

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции электрического трехколесного велосипеда

Обучающийся Б.Ю. Науменко

(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)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

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

Тольятти 2023

## Аннотация

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

Цель работы – разработка конструкции электрического трехколесного велосипеда.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 84 страницы 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 выполнен обзор истории развития электровелосипедов, рассмотрен текущий уровень развития электровелосипедов в России, выполнен обзор трехколесных электровелосипедов, представленных как для свободной продажи, так и перспективные разработки.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт электрического трехколесного велосипеда.

В третьем разделе составлены технические задание и предложение на разработку электрического трехколесного велосипеда, конструкторские расчеты по подбору мотор-колеса и аккумуляторной батареи.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого стенда.

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**

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

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

The graduation work consists of 6 parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, totally 84 pages.

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

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

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

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

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

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

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

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	8
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	23
3 Конструкторская часть .....	32
3.1 Техническое задание на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге .....	32
3.2 Техническое предложение на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге .....	35
3.3 Конструкторские расчеты .....	43
4 Технологический раздел.....	45
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	46
4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда.....	49
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	54
5.1 Характеристика технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	55
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	55
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	57
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	64
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда .....	66
6 Экономическая эффективность проекта.....	69
Заключение .....	78
Список используемой литературы и используемых источников.....	79
Приложение А. Спецификация.....	84

## 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

«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» [16].

«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 прогнозируемого периода. 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» [3].

«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» [3].

«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» [20].

«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» [23].

«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].

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 [20].

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

«Электрический трицикл – это трёхколёсное транспортное средство, приводимое в движение электродвигателем, с верхней посадкой водителя

Под такое определение подходят электрические: скутеры, грузовички, трайки, велосипеды» [23].

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

«Преимущества:

- главное достоинство трёхколёсного аппарата перед собратом на двух колёсах заключается в повышенной устойчивости. Благодаря дополнительной точке опоры отпадает необходимость постоянного удержания равновесия для избежания падения. Надо постараться, чтобы перевернуть трицикл, даже при столкновении. Хотя встречаются конструкции, легко опрокидывающиеся на поворотах;
- современные трёхколёсные «ласточки» воплощают интересные дизайнерские решения, хотя для любителей скоростного движения это не важный фактор;
- трициклы обладают увеличенной грузоподъёмностью до 200 килограмм. На них часто устанавливают крепкие металлические корзины для транспортировки собранного урожая, пакетов с покупками, хозяйственного инвентаря, рыболовного или охотничьего снаряжения, а также другого имущества или предметов. При наличии дополнительного места можно взять пассажира.
- простота управления, допускающая эксплуатацию людьми с любой физической подготовкой или проблемами со здоровьем, а также детьми;
- надёжность конструкции с удобным сиденьем для комфортного передвижения;
- экологичность из-за отсутствия выхлопных газов;
- снижение на 80% эксплуатационных расходов по сравнению с моделями на двигателях внутреннего сгорания;
- удобство использования и недорогое техническое обслуживание без необходимости регулярно менять масло, фильтры или прочие расходные материалы;

- подзарядка аккумуляторной батареи от бытовой электросети.

Недостатки:

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

Сферы использования:

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

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

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

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

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

Электрические трициклы классифицируются по следующим отличительным признакам.

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

По использованию: коммерческими или для личных целей.

По количеству мест: одноместные, двухместные.

По схеме расположения колёс:

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

По типу производства:

- серийные, вобравшие новинки технологий, стильный дизайн и отличный функционал от известных производителей;
- эксклюзивные под заказ, получающиеся в результате разработок или переделок как народными умельцами, так ведущими брендами для демонстрации достижений на выставках.

По типу привода

- сразу на два колеса, отличается повышенной устойчивостью при движении с лёгкой управляемостью на поворотах;
- на одно колесо, характеризуется пониженной ценой» [4].

Рассмотрим пять популярных моделей пассажирских электротрициклов.

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

Для удобства оборудовано подпружинным сиденьем. Спереди и сзади установлены по два поворотника» [3].

Модель трицикла представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модель Wellness Adjutant

«Достоинства:

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

К недостаткам можно отнести отсутствие стояночного тормоза и бортового компьютера» [4].

«Модель E-trike TRANSFORMER NEW 2022 отличается стильным дизайном, выпускается в нескольких цветовых вариантах. Может использоваться в подсобных и фермерских хозяйствах, просто для личных нужд. Двигатель транспортного средства имеет мощность в 800 Вт, а литий-

ионный аккумулятор позволяет проехать на одном заряде до 40 км. Чтобы полностью зарядить АКБ, понадобится 6 часов» [32].

Модель трицикла представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модель E-trike TRANSFORMER NEW 2022

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

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

Достоинства:

- грузоподъемность 150 кг,
- качественная система амортизации,
- три скоростные передачи,
- есть сигнализация и пульт ДУ,
- обеспечена безопасность ночной езды за счет наличия передней фары и заднего «габарита». В стандартную комплектацию также входят поворотники,

- можно ездить при отрицательных температурах до минус 20 град.,
- есть два «багажника» — передняя корзина и задний бокс, закрываемый на ключ.

