

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))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Проектирование прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

Обучающийся

С.Ю. Меньшиков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Проектирование прогулочного электротранспорта с независимой подвеской».

Цель работы – проектирование прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 90 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены конструкции прогулочного электротранспорта, как находящиеся в свободной продаже, так и перспективные разработки. Ввиду широкого интереса к «зеленым» технологиям и тенденцией к импортозамещению зарубежной продукции, тема представляется интересной и полезной к разработке.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской, выполнены конструкторские расчеты.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The topic of the given graduation work is: «The design of a pleasure electric vehicle with independent suspension».

The graduation work consists of: an introduction, 6 general parts, a conclusion, a list of references, appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation work is the construction development of the pleasure electric vehicle with independent suspension.

We touch upon the problem of developing a relatively inexpensive pleasure electric vehicle with independent suspension in order to popularize the electric transport and improve the environmental situation in cities.

The aim of the work is to develop the design of the pleasure electric vehicle with independent suspension.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the overview of the pleasure electric vehicle is available both on the market and in perspective developments; the traction-dynamic calculation of the pleasure electric vehicle; the terms of reference and the technical proposal for the pleasure electric vehicle development; the design calculations; the selection of the organizational form of the assembly, the description of its technological process and the labor intensity calculation; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the justification of the economic efficiency of the project.

In conclusion, we'd like to stress that the pleasure electric vehicle with independent suspension is suitable for trips to nature or shops. Relative compactness allows one to go where even a car can't go. The hybrid bicycles are also low maintenance: they don't require regular fuelling, insurance, and registration costs.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
1.1 Тенденции развития рынка электровелосипедов	8
1.2 Современные конструкции электровелосипедов.....	12
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	19
3.1 Техническое задание на разработку прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	30
3.2 Техническое предложение на разработку прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.....	33
3.3 Конструкторские расчеты	44
4 Технологический раздел.....	48
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	49
4.2 Проектирование технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.....	53
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	58
5.1 Характеристика технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	59
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	60
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	62
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	68
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	70
6 Экономическая эффективность проекта.....	73
Заключение	83
Список используемой литературы и используемых источников.....	84
Приложение А. Спецификация.....	90

Введение

Доля мирового рынка электромобилей за последнее десятилетие сделала огромный скачок вперед, и ожидается, что в ближайшие годы эта тенденция только ускорится. Несмотря на то, что уже наблюдается невероятный рост числа электромобилей по всему миру, прогнозы индустрии электромобилей предполагают, что мы только что коснулись поверхности.

Чтобы понять текущую ситуацию в секторе электромобилей, давайте посмотрим, что произошло за последние пару лет.

2020 год не показал значительного роста общего количества регистраций новых автомобилей. На мировой рынок всех типов автомобилей негативно повлияла пандемия COVID-19 и последовавший за ней экономический спад. В условиях пандемии перспективы мировых продаж электромобилей в начале года были довольно непредсказуемыми.

Однако, как показало время, 2020 год оказался на удивление позитивным: мировые продажи электромобилей выросли на 43% по сравнению с 2019 годом, а доля мирового рынка электромобилей выросла до рекордных 4,6% в 2020 году.

2021 год стал большим скачком в продажах электромобилей. Продажи электромобилей удвоились с 2020 до 6,75 млн. Количество электромобилей, проданных за неделю в 2021 году, превысило количество проданных за весь 2012 год.

Путь к полной электрификации еще долг, но он становится реальностью.

Электромобили должны сыграть центральную роль в амбициозной цели по нулевому уровню выбросов, установленной на 2050 год, и отрасль готовится к этому.

2022 год выдался сильным, побившим все рекорды. Продажи электромобилей превысили 10 миллионов, при этом 14 % всех проданных

новых автомобилей были электрическими , что значительно больше, чем 9 % в 2021 году и менее 5% в 2020 году, 60% освоение с 2021 года.

Глобальные продажи электромобилей в 2022 году продолжают расти , поскольку большинство ведущих стран серьезно относятся к проблеме декарбонизации, а также поддерживаются различными мерами политики и стимулами.

Только в первом квартале года было продано 2,3 миллиона электромобилей. Это на 25% больше, чем за то же время в 2022 году.

Прогнозируется, что к концу 2023 года мы увидим 14 миллионов продаж. К тому времени электромобили могут составлять 18% от общего объема продаж автомобилей

Исторически Китай доминировал на рынке электрических двухколесных транспортных средств и продолжал делать это в 2022 году, несмотря на падение продаж с более чем 10 миллионов в 2021 году до менее 7,7 миллионов в 2022 году. Это падение можно объяснить проблемами цепочки поставок после пандемии Covid-19.

Что касается электрических трехколесных транспортных средств, лидирует Индия с 425 000 проданных единиц в 2022 году. Вместе с Китаем, где в 2022 году было продано почти 350 000 трехколесных транспортных средств, на эти две страны приходилось почти 99% мировых продаж.

Для поддержки растущего спроса на электромобили необходимо увеличить количество различных элементов цепочки поставок аккумуляторов для электромобилей, от добычи сырья, такого как литий или никель, до самого производства электромобилей.

Разнообразные изменения характеристик аккумуляторов, вызванные высоким спросом, обеспечат множество преимуществ для бизнеса электромобилей. Для рынка электромобилей дальнейшие технологические достижения включают:

- изменения в химическом составе батареи
- изменение плотности энергии

- изменение размера аккумуляторных батарей

В конечном итоге эти изменения приведут к снижению затрат и повышению эффективности производства.

Несколько заводов по производству электромобилей планируют расширить свои мощности по производству электромобилей из-за усиления политической поддержки. Это хорошая новость для рынка в целом, поскольку это означает, что предложение электромобилей сможет догнать спрос.

В 2022 году использование электромобилей сократило выбросы парниковых газов более чем на 80 миллионов тонн во всем мире. На практике все выбросы электромобилей рождаются из-за производственного процесса, в то время как мы не можем применить подобную логику к автомобилям с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). По большому счету, можно с уверенностью заключить, что общественные дебаты о влиянии электромобилей и автомобилей с ДВС на окружающую среду поворачиваются в пользу электромобилей.

Ни для кого не секрет, что государственная и местная политика играет огромную роль в ускорении внедрения электромобилей. В 2022 году на политику в отношении электромобилей приходилось более 90% мировых продаж легковых автомобилей и 70% продаж тяжелых транспортных средств и двух/трехколесных транспортных средств.

Основные рынки (Китай, США, Европа), где в настоящее время наблюдается быстрый рост продаж электромобилей, начали свое путешествие на электромобилях с введения таких мер, как стимулирование покупки транспортных средств. Эти рынки в настоящее время переходят от стимулирования продаж электромобилей к поддержке большегрузного транспорта и зарядки электромобилей.

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

1 Состояние вопроса

1.1 Тенденции развития рынка электровелосипедов

«Свою историю электровелосипед начал еще в 1990 году, когда активно начала развиваться электроника и создаваться мощные (по тем временам) аккумуляторы. И уже спустя 12 лет на них пришелся пик популярности в Китае и Японии. И по сей день многие люди выбирают электровелосипеды в качестве транспорта» [16].

Положительное влияние на рынок оказала пандемия COVID-19. Электровелосипеды были более важной транспортной услугой во время пандемии COVID-19. После первоначального падения продаж электронных велосипедов во время карантина спрос на электронные велосипеды значительно увеличился во второй половине 2020 года. Кроме того, в 2021 году спрос на электрические велосипеды продолжил расти, что в очередь подпитывала спрос на двигатели для электронных велосипедов.

Рынок электровелосипедов был сегментирован по типу электродвигателя (средний привод, мотор-редуктор с прямым приводом, редукторный мотор-редуктор и фрикционный мотор), по типу электровелосипеда (городской, горный электровелосипед / электровелосипед и электрогрузовик), по мощности/выходной мощности (менее 250 Вт, 250–500 Вт, 500 Вт и выше) и по географическому положению (Северная Америка, Европа, Азиатско-Тихоокеанский регион и остальные страны мира).

Рынок электровелосипедов оценивался примерно в 2,5 млрд долларов США в 2021 году, и ожидается, что к 2027 году он достигнет 3,2 млрд долларов США, что означает среднегодовой темп роста около 4,2% в течение прогнозируемого периода (2022–2027 годы).

Ожидается, что в среднесрочной перспективе, помимо растущего предпочтения клиентов в отношении приключенческих и развлекательных

мероприятий, расширение применения электрических велосипедов в различных секторах, таких как услуги по аренде электронных велосипедов и логистика, будет стимулировать спрос на электровелосипеды сверх прогноза. период. По мере того, как города по всему миру выходят из-под карантина, спрос на электронные велосипеды растет из-за их низкой стоимости эксплуатации и удобства. Кроме того, в связи с постоянно растущими проблемами окружающей среды и здоровья из-за увеличения уровня выбросов правительства и международные организации по всему миру вводят строгие нормы выбросов для снижения уровня выбросов углерода. Кроме того, ожидается, что разработка высокопроизводительных электронных велосипедов поможет значительно увеличить спрос на электродвигатели в течение прогнозируемого периода [27].

Рынок электровелосипедов сегментируется по типу двигателя, типу электровелосипеда, мощности/производительности и географическому положению. По типу двигателя рынок делится на средний привод, мотор-втулку с прямым приводом, мотор-редуктор и фрикционный двигатель. По типу E-Bike рынок делится на Urban, E-Mountain/E-MTB и E-Cargo. По мощности/выходной мощности рынок подразделяется на модели ниже 250 Вт, от 250 Вт до 500 Вт, от 500 Вт и выше. В отчете также рассматриваются размеры рынка и прогнозы для рынка электровелосипедов в 17 странах в основных регионах. Для каждого сегмента размер рынка и прогнозы были сделаны на основе стоимости.

Спрос на электронные велосипеды в развивающихся странах постоянно растет, в первую очередь из-за растущей государственной поддержки в виде освобождения от налогов, субсидий и т. д. Например, в Индии по схеме FAME II правительство предоставляет субсидию в размере рупий. 15 000 за кВтч для электрических двухколесных транспортных средств. Кроме того, правительство Японии в дополнительном бюджете на 2021 год выделило на электромобильность в общей сложности 37,5 млрд иен (317 млн долларов США). Ожидается, что рост располагаемого дохода населения в

развивающихся странах останется важным фактором роста популярности электронных велосипедов в течение прогнозируемого периода [26].

Китай является лидером на мировом рынке компонентов для электровелосипедов и электровелосипедов, и производители на рынке постоянно инвестируют в производственные мощности и возможности исследований и разработок, чтобы оставаться впереди конкурентов. Пандемия COVID-19 привела к резкому росту спроса на электровелосипеды в Китае. Мобильность как услуга или концепция MaaS набирает обороты в Китае, и игроки, занимающиеся прокатом велосипедов, такие как Mobike от Meituan, уже разместили на дорогах несколько электрических велосипедов, чтобы удовлетворить растущий спрос.

