

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции электрического багги

Обучающийся

Р.В. Репин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизиров

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

## Аннотация

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

Цели работы – разработка конструкции электрического багги, инновационного транспортного средства с нулевыми выбросами и высокой энергоэффективностью. В ходе исследования проведен анализ, проектирование и моделирование системы, включая электрическую тяговую установку, подвеску, кузов и управляющие системы. Основная цель работы заключается в обеспечении оптимальной проходимости и маневренности багги при минимальном воздействии на окружающую среду. Работа также включает практическую реализацию разработанной конструкции и оценку ее характеристик в эксплуатационных условиях. Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 90 страниц с приложениями.

Графическая часть состоит из 10 листов формата А1. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрены автомобили багги, их достоинства и недостатки.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе выполнены конструкторские расчеты электрического багги.

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

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

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

## **Abstract**

The title of the graduation project is: «The design development of a electric buggy».

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

The buggy class includes a small and light car with a high degree of cross-country ability, designed for off-road driving. Its body is a welded frame, and an automobile or motorcycle engine is installed on it.

The key issue of the graduation project is the construction design of the electric buggy car.

This thesis addresses the issue of developing a relatively inexpensive design of a electric buggy car.

The aim of the project is to develop the design of the electric buggy.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the review of the designs of existing buggy cars, the trends in the development of buggy cars, the requirements for participants of the sports discipline «Cross»; the traction-dynamic calculation of the buggy car; the terms of reference and the proposal for the design development of the electric buggy; the design calculations; the determination of the organizational form of assembly of the buggy car, its technological process and labor intensity; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

In conclusion we would like to stress that the developed buggy can be useful for nature trips and cross-country trips.

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	7
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	17
3 Конструкторская часть .....	26
3.1 Техническое задание на разработку конструкции электрического багги .....	26
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции электрического багги.....	30
3.3 Конструкторские расчеты .....	40
4 Технологический раздел.....	44
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	44
4.2 Разработка технологического процесса сборки.....	50
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	59
5.1 Описание технологического процесса сборки.....	60
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	61
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	63
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	68
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса.....	72
6 Экономическая эффективность проекта.....	75
Заключение .....	83
Список используемой литературы и используемых источников.....	84
Приложение А. Спецификация.....	91

## Введение

«В настоящее время транспорт является важной частью жизни человека, но традиционный двигатель внутреннего сгорания быстро устаревает, при этом бензиновые или дизельные автомобили сильно загрязняют окружающую среду и попытки перехода на экологический транспорт можно считать весьма успешными» [1].

Каждый уважающий себя производитель имеет в линейке продукции гибридные и полностью электрические автомобили.

«Существуют электрические версии каждого транспортного средства, от мотоциклов и скутеров до легковых автомобилей, грузовиков и внедорожников. Electra Meccanica даже предлагает уникальный взгляд на электромобили с их электрическим трайком SOLO. Некоторые из ведущих производителей электрических мотоциклов сегодня включают Energica Motor Company, Lightning Motorcycle и Zero Motorcycles» [31].

Помимо электрических автомобилей, также набирает популярность другие, более компактные виды транспорта (мотоциклы, скутеры, багги, самокаты и так далее).

«Рынок электрических скутеров и мотоциклов и багги оценивался в 2 миллиарда долларов США в 2020 году, и ожидается, что к 2026 году он достигнет 3,5 миллиарда долларов США – говорится в исследовании Mordor Intelligence» [28].

«На рынке электрических багги наблюдается значительный рост из-за повышенного интереса и потребности в устойчивом, экологически чистом транспорте в сочетании с благоприятными инициативами правительства. Поскольку цены на топливо и энергию продолжают расти, водители ищут более электрические и энергоэффективные варианты» [27].

Электрический багги - это пример транспортного средства, которое сочетает в себе энергоэффективность и экологическую устойчивость. Основными преимуществами электрического багги являются его

компактность, маневренность и возможность передвижения по различным типам местности. Это делает его идеальным выбором для использования в различных сферах, включая гольф-поле, туризм, обслуживание территорий и многие другие.

Разработка современного транспортного средства включает в себя не только создание самого транспортного средства, но и интеграцию современных технологий для оптимизации его энергопотребления и производительности. Применение электрического двигателя позволяет сократить выбросы вредных веществ и уменьшить зависимость от ископаемых топлив.

Кроме того, важным аспектом разработки электрического багги является его соответствие требованиям устойчивого развития. Это включает в себя не только энергоэффективность в процессе эксплуатации, но и использование экологически чистых материалов при производстве и обеспечение возможности переработки после окончания срока службы.

В ходе разработки электрического багги предстоит провести анализ существующих электрических транспортных, технических решений, чтобы выявить их сильные и слабые стороны, определить требования к новой конструкции и оптимизировать проект с учетом актуальных экологических и энергетических стандартов.

Особое внимание уделяется не только созданию эффективного транспортного средства, но и его соответствию требованиям устойчивого развития. Электрический багги должен обеспечивать высокую проходимость и маневренность при минимальном воздействии на окружающую среду, что становится важным фактором при выборе транспортного средства в современном мире.

Таким образом, выбранная тема дипломного проекта представляется интересной для разработки, в виду возможности разработки конструкции электрического багги доступного для широкого круга населения.

## 1 Состояние вопроса

Багги – это легковой автомобиль с открытым кузовом небольшими колесами, предназначенный для езды по бездорожью. Он имеет мощный двигатель и усиленную подвеску, что позволяет ему преодолевать сложные препятствия и пересекать неровную местность. Багги часто используется для катания по песчаным дюнам, грязи, снегу или другим сложным условиям. Он также популярен среди любителей экстремального вождения и гонок на бездорожье. Он может быть как одноместным, так и двухместным, в зависимости от модели и назначения. Он может быть использован как для развлечения и спорта, так и для коммерческих целей, например, в туризме или экспедициях.

Багги имеет свои особенности и характеристики, которые делают его уникальным типом транспортного средства. Он пользуется популярностью среди любителей активного отдыха и приключений, и его производство и развитие продолжают развиваться и по сей день.

«Первый багги был создан американскими мастерами в 1950-х годах, используя Volkswagen Beetle как базовую модель. Название buggy произошло от английского слова beetle, что означает «жук» и было придумано из-за его компактных размеров и популярности. С базовой модели Volkswagen Beetle американские мастера сняли крылья, убрали передние двери и заменили кузов на сварную раму. Иногда кузов заменяли на стекловолоконный вариант, но в уменьшенном размере» [2].

Volkswagen Beetle был выбран как основа для багги из-за своей компактности, доступности и популярности

С течением времени многие автомобильные энтузиасты заменяли стандартные моторы более мощными 6-цилиндровыми двигателями от Chevrolet, иногда с турбонаддувом, чтобы увеличить мощность до 120-180 л.с. Это позволило багги принимать участие в гонках и кросс-шоу.

Любовь к багги росла, и они быстро распространились из Америки в Европу. Итальянцы стали первыми в Европе, кто начал производство этих машин, и затем багги стали популярны по всему миру.

С течением времени термин «багги» стал обозначать различные модели мотовездеходов с автомобильным сиденьем.

«Современные багги обладают следующими преимуществами: легкая и надежная конструкция, простота управления, прочные рама и шасси, высокая маневренность, устойчивость на различных дорожных покрытиях, высокий клиренс, низкие затраты на ремонт и обслуживание, возможность тюнинга и самостоятельного ремонта.

Недостатки багги включают в себя следующее:

- из-за открытого кузова и низкой посадки не обеспечивается полная безопасность для водителя и пассажиров;
- регулярно требуется технический уход и обслуживание;
- эти машины не рекомендуются для длительных или дальних поездок из-за их ограниченной маневренности и комфорта;
- в случае аварии возможны серьезные травмы для водителя и пассажиров» [31].

«Существует распространенное заблуждение, что багги – это небольшие внедорожники, однако на самом деле они больше напоминают гоночные автомобили, похожие на болиды, используемые в гонках Формула-1. Это связано с их конструкцией, имеющей устойчивый центр тяжести и широкую колею передних и задних колес.

Давайте выявим различия между багги и квадроциклом:

- конструкция и дизайн. Багги – легкие автомобили с открытой рамой, обычно с двумя или четырьмя сиденьями, имеющие руль, аналогичный обычному автомобилю. Квадроцикл имеет мотоциклетную посадку;
- управление и маневренность. Багги управляются с помощью руля, как обычные автомобили, и имеют педали газа и тормоза.



Квадроциклы управляются с помощью руля, как мотоциклы, и имеют рычаги газа и тормоза на руле. Они считаются более маневренными и легкими в управлении;

- проходимость. Квадроциклы обычно имеют лучшую проходимость из-за меньшего веса и большего клиренса. Багги могут быть более стабильными на неровных поверхностях из-за их широкой колеи;
- вместимость и комфорт. Багги часто предлагают больше места для пассажиров и груза, а также более комфортное сиденье и защиту от погоды. Квадроциклы имеют меньше места и обычно предлагают меньший комфорт;
- безопасность. Багги считаются более безопасными из-за нижнего центра тяжести и широкой колеи, что снижает риск переворачивания;
- цена и обслуживание. Квадроциклы обычно дешевле в приобретении и обслуживании;
- назначение. Багги обычно используются для развлечений и гонок, тогда как квадроциклы могут использоваться для различных задач, включая перевозку грузов или сельское хозяйство» [4].