Недостатки:

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

«Модель E-toro Transformer 600 W – электрического транспорта из Китая для езды по ровным дорогам пожилых и малоподвижных граждан. Удобная складная рама позволяет легко перемещать изделие, а также хранить. Мощный электродвигатель обеспечивает комфортную поездку двух пассажиров на удобном сиденье. Установленные колеса небольшого диаметра сзади не допускают опрокидывания при подъёме в горку» [24].

Модель трицикла представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модель E-toro Transformer 600W

«Достоинства:

- хорошая маневренность;
- мощный электромотор;
- складное сиденье со спинкой;
- регулируемый складной руль;

- яркая передняя оптика;
- большие надувные колёса;
- удобная транспортировка;
- простота обслуживания.

Ярко выраженные недостатки выявлены не были» [23].

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

Модель трицикла представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Модель Volteco TRIKE 1000W

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

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

Недостаток:

- высокая цена» [32].

«ITank Doohan EV3 Pro 1500W – высокотехнологичный трёхколёсный скутер с улучшенной комплектацией и уникальным дизайном. Стильный минимализм с двумя передними колёсами удачно дополняется вместительным обвесом. Аппарат имеет самые хорошие отзывы при использовании в городских условиях. Мягкая независимая подвеска обеспечивает плавное маневрирование на пересечённой местности с устойчивым вхождением в повороты на больших скоростях.

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

Недостаток:

- высокая средняя цена» [22].

Модель трицикла представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Модель ITank Doohan EV3 Pro 1500W

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

Таблица 1 – Сравнение характеристик трициклов

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

Компоновка электрического мотор-колеса представляет собой процесс размещения всех компонентов мотора, таких как статор, ротор, магниты, подшипники и другие детали, внутри колеса транспортного средства. Этот процесс может быть сложным по следующим причинам:

- ограниченное пространство: Размещение всех компонентов мотора внутри колеса ограничивает доступное пространство, что может создавать сложности при проектировании и сборке;
- вес и баланс: При компоновке мотор-колеса необходимо обеспечить правильный баланс веса, чтобы не создавать дополнительных нагрузок на подвеску и не снижать управляемость транспортного средства;
- теплоотвод: В процессе работы электрический мотор выделяет тепло, которое необходимо эффективно отводить. Ограниченное пространство внутри колеса может затруднять проектирование и реализацию эффективных систем теплоотвода;
- вибрации и шум: Мотор-колесо должно быть спроектировано таким образом, чтобы минимизировать вибрации и шум, которые могут

возникать в процессе работы. Это может потребовать использования специальных материалов и конструкций;

- прочность и надежность: Компоненты мотор-колеса должны быть достаточно прочными и надежными для выдерживания нагрузок и воздействий, которым они подвергаются в процессе эксплуатации;
- обслуживание и ремонт: Компоновка мотор-колеса должна обеспечивать возможность доступа к его компонентам для проведения обслуживания и ремонта, что может быть затруднительно из-за ограниченного пространства;
- интеграция с другими системами: Мотор-колесо должно быть совместимо с другими системами транспортного средства, такими как тормозная система, система управления и электропитания. Это может потребовать дополнительной координации и согласования при проектировании и компоновке.

В целом, компоновка электрического мотор-колеса требует тщательного проектирования, учета множества факторов и компромиссов для обеспечения оптимальной работы и эффективности транспортного средства.

К редукторам мотор-колес предъявляются следующие требования:

- высокая мощность и эффективность: Редукторы мотор-колес должны обеспечивать высокую мощность и эффективность, чтобы обеспечить достаточную скорость и передавать крутящий момент для движения транспортного средства;
- надежность: Редукторы должны быть надежными и долговечными, чтобы обеспечить безопасность и устойчивость в работе;
- малый вес и компактность: Редукторы должны быть легкими и компактными, чтобы сэкономить место и улучшить маневренность транспортного средства;

- жесткость и точность: Редукторы должны иметь высокую жесткость, чтобы обеспечить точность в работе и уменьшить уровень шума и вибраций;
- адаптивность: Редукторы должны быть адаптивными к различным условиям эксплуатации, таким как температура, влажность, нагрузка и скорость;
- низкая стоимость: Редукторы должны быть доступны по цене для массового производства транспортных средств.

Выводы по разделу.

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

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

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«Для выбора комплектующих тяговой системы трехколесного транспортного средства на электротяге, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля» [4].

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

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

Таблица 2 – Базовые параметры электромобиля ITank Doohan EV3 Pro

Параметр	Значение
«Тип автомобиля	заднеприводный трицикл
Колесная формула	2×1
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2303×1138×1177
Снаряженная масса, кг	120
Размерность шин	175/65R 13
Коэффициент сопротивления воздуха	0,3
Коэффициент сопротивления качению	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги	0,25
Максимальная скорость, км/ч	45
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, с <sup>-1</sup>	37,5
КПД трансмиссии	0,85» [20].

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

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

где  $M_0$  – снаряженная масса автомобиля, принимаем 120 кг;

$M_q$  – масса человека, принимаем 80 кг;

$M_6$  – масса груза на одного человека, 10 кг;

$n$  – количество людей в электромобиле» [17].