Ожидается, что Азиатско-Тихоокеанский регион станет лидером на рынке, и ожидается, что он останется доминирующим в ближайшие годы. Ожидается, что в Китае будут наблюдаться более высокие темпы роста рынка из-за огромных продаж электронных велосипедов. Кроме того, в течение прогнозируемого периода также ожидается значительный рост в Индии, Южной Корее и Японии. Например, по данным Statista, в 2020 году продажи электровелосипедов в Китае составили 15,83 млн. на работу и схемы, предоставляемые правительствами для приобретения электронных велосипедов. Кроме того, в стране проживает живое пенсионное население, которое любит путешествовать на автофургонах и электронных велосипедах.

Кроме того, европейский регион, по прогнозам, будет играть заметную роль на рынке, и в нем доминирует Германия, за которой следуют Франция и Италия. Основными факторами, стимулирующими продажи электровелосипедов, являются использование высококачественных материалов, полностью интегрированные аккумуляторы и приводы, привлекательный дизайн, а также инновационные продукты, предлагаемые игроками [15].

На рынке электровелосипедов доминируют различные международные и региональные игроки, такие как TDCM Corporation Limited, Robert Bosch

GmbH, Suzhou Xionгда Motor Co., Ltd., Yamaha Motor Co., Ltd., Dapu Motors, Suzhou Bafang Electric Motor Science-Technology. Co., Ltd, Panasonic Corporation of North America, TRANZX, Shimano Inc, NIDEC CORPORATION и SPORTTECH Handels GmbH. Хотя, чтобы иметь преимущество перед конкурентами, крупные автомобильные компании E-bike Motor выпускают инновационные продукты.

В июне 2021 года Shimano Inc представила новый веб-сервис SHIMANO CONNECT Lab. Это поможет всем клиентам велосипедистов Shimano управлять данными и анализировать их. SHIMANO CONNECT Lab позволяет отображать несколько карт и графиков в облаке, связанном с SHIMANO ID, путем загрузки данных о поездке.

В сентябре 2020 года Shimano Inc запустила новый привод в своем секторе силовых агрегатов для электронных велосипедов - привод EP8 (DU-EP800). Этот электродвигатель компактнее, тише, легче и с увеличенным запасом хода, что еще больше способствует полной конструкции велосипеда, обеспечивая более естественное ощущение езды в сочетании с улучшенной мощностью[26].

С повышением осведомленности об охране окружающей среды и непрерывным ускорением урбанизации электрические велосипеды стали новым фаворитом городских жителей.

Во-первых, технология электрических велосипедов будет постоянно обновляться и совершенствоваться. Например, достижения в области аккумуляторных технологий позволят электровелосипедам иметь больший запас хода, в то время как появятся более тонкие, безопасные и более эффективные аккумуляторы. Улучшения в моторных технологиях также сделают электровелосипеды более портативными, безопасными и эффективными.

Во-вторых, конструкция электрических велосипедов будет более удобной. Например, все больше электрических велосипедов будут иметь складную конструкцию, удобную для переноски и хранения; все больше

электрических велосипедов также будут использовать интеллектуальные конструкции, такие как подключение к мобильным приложениям, которые могут предоставлять более интеллектуальные и персонализированные услуги.

Опять же, рынок электрических велосипедов будет более диверсифицированным. В дополнение к традиционному рынку городских жителей, рынок электрических велосипедов также будет расширяться за счет большего количества групп потребителей, таких как молодежь, пожилые люди, любители спорта и так далее. Таким образом, дизайн и функции электрических велосипедов в будущем также будут более разнообразными, чтобы удовлетворить потребности различных групп.

Наконец, электрические велосипеды станут основной движущей силой городского экологического туризма. Поскольку проблемы городских пробок и защиты окружающей среды становятся все более актуальными, электрические велосипеды станут важным решением. Правительство также увеличит поддержку электрических велосипедов, например, усилит управление, регулирование и субсидирование электрических велосипедов, а также будет способствовать популяризации и развитию электрических велосипедов [27].

В целом перспективы развития электровелосипедов в будущем очень широкие. Электрические велосипеды станут не только средством передвижения, но и модным, здоровым и экологичным образом жизни.

1.2 Современные конструкции электровелосипедов

«Немецкая инжиниринговая компания Шэффлер (Schaeffler), которая является крупным частным производителем элементов трансмиссий и силовых установок для автомобильного, аэрокосмического и промышленного применения, уверена, что будущее за персональным

транспортом. И в подтверждение этому она создала уникальную веломашину, которая олицетворяет ее видение городской мобильности» [27].

Транспортное средство получило название bio hybrid (био-гибрид) (рисунок 1). И действительно, оно сочетает в себе достоинства велосипеда и автомобиля, предоставляя пользователю возможность путешествовать с комфортом, бережно относится к экологии и не забывать о своем здоровье.

«В отличие от обычного велосипеда, педальная машина Шэффлер защищает водителя от воздействий плохой погоды и дает возможность перевозить объемные грузы, а при желании она может оснащаться дополнительным сиденьем и вмещать двух человек. Благодаря электрическому приводу и съемным батареям четырехколесный байк может без труда преодолевать от 50 до 100 км с максимальной скоростью 25 км/ч» [27].



Рисунок 1 – Био-гибрид

«Преимущества в сравнении с автомобилем заключаются в том, что для езды на био-гибриде не требуются водительские права, причем пользоваться

им можно и на велосипедных дорожках, благодаря достаточно компактным размерам (2,1 м в длину, 1,5 м в высоту, 85 см в ширину)» [15].

Водитель может выбирать как ему передвигаться – в обычной или спортивной манере. Платформа с двумя передними и задними колесами обеспечивает повышенную безопасность и стабильность управления транспортным средством. Электрическая передача заднего хода также позволяет маневрировать без каких-либо проблем.

Экстравагантный дизайн гибридного электробайка увенчивает оригинальная крыша, которая легко сдвигается за спинку сиденья с помощью интеллектуального механизма поворота, и в таком положении веломашина превращается в стильный кабриолет и позволяет водителю наслаждаться свежим воздухом.

Немецкий велосомобиль легко интегрируется со смартфоном, приложения которого открывают доступ как к техническим данным, так и к информации о погоде, дорожной ситуации и другим дополнительным сведениям [15].

Созданная немецким изобретателем Томасом Фибихом одноместная веломашина Pedilio (рисунок 2) получила 21-скоростную трансмиссию с педальным приводом от правого заднего колеса и ступичным мотором в левом заднем колесе, который может выступать в качестве ассистента мышечной силе велосипедиста. Разработчики планируют выпускать модель в двух версиях. Первая будет оснащена 250-ваттным двигателем, с помощью которого пользователь сможет развить скорость до 25 км/ч. Вторая, с 500-ваттным двигателем, обеспечит разгон до 45 км/ч. Таким образом Pedilio подпадает в категорию легких мототранспортных средств (по крайней мере, в Европе), а желающими на нем поездить потребуются водительские права.

Питание для мотор-колеса поставляет литий-ионный аккумулятор, который позволит проехать около 60 км на электрической тяге. Но запас хода может быть увеличен благодаря системе рекуперативного торможения. Также Pedilio оснащен солнечными панелями, расположенными на крыше:

они обеспечат зарядку батареи во время стоянки. Кроме того, предусмотрена возможность установки дополнительного модуля АКБ [26].

Велоквадроцикл оснащен стальной рамой с порошковым напылением и кабиной из углеродного волокна. При весе около 68 кг имеет максимальную грузоподъемность 130 кг и, при желании заказчика, может комплектоваться независимой подвеской на всех четырех 20-дюймовых колесах, передними и задними гидравлическими дисковыми тормозами и полноценной системой освещения с указателями поворота.



Рисунок 2 – Веломашина Pedilio

«Грузовой электробайк на четырех колесах EAV Project 1 (рисунок 3), педальный привод которого мало чем отличается от традиционного двухколесного велосипеда, может перевозить до 150 кг груза и уже включен в парк международной службы экспресс-доставки DPD в рамках ее планов по снижению уровня транспортных выбросов» [27].



Рисунок 3 – Грузовой электробайк на четырех колесах EAV Project 1

Производитель электротранспорта EAV уже начал серийное производство своего нового четырехколесного аппарата, который, как уверены в компании, произведет революцию в поставках «последней мили» в городских районах.

Новое транспортное средство работает как обычный велосипед с дополнительным электрическим приводом и развивает максимальную скорость около 32 км/ч. Габариты этого квадроцикла допускают перемещение по велосипедной дорожке, а в заднем отсеке достаточно места для больших поклажей массой до 150 кг или шести грузовых контейнеров.

Новые варианты городской мобильности вроде Убера, проката электросамокатов, велопроката без станций и, возможно, в будущем, беспилотных шаттлов может выветрить автомобилецентризм из сознания людей. Электровелосипеды могут сыграть важную роль во всё более населённых и загрязнённых городах, если станут тем видом транспорта, который обеспечит переход от плохой привычки к более здоровым, устойчивым, доступным, да и просто весёлым вариантам. Конечно, если все велосипеды в мире сейчас вмиг заменить на электровелосипеды, для окружающей среды ничего хорошего не будет. Но поскольку езда на

электровелосипеде менее требовательна к уровню физической подготовки людей (на них проще забираться в гору и преодолевать большие расстояния), люди могут отказаться от автомобилей в пользу электровелосипедов.

«Веломобиль Podride (рисунок 4) представляет собой закрытый четырехколесный мини-экипаж с приводом Pedelec, технически напоминающий лигерад (лежачий велосипед, рикамберн), а внешне – карбоновый автомобиль Peanuts уже почти собрал на краудфандинговой платформе необходимую для запуска производства сумму. Опирающийся на 20-дюймовые колеса автомобильчик имеет размеры 180x72x145 сантиметров (ДхШхВ). А так как колесная база составляет всего 88 сантиметров, радиус поворота не превышает трех с половиной метров» [16].



Рисунок 4 – Веломобиль Podride

«В отличие от большинства трех- и четырехколесных лигерадов, в салоне у Podride установлено сиденье, на котором водитель сидит на той же высоте, что и водитель легкового автомобиля. Обшитая материей кабина вместе с ветровым стеклом откидывается вперед, что обеспечивает удобную посадку и высадку. Комфорт во время движения обеспечивает и пневматическая подвеска. Также транспортное средство оборудовано

передними и задними осветительными приборами, а также указателями поворотов.

Управляется всящая 70 килограмм конструкция с помощью двух расположенных рядом с сиденьем рычагов. Педалями приводятся в движение задние колеса, причем водитель может для движения как пользоваться силой своих ног, нажимая на эти педали, так и подключать себе в помощь установленный на каретке 250-ваттный двигатель от Bafang. Как и у большинства лигерадов, максимальная скорость экипажа составляет 25 км/час. На одном заряде аккумулятора, если нет желания работать ногами, можно проехать до 60 километров» [27].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены конструкции прогулочного электротранспорта, как находящиеся в свободной продаже, так и перспективные разработки. Ввиду широкого интереса к «зеленым» технологиям и тенденцией к импортозамещению зарубежной продукции, тема представляется интересной и полезной к разработке.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«В целях подбора комплектующих тяговой системы прогулочного электротранспорта с независимой подвеской, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля» [23].

