

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс

Обучающийся

Д.А. Соколов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

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

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

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

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

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

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс».

Цель работы – разработка конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 85 страниц с приложениями.

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

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

К классу багги относят небольшой и легкий автомобиль с высокой степенью проходимости, предназначенный для езды по бездорожью, кузов которого представляет собой сварную раму, а двигатель на нем установлен автомобильный или мотоциклетный.

В первом разделе рассмотрены конструкции существующих автомобилей багги, тенденции развития автомобилей багги, требования, предъявляемые к участникам спортивной дисциплины Кросс.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля багги.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс, выполнены конструкторские расчеты.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки автомобиля багги.

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

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

Abstract

The title of the graduation project is: «The design development of a buggy for participation in the sports discipline «Cross».

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 buggy car for participation in the sports discipline «Cross».

This thesis addresses the issue of developing a relatively inexpensive design of a buggy car for participation in the sports discipline «Cross».

The aim of the project is to develop the design of the buggy for participation in the sports discipline «Cross».

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 buggy for participation in the sports discipline «Cross»; 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'd like to stress that the developed buggy can be useful for nature trips and cross-country trips.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	17
3 Конструкторская часть	25
3.1 Техническое задание на разработку конструкции багги	25
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции багги	27
3.3 Конструкторские расчеты	40
4 Технологический раздел.....	45
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	46
4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического багги.....	50
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	55
5.1 Характеристика технологического процесса сборки электрического багги с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	56
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	56
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	58
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	65
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического багги	67
6 Экономическая эффективность проекта.....	70
Заключение	79
Список используемой литературы и используемых источников.....	80
Приложение А. Спецификация.....	85

Введение

Одной из главных задач автомобильной промышленности является повышение качества автомобилей. Решению этой задачи способствует технический опыт, который накапливается при проведении автомобильных соревнований. Поэтому важное значение приобретает использование в спортивных соревнованиях серийных отечественных автомобилей и их агрегатов.

Наряду с подготовкой физически развитых и технически грамотных автомобилистов-спортсменов, мастеров отличного вождения, автомобильный спорт помогает улучшению эксплуатационных качеств автомобиля и, в первую очередь, его динамики.

Различные виды соревнований, позволяют в короткий срок дать оценку эксплуатационным качествам автомобилей и существенно дополнить результаты испытаний новых моделей.

Автомобильный кросс является очень зрелищным видом спорта, который привлекает множество зрителей. Соревнования проходят на открытых трассах, что позволяет зрителям наблюдать за действиями участников в режиме реального времени.

В целом, автомобильный кросс – это уникальный вид спорта, который позволяет участникам проявить свои навыки вождения

При испытаниях в условиях кросса по сравнению с обычной эксплуатацией неизмеримо быстрее может быть определена надежность отдельных узлов, деталей и автомобиля в целом.

Большую популярность приобрели такие виды соревнований, как автомобильные кроссы и многоборье, шоссейно-кольцевые и ипподромные гонки, соревнования автомобилей на регулярность движения (ралли).

Важный вклад в развитие отечественного автомобилестроения вносят спортсмены-кроссовики, помогая конструкторам и инженерам, производителям и эксплуатационникам наиболее полно оценить

возможности автомобиля, наметить пути технического прогресса. Так, например, по результатам испытаний в условиях кросса

Автомобильные соревнования по кроссу начали проводиться еще в довоенные годы, а после войны возобновились, но первое время носили нерегулярный характер. 13 них участвовали главным образом легковые автомобили и только в конце 40 – начале 50-х годов к соревнованиям стали допускаться и грузовые автомобили. В 1959 году состоялся автомобильный кросс, в котором принимали участие легковые автомобили «Москвич-401», «Победа М-20» и грузовые – ГАЗ-ММ, ГАЗ-51.

Разработанные Положения о соревнованиях отразили стремление привлечь наибольшее число участников, допуская послабления для них изменения конструкции серийных легковых автомобилей, что приводило к изысканию наиболее простых способов повышения их динамических и ходовых качеств. Для грузовых автомобилей, принимавших участие в соревнованиях по пересеченной местности, не допускалось внесение каких-либо изменений в конструкции, за исключением установки дополнительных амортизаторов, однако разрешалось применение любых средств повышения проходимости – самовытаскивателей, трапов и так далее.

Трасса кросса включала ряд труднопроходимых участков и препятствий: броды, подъемы и спуски, глубокий песок, лесные дороги. Длина дистанции составляла 50-100 км, а длина одного круга – 25-30 км.

Кроссы проводились на открытой или закрытой трассе. С открытой трассой участники знакомились за 5-10 дней до соревнований, и не просто знакомились, но и проводили на ней необходимые тренировки. Закрытая трасса объявлялась за 1-2 ч до старта; участники соревнований получали схему трассы с обозначением контрольных пунктов, которые они обязаны проходить в строго определенной последовательности. Использование посторонней помощи в ходе кросса категорически запрещалось. В соревнованиях до 1957 года участвовали экипажи, состоящие из водителя и механика.

