАМАЗа),

- в 2022 году планируется выпуск электромобилей «ГАЗель»;
- в Калининграде на базе холдинга «Автотор» в 2023 г. будет запущена сборка электромобилей KIA и Hyundai» [14].

«В 2021 году было выделено 3,7 трлн. рублей на развитие промышленности и повышение доли на внутреннем рынке продукции транспортного и специального машиностроения. Сейчас на федеральном уровне идет обсуждение новых льгот для владельцев электромобилей» [2].

«В Российской Федерации имеются достаточные компетенции для конструирования тяговых батарей для электротранспорта, но в то же время отсутствует производство ячеек литий-ионных аккумуляторов с необходимой удельной энергией и в достаточном объеме. Приоритетная господдержка должна быть ориентирована на развитие этого сегмента ввиду того, что на аккумуляторные системы приходится до 50% стоимости электромобиля. Аккумуляторная батарея является его критическим компонентом, и устойчивое производство электротранспортных средств невозможно без наличия собственной технологической цепочки производства: от сырья до конечного изделия. Именно таким путем идут ведущие мировые автопроизводители: BMW, Volkswagen и Tesla» [8].

«В настоящее время на федеральном уровне обсуждаются меры поддержки развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта. Опыт других стран показывает, что сделать это нужно, опережая действия по развитию рынка электромобилей. При этом варианты и стандарты данной инфраструктуры могут существенно различаться. Инфраструктура должна быть в некоторой степени «избыточной» - доступной. Россия существенно отстает в развитии сети зарядных станций для электромобилей, хотя ПАО «Россети» и приняло национальную программу 30/30» [2].

«По мнению специалистов, представляющих консорциум заинтересованных в развитии рынка электромобилей организаций, прежде всего, Фонда «ЦСР «Северо-Запад» (Санкт-Петербург, Москва), развитие рынка электромобилей рассматривается в трех основных сценариях:

- сбалансированный – 10,2 млн. электромобилей в 2025 г. и 19,5 млн. электромобилей в 2030 г. (7,3 и 12,5 % общего объема рынка автомобилей);
- базовый – 14 млн. электромобилей в 2025 г. и 25 млн. электромобилей в 2030 г. (10 и 16% общего объема рынка);
- сценарий ускоренного развития – 45 млн. электромобилей в 2030 г. (30 % общего объема рынка)» [2].

«Сбалансированный сценарий развития рынка предусматривает, что доля электромобилей составит 7,3 % в 2025 г. (147 тыс. электромобилей), 12,5 % в 2030 г. (309 тыс. электромобилей). Парк электрических транспортных средств ожидается на уровне 2,3 % от общего объема транспортных средств (1,5 млн электромобилей).

Базовый сценарий развития рынка электромобилей предусматривает, что доля электромобилей составит 10 % в 2025 г. (202 тыс. электромобилей), 16 % в 2030 г. (395 тыс. электромобилей). Парк электрических транспортных средств ожидается на уровне 3 % от общего объема транспортных средств (2 млн электромобилей).

В сценарии ускоренного развития целевой параметр доли электромобилей к 2025 г. - 18 % (360 тыс. электромобилей), к 2030 г. - 30 % (741 тыс. электромобилей). Парк электрических транспортных средств к 2030 г. ожидается на уровне 5,5 % от общего объема транспортных средств (3,6 млн электромобилей).

Осуществление указанных сценариев возможно в том случае, если в России будут разрабатываться и производиться собственные электромобили» [14].

«7 ноября 2021 года в России Правительством принята разработанная Минтрансом Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, направленная на опережающее удовлетворение ожиданий основных пользователей и потребителей транспортного комплекса.

Гражданам страны должно быть обеспечено повышение качества

жизни в части, зависящей от транспортного комплекса, в том числе:

- повышение транспортной доступности для граждан социально-экономических, туристских и культурных центров;
- повышение доступности транспортных услуг для жителей удаленных, труднодоступных и геостратегических территорий;
- повышение качества транспортных услуг в части комфортности и безопасности перевозок с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду при сохранении ценовой доступности перевозок;
- повышение качества транспортных услуг в части скорости обслуживания пассажиров и, как следствие, увеличение подвижности населения;
- создание транспортной инфраструктуры для развития внутреннего туризма» [4].

Учитывая рост спроса на транспортные средства на электротяге, считаю обоснованным рассмотрение темы «Разработка конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге» и интересным для изучения и проработки.

1 Состояние вопроса

«Электрический трицикл – это трёхколёсное транспортное средство, приводимое в движение электромотором, с верховой посадкой водителя» [32].

Под такое определение подходят электрические:

- скутеры,
- грузовички,
- трайки,
- велосипеды.

Рассмотрим первые две группы такого большого класса трёхколёсных электрических транспортных средств.

«Преимущества:

- главное достоинство трёхколёсного аппарата перед собратом на двух колёсах заключается в повышенной устойчивости. Благодаря дополнительной точке опоры отпадает необходимость постоянного удержания равновесия для избежания падения. Надо постараться, чтобы перевернуть трицикл, даже при столкновении. Хотя встречаются конструкции, легко опрокидывающиеся на поворотах;
- современные трёхколёсные «ласточки» воплощают интересные дизайнерские решения, хотя для любителей скоростного движения это не важный фактор;
- трициклы обладают увеличенной грузоподъёмностью до 200 килограмм. На них часто устанавливают крепкие металлические корзины для транспортировки собранного урожая, пакетов с покупками, хозяйственного инвентаря, рыболовного или охотничьего снаряжения, а также другого имущества или предметов. При наличии дополнительного места можно взять пассажира.

- простота управления, допускающая эксплуатацию людьми с любой физической подготовкой или проблемами со здоровьем, а также детьми;
- надёжность конструкции с удобным сиденьем для комфортного передвижения;
- экологичность из-за отсутствия выхлопных газов;
- снижение на 80% эксплуатационных расходов по сравнению с моделями на двигателях внутреннего сгорания;
- удобство использования и недорогое техническое обслуживание без необходимости регулярно менять масло, фильтры или прочие расходные материалы;
- подзарядка аккумуляторной батареи от бытовой электросети.

Недостатки:

- небольшой запас хода;
- продолжительное время полной зарядки;
- большие расходы для замены вышедшей из строя аккумуляторной батареи;
- высокая цена покупки.

Сферы использования:

- перевозка людей и грузов;
- перемещение грузов на промышленных предприятиях, в аэропортах, на складах и прочее;
- передвижение внутри закрытых поселений в городских или пригородных зонах;
- прогулки в курортных, парковых или пешеходных зонах, где не может ездить мотоцикл или автомобиль;
- транспорт для пожилых людей и маломобильных граждан, а также для инвалидов или детей» [33].

«Согласно нормативно-правовым документам трёхколёсные транспортные средства, которые приводятся в движение при помощи электродвигателя с мощностью до 0,25 кВт и максимальной конструкторской скоростью не больше 50 км/ч, относятся к мотовелосипедам, для управления которыми водительское удостоверение не требуется.

При оборудовании электротрицикла двигателем с мощностью от 0,25 до 4 кВт, способного развивать скорость до 50 км/ч, водитель такого транспортного средства обязан иметь удостоверение с открытой категорией М или выше.

В случае оснащения трицикла электромотором с мощностью больше 4 кВт или с конструкторской скоростью больше 50 км/ч водитель такого транспортного средства обязан иметь удостоверение с категорией В1» [24].

«Электрический трицикл наряду с общими для любого транспортного средства составными частями – рамой, колёсами, рулевым устройством, тормозной системой и так далее, также оснащён специфическим электрооборудованием: тяговая аккумуляторная батарея (АКБ), контроллер управления АКБ, электромотор и привод.

Электрические трициклы классифицируются по следующим отличительным признакам.

По назначению трициклы бывают: пассажирскими, грузовыми, спортивными и детскими.

По использованию: коммерческими или для личных целей.