Исходные данные для тягового расчета прогулочного электротранспорта с независимой подвеской представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета мощности мотор-колеса

Параметр	Значение
Тип автомобиля	заднеприводный
Колесная формула	4×2
Количество человек	1
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2595×891×1130
Снаряжённая масса электромобиля, кг	70
Масса одной батареи Winston 60АН составляет 11,5 кг, в конструкции используется комплект из 2 батарей	23
Масса мотор-колеса, мощностью 350 Вт – 2,6 кг, в конструкции используется 2 мотор-колеса	5,2
Масса параллельных контроллеров на 350 Вт, кг	2,4
Дополнительный вес (переходная плита, провода, крепление), кг	7
Общая масса с округлением, кг	108
Масса водителя, кг	80
Полная расчётная масса, кг	188
Коэффициент сопротивления воздуха (C_x)	0,3
Коэффициент сопротивления качения (f_0)	0,013
Скорость автомобиля максимальная (V_{max}), км/ч	30
Максимальная частота вращения вала электродвигателя	
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_a), кг/м ³	1,225
КПД трансмиссии ($\eta_{тр}$)	0,85

«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 108 кг;

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

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

n – количество людей в электромобиле» [23].

$$M_{\text{а}} = 108 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 198 \text{ кг.}$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

где d – посадочный диаметр, принимаем равным 16” или 0,406 м;

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

H – высота профиля шины, принимаем равной 0,114» [23].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,406 + 0,92 \cdot 0,114 = 0,307 \text{ м.}$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_{\text{д}} \approx r_{\text{к}} = 0,307 \text{ м.}$$

«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» [23].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

$$F = 0,8 \cdot 0,89 \cdot 1,13 = 0,8 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

$$f = 0,025 \cdot \left(1 + \frac{8,3^2}{25000} \right) = 0,025.$$

«Определяем мощность электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учётом КПД трансмиссии по формуле мощностного баланса:

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

где G_a – полный вес автомобиля;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, равен 0,025» [23].

$$N_v = \frac{198 \cdot 9,81 \cdot 0,025 \cdot 8,3 + 0,15 \cdot 1,293 \cdot 8,3^3}{1000 \cdot 0,85} = 0,6 \text{ кВт}.$$

По полученным данным принимаем для привода 2 мотор-колеса с мощностью не менее 350 Вт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят мотор-колеса компании Kunray мощностью 350 Вт.

Характеристики мотор-колеса Kunray показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость мощности и момента от скорости вращения мотор-колеса

Параметр	Значение						
ω_e , об/мин	38	86	134	181	229	277	325
N_e , кВт	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
M_e , Н·м	10	20	20	30	30	30	40

График внешней скоростной характеристики мотор-колеса представлен на рисунке 5.

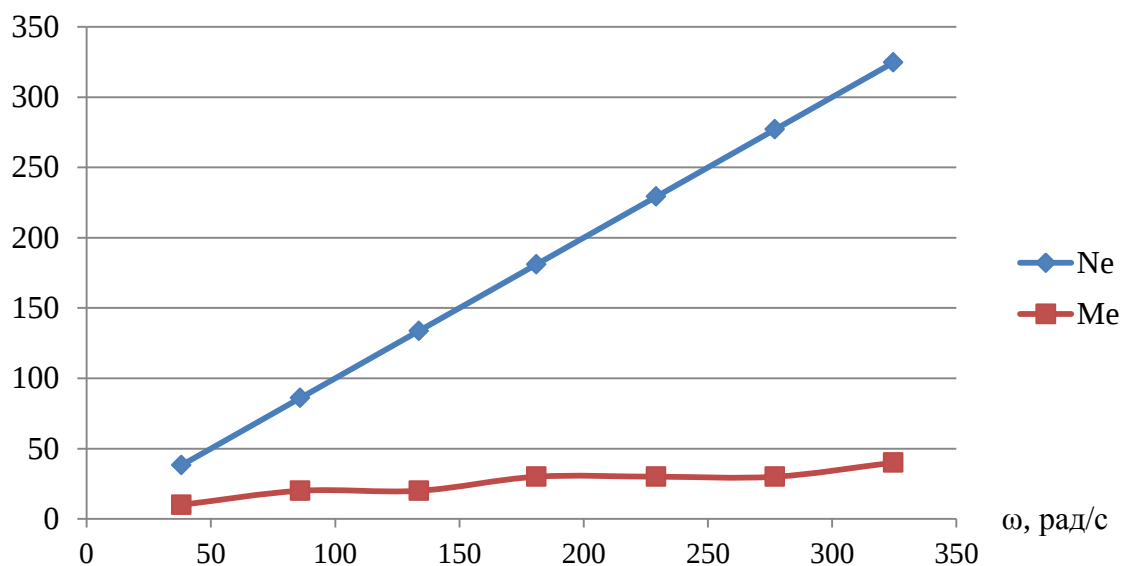


Рисунок 5 – График внешней скоростной характеристики мотор-колеса

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

где $\omega_{\max}$ – скорость вращения вала двигателя, соответствующая максимальной скорости автомобиля, для двигателя мотор-колеса Kunray 350 Вт 48V скорость вращения равна максимальной, то есть 325 об/мин или 34 рад/с;

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач, передаточное число принимаем равным 1» [23].

$$U_0 = \frac{0,307}{1} \cdot \frac{34}{8,3} = 1,25.$$

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

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

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

$$G_{cy} = m_a \cdot g \cdot 0,8, \quad (9)$$

φ – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии равна 0,8» [23].

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 198 = 1553,9 \text{ Н},$$

Подставляем значения в формулу (8) и получаем:

$$U_1 \leq \frac{1553,9 \cdot 0,8 \cdot 0,307}{40 \cdot 0,85 \cdot 1,25} \leq 8,97.$$

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

$$P_D = G_a \cdot \psi. \quad (12)$$

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

$$P_\Sigma = P_B + P_D. \quad (13)$$

Сводим результаты расчетов в таблицу 3» [23].

Таблица 3 – Результаты расчета

Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
	P_B	P_D	P_Σ
34,61	0,18	22,81	22,99
69,22	0,37	25,86	26,23
69,22	0,55	26,24	26,79
103,83	0,73	26,86	27,60
103,83	0,92	27,74	28,65
103,83	1,10	28,86	29,96
138,44	1,29	30,24	31,52

Силовой баланс электромобиля представлен на рисунке 6.

Определяем динамический фактор по формуле:

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

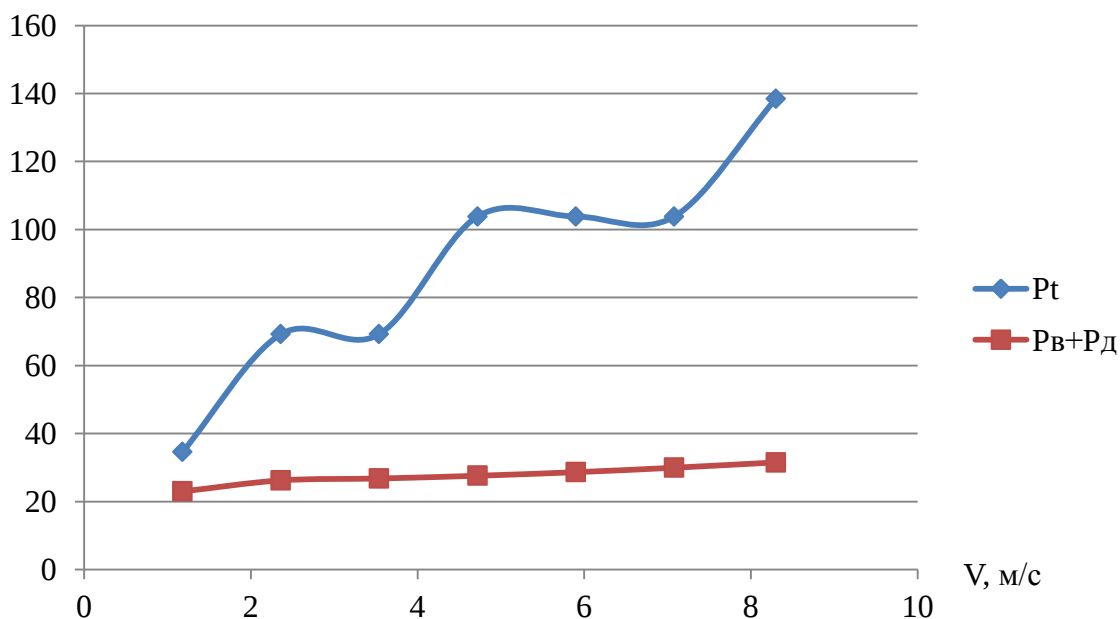


Рисунок 6 – График силового баланса электромобиля

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

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

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Динамический фактор	Коэффициент сопротивления
38	0,17	0,013
86	0,35	0,013
134	0,35	0,014
181	0,52	0,014
229	0,52	0,015
277	0,52	0,015
325	0,69	0,016

Зависимость динамического фактора от скорости автомобиля представлена на рисунке 7.

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.

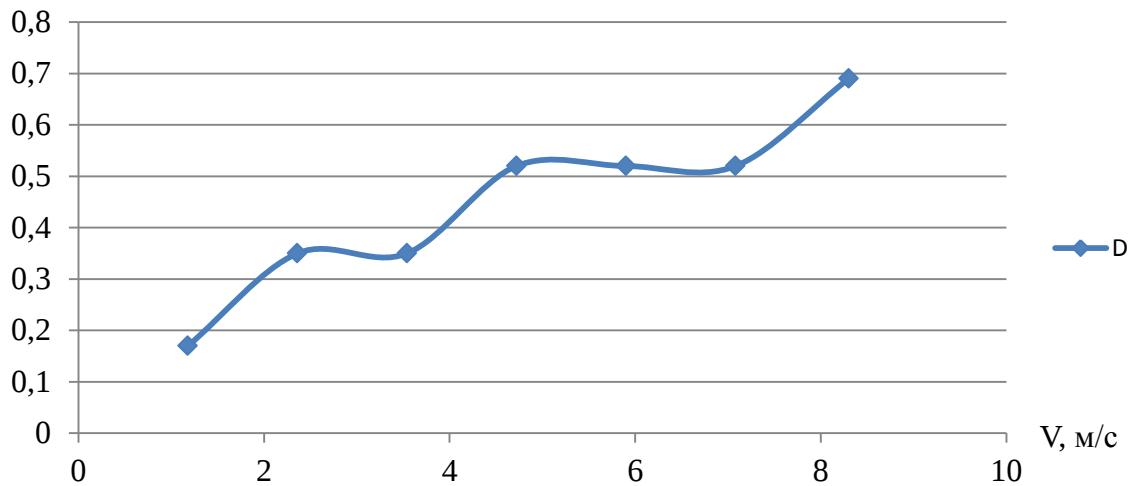


Рисунок 7 – Зависимость динамического фактора от скорости автомобиля

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» [23].