Победу н таком соревновании одерживали спортсмены, обладающие большим спортивным мастерством, сочетающимся с высокими морально-волевыми и физическими качествами – волей к победе и упорством в преодолении трудностей, смелостью, силой, ловкостью и быстротой реакции, выносливостью. Успех в соревнованиях по кроссу во многом решали также быстрая ориентировка на местности, хорошее знание материальной части и умелое ее использование.

Автомобильный кросс постепенно завоевывал все больше приверженцев, постоянно расширяя свои позиции и приобретая разносторонний характер. В последние десять-пятнадцать лет прочно утвердился и получил распространение новый вид автомобильных соревнований – кросс на автомобилях «багги».

1 Состояние вопроса

«К классу багги относят небольшой и легкий автомобиль с высокой степенью проходимости, предназначенный для езды по бездорожью, кузов которого представляет собой сварную раму, а двигатель на нем установлен автомобильный или мотоциклетный. Популярность этого вида техники с середины прошлого века и по настоящее время остается высокой, поэтому многие автопромышленные компании мира занимаются выпуском этих востребованных машин.

С появлением квадроциклов классические модели багги не утратили своей актуальности, хотя и вынуждены теперь делить лояльность покупателя между собой» [2].

«Первая машина багги была изготовлена американскими специалистами в 50-е годы прошлого столетия. За основу конструкторы взяли старенький, но известный автомобиль марки Volkswagen Beetle. Слово «beetle» означает в переводе с английского «жук», а если называть его уменьшительно, «жучком», то по-английски получается «buggy». Так за машинами багги и закрепилось это название.

С базовой модели Volkswagen Beetle американские конструкторы демонтировали крылья, была убрана передняя пара дверей, а кузов машины был заменен легкой сварной рамой. Иногда, в процессе изготовления, кузов заменяли на стекловолоконный вариант, но уменьшали его версию, в отличие от штатного образца.

Volkswagen Beetle славился своей высокой проходимостью и прочной задней подвеской. Конструктив машины был устроен так, что у нее отсутствовал радиатор, имелся довольно высокий просвет от плоскости дорожного покрытия, а двигатель располагался в задней части кузова. Особую ценность в машине представляют длинноходные амортизаторы, которые также влияют на высокую проходимость этой миниатюрной техники. Выбор основы для багги выпал на Volkswagen Beetle не только

потому, что он выглядел очень компактно по своим габаритам, но и из-за его доступности и огромной популярности среди потребителей» [27].

«Со временем многие технари-автолюбители стали ставить на багги вместо штатного мотора более мощный 6-цилиндровый движок от Chevrolet. При использовании турбонаддувной опции мощность автодвигателя достигала более 120 л. с., а порой доходила и до 150-180 л. с. Благодаря мощному двигателю багги стали принимать участие в скоростных заездах кросс-шоу» [23].

«Любовь автомобилистов к этой технике росла и крепла, уже очень быстро из Америки багги попали в страны Европы. Первыми среди европейцев освоили производство этих машин итальянцы. А в дальнейшем багги стали известны всему миру, в том числе и у нас, в России. Спустя время под словом багги стали понимать различные вариации мотовездеходной техники, у которой конструктив посадки является автомобильным.

Кроме того, современные модели багги имеют еще и некоторое родственное сходство с квадроциклами» [25].

«Автомобиль модели багги обладает следующими достоинствами:

- его конструкция легка и надежна;
- машина проста в управлении;
- особой прочностью обладают рама и шасси;
- имеется высокая возможность для совершения маневров;
- отмечается хорошая устойчивость, сохраняющаяся на различных поверхностях дороги;
- выполнен высокий дорожный клиренс, способствующий прохождению в условиях скалистой местности, песка и иного бездорожья;
- данный вид техники прост и незатратен в ремонте и регулярном обслуживании;

- у гоночных и других моделей предусмотрены ремни безопасности с 4 точками крепления;
- автолюбителю предоставляется простор для творчества в тюнинге;
- возможность сборки и ремонта собственными руками» [24].

«Недостатки багги:

- ввиду открытого кузова и низкого уровня посадки, техника не обладает абсолютной безопасностью для водителя и пассажира;
- простая в обслуживании автотехника требует регулярного профилактического ухода за ней;
- эта машина не пригодна для длительных и дальних поездок на большие расстояния;
- если возникнет нужда перевозить какой-либо груз, то вам потребуется приобретать автоприцеп;
- машина некомфортна во время поездок при плохих погодных условиях;
- во время переворота машины возникает серьезная травмоопасность для водителя и пассажира» [26].

«Существует расхожее мнение, что багги – это маленький внедорожник, но такая мысль не вполне соответствует истине. Скорее всего, «жучки» более напоминают гоночные устройства, сходные с болидами, используемыми на гонках «Формула-1». Дело в том, что конструкция машины имеет довольно устойчивый центр тяжести, а также широкую расстановку передних и задних пар колес» [22].