По количеству мест: одноместные, двухместные.

По схеме расположения колёс:

- два задних и одно переднее – «треугольник»;
- два передних и одно заднее – «головастик».

По типу производства:

- серийные, вобравшие новинки технологий, стильный дизайн и отличный функционал от известных производителей;

- эксклюзивные под заказ, получающиеся в результате разработок или переделок как народными умельцами, так ведущими брендами для демонстрации достижений на выставках.

По типу привода

- сразу на два колеса, отличается повышенной устойчивостью при движении с лёгкой управляемостью на поворотах;
- на одно колесо, характеризуется пониженной ценой» [1].

Рассмотрим пять популярных моделей пассажирских электротрициклов.

«Wellness Adjutant – изделие китайского производства для передвижения пожилых людей как альтернатива инвалидного кресла. Складная рама выполнена из алюминия, легко перемещается и собирается.

Для удобства оборудовано подпружинным сиденьем. Спереди и сзади установлены по два поворотника» [30].

Модель трицикла представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модель Wellness Adjutant

«Достоинства:

- стильный ретро-дизайн,
- можно складывать,
- приборная панель с функцией индикации зарядки аккумуляторной батареи,
- надёжные тормоза барабанного типа,
- экологичность.

К недостаткам можно отнести отсутствие стояночного тормоза и бортового компьютера» [30].

«Модель E-trike TRANSFORMER NEW 2022 отличается стильным дизайном, выпускается в нескольких цветовых вариантах. Может использоваться в подсобных и фермерских хозяйствах, просто для личных нужд. Двигатель транспортного средства имеет мощность в 800 Вт, а литий-ионный аккумулятор позволяет проехать на одном заряде до 40 км. Чтобы полностью зарядить АКБ, понадобится 6 часов» [32].

Модель трицикла представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модель E-trike TRANSFORMER NEW 2022

«Е-трайк отличается приличной грузоподъемностью, до 150 кг. Диаметр колес – 14 дюймов. Максимальная скорость – 35 км/ч. За торможение отвечают передние барабанные и задние дисковые тормоза. Амортизация обеспечивается передней гидравлической вилкой и задними пружинными амортизаторами.

Заднеприводный трайк имеет габариты 160×100×75 см, в сложенном состоянии место экономится незначительно.

Достоинства:

- грузоподъемность 150 кг,
- качественная система амортизации,
- три скоростные передачи,
- есть сигнализация и пульт ДУ,
- обеспечена безопасность ночной езды за счет наличия передней фары и заднего «габарита». В стандартную комплектацию также входят поворотники,
- можно ездить при отрицательных температурах до минус 20 град.,
- есть два «багажника» — передняя корзина и задний бокс, закрываемый на ключ.

Недостатки:

- трак-новинка, недостатков пока не выявлено» [32].

«Модель E-toro Transformer 600 W – электрического транспорта из Китая для езды по ровным дорогам пожилых и малоподвижных граждан. Удобная складная рама позволяет легко перемещать изделие, а также хранить. Мощный электродвигатель обеспечивает комфортную поездку двух пассажиров на удобном сиденье. Установленные колеса небольшого диаметра сзади не допускают опрокидывания при подъёме в горку» [30].

Модель трицикла представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модель E-toro Transformer 600W

«Достоинства:

- хорошая маневренность;
- мощный электромотор;
- складное сиденье со спинкой;
- регулируемый складной руль;
- яркая передняя оптика;
- большие надувные колёса;
- удобная транспортировка;
- простота обслуживания.

Ярко выраженные недостатки выявлены не были» [30].

«Модель Volteco TRIKE 1000W – современная модель со стильным дизайном, оснащённая эргономичным сиденьем. Бесшумный аппарат заряжается от бытовой электросети и безопасный для окружающей среды. Хорошо подходит при прогулках по паркам и езде за городом для пересечённой местности» [32].

Модель трицикла представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Модель Volteco TRIKE 1000W

«Трицикл оснащён мощным бесщёточным электродвигателем, работающим от свинцово-кислотного аккумулятора. Предусмотрены режимы движения на трёх скоростях и задним ходом. Может подниматься на подъёмы под углом 15 град.

Достоинства:

- элегантный классический дизайн,
- в дополнительном кармане позади сиденья можно возить небольшие вещи,
- мягкое движение по бездорожью благодаря подвеске с амортизаторами,
- бесшумность.

Недостаток:

- высокая цена» [32].

«ITank Doohan EV3 Pro 1500W – высокотехнологичный трёхколёсный скутер с улучшенной комплектацией и уникальным дизайном. Стильный минимализм с двумя передними колёсами удачно дополняется

вместительным обвесом. Аппарат имеет самые хорошие отзывы при использовании в городских условиях. Мягкая независимая подвеска обеспечивает плавное маневрирование на пересечённой местности с устойчивым вхождением в повороты на больших скоростях.

Достоинства:

- мощный немецкий электродвигатель Bosch,
- уверенный подъём в горку под углом до 25°,
- большая дистанция на одной зарядке,
- надёжные гидравлические тормоза,
- яркая оптика,
- информативный дисплей,
- крупноразмерные пневмоколёса.

Недостаток:

- высокая средняя цена» [30].

Модель трицикла представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Модель ITank Doohan EV3 Pro 1500W

Выполним сравнение рассмотренных моделей трициклов, для этого сведем их характеристики в сравнительную таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик трициклов

| Модель | Мощность, Вт | Запас хода, км | Скорость, км/ч | Грузоподъёмность, кг | Масса, кг | Ёмкость, А×ч | Цена, руб. |
|------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------------|-----------|--------------|--------------|
| «Wellness Adjutant | 350 | 30 | 25 | 110 | 50 | 12 | 79900 |
| E-trike TRANSFORMER NEW 2020 | 800 | 40 | 35 | 150 | 70 | 20 | 94500 |
| E-toro Transformer 600W | 600 | 50 | 30 | 180 | 70 | 20 | 68900 |
| Volteco TRIKE 1000W | 1000 | 50 | 20 | 120 | 70 | 20 | 99500 |
| ITank Doohan EV3 Pro 1500W | 1498 | 80 | 45 | 160 | 120 | 26 | 279900» [2]. |

Выводы по разделу.

Однозначно нельзя заявить о том, трициклы какой фирмы лучше. В проведенном обзоре указаны только основные рекомендации и советы, без уточнения нюансов или деталей, на которые стоит акцентировать внимание при выборе электротрицикла из ассортимента представленной разновидности транспорта.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрены конструкции существующих электрических трехколесных транспортных средств.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Для выбора комплектующих тяговой системы трехколесного транспортного средства на электротяге, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля.

За базовые параметры трехколесного транспортного средства на электротяге принимаем данные электромобиля ITank Doohan EV3 Pro 1500W.

Базовые параметры электромобиля ITank Doohan EV3 Pro приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Базовые параметры электромобиля ITank Doohan EV3 Pro

| Параметр | Значение |
|--|------------------------|
| «Тип автомобиля | заднеприводный трицикл |
| Колесная формула | 2×1 |
| Количество человек | 1 |
| Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм | 2303×1138×1177 |
| Снаряженная масса, кг | 120 |
| Размерность шин | 175/65R 13 |
| Коэффициент сопротивления воздуха | 0,3 |
| Коэффициент сопротивления качению | 0,013 |
| Коэффициент, зависящий от уклона дороги | 0,25 |
| Максимальная скорость, км/ч | 45 |
| Максимальная частота вращения вала электродвигателя, с ⁻¹ | 37,5 |
| КПД трансмиссии | 0,85» [29]. |

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_q \cdot n) + M_6 \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса автомобиля, принимаем 120 кг;

M_q – масса человека, принимаем 80 кг;

M_6 – масса груза на одного человека, 10 кг;

n – количество людей в электромобиле» [27].

$$M_a = 120 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 210 \text{ кг.}$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

где d – посадочный диаметр, 0,256;

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

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

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

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

Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, при нормальных условиях (при давлении 760 мм.рт. ст.) – 1,293 кг/м³.