«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» [23].

$$\delta_{ep} = 1 + (0,05 \cdot 1^2) = 1,05.$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 5 и строим график (рисунок 8)

Таблица 5 – 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
38	1,39	0,72
86	3,02	0,33
134	3,01	0,33
181	4,63	0,22
229	4,62	0,22
277	4,61	0,22
325	6,24	0,16

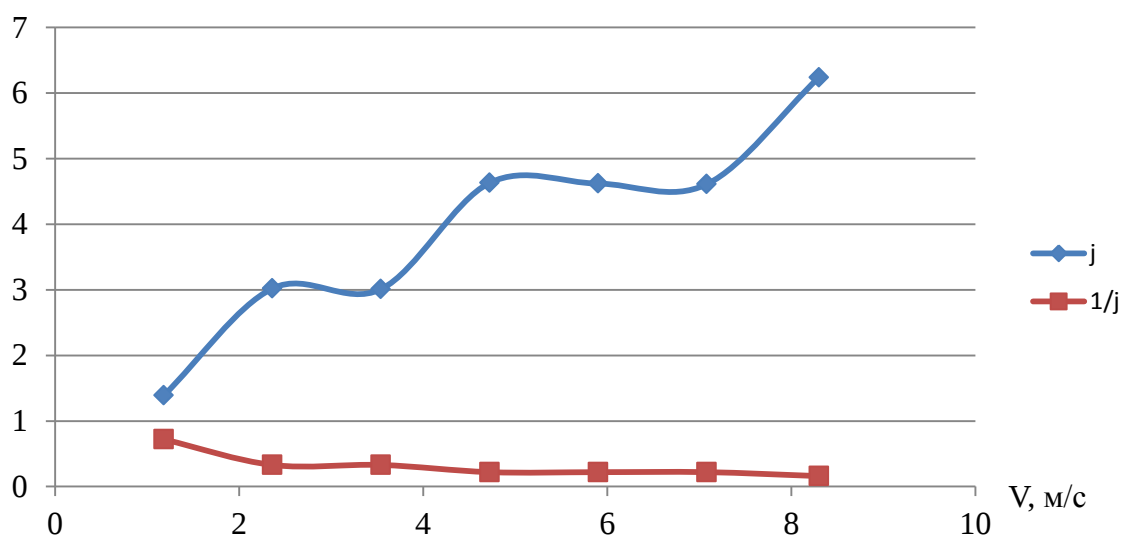


Рисунок 8 – График ускорений автомобиля

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» [23].

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 упрощения расчетов и рационального использования объемов пояснительной записки дипломного проекта вычисления проводились в программной среде Microsoft Excel, затем выполнялось построение графиков тягово-динамических характеристик в Компас-3D.

Результаты расчетов представлены в таблице 6 и на рисунке 9.

Таблица 6 – Результаты расчетов

V	1,18	2,36	3,54	4,72	5,9	7,08	8,3
N_e	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
N_t	0,04	0,09	0,13	0,17	0,21	0,26	0,30
N_B	0,01	0,04	0,14	0,34	0,66	1,14	1,81
N_δ	0,13	0,30	0,45	0,62	0,80	1,00	1,22
$N_B + H_H$	0,14	0,34	0,59	0,96	1,46	2,14	3,03
$(N_e + N_{\delta}) / N_t$	0,11	0,08	0,09	0,11	0,14	0,21	0,25

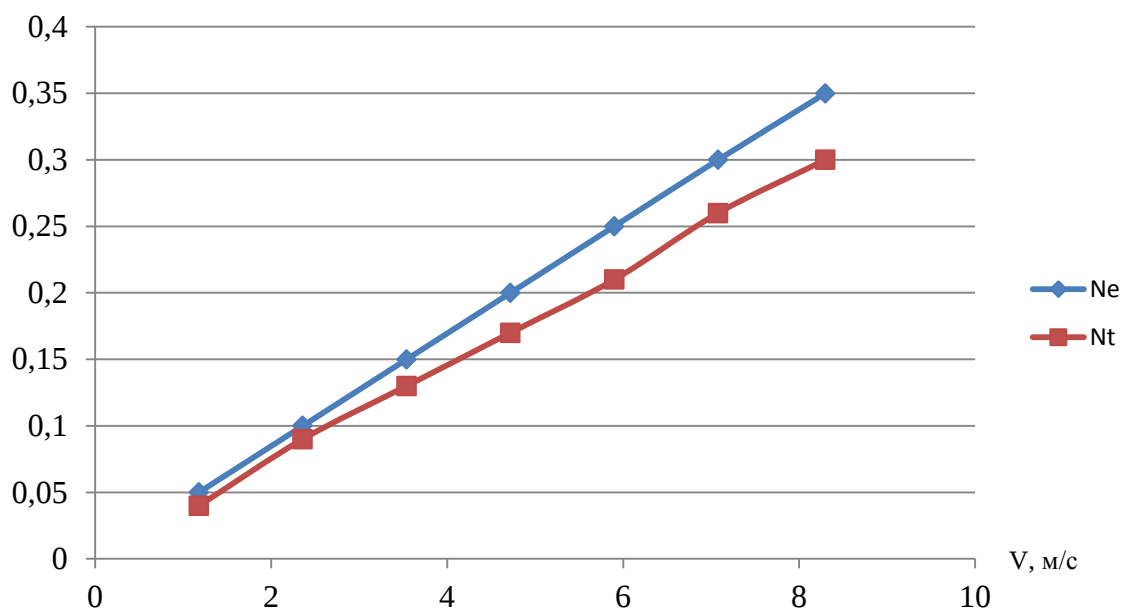


Рисунок 8 – График мощностного баланса электромобиля

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчёт прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской представляет собой рамное транспортное средство на колесном ходу, оснащенное независимой подвеской, узлом для поворота передних колес, мотор-колесами, расположенными в задней части, контроллером и аккумуляторной батареей.

«Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской предназначен для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, парковым и лесопарковым зонам преимущественно летом и в межсезонье» [10].

Возможность экспорта в зарубежные страны не предусмотрена.

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

«При разработке транспортного средства особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы, журналы, каталоги гаражного оборудования, методические пособия и другую техническую литературы» [10].

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской должен состоять из металлической рамы, качающейся рамки с возможностью продольного и поперечного перемещения в целях гашения колебаний, узла для поворота передних колес, мотор-колес, расположенных в задней части, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

«К конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;

- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- должна быть выполнена независимая подвеска;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на задние колеса, путем установки мотор-колес;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид. Посадка и высадка пассажира, погрузка и выгрузка груза должна быть максимально удобной.
- водителю транспортного средства должна быть обеспечена максимально хорошая обзорность;
- 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» [1].

Из конструктивных соображений, принимаем ориентировочно следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм

– длина.....	2600
– ширина.....	900
– высота.....	1200
Угол поворота, °.....	не менее 40

Тип двигателя.....	электрический, мотор-колесо
Количество двигателей, шт.	не более 2
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500
Запас хода, км.....	не менее 50
Ход подвески, мм.....	не менее 70
Масса.....	не более 140

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

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

Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке» [5].

«Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части устройства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [10].

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

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

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

Изготовление опытного образца предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

3.2 Техническое предложение на разработку прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской представляет собой транспортное средство на колесном ходу состоящее из металлической рамы, оснащенное независимой подвеской, узлом для поворота передних колес и двумя задними колесами, оснащенными мотор-колесами, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской должен иметь следующие технические показатели:

Габаритные размеры, мм

– длина.....	2595
– ширина.....	891
– высота.....	1130
Угол поворота, °.....	60
Тип двигателя.....	электрический, мотор-колесо
Количество двигателей, шт.	2
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500
Запас хода, км.....	60
Ход подвески, мм.....	80
Масса.....	108

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции так называемых «велотрайков», с независимой подвеской, одним приводным электродвигателем и приводом при помощи цепной передачи. Использование двух мотор-колес для привода в задней части не найдено. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих по заданные технические требования не имеется.

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

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации.

Основными частями прогулочного электротранспорта с независимой подвеской являются:

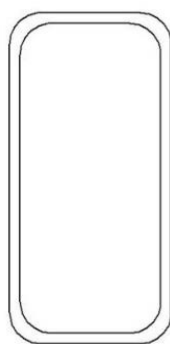
- металлическая рама,
- узел поворота передних колес,
- независимая подвеска,
- мотор-колесо в количестве 2 штук,
- аккумуляторные батареи,
- контроллер.

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

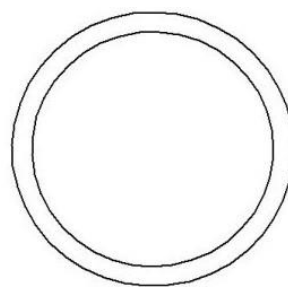
«В первую очередь необходимо определиться с рамой, так как она является несущим элементом, на который крепятся все остальные элементы транспортного средства, также она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов» [6].

Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 6, а) или профиля круглого сечения (рисунок 6, б).

«Преимуществом профиля прямоугольного сечения является его существенная пространственная жёсткость, в отличие от труб круглого сечения. За счёт плоских поверхностей, профильные трубы технически проще обрабатывать, грунтовать, красить. Плоские грани профиля обеспечивают отличную эргономику и удобство работы при креплении других элементов устройства по сравнению с трубой круглого сечения» [17].



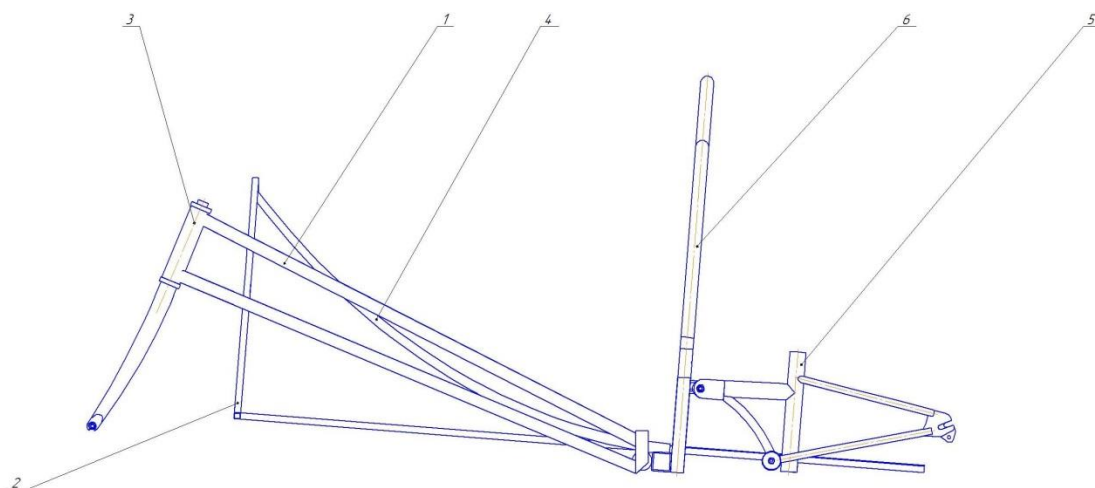
a)



б)

Рисунок 6 – Виды профиля для рамы

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 7, сваренную из профилей прямоугольного сечения. Также к передней и задней части приварены вилки от велосипеда.