Выявим различия между багги и квадроциклом.

1. Конструкция и дизайн.

Багги – это легкий автомобиль с открытой рамой, обычно с двумя или четырьмя сиденьями, имеющий четыре колеса и руль, как у обычного автомобиля. Квадроцикл – это мотоцикл на четырех колесах с сиденьем для одного или двух человек и рулем, как у мотоцикла.

2. Управление и маневренность.

Багги управляется с помощью руля, как автомобиль, и имеет педали газа и тормоза. Квадроцикл управляется с помощью руля, как мотоцикл, и имеет рычаги газа и тормоза на руле. В целом, квадроциклы считаются более маневренными и легкими в управлении, особенно на узких и извилистых тропках.

3. Проходимость.

Квадроциклы обычно имеют лучшую проходимость по сравнению с багги благодаря их меньшему весу и высокому клиренсу. Однако багги могут быть более стабильными на неровных поверхностях из-за их более широкой колеи.

4. Вместимость и комфорт.

Багги обычно имеют больше места для пассажиров и груза, а также предлагают более комфортное сиденье и защиту от погодных условий. Квадроциклы имеют меньше места и предлагают меньше комфорта для пассажиров.

5. Безопасность.

Багги считаются более безопасными, чем квадроциклы, так как они имеют нижний центр тяжести и более широкую колею, что уменьшает вероятность опрокидывания. Кроме того, многие багги оснащены ремнями безопасности и защитными каркасами.

6. Цена и обслуживание:

Квадроциклы обычно дешевле в приобретении и обслуживании по сравнению с багги. Однако стоит учесть, что стоимость зависит от марки, модели и характеристик транспортного средства.

7. Назначение:

Багги часто используются для развлечений, таких как прогулки по пляжам, пустыням или горам, а также для участия в гонках. Квадроциклы могут использоваться как для развлечений, так и для выполнения различных задач, таких как перевозка грузов или использование в сельском хозяйстве

Рассмотрим возможные варианты моделей багги.

«Спортивные и спортивно-туристические – в общем понимании багги все-таки относят к разряду спортивной техники. Основываясь на этом, можно выделить отдельной группой следующую классификацию машин» [2].

«Гоночные багги для ралли (рисунок 1) – их конструируют в заднеприводном варианте или в полном приводе. Машины не предназначены для суперсложных по проходимости трасс» [24].



Рисунок 1 – Гоночные багги для ралли

«Техника для трофи-рейдов (рисунок 2) – выпускается с полным приводом в виде облегченной конструкции, которая пригодна для условий бездорожья любой сложности, а также эти машины могут преодолевать небольшие водные препятствия» [24].



Рисунок 2 – Багги для трофи-рейдов

«Пляжные модели (рисунок 3) – более всего они предназначены для поездок по сыпучим и влажным пескам. Полный привод и легкая рама дает возможность проходить этим машинам любые песчаные дюны» [24].



Рисунок 3 – Багги пляжный

«Модели для триала (рисунок 4) – их называют «краулеры» и используют для проведения спортивных соревнований. Машины предназначены для прохождения искусственно созданных сложных препятствий, а также пригодны для поездок по гравийным и горным каменистым дорогам» [24].



Рисунок 4 – Багги для триала

«Спортивные и спортивно-туристические модели (рисунок 5) обладают повышенной популярностью. Поездка на мощной и проходимой модели багги подарит яркие впечатления – многие туристические программы сейчас предлагают заезды для туристов, которые проходят с большой долей азарта и зрелищности» [21].



Рисунок 5 – Спортивные и спортивно-туристические модели багги

«Кроссовые (рисунок 6) модели багги, предназначенные для проведения спортивных гонок на замкнутой в кольцо трассе различной протяженности и конфигурации. Покрытие трассы может быть любым – песчаным, грунтовым или гравийным» [21].



Рисунок 6 – Кроссовые модели багги

«Кольцевой кросс проходит несколько участников, которые преодолевают расстояние от 800 до 2000 м. Обычно по условиям заезда ширина трассы составляет от 12 до 25 м, она бывает извилистой, но в ходе гонки нельзя напрямую преодолевать ямы, ручьи или канавы – их требуется объезжать» [15].

«Военные (рисунок 7), так как родиной багги является Америка, то американские военные стали одними из первых, кто взял на вооружение этот компактный и высокопроходимый автомобиль. Американская армия применяет багги для проведения военных наземных операций на территориях пустынных земель и на участках сложной проходимости. Чаще всего багги встречаются в виде патрульной техники, но иногда они могут использоваться пехотой и во время реальных боевых операций» [21].



Рисунок 7 – Военные модели багги

Рассмотрим популярные бренды.