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

$$F = 0,8 \cdot 1,138 \cdot 1,177 = 1,07 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

$$f = 0,025 \cdot \left(1 + \frac{12,5^2}{25000}\right) = 0,025.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

$$N_v = \frac{G_a \cdot \psi_v \cdot V_{a\max} + k_e \cdot F \cdot V_{a\max}^3}{1000 \cdot \eta_{mp}} \quad (6)$$

где G_a – полный вес автомобиля;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, равен 0,025» [5].

$$N_v = \frac{2060 \cdot 0,025 \cdot 15,3 + 0,23 \cdot 1,07 \cdot 15,3^3}{1000 \cdot 0,85} = 2 \text{ кВт}$$

На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель.

Наиболее распространенным вариантом электрического двигателя, используемым на велосипедах, трициклах является мотор-колесо с максимальной мощностью 2,5 кВт.

Для данной конструкции трицикла достаточно будет одного мотор-колеса.

На рисунке 6 представлены характеристики мотор-колеса Eltreco 2500 W/48 V.

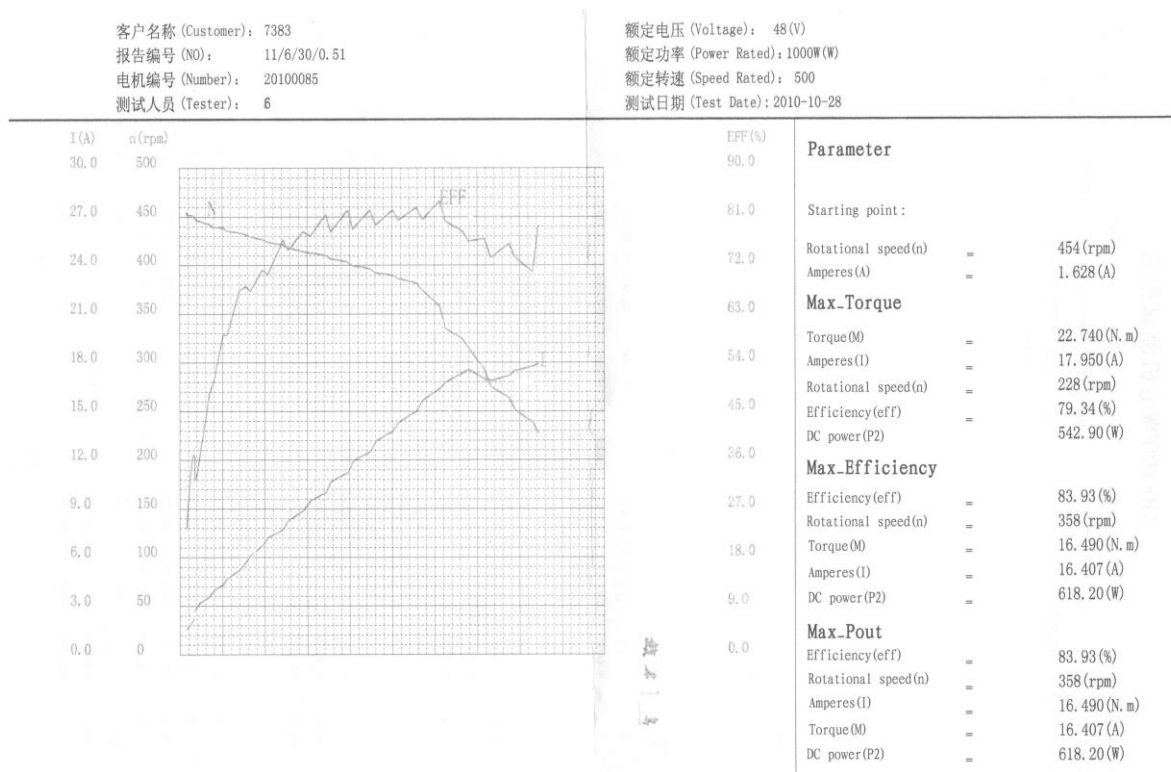


Рисунок 6 – Характеристики мотор-колеса Eltreco 2500W 48V

Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

где ω_{\max} – скорость вращения коленчатого вала двигателя, соответствующая максимальной скорости автомобиля, для двигателя мотор-колеса Eltreco 2500W 48V скорость вращения равна максимальной, то есть 2100 об/мин или 220 рад/с;

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач $U_k = 1$.

$$U_0 = \frac{0,233}{1} \cdot \frac{37,5}{12,5} = 0,7.$$

Определяем передаточное число главной передачи.

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

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

где $G_{сц}$ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

φ – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии равна 0,8» [15].

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

$$G_{сц} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 72 = 565 \text{ Н};$$

$$U_1 \leq \frac{565 \cdot 0,8 \cdot 0,233}{22,7 \cdot 0,85 \cdot 0,7} \leq 7,79.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

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

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

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

Сводим результаты расчетов в таблицы 3 и 4.

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 3 – Результаты расчета

| n, об/мин | Тяговая сила на ведущих колесах, Н | Сила сопротивления, Н | | |
|-----------|------------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| | | P_6 | $P_{\text{д}}$ | P_{Σ} |
| 1529 | 390,75 | 1,70 | 42,05 | 43,75 |
| 2000 | 316,32 | 6,77 | 47,68 | 54,46 |
| 2500 | 279,11 | 15,26 | 48,37 | 63,63 |
| 3000 | 241,89 | 27,10 | 49,52 | 76,62 |
| 3500 | 204,68 | 42,37 | 51,13 | 93,50 |
| 4000 | 163,74 | 60,97 | 53,21 | 114,18 |
| 4500 | 13,03 | 83,03 | 55,74 | 138,77 |

Таблица 4 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

| Скорость, м/с | P_6 , Н |
|---------------|-----------|
| 3,12 | 1,70 |
| 6,23 | 6,77 |
| 9,35 | 15,26 |
| 12,46 | 27,10 |
| 15,58 | 42,37 |
| 18,69 | 60,97 |
| 21,81 | 83,03 |
| 24,92 | 108,40 |

Результаты расчетов коэффициента сопротивления качению и динамического фактора сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Зависимость коэффициента сопротивления качению и динамического фактора от скорости вращения электродвигателя

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

Выполняем анализ динамики разгона.

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

Определяем ускорение по формуле:

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

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

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

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

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

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

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя» [27].

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | Ускорение на передачи, м/с ² | Величина, обратная ускорению на передаче, с ² /м |
|---|---|---|
| 1529 | 1,5455 | 0,647 |
| 2000 | 1,5321 | 0,6527 |
| 2500 | 1,5097 | 0,6624 |
| 3000 | 1,4784 | 0,6764 |
| 3500 | 1,4381 | 0,6954 |
| 4000 | 1,5549 | 0,6431 |
| 4500 | 1,5299 | 0,6536 |
| 1529 | 1,4629 | 0,6836 |

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

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

Выполняем анализ мощностного баланса электромобиля.

«Определяем мощность, передаваемую ведущим колесам по формуле:

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

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

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колес;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема;

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

N_{II} – мощность, затрачиваемая на преодоление силы инерции;

N_d – мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления дороги» [27].

Представленные в формуле (19) мощности определяются по формулам:

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

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

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

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

$$N_d = P_d \cdot V. \quad (24)$$

Для удобства все вычисления производились в программной среде Microsoft Excel, а уже после этого производилось построение графиков тягово-динамических характеристик в Компас-3D.

Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчетов

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

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчёт трехколесного транспортного средства на электротяге.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге

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

Трехколесное транспортное средство на электротяге представляет собой рамное трехколесное транспортное средство, оснащенное в передней части рулевым механизмом и подвеской, двумя управляемыми неприводными колесами с тормозными механизмами, в задней части вилкой от мотоцикла, с закрепленной на ней ведущим мотор-колесом, амортизатором, в средней части контроллером и аккумуляторной батареей, на раме неподвижно закреплено кресло.