Различные типы багги можно классифицировать следующим образом:

- спортивные и спортивно-туристические модели. Все багги можно отнести к спортивной технике. Эти модели пользуются повышенной популярностью, часто используются в туристических программах для заездов с азартом и зрелищностью;
- гоночные багги для ралли (рисунок 1): Эти машины конструируются с задним или полным приводом и предназначены для ралли. Они не рассчитаны на экстремально сложные трассы;
- багги для трофи-рейдов (рисунок 2): Эти модели имеют полный привод и легкую конструкцию, что позволяет им преодолевать сложные бездорожные условия и даже небольшие водные препятствия;

- пляжные багги (рисунок 3): Они оптимизированы для поездок по песчаным пляжам благодаря полному приводу и легкой раме, что обеспечивает проходимость по любым песчаным дюнам;



Рисунок 1 – Гоночные багги для ралли



Рисунок 2 – Багги для трофи-рейдов



Рисунок 3 – Багги пляжный

- багги для триала (краулеры) (рисунок 4): «Эти модели предназначены для спортивных соревнований и прохождения сложных препятствий, а также для поездок по гравийным и горным каменистым дорогам» [3].



Рисунок 4 – Багги для триала

- кроссовые модели багги (рисунок 5) Они предназначены для гонок на замкнутых трассах различной протяженности и покрытия;



Рисунок 5 – Кроссовые модели багги

- военные багги (рисунок 6): Военные используют багги в качестве компактной и высокопроходимой техники для военных операций на сложной местности.

SCANMOTO RAPID – это двухместный электробагги (рисунок 6).



Рисунок 6 – Электробагги SCANMOTO RAPID

Металлическая рама, регулируемая подвеска, четыре скорости - три для движения вперед и одна для движения назад, глубокий внедорожный протектор покрышек позволяют осуществлять поездки до 30 км на одном заряде аккумулятора по пересечённой местности. «Багги RAPID оснащён дугами и четырёхточечными ремнями безопасности, позволяющими защитить водителя и пассажира в случае переворачивания» [17].

Технические характеристики электрического багги SCANMOTO RAPID представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики багги

Параметр	Значение
Тип электродвигателя	Вентильный двигатель постоянного тока
Напряжение, В	60
Максимальная мощность, Вт	2000
Максимальный крутящий момент, Н·м	12
Тип батареи	Свинцово-кислотный аккумулятор
Емкость, А·ч	20
Время зарядки, ч.	8
Тип трансмиссии	Однокоростная с дифференциалом
Тип привода	Вал
Привод	Задний
Передаточное число	10:1
Подвеска задняя	Пружинная
Подвеска передняя	Пружинная независимая
Тормозная система	Гидравлические дисковые сзади
Размер передней шины	145/70-6
Размер задней шины	16/8-7
Габаритные размеры (Д×Ш×В)	1710×1210×1150
Колёсная база, мм	1250
Масса транспортного средства, кг	135
Грузоподъёмность, кг	125

SCANMOTO Rapid II представлен на рисунке 7.

«Рама электробагги изготовлена из высокопрочной стали, что обеспечивает долговечность и надежность конструкции. Благодаря регулируемой подвеске, SCANMOTO Rapid II может адаптироваться к различным дорожным условиям и обеспечивает комфортную поездку по пересеченной местности. Электробагги оснащен четырьмя скоростями: тремя

для движения вперед и одной для движения назад, что позволяет выбирать оптимальный режим движения в зависимости от условий.

Максимальная скорость составляет 35 км/ч, а дальность хода на одном заряде – до 35 км» [18].



Рисунок 7 – Электробагги SCANMOTO RAPID II

Технические характеристики электрического багги SCANMOTO RAPID II представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики электрического

Параметр	Значение
Тип электродвигателя	Вентильный двигатель постоянного тока
Напряжение, В	60
Максимальная мощность, Вт	2000
Максимальный крутящий момент, Н·м	12
Тип батареи	Свинцово-кислотный аккумулятор
Емкость, А·ч	20
Время зарядки, ч.	8
Тип трансмиссии	Однокоростная с дифференциалом
Тип привода	Вал
Привод	Задний
Передаточное число	10:1

## Продолжение таблицы 2

Параметр	Значение
Подвеска задняя	Пружинная
Подвеска передняя	Пружинная независимая
Тормозная система	Гидравлические дисковые сзади
Размер передней шины	145/70-6
Размер задней шины	16/8-7
Габаритные размеры (Д×Ш×В)	1710×1115×1225
Колёсная база, мм	1250
Масса транспортного средства, кг	145
Грузоподъёмность, кг	170

Электрические багги, как и любая другая техника, имеют свои преимущества и недостатки.

### Преимущества электрических багги:

- экологическая чистота: электрические багги не загрязняют окружающую среду выбросами вредных веществ, так как они не используют топливо и работают на электричестве;
- экономичность: обычно зарядка аккумулятора электрического багги стоит дешевле, чем заправка топливом для бензиновых багги;
- тихая работа: электрические багги работают практически бесшумно, что особенно важно для использования на территории с ограничениями по шуму;
- простота обслуживания: электрические багги обычно менее подвержены поломкам и требуют меньше обслуживания по сравнению с традиционными багги, работающими на бензине.

### Недостатки электрических багги:

- ограниченная дальность поездки: аккумуляторы электрических багги имеют ограниченную ёмкость, из-за чего дальность поездки на одном заряде может быть ограниченной и требует частой зарядки;
- длительное время зарядки: зарядка аккумулятора электрического багги может занять больше времени, чем заправка бензинового багги, что может повлиять на производительность в работе;

- более высокая стоимость: электрические багги часто имеют более высокую стоимость при покупке по сравнению с бензиновыми аналогами.

Несмотря на некоторые недостатки, электрические багги становятся все более популярными благодаря своей экологической эффективности и удобству в использовании.

Проектирование электрического багги является актуальной темой для дипломной работы по нескольким причинам: экологическая; технологический прогресс: разработка электрических багги требует применения современных технологий, как в области электротехники, так и в проектировании легкой и прочной конструкции; экономическая выгода; популярность и спрос.

Таким образом, выбор темы проектирования электрического багги для дипломной работы позволит не только расширить знания в области транспортной индустрии и экологической безопасности, но и внести вклад в развитие современных технологий и решение актуальных проблем окружающей среды.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены достоинства и недостатки автомобилей багги, направления развития этого типа транспортных средств, существующие виды багги, отдельно рассмотрены электрические багги с подробными техническими характеристиками.



## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Тягово-динамический расчет – это методология расчета параметров движения транспортного средства, учитывающая влияние тяговых усилий, сил сопротивления и других динамических факторов на его движение.

Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства. Тягово-динамический расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. «Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности.

Для выбора комплектующих тяговой системы багги на электрической энергии, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля

За базовые параметры электромобиля принимаем данные электромобиля Squad Mobility» [19].

Базовые параметры электромобиля приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Базовые параметры электромобиля Squad Mobility [2]

Параметр	Значение
«Тип автомобиля	заднеприводный легковой автомобиль
Колесная формула	4×2
Количество человек	2
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1715×965×2005
Снаряженная масса, кг	400
Размерность шин	175/65R 13
Коэффициент сопротивления воздуха, $C_x$	0,3
Коэффициент сопротивления качению, $f_0$	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги, $a_{max}$	0,25
Максимальная скорость, $V_{max}$ , км/ч	50
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, $\omega_{emax}$ , с <sup>-1</sup>	398
КПД трансмиссии, $\eta_{mp}$	0,65» [2].

«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 400 кг;

$M_q$  – масса человека, принимаем 80 кг;

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

$n$  – количество людей в электромобиле» [19].

$$M_a = 400 + (80 \cdot 2) + (10 \cdot 2) = 580 \text{ кг}.$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

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

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

$H$  – высота профиля шины, принимаем 0,114 м» [19].

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

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

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где  $\rho$  – плотность воздуха, принимаем 1,293 кг/м<sup>3</sup>» [19].

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

«Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r \gg [11], \quad (4)$$

$$F = 0,8 \cdot 0,965 \cdot 2,005 = 1,55 \text{ м}^2.$$

«Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

$$f = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V^2}{25000} \right) \gg [11], \quad (5)$$

$$f = 0,013 \cdot \left( 1 + \frac{25^2}{25000} \right) = 0,0131.$$

«Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

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

где  $G_a$  – полный вес автомобиля;

$\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [19].

$$N_v = \frac{1}{0,65} \cdot (580 \cdot 9,81 \cdot 0,0131 \cdot 13,89 + 0,15 \cdot 1,544 \cdot 13,89^3) = 2830,5 \text{ Вт.}$$

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

Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на небольших автомобилях является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) модели Denzel DA90-4.1, с максимальной мощностью 3 кВт» [1].

На рисунке 8 представлены характеристики электрического двигателя Denzel DA90-4.1.