1 – основная рама; 2 – качающаяся рама; 3 – передняя вилка; 4 – усилитель;
5 – задняя вилка; 6 – дуга безопасности

Рисунок 7 – Конструкция рамы

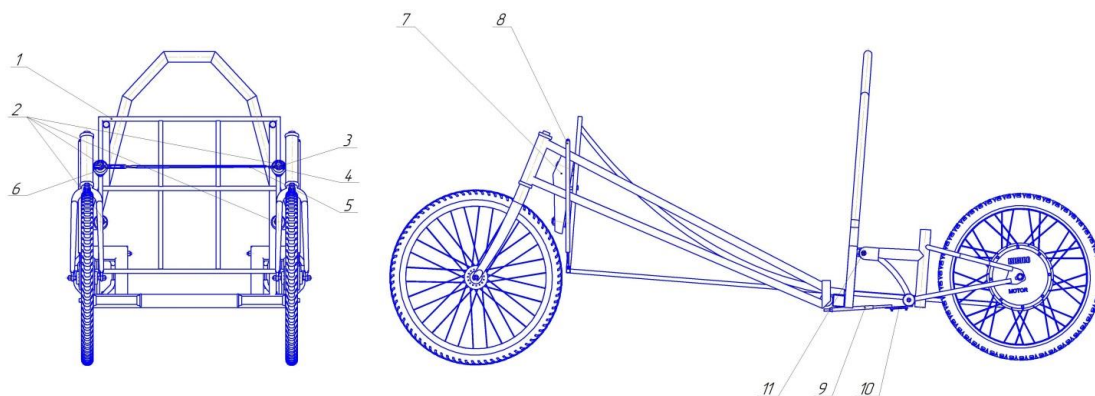
Отличительной особенностью проектируемого транспортного средства являются конструкции независимой подвески и узла, обеспечивающего поворот передних колес.

Рассмотрим подробно данные элементы конструкции.

Независимая подвеска – это такая подвеска, в которой колеса одной оси не связаны друг с другом, и изменение положения одного колеса не оказывает влияния на другое.

Разработанная независимая подвеска (рисунок 8) состоит из следующих элементов:

- качающаяся рамка,
- подшипник,
- гайка,
- пружина,
- трос,
- талреп,
- направляющая пластина,
- пружина для гашения продольных колебаний,
- устройство для натяжения пружин,
- набор пружин для гашения поперечных колебаний.



- 1 – качающаяся рамка; 2 – подшипник; 3 – гайка; 4 – пружина; 5 – трос; 6 – талреп;
7 – направляющая пластина; 8 – пружина для гашения продольных колебаний;
9 – устройство для натяжения пружин; 10 – набор пружин для гашения поперечных колебаний; 11 – шарнирное соединение

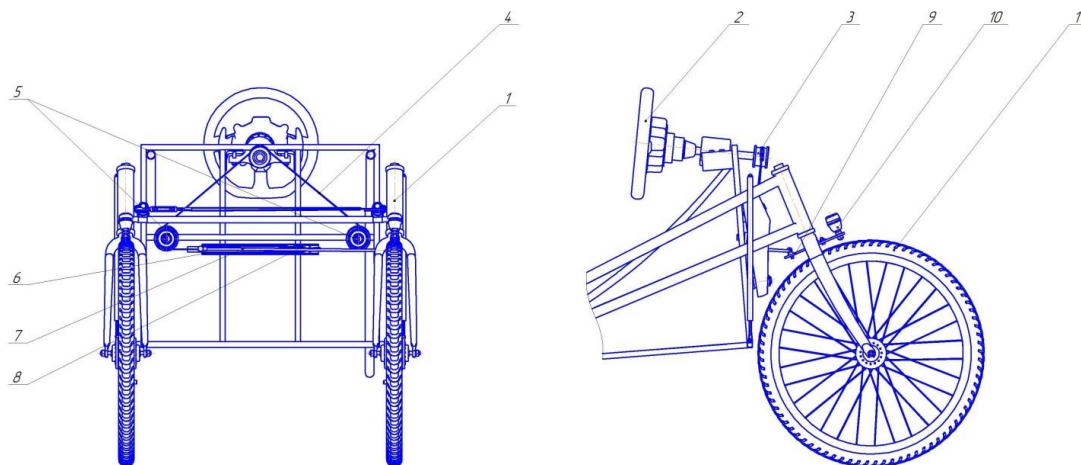
Рисунок 8 – Конструкция разработанной независимой подвески

Качающаяся рамка 1 перемещается при помощи подшипников 4 по направляющим пластинам 7, закрепленным на раме транспортного средства.

В качестве упругого элемента для гашения продольных колебаний выступает пружина 8, для гашения поперечных колебаний выступает набор пружин 10. Устройство 9 служит для натяжения пружин 10. Трос 5 с талрепом 6 и пружиной 4 крепится к гайкам 3 и выступает в качестве стягивающего элемента.

Узел, обеспечивающий поворот передних колес (рисунок 9) состоит из следующих элементов:

- двух вилок от велосипедов,
- шкива,
- металлического троса,
- двух натяжных роликов,
- натяжителя (талрепа),
- направляющей,
- тяги,
- поперечины,
- двух кронштейнов,
- рулевого колеса с кронштейном в сборе.



1 – вилка велосипедная; 2 – рулевое колесо с кронштейном в сборе; 3 – шкив;
4 – металлический трос; 5 – натяжной ролик; 6 – направляющая; 7 – тяга;
8 – натяжитель (талреп); 9 – кронштейн; 10 – поперечина; 11 – велосипедное колесо

Рисунок 9 – Конструкция узла поворота передних колес

При повороте рулевого колеса 2, на шкив 3 наматывается металлический трос 4, который в свою очередь через натяжные ролики 5 действует на тягу 7 перемещающуюся по направляющей 6. Тяга 7 соединена с кронштейном 9 на вилке 1, что в свою очередь вызывает поворот вилки 1. Связь двух вилок обеспечена при помощи поперечины 10. Регулировка натяжения троса осуществляется при помощи натяжителя 8.

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать установленные в задней части – два мотор-колеса.

Рассмотрев представленные на рынке мотор-колеса выбираем мотор-колесо JOYUE H04A (рисунок 10) мощностью 350 Вт.

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики мотор-колеса [30]

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	36/48
Сила тока А	13
Мощность, Вт	350
Максимальная мощность, Вт	
– при 36В	550
– при 48В	750
Тормоз	v-brake/дисковый тормоз
Масса, кг	2,6



Рисунок 10 – Мотор-колесо

Для обеспечения торможения и ускорения транспортного средства принимаем педальный узел (рисунок 11).

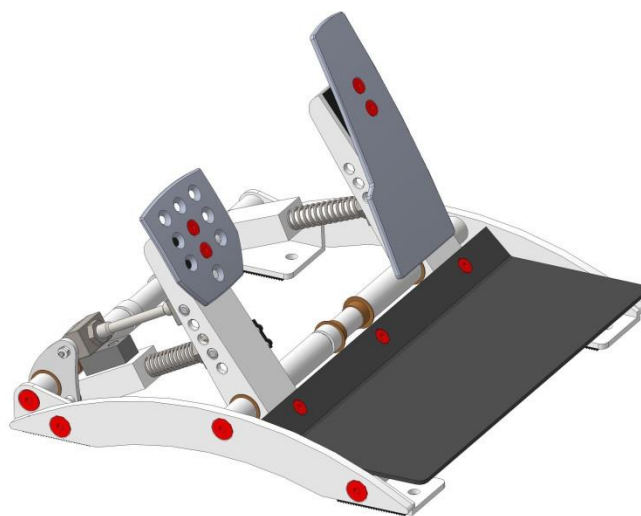


Рисунок 11 – Педальный узел

Выполняем выбор батареи.

«В большинстве современных электрических машинах используются 4 типа аккумуляторных батарей. Самые распространённые – литий-ионные, алюминий-ионные и литий-серные. Иногда применяют ещё и металл-воздушные, где в качестве металла выступают цинк, литий, натрий, магний или алюминий.

Литий-ионные АКБ – самый распространённый вариант для установки на электрических автомобилях. Преимуществами таких источников питания считают:

- высокую плотность накапливаемой энергии;
- более высокое по сравнению с другими видами АКБ напряжение;
- небольшой саморазряд – до 6% в месяц, до 20% в год;
- практически полное отсутствие «эффекта памяти», из-за которого новые батареи требуется «тренировать», используя несколько циклов заряда/разряда;

- сравнительно большой срок эксплуатации – не меньше 1000 циклов или 10 лет» [8].

«Не лучшими характеристиками таких батарей можно назвать высокую стоимость, которая влияет и на цену автомобиля, и плохую устойчивость к избыточному заряду» [28].

«Минусом является и небольшой температурный диапазон, в котором работают литий-ионные АКБ (от минус 20 до плюс 50°C). При использовании за пределами этих значений характеристики батареи ухудшаются – на холоде снижается ёмкость, при жаре аккумулятор может работать нестабильно» [8].

«Серьёзная проблема Li-Ion источника питания – высокий уровень взрывоопасности при повреждении и нарушении герметичности.

Алюминий в составе батареи для электромобиля повышает безопасность её использования.

Кроме того, такой аккумулятор дешевле обходится при производстве. Использованию таких устройств мешает невысокая производительность катодов и меньшее количество циклов заряда/разряда» [27].

«В Китае ведутся исследования по поводу улучшения характеристик батарей. Уже разработана новая конструкция катода, увеличившая ёмкость и сроки службы литий-ионной АКБ, а также уменьшившая её цену. Новая версия, ещё не применяемая на серийных авто, выдерживает до 250 тыс. перезарядок» [28].

«Аккумуляторы, принцип действия которых основан на реакции между литием и серой, делаются многослойными. Их ёмкость примерно вдвое выше по сравнению с аналогичными по размеру литий-ионными батареями. Стоимость изготовления таких аккумуляторов ниже, а рабочий диапазон температур выше, чем у большинства других источников питания электромобилей.

Недостатком литий-сернистых АКБ является небольшое количество перезарядок (до 60). Это делает батареи непригодными для установки в

серийных автомобилях. Однако над устранением недостатков уже работают специалисты нескольких компаний, включая OXIS Energy. Предполагается, что к 2020 году стоимость поездки на аккумуляторах Li-S будет ниже, чем у современных литий-ионных версий» [21].

«Преимуществами металло-воздушных аккумуляторов являются:

- небольшой вес, благодаря которому снижается и масса автомобиля;
- большой пробег электромобилей, которые комплектуются такой батареей;
- сравнительно доступная стоимость;
- более простая утилизация по сравнению с литиевыми АКБ» [8].

«Минусами устройства является снижение производительности батареи при низкой температуре. Кроме того, такой батарее нужна система фильтрации, потребляющая почти треть общей мощности. Ещё один серьёзный минус – внезапный выход из строя металл-воздушных аккумуляторов из-за образовавшейся на их поверхности плёнки из пероксида лития. И, наконец, последний минус, из-за которого такие батареи не пользуются большим спросом – небольшое число циклов заряда/разряда – до 50-60» [23].

Кроме основных технологий производства аккумуляторов электромобилей, существует несколько видов, которые только находятся в разработке. Предполагается, что такие аккумуляторные батареи для электромобиля получат большую ёмкость и срок службы по сравнению с существующими версиями. Одной из таких разработок является аккумулятор на основе кремния и графита, способный накапливать в 5 раз больше энергии без заметного износа.

«Южнокорейскими разработчиками создана технология, вообще не требующая зарядки. Вместо подключения к электросети после у электромобиля заменяется одна алюминиевая пластина, которой хватает на 700 км пробега. Алюминий идёт на переработку и используется повторно» [22].

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston WB-LP12V60AH (рисунок 12) со следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 8.