Трехколесное транспортное средство на электротяге предназначено для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье.

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

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

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

«Трехколесное транспортное средство на электротяге должно состоять из металлической рамы, кресла, устройства для поворота передних колес, подвески, мотор-колеса, расположенного в задней части, блока аккумуляторных батарей, контроллера» [9].

К конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки одного человека в положении полулежа;
- конструкция должна обеспечивать низкий центр тяжести, высокую устойчивость и уменьшенное сопротивление ветру;
- «должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью» [1].
- «для оснащения должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям» [3];
- в передней части должен быть выполнен механизм для обеспечения поворота колес, подвеска, площадка для удобного упора ног;
- 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» [12];
- посадка и высадка водителя, погрузка и выгрузка грузов должна быть максимально удобной;
- «в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов» [7].

- «разработку конструкции выполнить в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График» [17].

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

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2303;
 - 2) ширина, не более мм 1138;
 - 3) высота, не более мм 1177;
- б) Угол поворота, не менее град. 40.
- в) Тип привода задний, электрический, мотор-колесо;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, не более Вт 3000;
- е) Запас хода, не менее км 40;
- ж) Масса, не более кг 200» [30].

«Трехколесное транспортное средство на электротяге изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

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

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

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

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

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемого трехколесного транспортного средства на электротяге в зарубежные страны не предусмотрена» [19].

3.2 Техническое предложение на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию трехколесного транспортного средства на электротяге.

Трехколесное транспортное средство на электротяге представляет собой рамное трехколесное транспортное средство, оснащенное в передней части рулевым механизмом и подвеской, двумя управляемыми неприводными колесами с тормозными механизмами, в задней части вилкой от мотоцикла, с закрепленной на ней ведущим мотор-колесом, амортизатором, в средней части контроллером и аккумуляторной батареей, на раме неподвижно закреплено кресло [16].

«Трехколесное транспортное средство на электротяге должно иметь следующие технические показатели:

- а) Габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2303;
 - 2) ширина, не более мм 1138;
 - 3) высота, не более мм 1177;
- б) Угол поворота, не менее град. 40;
- в) Тип привода задний, электрический, мотор-колесо;
- г) Количество двигателей, не более шт. 1;
- д) Мощность двигателя, не более Вт 3000;
- е) Запас хода, не менее км 40;
- ж) Масса, не более кг 200» [30].

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции трехколесных транспортных средств на электротяге с расположением двух ведущих колес сзади, одного управляемого спереди. Конструкции данных типов требуют наличия дифференциала, либо установки двух электродвигателей, также необходима задняя подвеска. Использование одного ведущего мотор-колеса в задней части в сочетании с расположением двух управляемых колес спереди не найдено. Преимуществом конструкции является отсутствие дифференциала и сложной задней подвески автомобильного типа. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих под заданные технические требования не имеется.

«Анализ конструктивных особенностей транспортных средств – аналогов показал, что ни одно из них не отвечает в полной мере, установленным в ТЗ требованиям, что обуславливает необходимость разработки новой конструкции» [9].

Лежачие транспортные средства сконструированы таким образом, что водитель находится в естественном сидячем положении с ориентацией ног вперед, обычно со спинкой и почти в горизонтальном положении. Преимущества этого положения по сравнению с обычным вертикальным положением на велосипеде широко известны и включают в себя более удобное положение при езде, и повышенную безопасность при столкновениях благодаря положению ног вперед. Кроме того, более низкая посадка обеспечивает низкий центр тяжести для большей устойчивости и снижения сопротивления ветру.

Трехколесные лежачие транспортные средства обеспечивают все преимущества, связанные с лежачим положением, и, кроме того, представляют собой полностью устойчивое транспортное средство, которое может трогаться и останавливаться, не ставя ноги на землю, и не требует специальных навыков или обучения для управления.

«Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации:

- интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [21].

«Основными частями трехколесного транспортного средства на электротяге являются: рама, рулевое управление, управляемые неприводные колеса с тормозными механизмами, мотор-колесо, аккумуляторные батареи, контроллер» [31].

В рамках разработки конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге предлагаются следующие варианты исполнения конструктивных элементов.

В первую очередь необходимо определиться с рамой для транспортировки грузов, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 7, а) или профиля круглого сечения (рисунок 7, б).

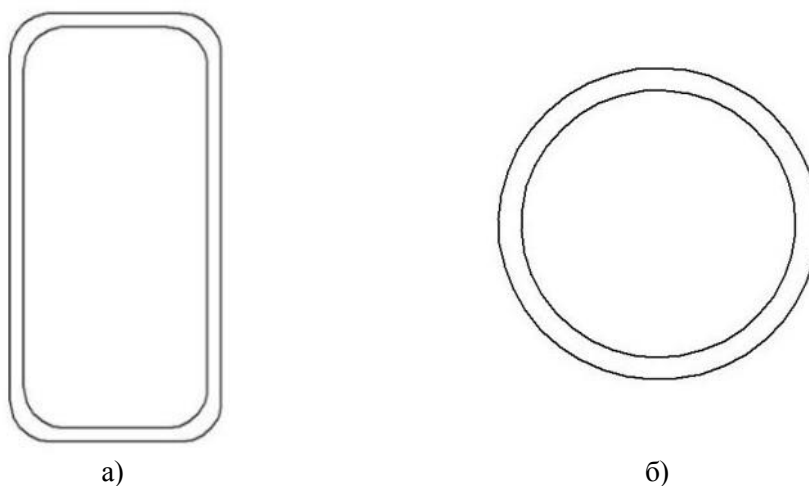


Рисунок 7 – Виды профиля для рамы

«С точки зрения сопротивления материалов, наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном количестве материала они обеспечивают максимальную жесткость

конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

- высокая себестоимость – труба весит на 30% больше аналогичной круглой, а стоит примерно на 35% дороже;
- наличие сварного шва. Трубы квадратного (прямоугольного) сечения производятся только по сварной технологии. По одной из сторон идет сварной шов на всю длину трубы. Труба начинает активно корродировать, причем окраска практически не предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [12].

Принимаем форму рамы из профиля круглого сечения – трубы, для крепления заднего колеса используем вилку от мотоцикла (рисунок 8). В передней части размещаем площадку для возможности упора ног.