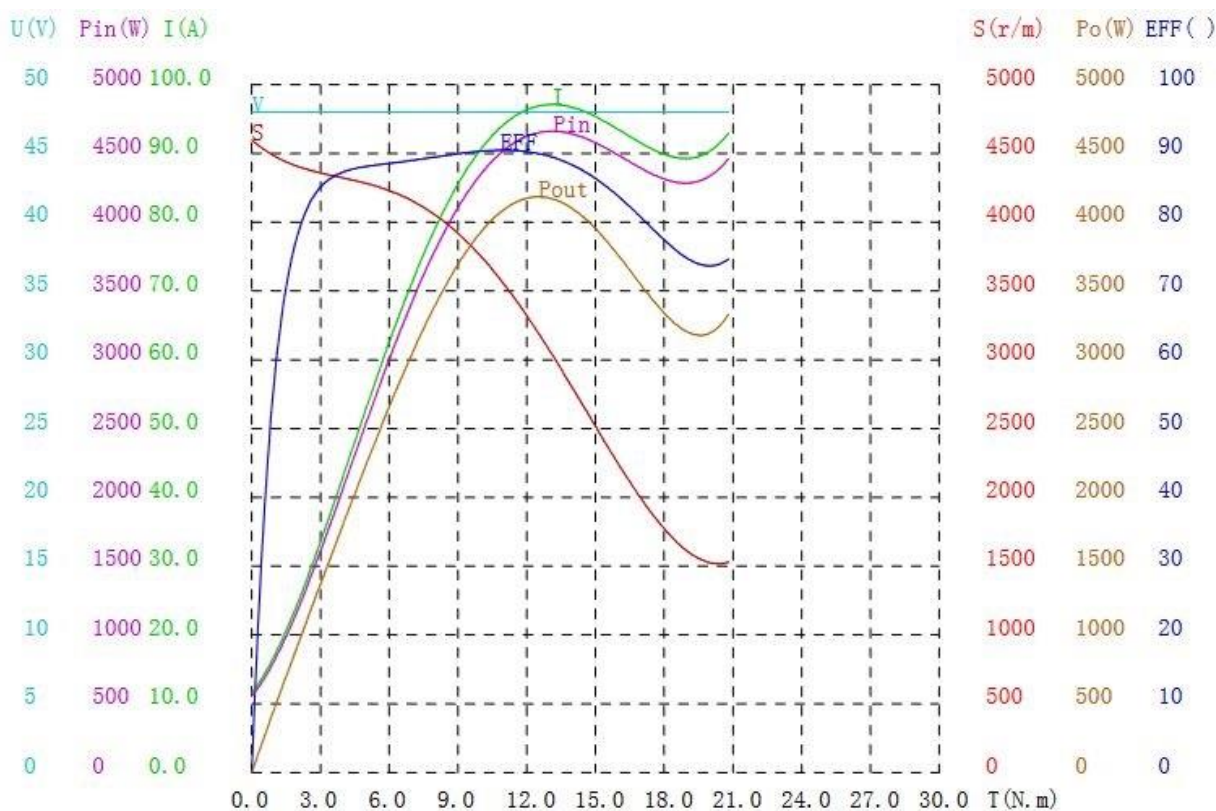


Рисунок 8 – Характеристика электрического двигателя Denzel DA90-4.1

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

где  $\omega_{\max}$  – максимальная угловая скорость вала электродвигателя.

$U_k$  – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач передаточное число равняется 1» [19].

$$U_0 = \frac{0,233}{1} \cdot \frac{398}{13,89} = 6,67.$$

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

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

где  $\phi$  – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

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

где  $\lambda_k$  – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, равняется 0,8 для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии» [19].

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 348 = 2731,1 \text{ Н},$$

$$U_1 \leq \frac{2731,1 \cdot 0,8 \cdot 0,233}{21 \cdot 0,65 \cdot 6,67} \leq 5,59.$$

«Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

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

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

$$P_\Sigma = P_B + P_D \gg [4]. \quad (13)$$

Сводим результаты расчетов в таблицы 4 и 5.

«Определяем динамический фактор по формуле:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \gg [12]. \quad (14)$$

Таблица 4 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		$P_B$	$P_D$	$P_\Sigma$
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 5 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

Скорость, м/с	$P_{\text{в}}$ , 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 сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – 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.

Определяем ускорение по формуле:

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

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

где  $I_M$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колес» [19].

«В случае если точное значение моментов 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. Выбор значения коэффициентов находится в диапазоне от 0,03 до 0,05» [19].

Результаты расчетов сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

Частота вращения колеччатого 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

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

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \cdot d_v \approx \left( \frac{1}{j_{cp}} \right)^2 \cdot (V_2 - V_1) \Delta t \gg [19]. \quad (18)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 8.



Таблица 8 – Результаты расчета

$V, \text{ м/с}$	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
$I/J_{cp}$	0	0,647	0,653	0,662	0,676	0,695	0,643	0,654	0,684
$t, \text{ с}$	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48

Выводы по разделу.

Тягово-динамический расчет автомобиля багги проводился для определения его характеристик при движении по различным типам дорог и условиям эксплуатации. Учитывалась масса автомобиля, мощность двигателя, коэффициент сопротивления качению, аэродинамическое сопротивление и другие параметры.

На основе проведенного расчета были построены графики, отражающие зависимость ускорения автомобиля, его скорости и расхода топлива от времени или расстояния (чертежи представлены в графической части работы на листе А1). Эти графики позволили оценить динамику движения багги и оптимизировать его работу в различных условиях.

### **3 Конструкторская часть**

Конструкторская разработка – это процесс создания нового продукта или устройства, начиная с идеи и заканчивая готовым прототипом. В этот процесс включены проектирование, тестирование, моделирование, анализ, выбор материалов и компонентов, а также создание документации и спецификаций.

Конструкторская разработка может быть применена в различных отраслях, таких как машиностроение, электроника, медицина, авиация и другие. Она требует тщательного планирования, согласования требований с заказчиком, постановки задач и контроля за выполнением работ.

Важными этапами конструкторской разработки являются: исследование и анализ рынка, определение потребностей пользователей, создание концепции продукта, проектирование, создание прототипа, тестирование и внесение корректировок. Конструкторская разработка является ключевым этапом в процессе создания новых продуктов и играет важную роль в инновационном развитии компаний.

#### **3.1 Техническое задание на разработку конструкции электрического багги**

«Конструкция электрического багги должна включать в себя несколько основных компонентов:

- шасси – это основная рама и каркас, на котором собираются все остальные элементы багги;
- электрическая система: электродвигатель, батареи, контроллеры и другие устройства, обеспечивающие передвижение электрического багги;
- подвеска: система амортизации, позволяющая адаптировать багги к неровной местности и обеспечить комфортную поездку;

- колеса: шины и ободья, отвечающие за передвижение и устойчивость багги;
- кузов и салон: сиденья, руль и другие элементы, обеспечивающие комфорт и безопасность для пассажиров;
- электрическая система зарядки: зарядное устройство и соответствующее оборудование для подзарядки батареи багги» [1].

Все эти компоненты взаимодействуют между собой, обеспечивая работоспособность и эффективность электрического багги как средства передвижения.

Багги предназначен для передвижения по неровной или песчаной местности, благодаря своей специальной конструкции, которая обеспечивает хорошую проходимость и маневренность. Эти транспортные средства часто используются для развлекательных целей на пляжах, пустынных районах, горных склонах или в других местах, где обычные автомобили могут испытывать затруднения. В связи с их уникальными характеристиками багги также часто используются в спортивных мероприятиях, гонках или для проката туристам

«Возможность экспорта в зарубежные страны не предусмотрена.

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

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

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет» [11].

«Багги должен содержать несущую систему в виде рамы с закрепленной на ней электродвигателем, устройством для передачи механической мощности на колеса, подвеску, рулевое управление, тормозную систему, а также внешние элементы размещения водителя, набор аккумуляторных батарей, контроллеры» [5].

«К конструкции электрического багги предъявляются следующие требования:

- должна быть прочной и надежной, способной выдерживать нагрузки и вибрации при движении по неровной местности;
- должна обеспечивать эффективное передвижение по песчаной или неровной местности, с хорошей проходимостью и устойчивостью
- должна обеспечивать безопасность для водителя, включая устойчивость, эргономику и соответствие нормам безопасности;
- должна отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на задние колеса;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя должна быть максимально удобной;
- должна обладать высокой энергоэффективностью, обеспечивая достаточную дальность хода на одной зарядке батареи;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.

- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования» [6].

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

- габаритные размеры (ДхШхВ), не более м ..... 2,8 х 1,7 х 1,6;
- тип привода ..... электрический;
- мощность двигателя, не менее кВт ..... 2;
- Запас хода, не менее км ..... 30;
- грузоподъемность, не менее кг ..... 50;
- масса, не более кг ..... 200» [2].

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

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

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части транспортного средства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [3].

«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» [9].

### 3.2 Техническое предложение на разработку конструкции электрического багги

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию электрического багги.

«Конструктивно электрический багги представляет собой четырехколесное заднеприводное транспортное средство с рамной конструкцией, оснащенное одним электродвигателем, цепной передачей, рулевой системой, тормозной системой, системой питания, состоящей из контроллера и аккумуляторной батареи» [6].