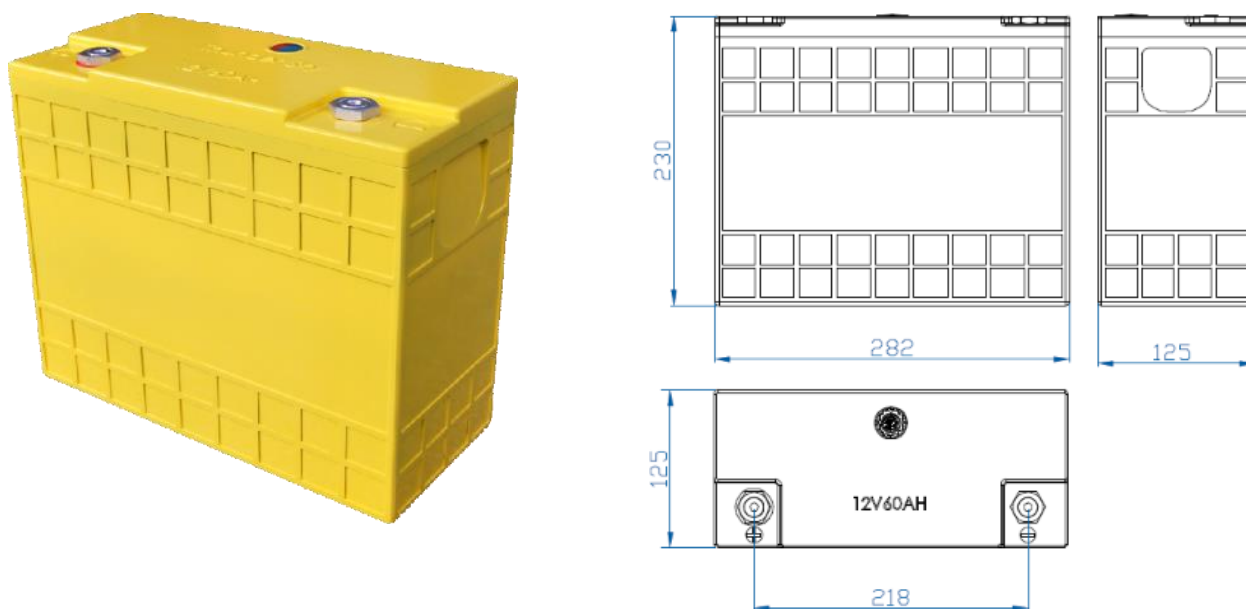


Рисунок 12 – Аккумуляторная батарея и ее габаритные размеры

Таблица 8 – Технические характеристики литий-ионной батареи Winston WB-LP12V60AH [30]

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	282×125×230
Рабочее напряжение, В:	
– заряда	16
– разряда	11
Номинальная мощность, А·ч	60
Ток разряда максимальный непрерывный / пиковый, А:	180/600
Максимальный зарядный ток, А	180
Количество циклов зарядки	5000-7000
Саморазряд, %	≤3
Температурный режим эксплуатации, °С	от минус 45 до плюс 85
Масса, кг	11,5

«Контроллер служит для запуска электродвигателя, как внешнего, так и мотор-колеса. Ведь у батареи два полюса – «плюс» и «минус», а у мотор-

колеса три фазных провода, и подключить, напрямую не получится. Контроллер создает вращающееся магнитное поле в обмотке статора, получая обратную связь о положении ротора либо по датчикам Холла, либо по противо-ЭДС (при управлении двигателями без датчиков). Также, контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель» [21].

Изучив представленные на рынке контроллеры выбираем параллельные контроллеры Kunray (рисунок 13) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 9.

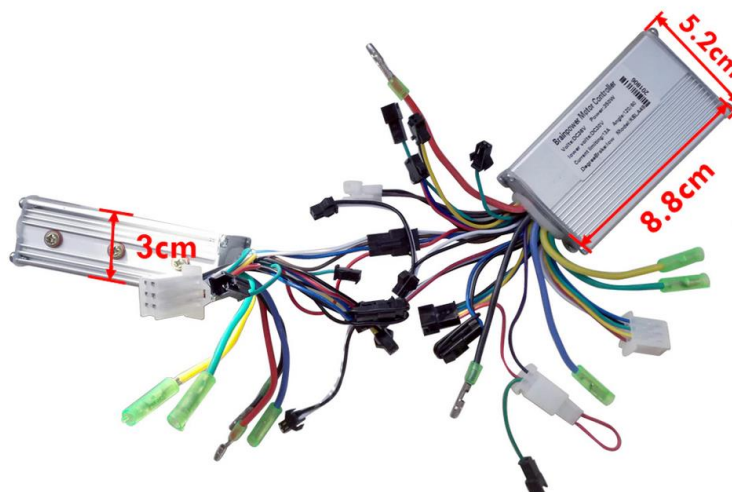
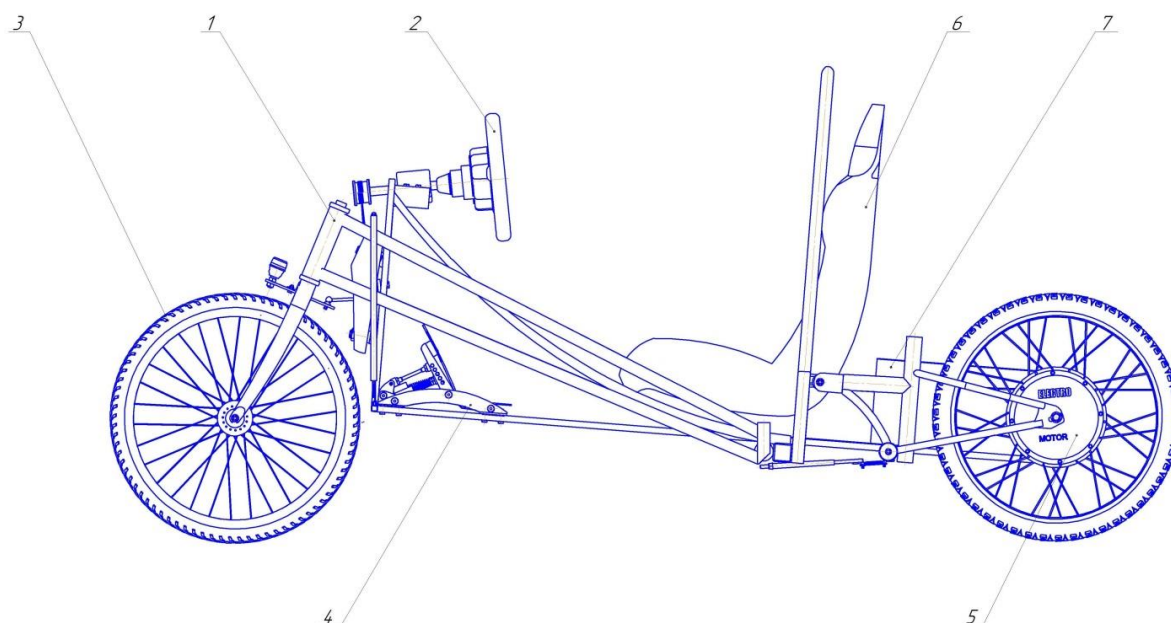


Рисунок 13 – Параллельные контроллеры Kunray на 350 Вт

Таблица 9 – Технические характеристики параллельных контроллеров Kunray на 350 Вт

Параметр	Значение
Мощность, Вт	350
Напряжение, В	36/48
Номинальный ток, А:	38

После выбора всех элементов конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 14). Спецификация на прогулочный электротранспорт представлена в Приложении А (рисунок А.1).



1 – рама; 2 – рулевое управление; 3 – колесо; 4 – педальный узел; 5 – мотор-колесо;
6 – сиденье; 7 – ящик с электрооборудованием

Рисунок 14 – Общая компоновка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

3.3 Конструкторские расчеты

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

- батарея должна допускать заряд от сети постоянного тока, от умформерных групп составленных из нормальных электрических машин или выпрямительных устройств серийного производства;
- сила тока в главной цепи электромобиля не должна быть чрезмерно велика» [28].

«Первое требование вызвано тем, чтобы для зарядки батареи электромобиля не требовались электрические машины и аппараты

специального изготовления. Стандартные, применяемые для зарядки напряжения постоянного тока – 110...220 В.

Второе требование вызвано тем, что большая сила тока усложняет конструкцию и увеличивает вес и стоимость коммутационной аппаратуры и проводки.

Поэтому с увеличением грузоподъемности электромотоцикла, а, следовательно, и мощности электродвигателя приходится применять более высокое напряжение, то есть большее число элементов батареи» [2].

«Для указания номинальной емкости производители используют расчет выдаваемого аккумулятором тока в течении стандартного времени (если не указано значение этого времени в спецификациях, то оно обычно равно 20 часам для больших аккумуляторов).

Например, если в маркировке аккумулятора указано, что его емкость равна 100 А·ч, то это означает, что он может питать нагрузку током 5 А в течение 20 часов.

Однако существует закономерность, чем больше нагрузка на аккумулятор, тем меньше процент отдаваемой емкости (аккумулятор 100 А·ч может выдавать ток 100 А в течении менее 1 часа), таким образом реальная мощность аккумулятора уменьшается с увеличением тока нагрузки, но при движении электромотоцикла с остановками происходит частичное восстановление емкости.

Причина этого явления связана с тем, что внутри аккумулятора ток течет благодаря ионной проводимости. Если ионная проводимость электролита достаточно высока и не несет особого значения, то процесс переноса ионов внутри пластин аккумулятора и преодоление ими фазового раздела поверхность электрода электролит происходит достаточно медленно. То есть при быстром разряде какая-то часть ионов не успевает выйти из электрода в электролит (или войти из электролита в электрод) за время разряда, что ограничивает выдаваемую аккумулятором емкость» [7].

«Математическая модель этого процесса была описана в 1897 году

Пекертом, согласно которой эмпирически установлено, что отношение между разрядным током I и временем разряда аккумулятора T (от полностью заряженного к полностью разряженному) представляет собой константное отношение, и может быть описано формулой:

$$C_p = I^n \cdot T, \quad (25)$$

где C_p – емкость Пекерта (константное отношение для данного аккумулятора);

n – экспонента Пекерта. Экспонента Пекерта всегда больше единицы, чем больше n , тем меньше способность аккумулятора отдавать полную емкость при повышенной нагрузке. Наименьшее значение экспоненты Пекерта имеют литий-железные, литий-марганцевые, литий-полимерные и свинцово-кислотные аккумуляторы с электродами рулонного типа. Одно из самых больших значений n у недорогих тяговых свинцово-кислотных батарей;

I – разрядный ток;

T – время разряда аккумулятора» [3].

«Экспонента Пекерта обычно рассчитывается на основании измерения времени полного разряда (T_1 и T_2) для двух разных токов.

Для приблизительных расчетов можно использовать таблицы или графики разрядки, предоставляемые производителем аккумулятора.

Основываясь на знании значений экспоненты Пекерта и емкости аккумулятора можно рассчитывать время работы аккумулятора при определенной нагрузке:

$$T = \frac{C_p}{I^n}. \quad (26)$$

Значение числа Пейкерта зависит от типа и возраста аккумулятора, а также от температуры окружающей среды. Средние значения числа Пейкерта разных типов свинцово-кислотных аккумуляторов: AGM 1,05-1,15; гелевый: 1,10-1,25; затопленный: 1,20-1,60; для литиевых 1,12» [3].