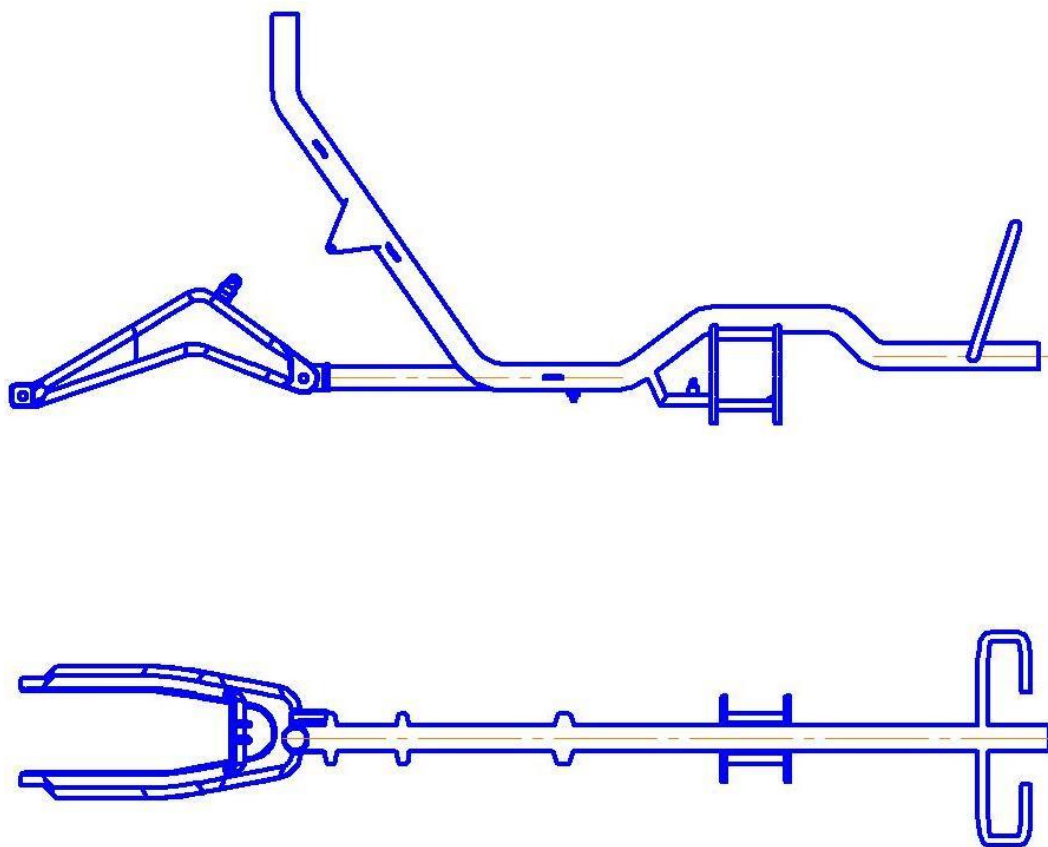


Рисунок 8 – Конструкция рамы трехколесного транспортного средства на электротяге

Для обеспечения поворота передних колес предусматриваем рулевое управление (рисунок 9) в котором рулевая тяга установлена с возможностью вращения на центральном лонжероне под сиденьем. Рулевая тяга соединена с рулевой тягой с пластиной. Рулевая тяга соединена с центральной поворотной пластиной. Центральная поворотная пластина прикреплена с возможностью вращения к нижнему лонжерону с помощью шарнирного пальца. Левая и правая тяги соединяются от центральной поворотной пластины с левым и правым рулевыми рычагами соответственно.

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

Также для обеспечения удобства и комфорта при использовании трехколесного транспортного средства на электротяге предусматриваем подвеску с двумя амортизаторами в передней части и одним сзади.

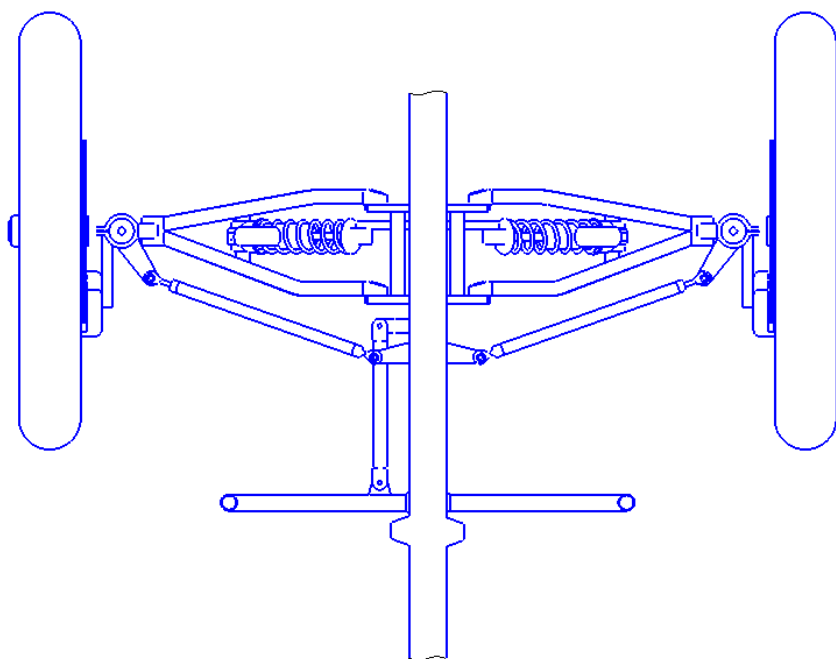


Рисунок 9 – Конструкция рулевого привода

Сиденье крепится к основной раме перед задним ведущим колесом и примерно посередине между колесной базой.

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

Проведя анализ наиболее используемых мотор-колес, применяющихся на транспорте, выбираем мотор-колесо Eltreco 48V 2500W мощностью 1 кВт (рисунок 10).



Рисунок 10 – Мотор-колесо Eltreco 48V 2500W

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики мотор-колеса Eltreco 48V 2500W

| Параметр | Значение |
|----------------|----------------------------|
| «Тип двигателя | бесщеточный мотор-редуктор |
| Напряжение, В | 48 |
| Сила тока А | 15 |
| Скорость, км/ч | 35-40 |
| Тормоз | дисковый тормоз» [20]. |

«Для удобства электрификации конструкции выбираем готовый к эксплуатации комплект электрификации Eltreco (рисунок 11), в который входит непосредственно само мотор-колесо, контроллер 36/48V20A LCD, LCD дисплей ОМТ-М3, ручка газа, датчик PASS, ручки тормоза комплект черные.



Рисунок 11 – Комплект для электрификации

В состав комплекта входит ручка акселератора (рисунок 12), которая устанавливается на правой грипсе и позволяет передвигаться в режиме скутера. На ручке расположена LED-индикация уровня заряда аккумуляторной батареи и кнопка включения/выключения питания электромотора.



Рисунок 12 – Ручка акселератора

Две ручки тормоза (рисунок 13), идущие в комплекте, снабжены концевиками, которые отключают электромотор при торможении.



Рисунок 13 – Ручки тормоза

Современный контроллер (рисунок 14), входящий в состав комплекта, управляет слаженной работой всех компонентов.



Рисунок 14 – Контроллер

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» [31].

Для питания трехколесного транспортного средства на электротяге необходимо предусмотреть тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание мотор-колеса.

Принято решение разместить аккумуляторную батарею под сиденьем.

Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

После выбора всех элементов конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 15).