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

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

где  $d$  – посадочный диаметр, 0,256;

$\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шин, зависящий от специфики используемых шин, принимаем равным 0,92;

$H$  – высота профиля шины, равна 0,114» [17].

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

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

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где  $\rho_e$  – плотность воздуха, при нормальных условиях (при давлении 760 мм.рт. ст.) – 1,293 кг/м<sup>3</sup>» [17].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

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

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

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

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

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

где  $G_a$  – полный вес автомобиля;

$\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, равен 0,025» [17].

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

«На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель» [11].

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

Для данной конструкции трицикла достаточно будет одного мотор-колеса.

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

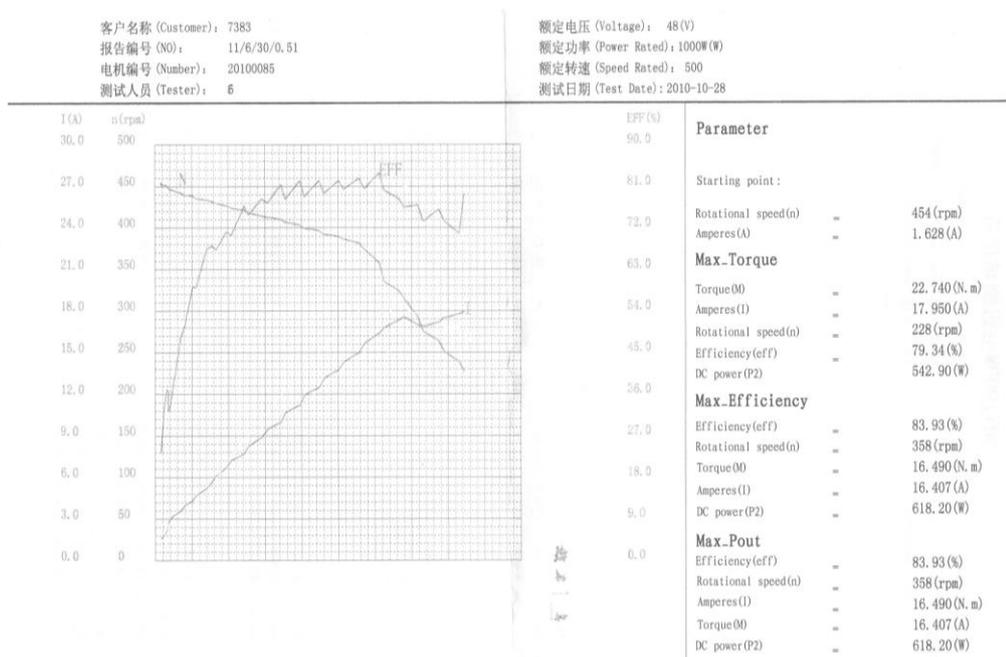


Рисунок 6 – Характеристики мотор-колеса Eltreco 2500W 48V

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

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

$U_k$  – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач  $U_k = 1$ » [17].

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

Определяем передаточное число главной передачи.

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

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

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

$\varphi$  – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии равна 0,8» [17].

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

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

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

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

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

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

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

Сводим результаты расчетов в таблицы 3 и 4» [9].

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 3 – Результаты расчета

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

Таблица 4 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

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

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

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

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

Выполняем анализ динамики разгона.

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

Определяем ускорение по формуле:

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

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

где  $I_M$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колес» [17].

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

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

где  $\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя» [17].

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

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.

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

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

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

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

Выполняем анализ мощностного баланса электромобиля.

«Определяем мощность, передаваемую ведущим колесам по формуле:

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

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

$N_f$  – мощность, затрачиваемая на качение колес;

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

$N_B$  – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

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

$N_{Д}$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления дороги» [17].

Представленные в формуле (19) мощности определяются по формулам:

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

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

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

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

$$N_{Д} = P_{Д} \cdot V. \quad (24)$$

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

Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчетов

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

Выводы по разделу.

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

### **3 Конструкторская часть**

#### **3.1 Техническое задание на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге**

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

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

Трехколесное транспортное средство на электротяге предназначено для передвижения по обычным дорогам, небольшому бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье» [3].

Исходными данными для проектирования конструкторской разработки 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 разработке конструкции необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

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

«К конструкции трехколесного транспортного средства на электротяге предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки одного человека в положении полулежа;
- конструкция должна обеспечивать низкий центр тяжести, высокую устойчивость и уменьшенное сопротивление ветру» [5].
- «для оснащения должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям» [3];
- «в передней части должен быть выполнен механизм для обеспечения поворота колес, подвеска, площадка для удобного упора ног;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на заднее колесо, путем установки мотор-колеса;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид» [12];
- «посадка и высадка водителя, погрузка и выгрузка грузов должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов» [7].

- «разработку конструкции выполнить в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График» [18].

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

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

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

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

Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

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

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

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

### **3.2 Техническое предложение на разработку трехколесного транспортного средства на электротяге**

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

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

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

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

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.

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

Трехколесные лежачие транспортные средства обеспечивают все преимущества, связанные с лежачим положением, и, кроме того, представляют собой полностью устойчивое транспортное средство, которое может трогаться и останавливаться, не ставя ноги на землю, и не требует специальных навыков или обучения для обучения вождению» [2].