«Среди наиболее известных можно выделить следующие бренды, выпускающие машины багги:

- АВМ – под этим брендом в России выпускают основную массу велосипедной и мотоциклетной техники, а также багги и квадроциклы. Отечественная продукция высоко ценится на

внутреннем и внешнем рынке за ее надежность, удобство и высокую степень маневрирования.

- STELS – российский бренд, под которым зарегистрировала свою деятельность производственная компания «Веломоторс», выпускающая мототехнику и отдельным сегментов – вездеходные багги.
- IRBIS – еще один российский бренд, который делает багги, пригодные для поездок по труднопроходимой местности. Эти вездеходы настолько надежны и просты в управлении, что их приобретают не только для взрослых пользователей, но и для подростков.
- Tomcar LTD – израильский бренд, который вот уже 30 лет выпускает современные багги и поставляет их на рынки Америки, Канады, Испании.
- Futong – китайский бренд, который зарекомендовал себя с лучшей стороны как качественный производитель мотоскутеров и багги. Продукция из Китая обладает надежностью и всегда интересным, ярким дизайном.
- SYM – еще один китайский бренд, выпускающий квадроциклы и багги, предназначенные для местности с горным рельефом. Техника у этого бренда надежная и недорогая.
- Citroën Méhari – французский производитель багги, с форматом привода 2×4 или полноприводного типа. Качество продукции соответствует цене, в машинах установлены особенно мощные двигатели, которые позволяют раскрыть автомобилю всю его скоростную и маневренную динамику» [18].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены конструкции существующих автомобилей багги, тенденции развития автомобилей багги, требования, предъявляемые к участникам спортивной дисциплины Кросс.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«Для выбора комплектующих тяговой системы багги на электрической энергии, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля» [19].

За базовые параметры электромобиля принимаем данные электромобиля Squad Mobility. Базовые параметры электромобиля Squad Mobility приведены в таблице 1.

Таблица 1 – 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, ω_{emax} , с ⁻¹	398
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,65» [2].

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_u \cdot n) + M_g \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса автомобиля, принимаем 400 кг;

M_u – масса человека, принимаем 80 кг;

M_g – 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;

λ_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 ρ – плотность воздуха, принимаем 1,293 кг/м³» [19].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

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

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

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

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

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

где G_a – полный вес автомобиля;

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

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

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

Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на небольших электромобилях 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.

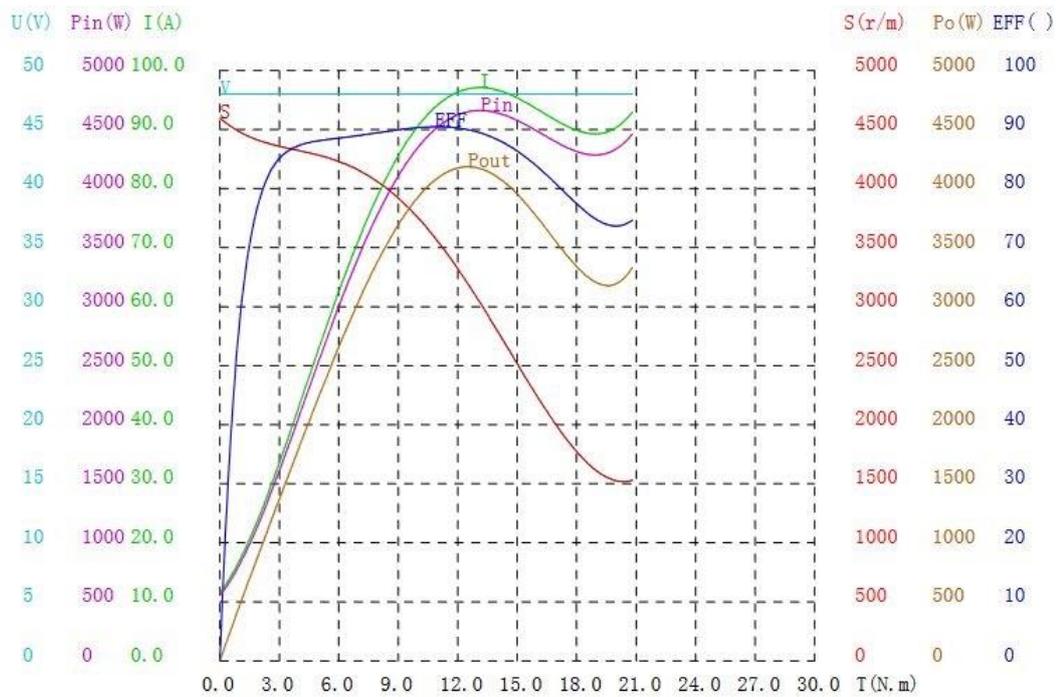


Рисунок 8 – Характеристика электрического двигателя Denzel DA90-4.1

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

где ω_{\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 ϕ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

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

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

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

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

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:

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

Сводим результаты расчетов в таблицы 2 и 3» [4].