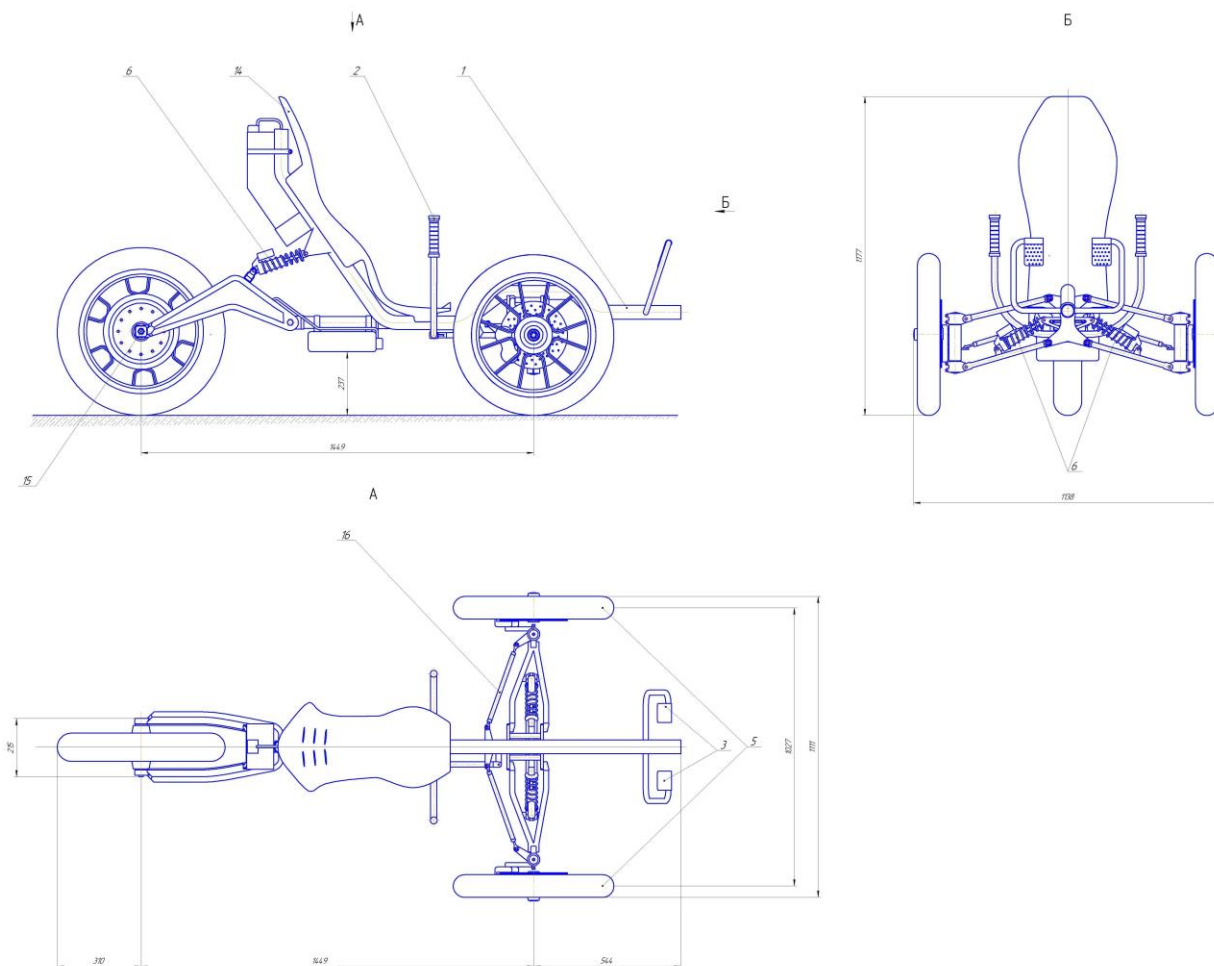


Рисунок 15 – Общая компоновка трехколесного транспортного средства на электротяге

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

3.3 Конструкторские расчеты

«Так как никель-металлогидридный и никель-кадмиевый аккумуляторы имеют значительно меньшую плотность энергии на единицу массы, чем литий-ионный и литий-железо-фосфатный аккумуляторы, их в процессе подбора не рассматриваем. При средней скорости 45 км/час и дальности хода 60 км требуемое время хода 1,33 часа чистого времени» [7].

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

$$Q = N_{\pi} \cdot t, \quad (25)$$

$$Q = 873,8 \cdot 1,33 = 1162,15 \text{ Дж.}$$

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

$$I_{\text{отд}} = \frac{N_{\pi}}{U}, \quad (26)$$

$$I_{\text{отд}} = \frac{873,8}{48} = 18,2 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (27)$$

$$C = \frac{1162,15}{48} = 24,2 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем аккумуляторную батарею LiFePO₄, 48 В-24 А·ч в герметичном корпусе из ABS пластика, класс защиты IP65, собрана на основе призматиков 3,2 В-12 А·ч (рисунок 16).



Рисунок 16 – Аккумуляторная батарея LiFePO₄, 48В-24 А·ч

Технические характеристики аккумуляторной батареи представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO₄

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

Самый безопасный аккумулятор из всех литиевых АКБ. В отличие от свинцовых батарей, в 2 раза легче и при этом срок эксплуатации выше в 15 раз. Высокая токоотдача, позволяющая выдавать большую мощность. Эксплуатация зимой до минус 20°C [26].

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге, выполнены расчеты по подбору аккумулятора.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [8].

Для сборки трехколесного транспортного средства на электротяге предлагается мелкосерийная сборка, так как данная конструкция ввиду новизны не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

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

Определяем такт выпуска:

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

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах [6];

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт.

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ мин.}$$

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

Технологическая схема сборки трехколесного транспортного средства на электротяге представлена в графической части ВКР.

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

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 10), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ

| Содержание основных и вспомогательных переходов | Время операции, мин |
|--|---------------------|
| Взять раму трехколесного транспортного средства на электротяге | 0,7 |
| Осмотреть раму | 0,8 |
| Установить раму на сборочное приспособление | 2 |
| Взять мотор-колесо | 0,3 |
| Осмотреть мотор-колесо | 0,5 |
| Установить мотор-колесо на вилку | 0,4 |
| Завернуть гайки крепления мотор-колеса к вилке | 2 |
| Взять кронштейн крепления аккумуляторной батареи | 0,2 |
| Осмотреть кронштейн крепления аккумуляторной батареи | 0,4 |
| Установить кронштейн крепления аккумуляторной батареи на раму | 5 |
| Взять аккумуляторную батарею | 0,6 |
| Установить аккумуляторную батарею на кронштейн | 0,5 |
| Взять контроллер | 0,2 |
| Осмотреть контроллер | 0,4 |
| Установить контроллер | 1,5 |
| Взять тяговые провода | 0,2 |
| Осмотреть тяговые провода | 0,3 |
| Проложить тяговые провода по раме | 25 |
| Взять переднюю подвеску в сборе с тормозами | 1 |
| Осмотреть переднюю подвеску в сборе с тормозами | 0,9 |
| Установить переднюю подвеску на раму | 75 |
| Взять амортизатор задней подвески | 0,4 |
| Осмотреть амортизатор задней подвески | 0,3 |
| Установить амортизатор задней подвески на раму | 15 |

Продолжение таблицы 10

| Содержание основных и вспомогательных переходов | Время операции, мин |
|--|---------------------|
| Взять велосипедное колесо 2 шт. | 1,5 |
| Осмотреть велосипедное колесо 2 шт. | 0,5 |
| Установить велосипедное колесо 2 шт. | 26 |
| Взять рулевое управление | 0,9 |
| Осмотреть рулевое управление | 0,6 |
| Установить рулевое управление | 60 |
| Взять ручки газа и тормоза | 0,2 |
| Осмотреть ручки газа и тормоза | 0,4 |
| Установить ручки газа и тормоза на рукоятки рулевого управления | 15 |
| Взять сиденье | 0,3 |
| Осмотреть сиденье | 0,3 |
| Установить сиденье | 18 |
| Выполнить подключение силовых проводов к мотор-колесу, аккумулятору, контроллеру | 36 |
| Выполнить испытание трехколесного транспортного средства на электротяге и провести необходимые регулировки | 120 |
| Итого: | 413,3 |

4.2 Определение трудоемкости сборки

«Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

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

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

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах принимается от 4 до 6%, принимаем равным 5%» [22].

$$t_{ум}^{общ} = 413,3 + 413,3 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 446,36 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 11.

Таблица 11 – Технологический процесс сборки трехколесного транспортного средства на электротяге

| № операции | Операция | № позиции | Содержание операций, переходов | Приспособление, оборудование, инструмент | Время, мин. |
|------------|-----------|-----------|--|---|-------------|
| 005 | Сборочная | 1 | Взять раму трехколесного транспортного средства на электротяге | Гайковерт, набор головок, рожковые ключи, динамометрический ключ, сварочный аппарат, плоскогубцы, кусачки | 293,3 |
| | | 2 | Осмотреть раму | | |
| | | 3 | Установить раму на сборочное приспособление | | |
| | | 4 | Взять мотор-колесо | | |
| | | 5 | Осмотреть мотор-колесо | | |
| | | 6 | Установить мотор-колесо на вилку | | |
| | | 7 | Завернуть гайки крепления мотор-колеса к вилке | | |
| | | 8 | Взять кронштейн крепления аккумуляторной батареи | | |
| | | 9 | Осмотреть кронштейн крепления аккумуляторной батареи | | |
| | | 10 | Установить кронштейн крепления аккумуляторной батареи на раму | | |