«Электрический багги на электрической тяге должен иметь следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм

—

длина.....2800;

—

ширина.....1700;

—

высота.....1600.

Тип

привода.....электрический.

Количество двигателей, шт. .... не более 1.

Мощность двигателя, Вт.....не менее 2000.

Запас хода, км.....не менее 30.

Грузоподъемность, кг.....не менее 50.

Масса, кг..... не более 140»

[4].

Проведенный поиск аналогов показал, что представленные на рынке электрические багги имеют достаточно высокую стоимость и недоступны для широкого круга пользователей, а также показал, что ни одно из них не отвечает в полной мере, установленным в ТЗ требованиям, что обуславливает необходимость разработки новой конструкции.

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации.

«Основными частями электрического багги являются: рама, каркас безопасности, рулевое управление, подвеска, тормозная система, электродвигатель, колеса, аккумуляторные батареи, контроллер.

Сначала необходимо определить конструкцию рамы и каркаса безопасности, так как они должны обеспечивать необходимую прочность, жесткость и безопасность конструкции» [14].

Рама может быть изготовлена из прямоугольного (рисунок 9, а) или круглого профиля (рисунок 9, б).

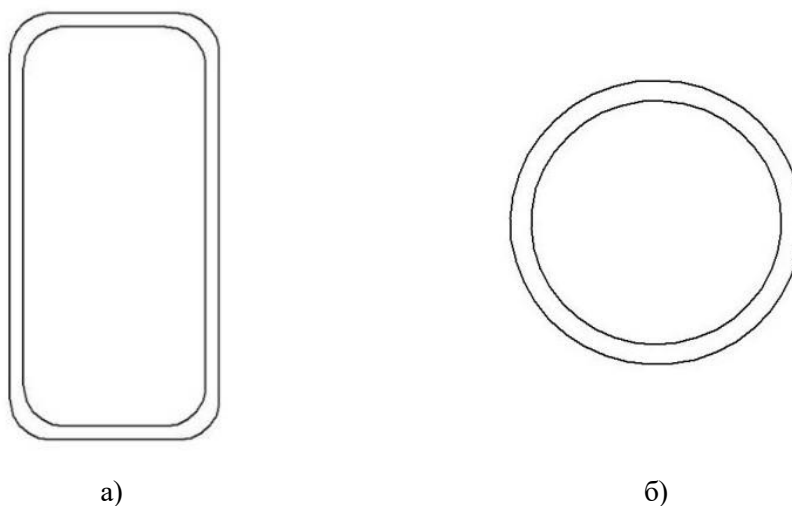


Рисунок 9 – Виды профиля

«С учетом принципов сопротивления материалов, наиболее предпочтительными в отношении устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном расходе материала они обеспечивают

максимальную жесткость конструкции, при этом легко поддаются изгибу, что позволяет создавать изделия с криволинейными формами.

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

- прямоугольные трубы могут быть менее устойчивыми к давлению или изгибу;
- 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» [5].

На основании указанного принимаем раму из профилей круглого сечения (рисунок 10).

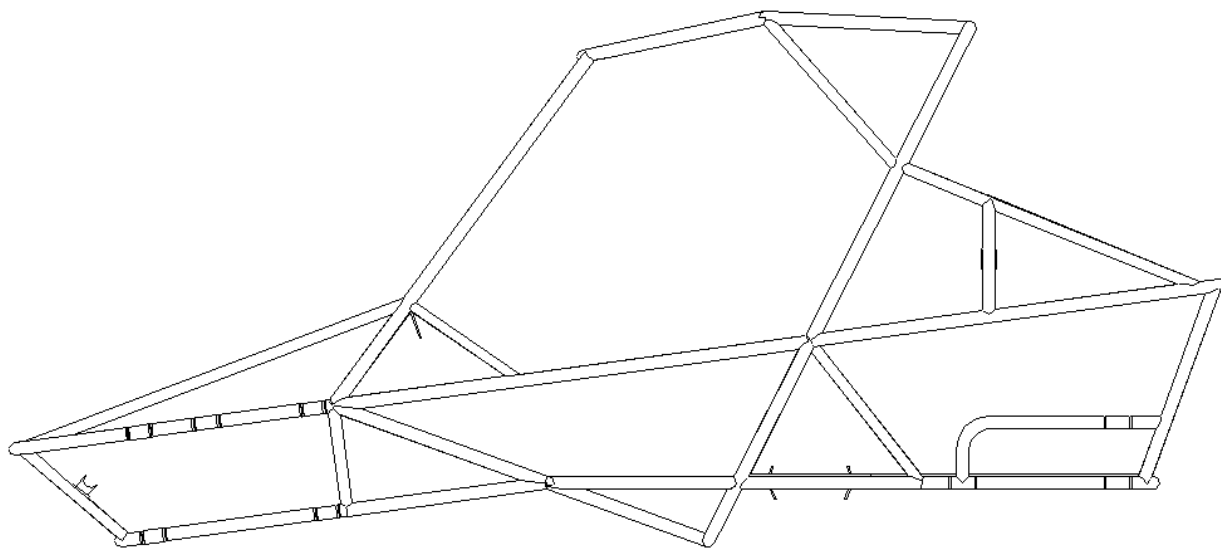


Рисунок 10 – Конструкция рамы с каркасом безопасности

При выборе электродвигателя мощностью для электрического багги необходимо учитывать несколько ключевых факторов:



- мощность: Выбранный электродвигатель должен обеспечивать достаточную мощность для эффективного движения багги по различным типам поверхностей и под нагрузкой;
- эффективность: Электродвигатель должен быть эффективным с точки зрения потребления энергии, чтобы максимизировать дальность поездки на одном заряде;
- размер и вес: Важно выбрать компактный и легкий электродвигатель, чтобы минимизировать вес багги и обеспечить удобство монтажа;
- надежность: Высокая надежность электродвигателя снизит вероятность поломок и обеспечит долгий срок службы багги.;
- управление: Электродвигатель должен поддерживать необходимые функции управления, такие как регулирование скорости и обратной связи;
- совместимость с батареей: Важно, чтобы электродвигатель был совместим с используемым типом батареи и обеспечивал оптимальную работу в выбранной конфигурации.

После изучения рынка доступных двигателей для багги было принято решение использовать электродвигатель мощностью до 2 кВт Denzel DA90-4.1 (рисунки 11, 12). Технические характеристики представлены в таблице 9.

Скоростная характеристика представлена на рисунке 13.