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

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

«В первую очередь необходимо определиться с рамой для транспортировки грузов, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов» [17].

Рама изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 7, а) или круглого сечения (рисунок 7, б).

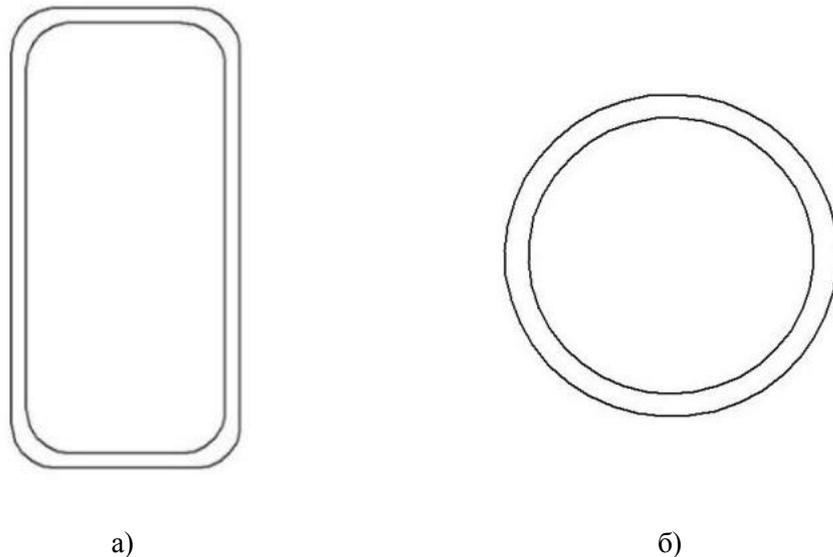


Рисунок 7 – Виды профиля для рамы

«С точки зрения сопротивления материалов, наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном количестве материала они обеспечивают максимальную жесткость конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

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

Принимаем форму рамы из профиля круглого сечения – трубы, для крепления заднего колеса используем вилку от мотоцикла (рисунок 8).

В передней части размещаем площадку для возможности упора ног.

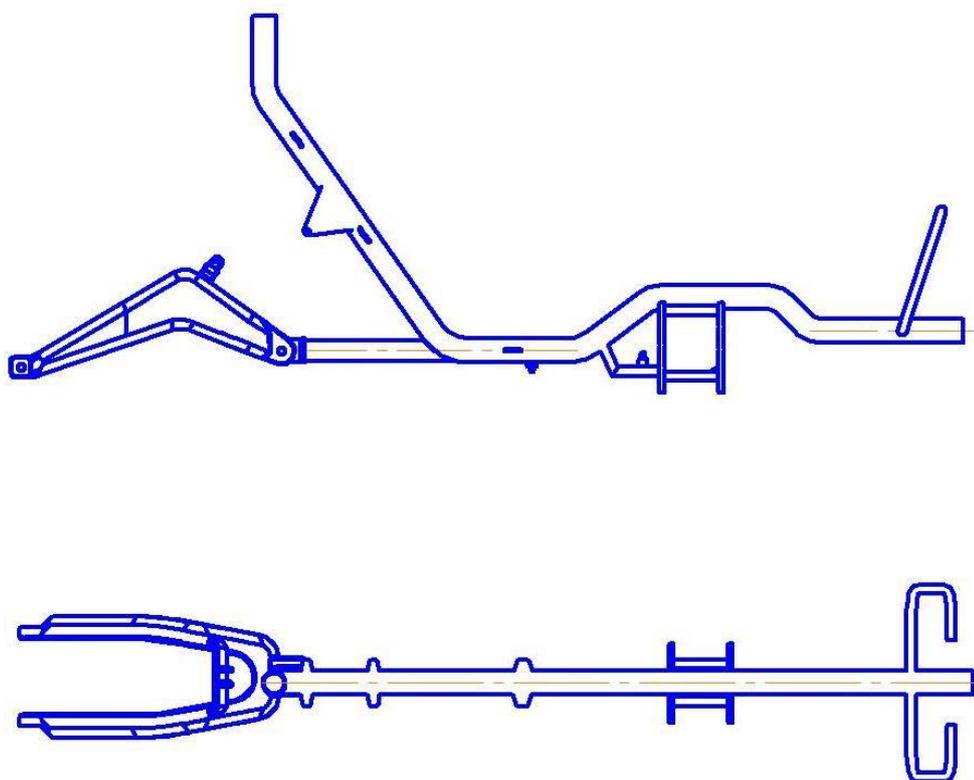


Рисунок 8 – Конструкция рамы трехколесного транспортного средства на электротяге

«Для обеспечения поворота передних колес предусматриваем рулевое управление (рисунок 9) в котором рулевая тяга установлена с возможностью вращения на центральном лонжероне под сиденьем. Рулевая тяга соединена с рулевой тягой с пластиной. Рулевая тяга соединена с центральной поворотной пластиной.

Центральная поворотная пластина прикреплена с возможностью вращения к нижнему лонжерону с помощью шарнирного пальца. Левая и правая тяги соединяются от центральной поворотной пластины с левым и правым рулевыми рычагами соответственно.