Продолжение таблицы 11

| № операции | Операция | № позиции | Содержание операций, переходов | Приспособление, оборудование, инструмент | Время, мин. |
|------------|----------|-----------|---|--|-------------|
| | | 11 | Взять аккумуляторную батарею | | |
| | | 12 | Установить аккумуляторную батарею на кронштейн | | |
| | | 13 | Взять контроллер | | |
| | | 14 | Осмотреть контроллер | | |
| | | 15 | Установить контроллер | | |
| | | 16 | Взять тяговые провода | | |
| | | 17 | Осмотреть тяговые провода | | |
| | | 18 | Проложить тяговые провода по раме | | |
| | | 19 | Взять переднюю подвеску в сборе с тормозами | | |
| | | 20 | Осмотреть переднюю подвеску в сборе с тормозами | | |
| | | 21 | Установить переднюю подвеску на раму | | |
| | | 22 | Взять амортизатор задней подвески | | |
| | | 23 | Осмотреть амортизатор задней подвески | | |
| | | 24 | Установить амортизатор задней подвески на раму | | |
| | | 25 | Взять велосипедное колесо 2 шт. | | |
| | | 26 | Осмотреть велосипедное колесо 2 шт. | | |
| | | 27 | Установить велосипедное колесо 2 шт. | | |
| | | 28 | Взять рулевое управление | | |
| | | 29 | Осмотреть рулевое управление | | |
| | | 30 | Установить рулевое управление | | |
| | | 31 | Взять ручки газа и тормоза | | |

Продолжение таблицы 11

| № операции | Операция | № позиции | Содержание операций, переходов | Приспособление, оборудование, инструмент | Время, мин. |
|------------|----------------|-----------|--|--|-------------|
| | | 32 | Осмотреть ручки газа и тормоза | | |
| | | 33 | Установить ручки газа и тормоза на рукоятки рулевого управления | | |
| | | 34 | Взять сиденье | | |
| | | 35 | Осмотреть сиденье | | |
| | | 36 | Установить сиденье | | |
| | | 37 | Выполнить подключение силовых проводов к мотор-колесу, аккумулятору, контроллеру | | |
| 010 | Регулировочная | 1 | Выполнить испытание трехколесного транспортного средства на электротяге и провести необходимые регулировки | Мультиметр | 120 |

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки трехколесного транспортного средства на электротяге.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге составлен технологический паспорт, представленный в таблице 12.

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге

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

5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

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

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

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при сборке трехколесного транспортного средства на электротяге представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Идентификация профессиональных рисков

| Выполняемая работа | ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» | Источник возникновения ОиВПФ |
|--|---|--|
| 1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка трехколесного транспортного средства на электротяге | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трехколесного транспортного средства на электротяге | Элементы конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге |
| | «Запыленность и загазованность воздуха» | Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [19]. |
| | «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования» | Электроинструмент, токарный, фрезерный станки |
| | Возможность поражения электрическим током | Электроинструмент, токарный, фрезерный станки |
| | Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм | Краска акриловая, растворитель, обезжириватель |

Продолжение таблицы 13

| Выполняемая работа | ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» | Источник возникновения ОиВПФ |
|--------------------|--|---|
| | Повышенный уровень шума | Работающее оборудование |
| | Отсутствие или недостаток естественного света | Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс |
| | Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой | Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [29]. |
| | Напряжение зрительных анализаторов | |
| | Монотонность труда, вызывающая монотонию | |

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [10].

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [19].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;

- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) Российской Федерации» [19].

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

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

| ОиВПФ | Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ | Средства индивидуальной защиты |
|--|---|---|
| «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования» | Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [10]. |
| «Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля» | Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [10]. |
| «Повышенный уровень шума» | Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров | Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [19]. |
| «Возможность поражения» | Оформление допуска по электробезопасности, проведение | Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для |

Продолжение таблицы 14

| ОиВПФ | Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ | Средства индивидуальной защиты |
|--|--|--|
| электрическим током | инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства | защиты от электрических полей» [28]. |
| Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм | Использование мощной вытяжки, применение безопасных красок, внедрение автоматизированных окрасочных линий | Респиратор дыхания, костюм индивидуальной защиты |
| «Отсутствие или недостаток естественного света | Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [19] | – |
| «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» [10]. | – |

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения пожара, присвоим им класс пожароопасности и выявим опасные факторы пожара (таблица 15).

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|------------------------------|--|--------------|---|--|
| «Производственное помещение» | Технологическое оборудование, применяемое в производственном помещении | В | Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения | Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [23]. |

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

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

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения (далее – СИЗ), защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [10].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения;
- 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» [19].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке трехколесного транспортного средства на электротяге представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке трехколесного транспортного средства на электротяге

| 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» [23] |
| «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» [19] |
| «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» [10] |
| «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» [20]. |

Продолжение таблицы 16

| | |
|---|---|
| Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности | Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности |
| «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» [10] |
| «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» [18] |

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки трехколесного транспортного средства на электротяге

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки трехколесного транспортного средства на электротяге и сведем их в таблицу 17.

Таблица 17 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

| Технологический процесс | Антропогенное воздействие на окружающую среду: | | |
|---|--|---|---|
| | атмосферу | гидросферу | литосферу |
| «Сборка трехколесного транспортного средства на электротяге | Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, пары акриловой краски, растворителя, обезжиривателя | Краска акриловая, растворитель, обезжириватель, грунт | Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка, остатки от отрезных кругов, электродов» [25]. |

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке трехколесного транспортного средства на электротяге:

- «атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [19].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан технологический паспорт для сборки транспортного средства на электротяге;
- выявлены профессиональные риски при сборке транспортного средства на электротяге и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при сборке транспортного средства на электротяге (таблицы 15, 16);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе сборки трехколесного транспортного средства на электротяге и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 17).

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на сборку трехколесного транспортного средства на электротяге воспользуемся формулой:

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

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [13].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

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

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [13].

В таблице 18 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 18 – Стоимость изготовления корпусных деталей

| Деталь | Марка металла | Масса материала заготовок, кг | Масса деталей, кг | Цена за 1 кг, руб. | Сумма, руб. |
|--|---------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| Рама трехколесного транспортного средства на электротяге | Ст.3 | 55 | 52 | 63 | 3465 |

| | | | | | |
|--------|---|---|---|---|------|
| Итого: | – | – | – | – | 3465 |
|--------|---|---|---|---|------|

$$C_{к.д} = 2 \cdot 72 = 144 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

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

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

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

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

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, рычаг подвески – 4 шт., рулевая тяга – 3 шт., ручка управления – 2 шт., поворотный кулак – 2 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: рычаг подвески – 3,05 чел.-ч., рулевые тяги – 3 чел.-ч., ручки управления – 2,5 чел.-ч., поворотный кулак – 3,25 чел.-ч.

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

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [13].

$$t = (4 \cdot t_{\text{рычаг подвески}} + 3 \cdot t_{\text{рулевая тяга}} + 2 \cdot t_{\text{ручка управления}} + 2 \cdot t_{\text{поворотный кулак}}),$$

$$t = 4 \cdot 3,05 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 3,25 = 11,7 \text{ чел.-ч.}$$

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

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$ р./ч.

$$C_{IP} = 11,7 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1778,6 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

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

$$C_{д} = 10 \cdot 1778,6 / 100 = 177,86 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

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

$$C_{соц} = 30 \cdot (1778,6 + 177,86) / 100 = 586,93 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma IP} = 1778,6 + 177,86 + 586,93 = 2543,39 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 19 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

| Значение | Сумма, руб. |
|---------------------------------|-------------|
| Заработная плата | 1778,6 |
| Дополнительная заработная плата | 177,86 |
| Начисления на заработную плату | 586,93 |
| Итого: | 2543,39 |

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

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

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 20 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 20 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

| Наименование детали | Материал | Количество, шт. | Общая масса материала, кг | Цена за 1 кг, руб. | Сумма, руб. |
|---------------------|-----------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------|
| Рычаг подвески | Сталь 40 | 4 | 8 | 68 | 544 |
| Рулевая тяга | Сталь 40 | 2 | 4,2 | 68 | 285,6 |
| Ручка управления | Ст.3 | 2 | 3 | 46 | 138 |
| Поворотный кулак | Сталь 40X | 2 | 4,7 | 75 | 352,5 |
| Итого: | – | – | – | – | 1320,1 |

$$C_M = 8 \cdot 68 + 4,2 \cdot 68 + 3 \cdot 46 + 4,7 \cdot 75 = 1320,1 \text{ р.}$$

$$C_{o,d} = 1778,6 + 1320,1 = 3098,7 \text{ р.}$$

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

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

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [13].