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 2 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		P_6	P_0	P_{Σ}
1529	390,75	1,70	42,05	43,75
2000	316,32	6,77	47,68	54,46
2500	279,11	15,26	48,37	63,63
3000	241,89	27,10	49,52	76,62
3500	204,68	42,37	51,13	93,50
4000	163,74	60,97	53,21	114,18
4500	13,03	83,03	55,74	138,77

Таблица 3– Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

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

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

Таблица 4 – 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:

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

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

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

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

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

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

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя. Выбор значения коэффициентов находится в диапазоне от 0,03 до 0,05» [19].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Зависимость ускорений и обратных ускорений от частоты вращения электродвигателя

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

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

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

Результаты расчетов приведены в таблице 6» [4].

Таблица 6 – Результаты расчета

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

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля багги и построены соответствующие графики.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку конструкции багги

«Конструкторская разработка относится к транспортному машиностроению, а именно, к внедорожным колесным транспортным средствам – багги.

Багги представляет собой рамное четырехколесное полноприводное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное двумя электродвигателями, контроллерами и аккумуляторной батареей.

Багги предназначен для передвижения по специальным выделенным трассам, бездорожью, летом, в межсезонье и зимой» [3].

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» [11].

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет.

«Багги должен содержать несущую систему в виде рамы с закрепленной на ней электродвигателем, устройствами для передачи механической мощности элементам, взаимодействующим с поверхностью перемещения, элементы их подвески, а также внешние элементы размещения водителя, набор аккумуляторных батарей, контроллеры» [5].

«К конструкции багги на электрической тяге предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для перевозки одного человека;
- должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;

- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- транспортное средство должно быть выполнено с электрическим приводом на передние и задние колеса;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.
- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования» [7].

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

Габаритные размеры, не более мм

- длина.....2600;
- ширина.....900;
- высота.....1200
- Тип привода..... электрический.
- Количество двигателей, шт. не более 1.
- Мощность двигателя, Вт.....не менее 2000

Запас хода, км.....не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....не менее 50.
Масса, кг..... не более 200» [12].

«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.

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции багги

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию багги на электрической тяге на базе бензинового квадроцикла.

«Четырехколесное полноприводное транспортное средство на базе бензинового квадроцикла, в котором демонтирован двигатель внутреннего сгорания, оснащенное одним электродвигателем, контроллером и аккумуляторной батареей.

Багги на электрической тяге должен иметь следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм	
– длина.....	2600;
– ширина.....	900;
– высота.....	1200.
Тип привода.....	электрический.
Количество двигателей, шт.	не более 1.
Мощность двигателя, Вт.....	не более 500.
Запас хода, км.....	не менее 50.
Грузоподъемность, кг.....	не менее 50.
Масса, кг.....	не более 140» [4].

Проведенный поиск аналогов показал, что широко распространены конструкции бензиновых квадроциклов с приводом на одну, реже на две оси. Техническое решение по переводу бензинового квадроцикла для работы на электрической тяге на все колеса (полный привод) не найдено. Таким образом, в настоящее время конструкций, подпадающих под заданные технические требования не имеется.

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

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации.

«Основными частями багги на электрической тяге являются:

- рама,
- каркас безопасности,
- подвеска,
- электродвигатели,
- колеса,

- аккумуляторные батареи,
- контроллеры» [14].

В качестве базового квадроцикла для переоборудования с бензина на электрическую тягу принимаем квадроцикл Irbis ATV250 (рисунок 9).



Рисунок 9 – Квадроцикл Irbis ATV250

Квадроцикл Irbis ATV250 имеет следующие технические характеристики:

«Габаритные размеры, мм

– длина.....	1840;
– ширина.....	1040;
– высота.....	1080.
Тип и объем двигателя, см ³	ДВС 4-х тактный, 250.
Мощность двигателя, л.с.....	18.
Крутящий момент, Н·м.....	19.

Объём бензобака, л.....	10.
Масса, кг.....	175.
Рама.....	трубчатая, пространственная.
Передняя подвеска.....	независимая, с двумя А-образными рычагами.
Задняя подвеска.....	независимая, маятниковая с моноамортизатором.
Тормозная система	гидравлическая.
Передние и задние тормоза.....	дисковые.
Колёса штампованные, изготовленные из стали:	
– передние шины.....	23×7,00-10 внедорожные;
– задние шины	22×10,00-10 внедорожные» [9].

«Квадроцикл Irbis ATV250 имеет современный дизайн и компоновку.

Элементы конструкции спроектированы таким образом, что бы обеспечить комфортное передвижение по любому покрытию. Для удобства установлены розетка питания 12 В, панель приборов со всей необходимой информацией, электрозапуск двигателя. Широкие колесные арки уменьшают попадание грязи на водителя, продуманное сиденье позволят занять любому человеку удобную посадку на квадроцикле. Проверенный годами эксплуатации двигатель 250 см³ разгоняет квадроцикл до 65 км/ч. Механическая коробка передач позволяет максимально ощутить всю мощность двигателя. Бак 10 л позволяет преодолеть большое расстояние без дозаправки.