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

Также для обеспечения удобства и комфорта при использовании трехколесного транспортного средства на электротяге предусматриваем подвеску с двумя амортизаторами в передней части и одним сзади» [3].

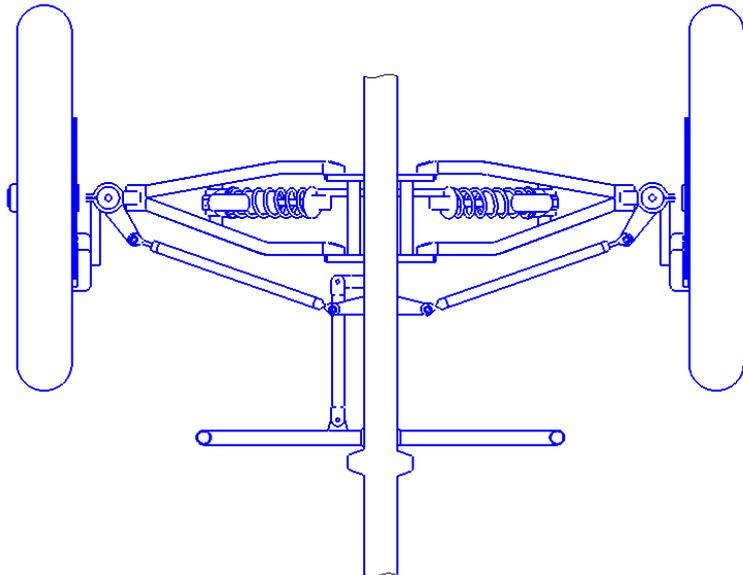


Рисунок 9 – Конструкция рулевого привода

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

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

Проведя анализ наиболее используемых мотор-колес, применяющихся на транспорте, выбираем мотор-колесо Eltreco 48V 2500W мощностью 2,5 кВт

(рисунок 10).



Рисунок 10 – Мотор-колесо Eltreco 48V 2500W

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 8.

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

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

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



Рисунок 11 – Комплект для электрификации

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



Рисунок 12 – Ручка акселератора

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



Рисунок 13 – Ручки тормоза

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



Рисунок 14 – Контроллер

Контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация)» [31].

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

После выбора всех элементов конструкции составляем компоновочную схему размещения этих элементов на раме (рисунок 15).