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

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

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку, чел.-ч» [13].

«Значение определяем по формуле:

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

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

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [13].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 13 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 13 = 16,25 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 16,25 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 2470,28 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 2470,28 = 247,02 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (2470,28 + 247,02) = 815,19 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 2470,28 + 247,02 + 815,19 = 3532,49 \text{ р.}$$

В таблице 21 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 21 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

| Значение | Сумма, руб. |
|---------------------------------|-------------|
| Основная заработная плата | 2470,28 |
| Дополнительная заработная плата | 247,02 |
| Страховые взносы в фонды | 815,19 |
| Итого | 3532,49 |

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

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

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

R_{OP} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [13].

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

Подставив числовые значения в формулы (41,49) получим:

$$C_{PP}' = 1778,6 + 2470,28 = 4248,88 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(4248,88 \cdot 15)}{100} = 637,33 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести мотор-колесо, контроллер, аккумуляторную батарею, электрические провода, ручки газа и тормоза, а также метизы.

Перечень покупных деталей представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

| Значение | Количество, шт. | Цена, руб. | Сумма, руб. |
|-------------------------------|-----------------|------------|-------------|
| Мотор-колесо | 1 | 7500 | 7500 |
| Контроллер | 1 | 3100 | 3100 |
| Аккумуляторная батарея | 1 | 6500 | 6500 |
| Электрические провода (пучок) | 1 | 1200 | 1200 |
| Ручки газа и тормоза | 1 | 1500 | 1500 |
| Амортизаторы передние | 2 | 1100 | 2200 |
| Амортизатор задний | 1 | 1000 | 1000 |
| Тормозной механизм | 2 | 2300 | 4600 |
| Метизы крепежные | 50 | 658 | 658 |
| Итого: | | | 28258 |

$$C_{ИД} = 7500 + 3100 + 6500 + 1200 + 1500 + 2200 + 1000 + 4600 + 658 = 28258 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 23.

$$C_{КОИ} = 3465 + 3098,7 + 3532,49 + 637,33 + 28258 = 38991,52 \text{ р.}$$

Таблица 23 – Затраты на изготовление конструкции

| Значение | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| Стоимость изготовления корпусных деталей | 3465 |
| Затраты на изготовление оригинальных деталей | 3098,7 |
| Затраты на сборку | 3532,49 |
| Общепроизводственные накладные расходы | 637,33 |
| Стоимость покупных изделий (деталей) | 28258 |
| Итого: | 38991,52 |

Общие затраты на сборку трехколесного транспортного средства на электротяге равны 38991,52 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

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

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. [25];

$$\mathcal{E}_Г = 86000 - 38991,52 = 47008,48 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

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

$$O_{OK} = \frac{38991,52}{47008,48} = 0,82 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

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

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 47008,48 - 0,15 \cdot 38991,52 = 41159,75 \text{ р.}$$

В таблице 24 представлены основные показатели проекта.

Таблица 24 – Основные показатели проекта

| Показатели | Единица измерения | Значение | |
|---|-------------------|--------------|-----------------|
| | | До внедрения | После внедрения |
| Стоимость изготовления конструкции | р. | 86000 | 38991,52 |
| Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции | р. | – | 47008,48 |
| Экономический эффект | р. | – | 41159,75 |
| Срок окупаемости | год | – | 0,82 |

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки трехколесного транспортного средства на электротяге с экономической стороны. Стоимость изготовления трехколесного транспортного средства на электротяге составляет 38991,52 р., срок окупаемости равен 0,82 года.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция трехколесного транспортного средства на электротяге.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрены конструкции существующих электрических трехколесных транспортных средств;
- выполнен тягово-динамический расчёт трехколесного транспортного средства на электротяге;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге, выполнены расчеты по подбору аккумулятора. Разработанная конструкция трехколесного транспортного средства на электротяге проста в изготовлении и сборке, составляющие элементы конструкции доступны в продаже и легко заменяемы в случае ремонта, транспортное средство обладает оптимальными технико-экономическими характеристиками;
- проведено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки трехколесного транспортного средства на электротяге;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки трехколесного транспортного средства на электротяге с экономической стороны. Стоимость изготовления составляет 38991,52 р., срок окупаемости равен 0,82 года

Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

5 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03) - «Прикладная механика», 23.03.03 (23.04.03) - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.03.01 (23.04.01) - «Технология транспортных процессов», 23.03.02 (23.04.02) - «Наземные транспортно-

технологические комплексы», 23.05.01 - «Наземные транспортно-технологические средства» / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

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

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

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

9 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет

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

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

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

12 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

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

14 Карпухин К. Е. . Этапы развития транспортных средств на электрической тяге в России и мире [Текст] : монография / К. Е. Карпухин, В. Н. Кондрашов, А. С. Теренченко ; Государственный научный центр Российской Федерации, Федеральное государственное унитарное

предприятие Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ". - Москва : НАМИ, 2018. - 306 с.

15 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ; Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

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

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

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

Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

19 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

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

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

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

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

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

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

26 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

27 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

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

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

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

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

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

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

Приложение А
Спецификация

| Формат Зона | | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме- чание | |
|--|----|----------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| | | | | | | | Перв. примен. |
| | | | | <u>Документация</u> | | | |
| A4 | | | 22.ДП.ПЭА.1516.100.000.ПЗ | Пояснительная записка | 1 | | |
| A1 | | | 22.ДП.ПЭА.1516.100.000.СБ | Сборочный чертёж | 1 | | |
| | | | | <u>Сборочные единицы</u> | | | |
| Сбор. № | A1 | 1 | 22.ДП.ПЭА.1516.101.000 | Рама | 1 | | |
| | | 2 | 22.ДП.ПЭА.1516.102.000 | Рулевое управление | 1 | | |
| | | 3 | 22.ДП.ПЭА.1516.103.000 | Мотор-колесо | 1 | | |
| | | 4 | 22.ДП.ПЭА.1516.104.000 | Задняя вилка | 1 | | |
| | | 5 | 22.ДП.ПЭА.1516.105.000 | Подвеска передняя | 1 | | |
| | | 6 | 22.ДП.ПЭА.1516.106.000 | Амортизатор | 2 | | |
| | | 7 | 22.ДП.ПЭА.1516.107.000 | Колесо переднее | 2 | | |
| | | 8 | 22.ДП.ПЭА.1516.108.000 | Аккумуляторная батарея | 1 | | |
| | | 9 | 22.ДП.ПЭА.1516.109.000 | Контроллер | 1 | | |
| | | | | <u>Детали</u> | | | |
| Инв. № детал. | | 10 | 22.ДП.ПЭА.1516.100.010 | Упоры для ног | 1 | | |
| | | 11 | 22.ДП.ПЭА.1516.100.011 | Сиденье | 1 | | |
| 22.ДП.ПЭА.1516.100.000 | | | | | | | |
| Инв. № подл. | | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | |
| | | Разраб. | Меньшаков | | | | |
| | | Проб. | Тизилов | | | | |
| | | Н.контр. | Тизилов | | | | |
| | | Утв. | Бабровский | | | | |
| Трёхколесное транспортное средство на электрояге | | | | | Лит. | Лист | Листов |
| | | | | | | | 1 |
| | | | | | ТГУ ИМ гр. АТс-1701а | | |
| Копировал | | | | | Формат А4 | | |

Рисунок А.1 – Спецификация на модель трехколесного транспортного средства