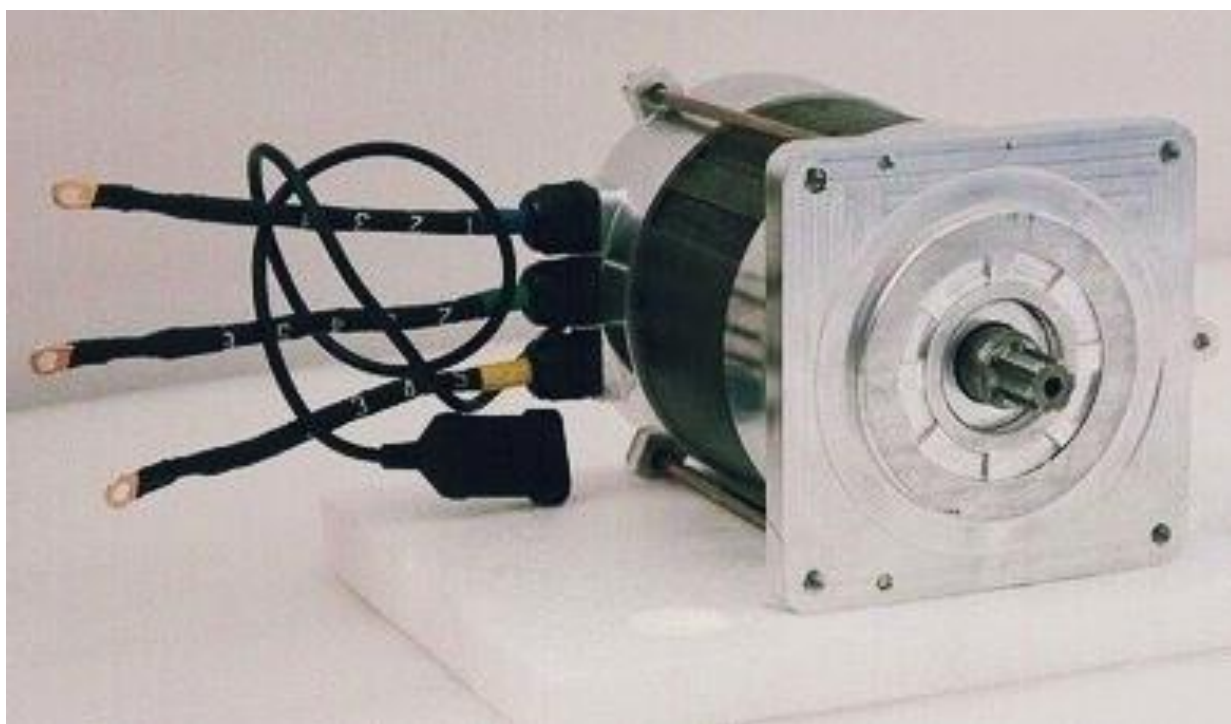


Рисунок 11 – Электродвигатель Denzel DA90-4.1

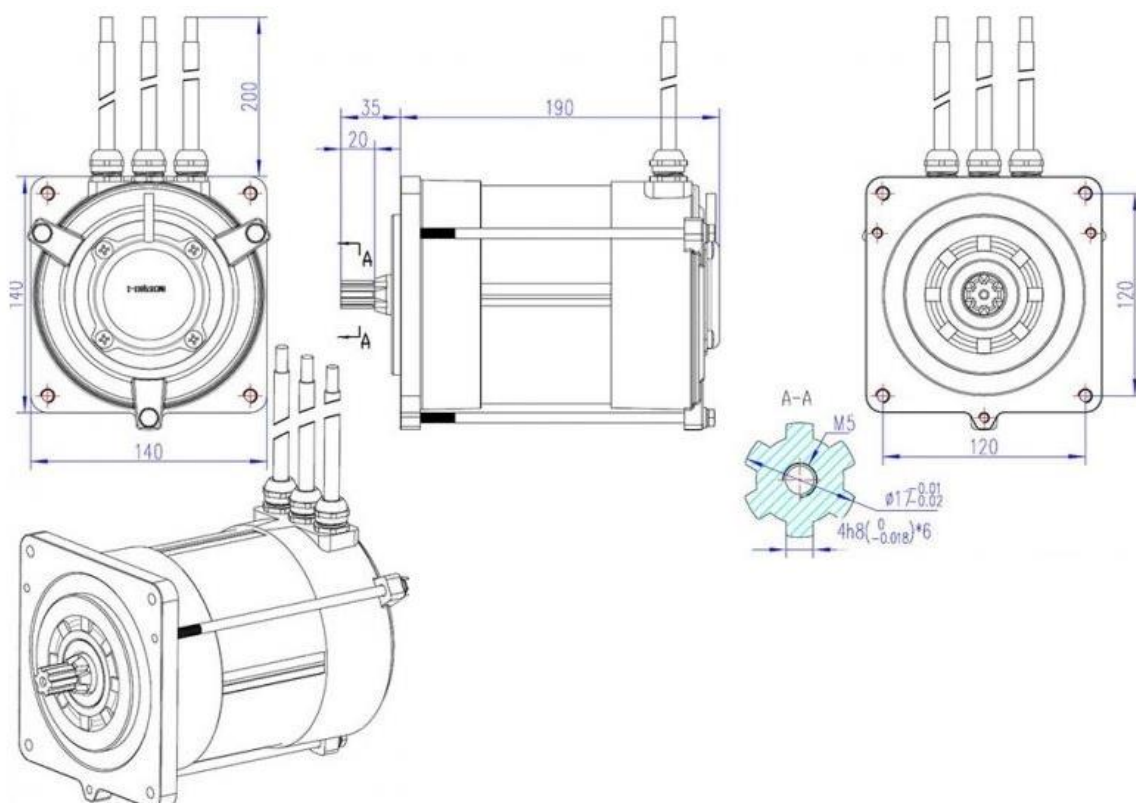


Рисунок 12 – Габаритные размеры электродвигателя Denzel DA90-4.1

Таблица 9 – Технические характеристики электродвигателя [14]

Параметр	Значение
«Тип двигателя	асинхронный электрический
Номинальная мощность, Вт	3000 при 2500 об/мин
Пиковая мощность, Вт	9400
Частота вращения максимальная, об/мин	6000
Максимальный длительный ток, А	90
Пиковый ток, А	350
Номинальное напряжение, В	72
Крутящий момент со старта, Н·м	70
Максимальный крутящий момент, Н·м	74
Тип охлаждения	воздушный (на фланцах двигателя сделаны специальные отверстия для охлаждения. Когда двигатель работает, воздух проходит через двигатель, одновременно охлаждая наиболее нагретые части двигателя: ротор и обмотки. При этом мотор не боится попадания грязи, воды, песка, пыли и т.п.)
Диаметр мотора, мм	125
Ширина фланца, мм	140
Длина мотора без оси, мм	190
Масса, кг	10,5» [14]

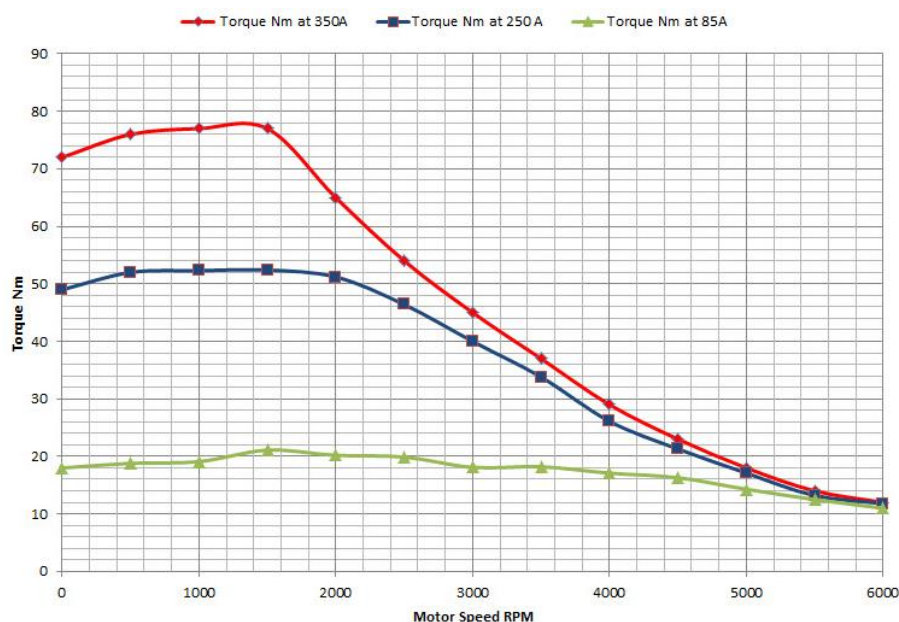


Рисунок 13 – Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-

4.1

«Преимущества: нет магнитов, нет магнитного сопротивления, повышение эффективности во всем диапазоне нагрузок, большой крутящий момент (с нуля – 35 Н·м), пиковый крутящий момент 70 Н·м, большая мощность – пиковая мощность 9,0 кВт (на валу)» [14].

Выбранная цепная передача (рисунок 14) позволяет обеспечить передаточное число равное 4.

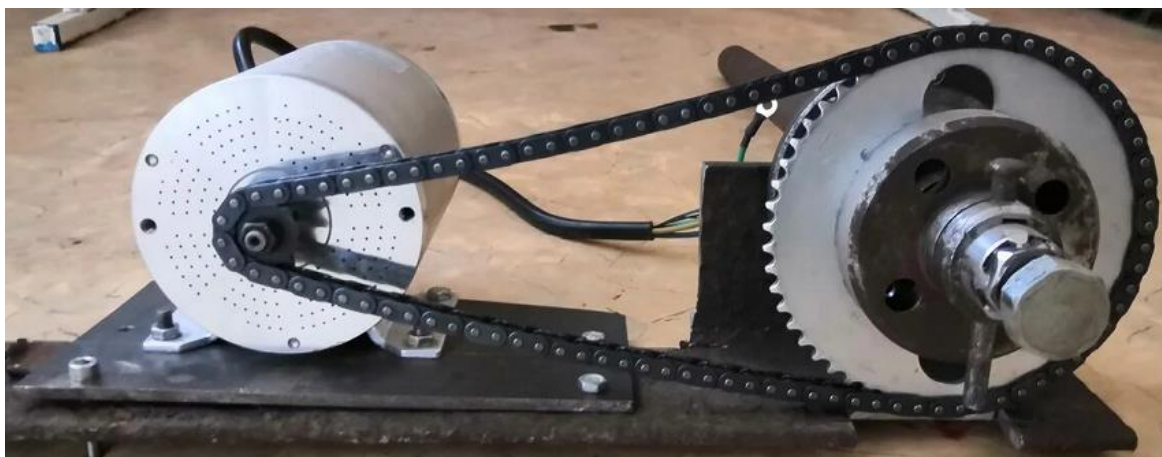


Рисунок 14 – Цепная передача

«Контроллер создает вращающееся магнитное поле в обмотке статора, получая обратную связь о положении ротора либо по датчикам Холла, либо по противо-ЭДС (при управлении двигателями без датчиков). Также, контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера» [8].

Анализ рынка контроллеров показал, что в нашем случае подойдет контроллер DECO 165 (рисунок 15) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 10.



Рисунок 15 – Контроллер DECO 165

Таблица 10 – Технические характеристики контроллера DECO 165 [14]

Параметр	Значение
«Номинальная мощность, кВт	1,8
Максимальная мощность, кВт	7,5
Напряжение батарейное, В	48-80
Напряжение контроллера, В	от 30 до 96
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	193,7×125,7×72
Масса, кг	1,5» [14]

«Для оснащения электрического багги также понадобятся: индикатор напряжения аккумулятора; адаптер постоянного тока 10А; переключатель режимов Sport/Есо; переключатель направления (Forward/N/Reverse); ручка газа; кабельный комплект» [14].

Выполняем выбор батареи.

«Электрический аккумулятор – это химический источник тока, особенность которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд)» [14].