Независимая передняя подвеска позволяет легко маневрировать и держать уверенно курс. В наличие задний ход. На квадроцикле установлены большие внедорожные шины размером 23 дюйма передние и 22 дюйма задние. На задней оси установлены дополнительные защитные кожухи.

Рама квадроцикла изготовлена из высокопрочной стали, при этом удалось сделать квадроцикл достаточно легким, его сухой вес составляет 175 кг» [9].

В целях повышения безопасности эксплуатации багги принимается решение об использовании дуг безопасности собственной конструкции.

«В первую очередь необходимо определиться с конструкцией дуг безопасности, так как они должны обеспечивать требуемую прочность, жесткость и безопасность конструкции. Дуги могут быть изготовлены из профиля прямоугольного сечения (рисунок 10, а) или профиля круглого сечения (рисунок 10, б).

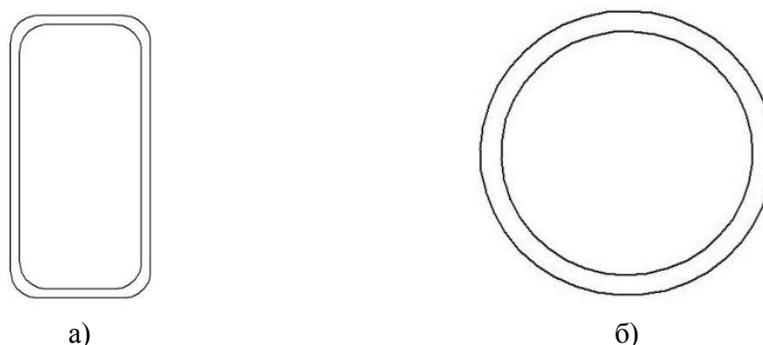


Рисунок 10 – Виды профиля для дуг безопасности

С точки зрения сопротивления материалов, наиболее выгодными в плане устойчивости к изгибу являются круглые трубы. При минимальном количестве материала они обеспечивают максимальную жесткость конструкции и в то же время легко изгибаются, что позволяет создавать изделия криволинейной формы» [2].

«Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

- высокая себестоимость – труба весит на 30% больше аналогичной круглой, а стоит примерно на 35% дороже;
- наличие сварного шва. Трубы квадратного (прямоугольного) сечения производятся только по сварной технологии. По одной из сторон идет сварной шов на всю длину трубы. Труба начинает активно корродировать, причем окраска практически не предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [10].

Принимаем форму дуг безопасности, представленную на рисунке 11, сваренную из профилей круглого сечения. Спецификация на багги представлена в Приложении А (рисунок А.1).

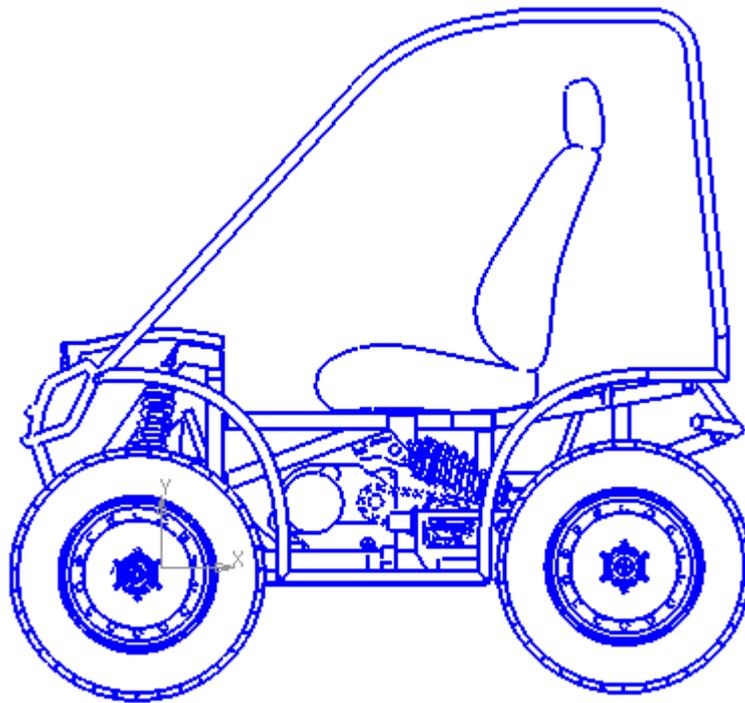


Рисунок 11 – Конструкция дуг безопасности

Рассмотрев техническое оснащение, представленных на рынке багги на электрической тяге, принимается решение об установке электродвигателей мощностью до 3 кВт.

Для приведения в движение транспортного средства предлагается использовать привод, состоящий из асинхронного двигателя Denzel DA90-4.1 (рисунки 12, 13, 14), редуктора и цепных передач (рисунок 15).