«При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деградационные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения. Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих источников питания – примерно до 70-80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура» [13].

При расчете батареи исходим из-того, что транспортное средство будет использоваться в городе, лесопарковых зонах с небольшим рельефом и определим время поездки периодом 120 минут.

При средней скорости 30 км/час и дальности хода 60 км требуемое время хода 2 часа чистого времени.

При среднем токе потребления электродвигателя 13 ампер рассчитаем емкость аккумулятора:

$$C_p = 2 \cdot 26 = 52 \text{ А/ч.}$$

Из предлагаемого ряда типовых батарей выберем для использования в проекте батареи емкостью 60 А/час.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston WB-LP12V60AH.

Выводы по разделу.

В разделе составлены технические задание и предложение на разработку конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской, выполнены конструкторские расчеты.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

«В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда» [18].

Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормы на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что прогулочный электротранспорт с независимой подвеской не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [25].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (27)$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [4].

$$T_{\text{д}} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять раму прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	0,5
Осмотреть раму прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	3
Взять гайку М14 (2 шт.)	0,1
Приварить гайку М14 (2 шт.) к раме	2
Взять направляющую для пружин (2 шт.)	0,1
Приварить направляющую для пружин (2 шт.) к раме	2
Взять направляющую пластину (2 шт.)	0,2
Приварить направляющую пластину (2 шт.) к раме	4
Подсбор качающейся рамки	
Взять рамку	0,2
Осмотреть рамку	1
Взять подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.)	0,2
Осмотреть подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.)	0,5
Взять болт М14 (4 шт.), гайку М14 (4 шт.)	0,3
Установить подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.) на рамку при помощи болтов М14, гаек М14	6
Проверить плавность вращения подшипника	0,3
Взять натяжной ролик ГРМ (2 шт.)	0,1
Осмотреть натяжной ролик ГРМ (2 шт.)	0,3
Взять болт М14 (2 шт.), гайку М14 (2 шт.)	0,1
Установить натяжной ролик ГРМ (2 шт.) на рамку при помощи болтов М14, гаек М14	4
Взять направляющую шариковую	0,1
Осмотреть направляющую шариковую	0,3
Приварить направляющую шариковую к рамке	2
Взять качающуюся рамку в сборе и установить при помощи пружин к основной раме и стянуть при помощи металлического троса и талрепа (2 шт.)	15
Взять рулевое управление в сборе	0,2
Осмотреть рулевое управление в сборе	2
Установить рулевое управление в сборе на качающуюся рамку	10
Взять заднюю подвеску в сборе	0,5
Осмотреть заднюю подвеску в сборе	2
Установить заднюю подвеску в сборе к основной раме	15
Взять колесо переднее в сборе (2 шт.)	0,2
Осмотреть колесо переднее в сборе (2 шт.)	1
Установить колесо переднее в сборе на раму в месте предназначенном для крепления	10
Проверить плавность вращения	0,5
Взять заднее мотор-колесо в сборе (2 шт.)	0,2
Осмотреть заднее мотор-колесо в сборе (2 шт.)	1
Установить заднее мотор-колесо в сборе в месте предназначенном для крепления	10
Взять педальный узел в сборе	0,2

Продолжение таблицы 10

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Осмотреть педальный узел в сборе	2
Установить педальный узел в сборе	10
Подсбор системы питания	
Взять аккумуляторную батарею Winston WB-LP12V60AH	0,5
Осмотреть аккумуляторную батарею Winston WB-LP12V60AH	2
Установить аккумуляторную батарею на транспортное средство в месте предназначенном для крепления	10
Взять провода электрические	0,2
Взять контроллер Kunray параллельный (2 шт.)	0,2
Осмотреть контроллер Kunray параллельный (2 шт.)	1
Установить контроллер на транспортное средство в месте предназначенном для крепления	5
Взять клеммы для соединения проводов	0,2
Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров с педальным узлом	20
Взять сиденье	0,2
Осмотреть сиденье	1
Установить сиденье в месте предназначенном для крепления	10
Провести испытание прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	60
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	30
Итого:	247,4

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (28)$$

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (29)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [14].

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = 247,4 + 247,4 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 267,19 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

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

Таблица 11 – Технологический процесс сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять раму прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	Приспособление грузоподъемное, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, центровка, электрический шуруповерт, зубило, сварочный аппарат	11,9
		2	Осмотреть раму прогулочного электротранспорта с независимой подвеской		
		3	Взять гайку М14 (2 шт.)		
		4	Приварить гайку М14 (2 шт.) к раме		
		5	Взять направляющую для пружин (2 шт.)		
		6	Приварить направляющую для пружин (2 шт.) к раме		
		7	Взять направляющую пластину (2 шт.)		
		8	Приварить направляющую пластину (2 шт.) к раме		
010	Сборочная	1	Подбор качающейся рамки		15,4
		3	Взять рамку		
		3	Осмотреть рамку		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		5	Взять подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.)		
		6	Осмотреть подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.)		
		7	Взять болт М14 (4 шт.), гайку М14 (4 шт.)		
		8	Установить подшипник 80101 ГОСТ 7242-81 (4 шт.) на рамку при помощи болтов М14, гаек М14		
		9	Проверить плавность вращения подшипника		
		10	Взять натяжной ролик ГРМ (2 шт.)		
		11	Осмотреть натяжной ролик ГРМ (2 шт.)		
		12	Взять болт М14 (2 шт.), гайку М14 (2 шт.)		
		13	Установить натяжной ролик ГРМ (2 шт.) на рамку при помощи болтов М14, гаек М14		
		14	Взять направляющую шариковую		
		15	Осмотреть направляющую шариковую		
		16	Приварить направляющую шариковую к рамке		
015	Сборочная	1	Взять качающуюся рамку в сборке и установить при помощи пружин к основной раме и стянуть при помощи металлического троса и талрепа (2 шт.)		79,8
		2	Взять рулевое управление в сборе		
		3	Осмотреть рулевое управление в сборе		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		4	Установить рулевое управление в сборе на качающуюся рамку		
		5	Взять заднюю подвеску в сборе		
		6	Осмотреть заднюю подвеску в сборе		
		7	Установить заднюю подвеску в сборе к основной раме		
		8	Взять колесо переднее в сборе (2 шт.)		
		9	Осмотреть колесо переднее в сборе (2 шт.)		
		10	Установить колесо переднее в сборе на раму в месте предназначенном для крепления		
		11	Проверить плавность вращения		
		12	Взять заднее мотор-колесо в сборе (2 шт.)		
		13	Осмотреть заднее мотор-колесо в сборе (2 шт.)		
		14	Установить заднее мотор-колесо в сборе в месте предназначенном для крепления		
		15	Взять pedalный узел в сборе		
		16	Осмотреть pedalный узел в сборе		
		17	Установить pedalный узел в сборе		
020	Сборочная	1	Подбор системы питания		39,1
		2	Взять аккумуляторную батарею Winston WB-LP12V60AH		
		3	Осмотреть аккумуляторную		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			батарею Winston WB-LP12V60AH		
		4	Установить аккумуляторную батарею Winston WB-LP12V60AH на транспортное средство в месте предназначенном для крепления		
		5	Взять провода электрические		
		6	Взять контроллер Kunray параллельный (2 шт.)		
		7	Осмотреть контроллер Kunray параллельный (2 шт.)		
		8	Установить контроллер на транспортное средство в месте предназначенном для крепления		
		9	Взять клеммы для соединения проводов		
		10	Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров с педальным узлом		
025	Сборочная	1	Взять сиденье		11,2
		2	Осмотреть сиденье		
		3	Установить сиденье в месте предназначенном для крепления		
030	Регулирующая	1	Провести регулировочные операции и испытание прогулочного	Набор головок, рожковые ключи, отвертка,	90

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			электротранспорта с независимой подвеской	динамометрический ключ, мультиметр	
		2	Устранить выявленные замечания в ходе испытания		

Технологическая схема сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 12).

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской. 3 Испытание и доводка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской	«Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Стапель, рожковые ключи, динамометрический ключ, плоскогубцы, молоток, сварочный аппарат» [9].	Перчатки, ветошь

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и

возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 13 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

Таблица 13 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Подготовка к сборке. 2 Сборка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской. 3 Испытание и доводка прогулочного электротранспорта с независимой подвеской» [9].	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей прогулочного электротранспорта	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины» [20]
	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	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» [9]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию.	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«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)» [12].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«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» [12].
- 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 в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [19].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9].
«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)» [12].
«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 медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].
«Возможность поражения электрическим током»	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [29]	—
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: — медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; — правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; — используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [24].	—
«Монотонность труда	— объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [29]. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника;	—

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [20]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при – отсутствии экстренной необходимости его прерывания); чередование пассивного отдыха с активным» [12].	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 15).

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок сборки	Технологическое оборудование, применяемое на участке сборки	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [20].

«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, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«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 (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [9].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при сборке прогулочного электротранспорта с независимой подвеской (таблица 16), в целях обеспечения пожарной

безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 16 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

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» [12]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«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].
«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» [9]
«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» [12]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки прогулочного электротранспорта с независимой подвеской 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 прогулочного электротранспорта с независимой подвеской»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [12]

«Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке прогулочного электротранспорта с независимой подвеской :

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и

- загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
 - литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья» [12].

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки (таблица 12);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса сборки (таблица 13) и определены методы и средства их снижения (таблица 14);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (таблицы 15, 16);
- идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 17).

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания транспорта, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции транспорта, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания транспорта (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции стенда.

В таблице 18 представлены исходные данные для проведения расчета проектируемого прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с целью определения экономического эффекта от внедрения данного узла на производство.

Таблица 18 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
«Годовая программа выпуска изделия	$V_{год}$	шт.	10
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$E_{соц.н.}$	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{обзав}$	%	197
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{ком.}$	%	0,3

Продолжение таблицы 18

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{обор.}$	%	19
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	$K_{тзр.}$	%	1,4
Коэффициент цеховых расходов	$E_{цех.}$	%	17
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{инстр.}$	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{рент.}$	%	30
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	$K_{вып.}$	%	14
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{прем.}$	%	12
Коэффициент возвратных отходов	$K_{вот.}$	%	1
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	$C_{р5}$	р.	95,29
Часовая тарифная ставка 6-го разряда	$C_{р6}$	р.	99,44
Часовая тарифная ставка 7-го разряда	$C_{р6}$	р.	103,53
Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{инв.}$	%	0,086» [12]

«Расчет статьи затрат сырья и материалы выполняется по формуле:

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left(\frac{K_{тзр.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (30)$$

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

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

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

$K_{вот.}$ – коэффициент возвратных отходов» [11].

В таблице 19 представлены исходные данные для расчета затрат на сырье и материалы.