«Существующие разновидности аккумуляторных батарей.

Литий-ионные аккумуляторы (Li-ion).

Достоинства: высокая энергетическая плотность, что позволяет увеличить дальность хода электромобиля; относительно низкий вес и компактность; долгий срок службы (около 10 лет); низкий уровень саморазряда; быстрое зарядное время.

Недостатки: высокая стоимость; чувствительность к высоким температурам, что может снизить эффективность и срок службы аккумулятора; необходимость использования сложных систем управления зарядом и температурой для обеспечения безопасности» [21].

«Литий-полимерные аккумуляторы (Li-Po).

Достоинства: более высокая энергетическая плотность по сравнению с Li-ion; тонкий и гибкий дизайн, что позволяет создавать аккумуляторы различных форм и размеров; относительно низкий уровень саморазряда.

Недостатки: высокая стоимость; чувствительность к перегреву и перезаряду, что требует сложных систем управления; меньший срок службы по сравнению с Li-ion» [21].

«Никель-металл-гибридные аккумуляторы (NiMH).

Достоинства: ниже стоимость по сравнению с литий-ионными аккумуляторами; более безопасны и стабильны при высоких температурах; хорошая энергетическая плотность.

Недостатки: более высокий вес и больший размер по сравнению с литий-ионными аккумуляторами; меньший срок службы; длительное время зарядки и высокий уровень саморазряда» [29].

«Жидкостный аккумулятор (Flow Battery).

Достоинства: быстрое время зарядки; возможность масштабирования и модульности; относительно низкая стоимость.

Недостатки: низкая энергетическая плотность, что снижает дальность хода электромобиля; больший вес и размер по сравнению с другими типами аккумуляторов, сложность в обслуживании и инфраструктуре» [21].

«Твердотельные аккумуляторы (Solid-state batteries).

Достоинства: высокая энергетическая плотность; большой срок службы, быстрое время зарядки; более безопасны, так как нет жидкого электролита.

Недостатки: высокая стоимость; технология находится на раннем этапе разработки и не широко доступна для коммерческого использования» [30].

Принимая во внимание достоинства и недостатки аккумуляторных батарей выбираем литиевую батарею ёмкостью 4320 Вт·ч (4,3 кВт·ч) (рисунок 16).



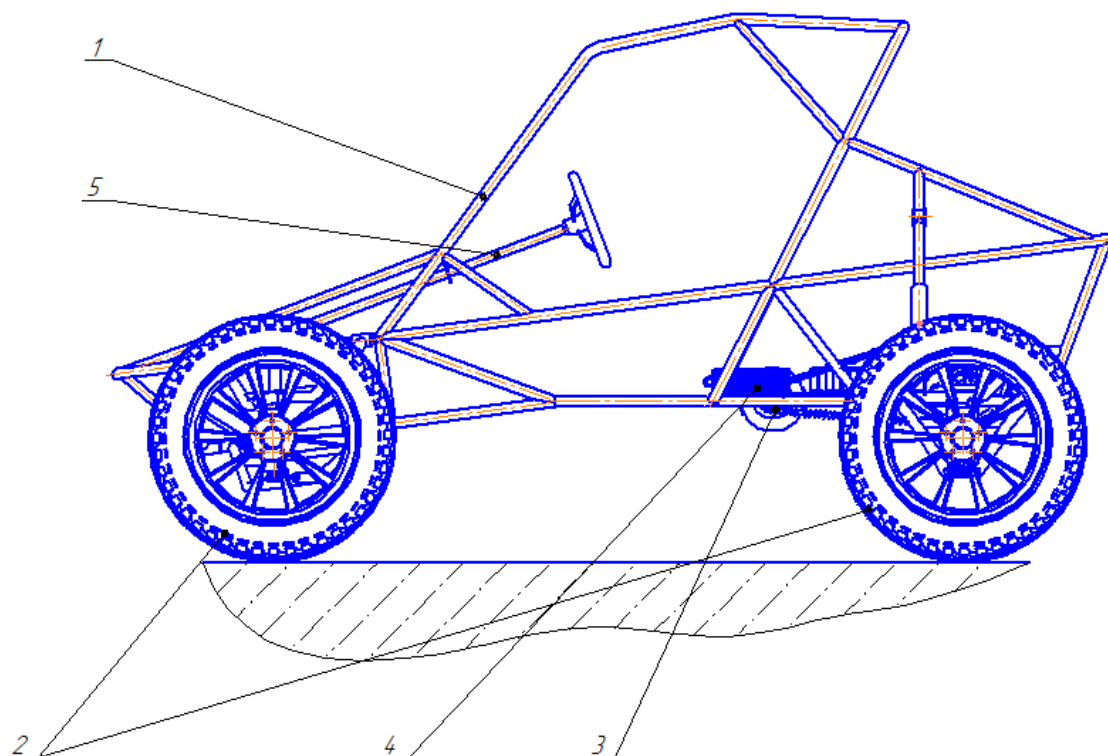
Рисунок 16 – Аккумуляторная батарея

«Аккумулятор изготовлен из электромобильных ячеек нового поколения. Подходит для использования в пространственной раме электровелосипеда, а также замене шести свинцовых аккумуляторов в электроскутере, электроквадроцикле или другой технике с рабочим напряжением 72 В» [20].

«Рекомендовано использовать совместно с моторами номинальной мощностью до 3 кВт. Данный тип батареи является экономически более выгодным по сравнению со сборками из 18650 ячеек. Размер: 330×220×150 мм, вес 18 кг.

BMS (Battery management system) – электронная плата, предотвращающая повреждение элементов в результате перезаряда или переразряда, а также балансирующая заряд элементов между собой» [29].

После выбора всех элементов конструкции багги на электрической тяге составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 17).



- 1 – рама с дугами безопасности; 2 – колеса; 3 – электродвигатель с приводом;  
4 – контроллер с батареями; 5 – рулевое управление

Рисунок 17 – Общая компоновка электрического багги на электрической тяге

Спецификация на электрическое багги представлена в Приложении А (рисунок А.1).

### 3.3 Конструкторские расчеты

Исходные данные для расчета мощности электродвигателя багги на электрической тяге представлены в таблице 11.



Таблица 11 – Исходные данные для расчета мощности электродвигателя

Параметр	Значение
«Снаряжённая масса багги на электрической тяге, кг	150
Масса батареи, кг	18
Масса электродвигателя, мощностью 3000 Вт	21
Масса двух контроллеров, кг	3
Дополнительный вес, кг	3
Общая масса с округлением, кг	194
Масса водителя, кг	80
Дополнительный полезный вес (груз)	50
Полная расчётная масса, кг	324
Коэффициент аэродинамического сопротивления ( $C_x$ )	0,342
Площадь поперечного сечения автомобиля ( $S$ ), м <sup>2</sup>	1,59
Коэффициент силы трения для асфальта ( $F_{тр}$ )	0,018
Скорость автомобиля ( $V$ ), км/ч	30
Угол наклона дороги ( $\alpha$ ), °	0
Плотность воздуха ( $\rho_в$ ), кг/м <sup>3</sup>	1,225» [26].

«Мощность, необходимая для движения багги на электрической тяге определяется выражением:

$$N = \frac{W \cdot v}{\eta \cdot 0,736}, \quad (19)$$

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

$v$  – скорость электромотоцикла, км/ч;

$\eta$  – КПД трансмиссии» [1].

$$N = g \cdot F_{тр} \cdot m \cdot V + C_x \cdot S \cdot V^2 + g \cdot m \cdot \sin \alpha, \quad (20)$$

$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 324 \cdot 30 + 0,342 \cdot 1,59 \cdot 30^2 + 9,8 \cdot 324 \cdot \sin 0 = 1092 \text{ Вт.}$$

Рассчитанные значения мощности в зависимости от угла подъема при заданной скорости движения 40 км/ч сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Зависимость мощности, необходимой для движения багги с заданной скоростью от угла подъема

Наклон, град	Наклон, %	Мощность, кВт
0	0,0	1,1
2	3,5	1,3
4	7,0	1,5
6	10,5	1,7
8	14,1	1,9
10	17,6	2,1
12	21,3	2,3
14	24,9	2,4
16	28,7	2,6
18	32,5	2,8
20	36,4	3,0
22	40,4	3,1
24	44,5	3,3
26	48,8	3,4
28	53,2	3,6
30	57,7	3,7

«Необходимо учесть КПД узлов транспортного средства: электродвигателя – 0,81, трансмиссии – 0,76, контроллера с потерями на проводах и контакторах – 0,94» [21].

Итоговый КПД с учетом кинематики:

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

«Определяем необходимую мощность электродвигателя.

$$N_{II} = \frac{N}{\eta} \gg [24], \quad (21)$$

$$N_{II} = \frac{1092}{0,58} = 1867 \text{ Вт.}$$

Принимаем для привода электродвигатель с мощностью не менее 3кВт.

«Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят электродвигатели компании Denzel DA90-4.1 мощностью 3000 Вт» [4].

Выполним выбор напряжения батареи.

«При расчете батареи исходим из-того, что багги на электрической тяге будет использоваться для различных поездок по пересеченной местности, с неровностями рельефа. При средней скорости 40 км/час и дальности хода 80 км требуемое время хода 2 часа чистого времени» [18].