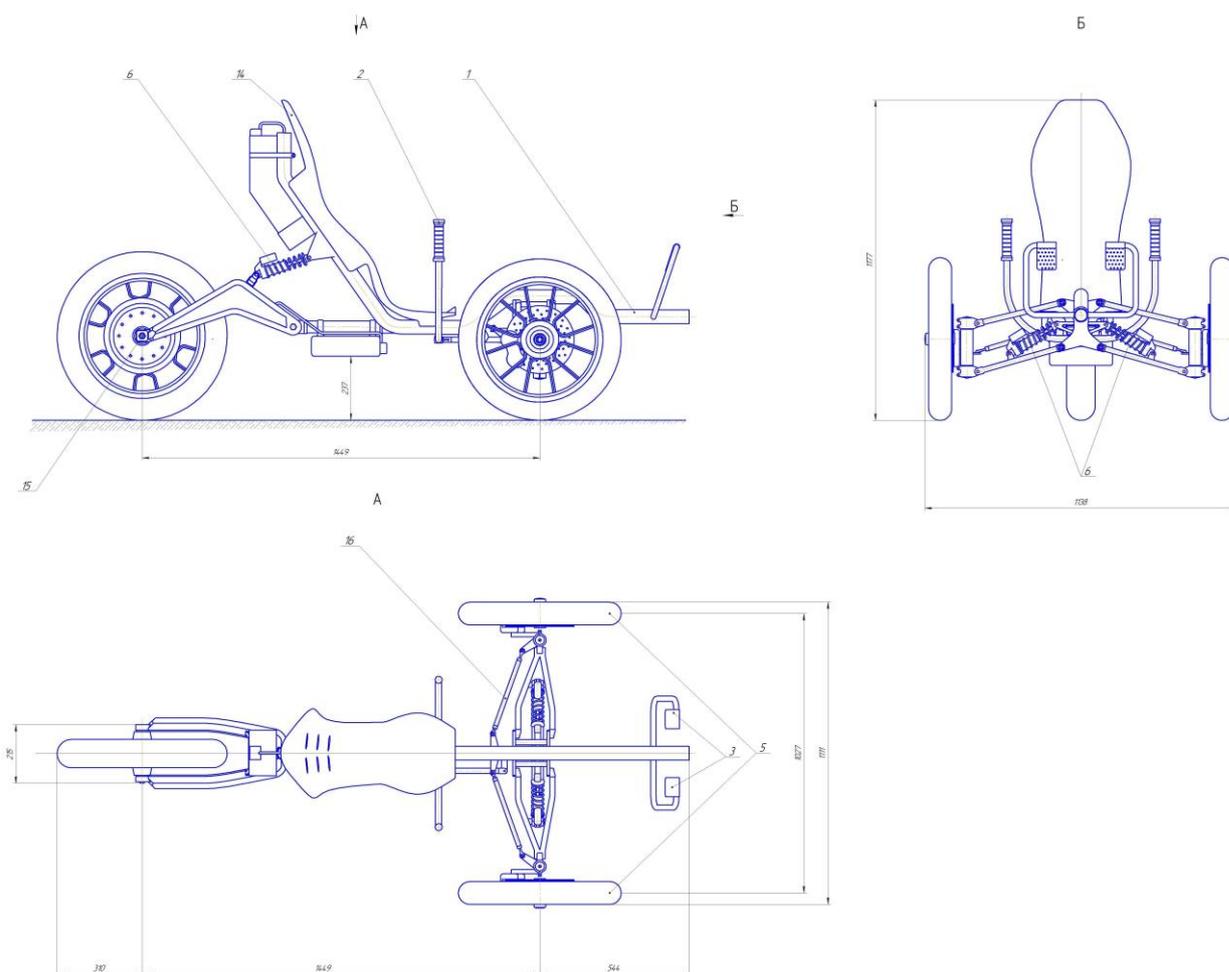


Рисунок 15 – Общая компоновка трехколесного транспортного средства на электротяге

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

### 3.3 Конструкторские расчеты

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

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

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

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

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

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

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

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

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

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

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем аккумуляторную батарею LiFePO<sub>4</sub>, 48 В-24 А·ч в герметичном корпусе из ABS пластика, класс защиты IP65, собрана на основе призматиков 3,2 В-12 А·ч (рисунок 16).



Рисунок 16 – Аккумуляторная батарея LiFePO<sub>4</sub>, 48В-24 А·ч

Технические характеристики аккумуляторной батареи представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики аккумуляторной батареи LiFePO<sub>4</sub>

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

«Самый безопасный аккумулятор из всех литиевых АКБ. В отличие от свинцовых батарей, в 2 раза легче и при этом срок эксплуатации выше в 15 раз. Высокая токоотдача, позволяющая выдавать большую мощность. Эксплуатация зимой до минус 20°С» [22].

Выводы по разделу.

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

#### 4 Технологический раздел

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» [1].

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 нормами 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 электрический трехколесный велосипед 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.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

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

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» [18].

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

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 конструкторской документации;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки конструкции электрического трехколесного велосипеда представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять раму электрического трехколесного велосипеда в сборе	0,3
Осмотреть раму электрического трехколесного велосипеда в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка рулевого управления	
Взять руль	0,3
Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов	1
Установить руль на вилку в сборе	20
Взять грипсы с рычагами тормоза	0,3
Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов	1
Установить грипсы с рычагами на руль	6
Взять болт М12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку М12×1,5 (6 шт.)	0,3
Установить рулевое управление на раму при помощи болтов М12×1,5, шайб 12, гаек М12×1,5	12
Взять переднее колесо (2 шт.) с тормозными механизмами в сборе	0,3
Осмотреть переднее колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов	1
Установить передние колеса с тормозным диском в сборе на места предназначенные для крепления	15
Подборка привода электрического трехколесного велосипеда	
Взять мотор-колесо	0,3
Осмотреть мотор-колесо на наличие повреждений и дефектов	1
Установить мотор-колесо на место в задней части рамы, предназначенное для крепления	10
Взять кабель мотор-колеса с проводами фаз и датчиков Холла	0,3
Осмотреть кабель мотор-колеса с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов	1
Подборка системы питания	
Взять аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч	0,8
Осмотреть аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч на наличие повреждений и дефектов	1,3
Установить аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч на место предназначенное для крепления	4
Взять провода электрические	0,8
Взять контроллер НРС300Н	0,3
Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов	1
Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления	4
Взять клеммы для соединения проводов	0,4
Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа	15
Взять амортизатор	0,3
Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)	0,3
Установить амортизатор на места предназначенные для крепления	4

Продолжение таблицы 10

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять сиденье	0,3
Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов	1
Установить сиденье	6
Проверить качество выполненных работ. Провести регулировочные операции и испытание электрического трехколесного велосипеда	100
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	40
Итого:	251,6

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

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

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

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

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;  
 $\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 251,6 + 251,6 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 271,72 \text{ мин.}$$

## 4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда

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

Таблица 11 – Технологический процесс сборки электрического трехколесного велосипеда