Таблица 19 – Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Круг горячекатаный	кг	120,0	25,0	3000,0

Продолжение таблицы 19

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Лист холоднокатаный 1260×2520×1,5	шт.	3375,0	1	3375,0
Швеллер 14П	м	87,25	12,0	1047,0
Трубный прокат	м	79,0	20	1580,0
Грунтовка	кг	75	10	750,0
Краска	кг	120	10	1200,0
Уголок металлический 50х50х3	м	215,0	5	2075,0
Прочее	—	—	—	2500
Итого:	—	—	—	17250,0

«Расчет статьи затрат покупные изделия выполняется по формуле:

$$\sum P_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{мзр}}{100}, \quad (31)$$

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

n_i – количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт»
[11].

В таблице 20 представлены исходные данные для расчета затрат на покупные изделия.

Таблица 20 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
Рама велосипеда (детского)	шт.	3500,0	2	7000,0
Колесо велосипедное	шт.	1250,0	2	2500,0
Мотор-колесо, 3 кВт	шт.	7200,0	2	14400
Аккумуляторы	шт.	8000,0	1	8000,0
Подшипник	шт.	320,0	4	1280,0
Сиденье	шт.	3500,0	1	3500
Блок педалей	шт.	1500,0	1	1500,0
Рулевое колесо	шт.	1500,0	1	1500
Метизы в ассортименте	шт.	10,0	100	1000,0
Пружин	шт.	83,75	6	670
Прочее	шт.	4000,0	1	4000,0
Итого:	—	—	—	46850,0

«Расчет статьи затрат основная заработная плата производственных рабочих выполняется по формуле:

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{прем}}{100}\right), \quad (32)$$

где Z_m – тарифная заработная плата, р.;

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

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (33)$$

где $C_{p.i}$ – часовая тарифная ставка, р.;

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

В таблице 21 представлены исходные данные для расчета затрат на выполнение операций.

Таблица 21 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, ч./час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Заготовительная	3	12,0	42,2	506,0
Сварочная	5	12,0	50,5	606,1
Токарная	5	6,0	50,5	303,1
Фрезерная	5	4,0	50,5	202,0
Сверлильная	4	2,5	45,0	112,6
Слесарная	4	6,0	45,0	270,2
Сборочная	5	20,0	50,5	1010,2
Окрасочная	4	2,5	45,0	112,6
Испытательная	4	8	45,0	360,3
Итого:	–	–	–	2977,2
Премия, доплаты	12	–	–	595,4
Итого:	–	–	–	3572,6

«Расчет статьи затрат дополнительная заработная плата производственных рабочих выполняется по формуле:

$$З_{дон} = З_О \cdot К_{вып}, \quad (34)$$

где $К_{вып}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве» [11].

$$З_{дон} = 3572,6 \cdot 0,14 = 500,2 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС выполняется по формуле:

$$C_{соц.н.} = (З_о + З_{дон}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (35)$$

где $E_{соц.н.}$ – коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС» [11].

$$C_{соц.н.} = (3572,6 + 500,2) \cdot 0,3 = 1221,8 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат расходы на содержание и эксплуатацию оборудования выполняется по формуле:

$$C_{сод.обор.} = З_О \cdot E_{обор.}, \quad (36)$$

где $E_{обор.}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования» [11].

$$C_{сод.обор.} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6930,8 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат цеховые расходы выполняется по формуле:

$$C_{цех.} = З_О \cdot E_{цех.}, \quad (37)$$

где $E_{цех.}$ – коэффициент цеховых расходов» [23].

$$C_{цех.} = 3572,6 \cdot 1,7 = 6073,4 \text{ р.}$$

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

$$C_{инстр.} = Z_o \cdot E_{инстр.}, \quad (38)$$

где $E_{инстр.}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку» [11].

$$C_{инстр.} = 3572,6 \cdot 0,03 = 107,2 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{цех.себ.} = M + \Pi_u + Z_o + C_{соц.н.} + Z_{доп} + C_{сод.обор.} + C_{цех.} + C_{инстр.} \quad (39)$$

$$C_{цех.себ.} = 16580,0 + 46850,0 + 3572,6 + 1221,8 + 500,2 + 6930,8 + \\ + 6073,4 + 107,2 = 171836,0 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат общезаводские расходы выполняется по формуле:

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (40)$$

где $E_{об.зав.}$ – коэффициент общезаводских расходов» [11].

$$C_{об.зав.} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6787,9 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.}, \quad (41)$$

$$C_{об.зав.себ.} = 6787,9 + 171836,0 = 178623,9 \text{ р.}$$

«Расчет статьи затрат коммерческие расходы выполняется по формуле:

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (42)$$

где $E_{ком.}$ – коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов» [11].

$$C_{ком.} = 178623,9 \cdot 0,0029 = 518,0 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (43)$$

$$C_{полн.себ.} = 178623,9 + 518,0 = 179141,9 \text{ р.}$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле:

$$Ц_{отп.б.} = C_{полн.себ.} \cdot \left(1 + \frac{K_{рент.}}{100} \right), \quad (44)$$

$$Ц_{отп.б.} = 179141,9 \cdot (1 + 0,3) = 232884,5 \text{ р.}$$

В таблице 22 представлена сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия.

Таблица 22 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия	
		покупное изделие	разрабатываемое изделие
Стоимость основных материалов	M	–	16580,0
Стоимость покупных изделий	Π_u	–	46850,0
Основная заработная плата производственных рабочих	$З_o$	–	3572,6

Продолжение таблицы 22

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия	
		покупное изделие	разрабатываемое изделие
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп}$	—	500,2
Страховые взносы	$C_{соц.н.}$	—	1221,8
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{сод.обор.}$	—	6930,8
Цеховые расходы	$C_{цех.}$	—	6073,4
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр.}$	—	107,2
Цеховая себестоимость	$C_{цех.себ.}$	—	171836,0
Общезаводские расходы	$C_{об.зав.}$	—	6787,9
Общезаводская себестоимость	$C_{об.зав.себ.}$	—	178623,9
Коммерческие расходы	$C_{ком.}$	—	518,0
Полная себестоимость	$C_{полн.себ.}$	—	179141,9
Отпускная цена	$C_{отп.}$	500000	232884,5

Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{перем.уд.} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{доп} + C_{соц.н.}, \quad (45)$$

$$Z_{перем.уд.} = 16580,0 + 46580,0 + 3572,6 + 500,2 + 1221,8 = 68724,6 \text{ р.}$$

«Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{перем.} = Z_{перем.уд.} \cdot V_{год}, \quad (46)$$

где $V_{год}$ – объем производства» [11].

$$Z_{перем.} = 68724,6 \cdot 10 = 687246,0 \text{ р.}$$

Расчет постоянных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$З_{пост.уд.} = C_{сод.обор.} + C_{инстр.} + C_{цех.} + C_{об.зав.} + C_{ком.}, \quad (47)$$

$$З_{пост.уд.} = 6930,8 + 107,2 + 6073,4 + 6787,9 + 518,0 = 20417,3 \text{ р.}$$

«Расчет постоянных затрат на годовую программу выпуска выполняется по формуле:

$$З_{пост.} = З_{пост.уд.баз.} \cdot V_{год}, \quad (48)$$

$$З_{пост.} = 20471,3 \cdot 10 = 204713 \text{ р.}$$

Расчет амортизационных отчислений выполняется по формуле (25):

$$A_{м.уд.} = (C_{сод.обор.} + C_{инстр.}) \cdot H_A, \quad (49)$$

где H_A – доля амортизационных отчислений» [11].

$$A_{м.уд.} = (6930,8 + 107,2) \cdot 0,12 = 844,6 \text{ р.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия выполняется по формуле:

$$C_{полнгод.} = C_{полнс.с.} \cdot V_{год}, \quad (50)$$

$$C_{полнгод.} = 179141,9 \cdot 25 = 4478547,5 \text{ р.}$$

Расчет выручки от реализации изделия выполняется по формуле:

$$Выручка = Ц_{отт.} \cdot V_{год}, \quad (51)$$

$$Выручка = 232884,5 \cdot 10 = 2328845,0 \text{ р.}$$

Расчет маржинального дохода выполняется по формуле:

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.}}, \quad (52)$$

$$D_{\text{марж}} = 5822112,5 - 2328845 = 1343565 \text{ р.}$$

Расчет критического объема продаж выполняется по формуле:

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.}}}{(C_{\text{отп.}} - Z_{\text{перем. уд.}})}, \quad (53)$$

$$A_{\text{крит}} = \frac{510432,5}{(232884,5 - 68724,6)} = 2,1 \approx 2.$$

Выводы по разделу.

В разделе определена целесообразность разработки конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с экономической стороны. Полная себестоимость конструкторской разработки 179141,9 р., отпускная цена 232884,5 р.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта был спроектирован прогулочный электротранспорт с независимой подвеской.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской.

В работе мы затрагиваем проблему разработки относительно недорогого прогулочного электротранспорта с независимой подвеской, с целью популяризации электрического транспорта и улучшения экологической обстановки в городах.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены конструкции прогулочного электротранспорта, как находящиеся в свободной продаже, так и перспективные разработки. Ввиду широкого интереса к «зеленым» технологиям и тенденцией к импортозамещению зарубежной продукции, тема представляется интересной и полезной к разработке;
- выполнен тягово-динамический расчёт прогулочного электротранспорта;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции прогулочного электротранспорта, выполнены конструкторские расчеты;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прогулочного электротранспорта;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции прогулочного электротранспорта с независимой подвеской с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

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

2 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.

3 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] 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 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления

подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

6 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.

7 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

9 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.

10 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.

11 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.

12 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

13 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

14 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

15 Ионес С. В. Советские полноприводные [Текст] : [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. - Тула : Борус-Принт, 2017-. - 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. - 2017. - 417 с.

16 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

17 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

18 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

19 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

20 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.

21 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. 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.

22 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.

23 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.

24 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

25 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, сор. 2018. - 65 с.

- 26 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.
- 27 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.
- 28 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.
- 29 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.
- 30 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happee-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А Спецификации

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Сред. №	A4			23.ДП.01.104.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1			23.ДП.01.104.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3	
					Сборочные единицы		
Подп. и дата	A1	1		23.ДП.01.104.61.01.000	Рама	1	
		2		23.ДП.01.104.61.02.000	Усилитель	1	
		3		23.ДП.01.104.61.03.000	Педаальный узел	1	
		4		23.ДП.01.104.61.04.000	Колесо переднее	2	
		5		23.ДП.01.104.61.05.000	Мотор-колесо заднее	2	
		6		23.ДП.01.104.61.06.000	Аккумулятор с контроллером	1	
		7		23.ДП.01.104.61.07.000	Рулевое управление	1	
		8		23.ДП.01.104.61.08.000	Подвеска независимая	1	
		9		23.ДП.01.104.61.09.000	Дуга безопасности	1	
		10		23.ДП.01.104.61.10.000	Задняя вилка	2	
		11		23.ДП.01.104.61.11.000	Рулевое управление	1	
		12		23.ДП.01.104.61.11.000	Сиденье	1	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	23.ДП.01.113.61.00.000	
	Разраб.	Меньшиков С.Ю.					
	Проб.	Турбин И.В.				Прогулочный электротранспорт с независимой подвеской	
	Н.контр.	Турбин И.В.					
Инв. № подл.	Утв.	Бобровский А.В.				ТГУ, АТс-1801а	

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на прогулочный электротранспорт с независимой подвеской