При среднем токе потребления электродвигателя 20 ампер рассчитаем емкость аккумулятора:

$$C_p = 2 \cdot 20 = 40 \text{ А/ч.}$$

«Из предлагаемого ряда представленных батарей выберем для использования в проекте ближайшую подходящую батарею емкостью 45 А·ч.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литиевую батарею ёмкостью 4230 Вт·ч» [22].

Выводы по разделу.

В разделе были разработано технические задание и предложение, а также проведены конструкторские расчёты транспортного средства.

В целом, разработанная конструкция багги на электрической тяге является успешным проектом, который полностью соответствует поставленным перед ним задачам.

## **4 Технологический раздел**

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

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

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

### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

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

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

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

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

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

В случае со сборкой электрического багги, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

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

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (22)$$

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

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт» [8].

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

«Следующим этапом создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта.

План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [22].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки электрического багги представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки электрического багги

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Поднять раму электрического багги при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	1,5
Установить раму электрического багги на сборочную площадку	1
Осмотреть раму электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам	3
Подготовить рулевое управление в сборе для электрического багги к установке	1,5

Продолжение таблицы 13

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Осмотреть рулевое управление в сборе для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	2
Взять необходимые для крепления рулевого управления метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить рулевое управление в сборе для электрического багги на раме электрического багги	10
Подготовить передние колеса с кулаками в сборе	1
Осмотреть передние колеса с кулаками в сборе для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	2
Закрепить передние колеса с кулаками в сборе для электрического багги на раме электрического багги	6
Подготовить амортизаторы передней подвески к установке	1
Осмотреть амортизаторы передней подвески на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	2
Взять необходимые для крепления амортизаторов передней подвески метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить амортизаторы передней подвески на посадочных местах на раме электрического багги	3
Подготовить электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги к установке	0,5
Осмотреть электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	1
Взять необходимые для крепления электродвигателя Denzel DA90-4.1 метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги на посадочном месте на раме	2
Взять звездочку привода цепи	0,2
Осмотреть звездочку привода цепи на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	0,5
Взять шпонку	0,1

Продолжение таблицы 13

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Очистить вал электродвигателя Denzel DA90-4.1 от грязи и жира, чтобы обеспечить хорошее сцепление с шпонкой	0,3
Поместить шпонку на вал электродвигателя Denzel DA90-4.1 так, чтобы она плотно прилегала к нему	0,2
Надеть звездочку на вал электродвигателя Denzel DA90-4.1	0,2
«Подготовить аккумуляторную батарею к установке	0,5
Осмотреть аккумуляторную батарею на наличие трещин или повреждений	1
Закрепить аккумуляторную батарею на посадочном месте на раме при помощи защелок	1
Подготовить контроллер к установке	0,5
Осмотреть контроллер на наличие трещин или повреждений	0,8
Закрепить контроллер на посадочном месте на раме при помощи защелок	1
Подготовить узел педалей к установке	1» [14]
Осмотреть узел педалей на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	1
Взять необходимые для крепления узла педалей метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить узел педалей на раме электрического багги	3
Взять жгут проводов, соединительные клеммы для соединения электрических частей багги	0,5
Осмотреть жгут проводов на наличие трещин или повреждений	2
Проложить жгут проводов по раме электрического багги	20
Выполнить соединение электрических элементов багги	30
Подготовить амортизаторы задней подвески к установке	1
Осмотреть амортизаторы задней подвески на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	2
«Взять необходимые для крепления амортизаторов задней подвески метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить амортизаторы задней подвески на посадочных местах на раме электрического багги	6
Подготовить привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом к установке	2» [14]
Осмотреть привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	3



Продолжение таблицы 13

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять необходимые для крепления привода задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70, болт М14×60×1,5 ГОСТ 7798-70	0,5
Закрепить на посадочных местах привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом на раме электрического багги	5
Взять задние колеса	1
Установить задние колеса на посадочные ступицы	3
Взять приводную цепь	0,5
Осмотреть приводную цепь на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	1,5
Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню привода задних колес	2
Взять автомобильное сиденье	1
Осмотреть автомобильное сиденье на наличие повреждений и дефектов	1
Взять необходимые для крепления автомобильного сиденья метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70	0,5
Закрепить автомобильное сиденье на посадочном месте на раме	3
Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости и испытание электрического багги	120
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	80
Итого:	336,8

«Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n} \text{ » [23].} \quad (23)$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{sum}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (24)$$

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

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

$$t_{шт}^{общ} = 70,7 + 70,7 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 76,35 \text{ мин.}$$

## 4.2 Разработка технологического процесса сборки

«Для составления технологического процесса необходимо: определить порядок выполнения технологических операций, указать используемые приспособления и время, требуемое для выполнения каждой операции» [23].

Данные сводим в таблицу 4.

Таблица 14 – Технологический процесс сборки электрического багги

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
005	Сборочная	1	Поднять раму электрического багги при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2" DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка	136,8
		2	Установить раму электрического багги на сборочную площадку		
		3	Осмотреть раму электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
		4	Подготовить рулевое управление в сборе для электрического багги к установке		
		5	Осмотреть рулевое управление в сборе для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		6	Взять необходимые для крепления рулевого управления метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		7	Закрепить рулевое управление в сборе для электрического багги на раме электрического багги		
		8	Подготовить передние колеса с кулаками в сборе		
		9	Осмотреть передние колеса с кулаками в сборе для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		10	Закрепить передние колеса с кулаками в сборе для электрического багги на раме электрического багги		
		11	Подготовить амортизаторы передней подвески к установке		
		12	Осмотреть амортизаторы передней подвески на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		13	Взять необходимые для крепления амортизаторов передней подвески метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		14	Закрепить амортизаторы передней подвески на посадочных местах на раме электрического багги		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
		15	Подготовить электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги к установке		
		16	Осмотреть электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		17	Взять необходимые для крепления электродвигателя Denzel DA90-4.1 метизы: болт M12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку M12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		18	Закрепить электродвигатель Denzel DA90-4.1 для электрического багги на посадочном месте на раме		
		19	Взять звездочку привода цепи		
		20	Осмотреть звездочку привода цепи на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
			установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		21	Взять шпонку		
		22	Очистить вал электродвигателя Denzel DA90-4.1 от грязи и жира, чтобы обеспечить хорошее сцепление с шпонкой		
		23	Поместить шпонку на вал электродвигателя Denzel DA90-4.1 так, чтобы она плотно прилегала к нему		
		24	Надеть звездочку на вал электродвигателя Denzel DA90-4.1		
		25	Подготовить аккумуляторную батарею к установке		
		26	Осмотреть аккумуляторную батарею на наличие трещин или повреждений		
		27	Закрепить аккумуляторную батарею на посадочном месте на раме при помощи защелок		
		28	Подготовить контроллер к установке		
		29	Осмотреть контроллер на наличие трещин или повреждений		
		30	Закрепить контроллер на посадочном месте на раме при помощи защелок		
		31	Подготовить узел педалей к установке		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		32	Осмотреть узел педалей на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		33	Взять необходимые для крепления узла педалей метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		34	Закрепить узел педалей на раме электрического багги		
		35	Взять жгут проводов, соединительные клеммы для соединения электрических частей багги		
		36	Осмотреть жгут проводов на наличие трещин или повреждений		
		37	Проложить жгут проводов по раме электрического багги		
		38	Выполнить соединение электрических элементов багги		
		39	Подготовить амортизаторы задней подвески к установке		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		40	Осмотреть амортизаторы задней подвески на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		41	Взять необходимые для крепления амортизаторов задней подвески метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		42	Закрепить амортизаторы задней подвески на посадочных местах на раме электрического багги		
		«43	Подготовить привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом к установке» [12]		
		44	Осмотреть привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность		



Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
			установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		45	Взять необходимые для крепления привода задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70, болт М14×60×1,5 ГОСТ 7798-70		
		46	Закрепить на посадочных местах привод задних колес с валами, звездочкой и тормозным механизмом на раме электрического багги		
		47	Взять задние колеса		
		48	Установить задние колеса на посадочные ступицы		
		49	Взять приводную цепь		
		50	Осмотреть приводную цепь на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию, ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		«51	Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню привода задних колес		
		52	Взять автомобильное сиденье		

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Время операций, мин.
		53	Осмотреть автомобильное сиденье на наличие повреждений и дефектов		
		54	Взять необходимые для крепления автомобильного сиденья метизы: болт М12×1,5 ГОСТ 7798-70, шайбу 12 ГОСТ 11371-78, гайку М12×1,5 ГОСТ 5915-70		
		55	Закрепить автомобильное сиденье на посадочном месте на раме» [2]		
010	Регулирующая	«1	Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости и испытание электрического багги	Мультиметр, набор инструмента	200
		2	Устранить выявленные замечания в ходе испытания» [2]		

Выводы по разделу.

Для сборки электрического багги был выбран следующий технологический процесс: подготовка комплектующих и инструментов: проверка наличия всех необходимых деталей и инструментов для сборки, сборка шасси (рамы, установка подвески, колес и других основных элементов), установка электроники (электродвигателя, контроллера, батареи, сборка кузова (установка кузова, сидений, руля и других элементов интерьера).