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять раму электрического трехколесного велосипеда в сборе	Кран гаражный, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы,	1,3
		2	Осмотреть раму электрического трехколесного велосипеда в сборе на наличие повреждений и дефектов		
010	Сборочная	1	Подборка рулевого управления		28,6
		2	Взять руль		
		3	Осмотреть руль на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить руль на вилку в сборе		
		5	Взять грипсы с рычагами тормоза		
		6	Осмотреть грипсы с рычагами тормоза на наличие повреждений и дефектов		
		7	Установить грипсы с рычагами на руль		
015	Сборочная	1	Взять болт М12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку М12×1,5 (6 шт.)		28,6
		2	Установить рулевое управление на раму при помощи болтов М12×1,5, шайб 12, гаек М12×1,5		
		3	Взять переднее колесо (2 шт.) с тормозными механизмами в сборе		
		4	Осмотреть переднее колесо с тормозным диском в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		5	Установить передние колеса с тормозным		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			диском в сборе на места предназначенные для крепления		
020	Сборочная	1	Подборка привода электрического трехколесного велосипеда		12,6
		2	Взять мотор-колесо		
		3	Осмотреть мотор-колесо на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить мотор-колесо на место в задней части рамы, предназначенное для крепления		
		5	Взять кабель мотор-колеса с проводами фаз и датчиков Холла		
		6	Осмотреть кабель мотор-колеса с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов		
025	Сборочная	1	Подборка системы питания		27,6
		2	Взять аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч		
		3	Осмотреть аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч на наличие повреждений и дефектов		
		4	Установить аккумуляторную батарею LiFePO <sub>4</sub> , 48 В-24 А·ч на место предназначенное для крепления		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		5	Взять провода электрические		
		6	Взять контроллер НРС300Н		
		7	Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов		
		8	Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления		
		9	Взять клеммы для соединения проводов		
		10	Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и рукоятки газа		
030	Сборочная	1	Взять амортизатор		12,9
		2	Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять болт М8×50 (2 шт.), гайку М8 (2 шт.)		
		4	Установить амортизатор на места предназначенные для крепления		
		5	Взять сиденье		
		6	Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов		
		7	Установить сиденье		
045	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных работ. Провести регулировочные операции и испытание электрического трехколесного	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, динамометрический ключ	140

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			велосипеда	мультиметр	
		2	Устранить выявленные замечания в ходе испытания		

Технологическая схема сборки конструкции электрического трехколесного велосипеда представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки электрического трехколесного велосипеда и представлен в графической части ВКР.

Необходимо отметить, что при написании данного раздела ВКР, а, именно – проектировании технологического процесса сборки как и было рекомендовано заданием на проект пользовались вспомогательными материалами, такими как:

- каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента;
- ГОСТ и нормативы на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

## **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 электрического трехколесного велосипеда с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 12).

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Сборка электрического трехколесного велосипеда	- подготовка к сборке. - сборка электрического трехколесного велосипеда. - испытание и доводка электрического трехколесного велосипеда	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Стапель, рожковые ключи, динамометрический ключ, плоскогубцы, молоток, сварочный аппарат» [2]	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 электрического трехколесного велосипеда.

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
<p>«1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического трехколесного велосипеда. 3 Испытание и доводка электрического трехколесного велосипеда.</p>	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического трехколесного велосипеда	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины
	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» [3]

### 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)» [5].

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» [6].
- 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» [7].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам. 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 таблице 14 приведены мероприятия для уменьшения профессиональных рисков.

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)» [12].
«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» [8].
«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» [9].
«Отсутствие или недостаток естественного света»	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [10]	–
«Напряжение»	Оздоровительно	–

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [9].</li> </ul>	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 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. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника; » [9].</li> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [9]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при</li> <li>– отсутствии экстренной необходимости его прерывания); чередование пассивного отдыха с активным» [14].</li> </ul>	

## 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» [9].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 № 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» [25].

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 электрического трехколесного велосипеда (таблица 16).

Таблица 16 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического трехколесного велосипеда

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«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» [9]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [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» [15]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического трехколесного велосипеда**

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 сборке электрического трехколесного велосипеда 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 электрического трехколесного велосипеда»	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» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке электрического трехколесного велосипеда:

- 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);

- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

- разработан технологический паспорт сборки электрического трехколесного велосипеда;
- выявлены профессиональные риски при сборке велосипеда и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при сборке велосипеда;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при сборке велосипеда и разработаны мероприятия по их снижению.

Также необходимо подчеркнуть, что 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.

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.

## 6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического трехколесного велосипеда необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания электрического трехколесного велосипеда, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции электрического трехколесного велосипеда, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания электрического трехколесного велосипеда (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 электрического трехколесного велосипеда.

«Для определения финансовых затрат на сборку электрического трехколесного велосипеда воспользуемся формулой:

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

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

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

$C_{СБ.П}$  – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{П.Д}$  – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{О.Н}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [6].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{К.Д} = Q_K \cdot C_K, \quad (32)$$

где  $Q_K$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_K$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [6].

В таблице 18 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 18 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама электрического трехколесного велосипеда	Ст.3	60	58	72	4320
Итого:	–	–	–	–	4320

$$C_{К.Д} = 58 \cdot 72 = 4176 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{О.Д} = C_{ПРН} + C_M, \quad (33)$$

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

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

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{ПР} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (34)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление деталей подвески (рычагов) – 5,05 чел.-ч.;

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

$k_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [6].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р. Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда:  $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$  р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду:  $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$  р./ч.

$$C_{ПР} = 5,05 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 816,01 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_D = (5 \dots 12) \cdot C_{ПР} / 100, \quad (35)$$
$$C_D = 10 \cdot 816,01 / 100 = 81,6 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

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

$$C_{соц} = 30 \cdot (816,01 + 81,6) / 100 = 269,28 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma ПР} = 816,01 + 81,6 + 269,28 = 1166,89 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 19 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	816,01
Дополнительная заработная плата	81,6
Начисления на заработную плату	269,28
Итого:	1166,89

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

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

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [6].