Рисунок 12 – Электродвигатель Denzel DA90-4.1 и его габаритные размеры

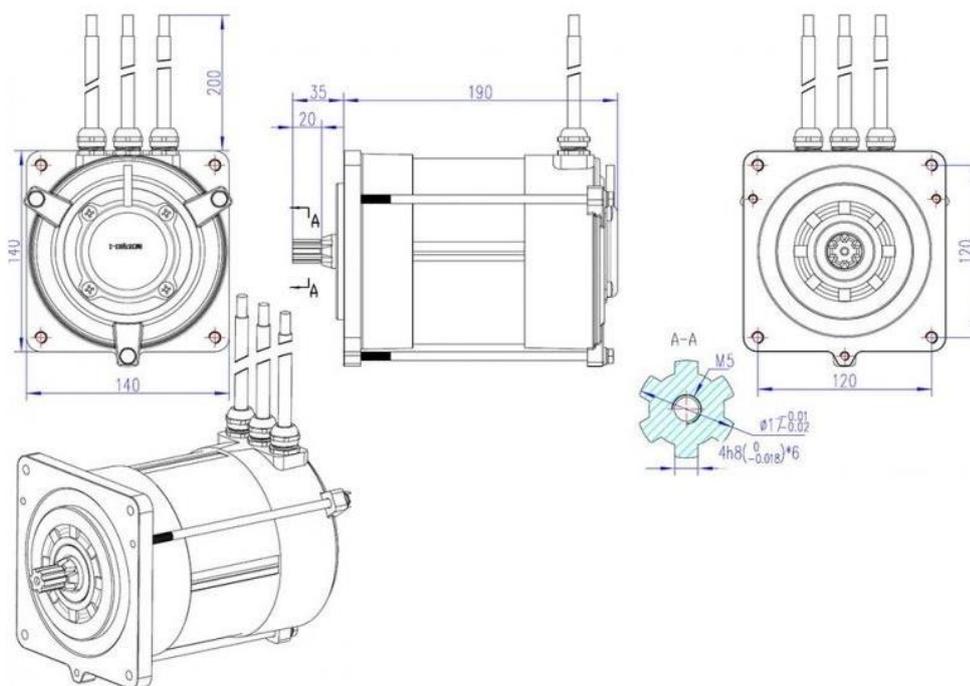


Рисунок 13 – Габаритные размеры электродвигателя Denzel DA90-4.1

Технические характеристики электродвигателя Denzel DA90-4.1 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – 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]

Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-4.1 представлена на рисунке 14.

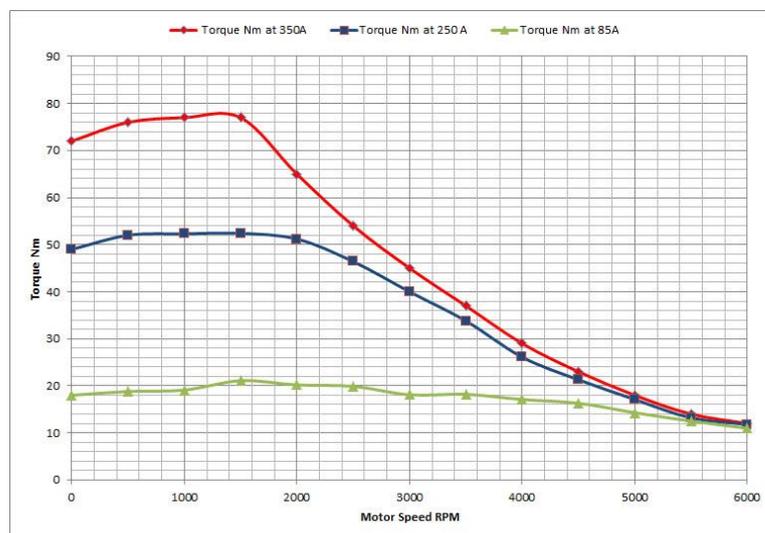


Рисунок 14 – Скоростная характеристика электродвигателя Denzel DA90-4.1

«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 15) позволяет обеспечить передаточное число равное 4.



Рисунок 15 – Цепная передача

Контроллер служит для запуска электродвигателя.

«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].

Изучив представленные на рынке контроллеры принимаем контроллер DECO 165 (рисунок 16) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 8.

Таблица 8 – 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]



Рисунок 16 – Контроллер DECO 165

«Для оснащения багги на электрической тяге также понадобятся:

- индикатор напряжения аккумулятора;
- адаптер постоянного тока 10А;
- переключатель режимов Sport/Eco;
- переключатель направления (Forward/N/Reverse);
- ручка газа;
- сигнализация с 2-мя пультами дистанционного управления;
- 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). Термин «аккумулятор» используется для обозначения отдельного элемента. Батарея – это совокупность аккумуляторов» [14].

Существующие разновидности аккумуляторных батарей:

1. 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.

2. 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

3. 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.

4. Жидкостный аккумулятор (Flow Battery).