Графическое представление технологического процесса сборки электрического багги представлено в приложении к выпускной квалификационной работе.

## 5 Производственная и экологическая безопасность проекта

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

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

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

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

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

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

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте» [28].

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

## **5.1 Описание технологического процесса сборки**

Для того чтобы изучить технологический процесс сборки электрического багги, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 15).

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

Таблица 15 – Технологический паспорт технологического процесса сборки

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность сотрудника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка электрического багги	1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Установка рулевого управления. 3 Установка передней подвески с колесами. 4 Установка электрических компонентов. 5 Установка задней подвески. 6 Установка привода. 7 Установка задних колес. 8 Регулировка и испытание электрического багги	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда, слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

«Важно идентифицировать профессиональные риски для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости» [20].

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

Таблица 16 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки электрического багги.

Таблица 16 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Установка рулевого управления. 3 Установка передней подвески с колесами.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования
4 Установка электрических компонентов. 5 Установка задней подвески.	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]

## Продолжение таблицы 16

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
6 Установка привода. 7 Установка задних колес. 8 Регулировка и испытание электрического багги	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [7]
	«Отсутствие или недостаток естественного света»	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [16].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой»	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов»	
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7].	

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;
- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;

- соответствие условий труда нормативным требованиям;
- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

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

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

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

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 17.

Таблица 17 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].



Продолжение таблицы 17

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>«Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования;</li> <li>– знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015» [20]</li> </ul>	
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом;</li> <li>– обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей.</li> <li>– регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум;</li> <li>– организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине;</li> <li>– проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума;</li> <li>– внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие экраны.</li> </ul>	«Защитные противoshумные наушники, беруши противoshумные» [20].
Возможность поражения электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться</li> </ul>	«Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [15].

Продолжение таблицы 17

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

Продолжение таблицы 17

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание системы экстренной помощи и обучение сотрудников оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия.</li> </ul>	
Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них;</li> <li>– установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения.</li> </ul>	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-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» [7].</li> </ul>	–
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что делает</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 17

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

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных

ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

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

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 18).

Таблица 18 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

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

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [16].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

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

«Разработка планов действий для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара» [19].

В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

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

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке электрического багги » [12].

Заносим мероприятия в таблицу 19.

Таблица 19 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического багги

Мероприятия по предотвращению пожарной опасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [7]

«Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты» [7];

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

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса**

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

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

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха



включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

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

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

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

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

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

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

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии, поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее

осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов и сведем их в таблицу 20.

Таблица 20 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического багги»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [10].

Выводы по разделу.

В разделе работы рассмотрены все этапы сборки, используемые материалы и оборудование, а также меры по обеспечению безопасности труда и охраны окружающей среды.

Также в разделе представлены все необходимые требования, предъявляемые к персоналу, работающему на производстве, и инструкции по безопасному выполнению всех операций.

## 6 Экономическая эффективность проекта

Экономическая эффективность проекта определяется его способностью приносить прибыль или экономический эффект в течение определенного периода времени. Для оценки экономической эффективности проекта используются различные методы, такие как чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), индекс доходности и др.

Для того чтобы проект был экономически эффективным, его доходы должны превышать расходы на реализацию и эксплуатацию проекта. Также важно учитывать факторы риска, инфляции, изменения валютного курса и другие факторы, которые могут повлиять на экономическую эффективность проекта. Экономическая эффективность проекта является ключевым критерием при принятии решения о его реализации. Поэтому важно провести тщательный анализ всех финансовых показателей и учесть все возможные риски и неопределенности, чтобы добиться успешного и прибыльного завершения проекта.

«Для определения финансовых затрат на сборку электрического багги воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (25)$$

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

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

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

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

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

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_{к} \cdot C_{к}, \quad (26)$$

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

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

В таблице 21 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 21 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама электрического багги	Ст.3	100	95	72	7200
Итого:	–	–	–	–	7200

$$C_{к.д} = 100 \cdot 72 = 7200 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_{м}, \quad (27)$$

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

$C_{м}$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_t, \quad (28)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление маятника – 5,05 чел.-ч.;  
 $C_{\text{ч}}$  – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;  
 $k_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [13].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области МРОТ составляет 16242 р.» [12].

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

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

«Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100 \text{ » [12],} \quad (29)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 816,01 / 100 = 81,6 \text{ р.}$$

«Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100 \text{ » [12].} \quad (30)$$

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

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

В таблице 22 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 22 – 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:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (31)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 23 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 23 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Вал рулевого привода	Сталь 40Х	1	2,7	86	232,2
Кронштейны для крепления	Сталь 40Х	4	2	86	172
Итого:	–	–	–	–	404,2

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

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

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

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (32)$$

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

$C_{Д.СБ}$  – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке,

р.;

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

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

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_c, \quad (33)$$

где  $T_{CB}$  – нормативная трудоемкость на сборку, чел.-ч.

$$T_{CB} = k_c \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (34)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

В таблице 24 представлена полная заработная плата производственных рабочих.

Таблица 24 – Полная заработная плата производственных рабочих

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:

$$C_{OH} = \frac{(C'_{IP} \cdot R_{OH})}{100}, \quad (35)$$

где  $C'_{IP}$  – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{OH}$  – процент общепроизводственных накладных расходов» [13].

$$C'_{IP} = (C_{IP} + C_{CB}). \quad (36)$$

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

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

Перечень покупных деталей представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
«Электродвигатель	1	10000	10000
Контроллер	1	4500	4500
Аккумуляторная батарея	1	15000	15000
Электрические провода (пучок)	1	2600	2600



Продолжение таблицы 25

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Педальный узел	1	3500	3500
Амортизатор	2	1400	2800
Колеса	4	3800	15200
Рулевое управление	1	5000	5000
Цепь	2	900	1800
Сиденье	1	2700	2700
Метизы крепежные	80	10	800
Итого:			63900» [13]

Определим затраты на изготовление и сведем их в таблицу 26.

$$C_{\text{кон}} = 7200 + 1571,09 + 63900 + 1732,99 + 304,18 = 74708,26 \text{ р.}$$

Таблица 26 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
«Стоимость изготовления корпусных деталей	7200
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1571,09
Затраты на сборку	1732,99
Общепроизводственные накладные расходы	304,18
Стоимость покупных изделий (деталей)	63900
Итого:	74108,26» [13]

Общие затраты на сборку электрического багги равны 74108,26 р.

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

Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{\text{пр}} - C_{\text{кон}}, \quad (37)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – стоимость прототипа, р.» [25].

$$\mathcal{E}_Г = 192000 - 74108,26 = 117891,74 \text{ р.}$$

«Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{OK} = \frac{C_{KOH}}{\mathcal{E}_Г} \gg [25], \quad (38)$$

$$O_{OK} = \frac{74108,26}{117891,74} = 0,63 \text{ года.}$$

«Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{KOH} \gg [25], \quad (39)$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 117891,74 - 0,15 \cdot 74108,26 = 106775,5 \text{ р.}$$

В таблице 27 представлены основные показатели проекта.

Таблица 27 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	192000	74108,26
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	–	117891,74
Экономический эффект	р.	–	106775,5
Срок окупаемости	год	–	0,63

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки электрического багги с экономической стороны. Стоимость изготовления электрического багги составляет 74108,26 р., срок окупаемости равен 0,63 года.

## Заключение

В ходе выполнения дипломной работы был разработан электрический багги, предназначенный для движения по бездорожью. В процессе исследования были изучены основные принципы работы электрических транспортных средств, а также проведен анализ существующих моделей багги.

В работе затрагивается проблема разработки относительно недорогой конструкции электрического автомобиля багги для использования в повседневной деятельности.

На основе полученных знаний была разработана конструкция электрического багги, учитывающий требования эргономики, прочности и безопасности. Также была подобраны привод и электрическая система, обеспечивающая эффективную работу багги и длительное время автономной работы. Также в ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля багги;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции, выполнены конструкторские расчеты;
- осуществлен подбор электрических компонентов багги, такие как двигатель, контроллер, система управления, аккумуляторные батареи и другие необходимые элементы для полноценного функционирования транспортного средства.
- выбрана организационная форма, определена трудоемкость, составлен технологический процесс сборки;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена экономическая эффективность проекта - целесообразность разработки конструкции электрического багги.

Данная разработка открывает новые возможности для создания экологически чистых и эффективных транспортных средств.

## Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

4 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-«Прикладная механика», 23.03.03 (23.04.03)-«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.03.01 (23.04.01)-«Технология транспортных процессов», 23.03.02 (23.04.02)-«Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.05.01-«Наземные транспортно-технологические средства» / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

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

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

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

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 с.

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

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

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

12 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.

13 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и

«Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ; Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

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

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

16 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

17 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.

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

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

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

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



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

23 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.

24 Фиала И. Внедорожные автомобили : иллюстрированная энциклопедия / Иржи Фиала ; [пер. с чеш. яз. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2006. - 303, [1] с.

25 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.

26 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.

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

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

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

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

31 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., New York, 2013. - 435p.