В таблице 20 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 20 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рвчаги	Сталь 40Х	4	4,7	86	404,2
Итого:	–	–	–	–	404,2

$$C_M = 4,7 \cdot 86 = 404,2 \text{ р.}$$

$$C_{o,d} = 1166,89 + 404,2 = 1571,09 \text{ р.}$$

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

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

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

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

$C_{соц.сб}$  – страховые взносы в фонды, р» [6].

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

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

где  $T_{сб}$  – нормативная трудоемкость на сборку, чел.-ч» [6].

«Значение определяем по формуле:

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

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

$k_c$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [6].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 6 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 7,5 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1211,89 \text{ р.},$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 1211,89 = 121,18 \text{ р.},$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (1211,89 + 121,18) = 399,92 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 1211,89 + 121,18 + 399,92 = 1732,99 \text{ р.}$$

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

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

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1211,89
Дополнительная заработная плата	121,18
Страховые взносы в фонды	399,92
Итого	1732,99

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

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

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

$R_{ОН}$  – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [6].

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

Подставив числовые значения в формулы получим:

$$C'_{IP} = 816,01 + 1211,89 = 2027,9 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(2027,9 \cdot 15)}{100} = 304,18 \text{ р.}$$

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

Перечень покупных деталей представлен в таблице 22.

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

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Мотор-колесо	1	8300	6500
Контроллер	1	4200	4200
Аккумуляторная батарея	1	9600	9600
Электрические провода (пучок)	1	1600	1600
Силовой провод мотор-колеса с датчиком Холла	1	3000	3000
Ручки газа и тормоза	1	2100	2100
Амортизатор	1	1300	1300
Колеса	2	3800	7600
Рулевое управление	1	6000	6000
Метизы крепежные	50	12	750
Итого:			42650

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

$$C_{KOH} = 4320 + 1571,09 + 42650 + 1732,99 + 304,18 = 50578,26 \text{ р.}$$

Таблица 23 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	4176
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1571,09
Затраты на сборку	1732,99
Общепроизводственные накладные расходы	304,18
Стоимость покупных изделий (деталей)	42650
Итого:	50578,26

Общие затраты на сборку электрического трехколесного велосипеда равны 50578,26 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

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

где  $C_{ПР}$  – стоимость прототипа, р.» [6];

$$\mathcal{E}_Г = 95000 - 50578,26 = 44421,74 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

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

$$O_{ОК} = \frac{50578,26}{44421,74} = 1,14 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

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

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 44421,74 - 0,15 \cdot 50578,26 = 36835,0 \text{ р.}$$

В таблице 24 представлены основные показатели проекта.

Таблица 24 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	95000	50578,26
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	–	44421,74
Экономический эффект	р.	–	36835,0
Срок окупаемости	год	–	1,14

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки электрического трехколесного велосипеда с экономической стороны. Стоимость изготовления электрического трехколесного велосипеда составляет 50578,26 р., срок окупаемости равен 1,14 года.

## Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция электрического трехколесного велосипеда.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

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

## Список используемой литературы и используемых источников

1 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, с.

2 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.

3 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.

4 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.

5 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, с.

6 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.

7 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.

8 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.

9 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.

10 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.

11 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, с.

12 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.

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

14 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.

15 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.

16 Сет Мирко де. Классические мотоциклы : иллюстрированная энциклопедия / Мирко де Сет ; [пер. с англ. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2007. - 297, с.

17 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.

18 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, с.

19 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.

20 Электрооборудование мотоциклов отечественного и иностранного производства : BMW, Honda, Triumph, Kawasaki, Yamaha и др. Восход, Днепр, Урал, Минск, ИЖ [и др.] : практ. рук. / [под ред. С. Афолина]. - Батайск : ПОНЧИК, 2004. - 180 с.

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

22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, p.

23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, p.

24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

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

Приложение А  
**Спецификация**

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						<i>Документация</i>		
		A4			23.ДП.01.156.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
Сбор. №		A1			23.ДП.01.156.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
						<i>Сборочные единицы</i>		
		A1	1		23.ДП.01.156.61.01.000	Рама	1	
			2		23.ДП.01.156.61.02.000	Рулевое управление	1	
			3		23.ДП.01.156.61.03.000	Мотор-колесо	1	
			4		23.ДП.01.156.61.04.000	Задняя вилка	1	
			5		23.ДП.01.156.61.05.000	Подвеска передняя	1	
			6		23.ДП.01.156.61.06.000	Амортизатор	2	
			7		23.ДП.01.156.61.07.000	Колесо переднее	2	
			8		23.ДП.01.156.61.08.000	Аккумуляторная батарея	1	
	9		23.ДП.01.156.61.09.000	Контроллер	1			
Подп. и дата						<i>Детали</i>		
			10		23.ДП.01.156.61.00.010	Упоры для ног	1	
			11		23.ДП.01.156.61.00.011	Сиденье	1	
Инв. №								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	23.ДП.01.156.61.00.000	
		Разраб.	Турбин И.В.	Наименко Б.Ю.				Лит.
Инв. № подл.		Проб.	Турбин И.В.				Д	1
		Н.контр.	Турбин И.В.				ТГУ, АТс-1801z	
Инв. № подл.		Утв.	Бодрабский А.В.				Велосипед электрический трехколесный	
							Копировал	Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на трехколесный электрический велосипед