Достоинства:

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

Недостатки:

- низкая энергетическая плотность, что снижает дальность хода электромобиля;

- большой вес и размер по сравнению с другими типами аккумуляторов, сложность в обслуживании и инфраструктуре.

5. 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 еще не широко доступна для коммерческого использования.

Принимая во внимание достоинства и недостатки конструкций аккумуляторных батарей, изучив представленные на рынке батареи, выбираем литиевую батарею ёмкостью 4320 Вт·ч (4,3 кВт·ч) (рисунок 17).

«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].



Рисунок 17 – Аккумуляторная батарея

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.

«В комплект входит:

Элементы питания Li-po нового поколения. Решение на базе призматических элементов питания для электрокаров:

- характерны высокой энергоёмкостью и низкой стоимостью;
- ячейки LG 3,7V 60000 mAh в конфигурации 20s1p, внутреннее сопротивление 1,2mΩ mΩ;
- постоянный ток разряда < 2C;
- пиковый ток разряда <3C;
- температурный режим разряда –20-60°C;
- ток заряда стандартный до 14 А, быстрая зарядка 42 А;
- температурный режим заряда –0-45°C.

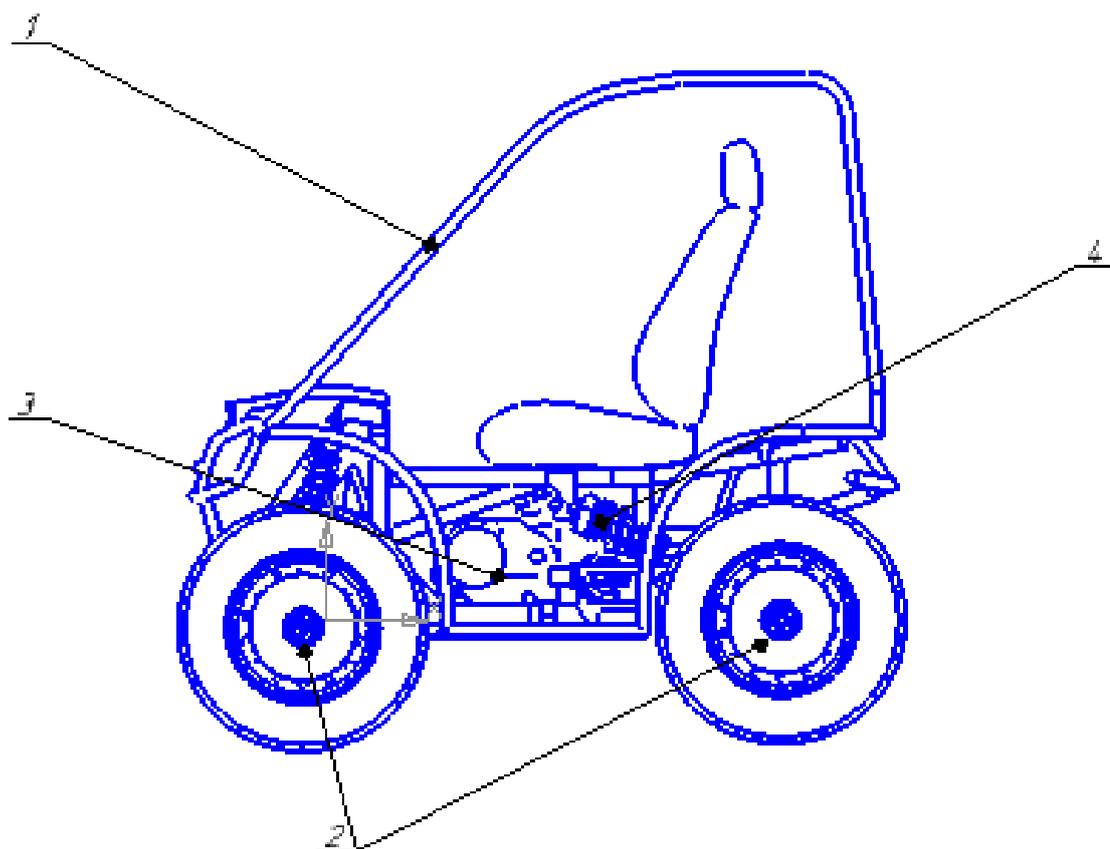
Данные элементы питания предназначены для использования в электротранспорте и при соблюдении техтребований, являются абсолютно безопасными.

Жизненный цикл: 80% емкости после 1000 перезарядок (более 5 лет при сезонной эксплуатации).

BMS (Battery management system) – электронная плата, предотвращающая повреждение элементов в результате перезаряда или переразряда, а также балансирующая заряд элементов между собой. Ток разряда – 80-160А.

Разъем для зарядки аккумулятора форм-фактора XLR. Разъем разряда XT150. Зарядное устройство 84 В, 10А, время зарядки – 5-6 часов. Разъем для зарядки XLR» [20].

После выбора всех элементов конструкции багги на электрической тяге составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 18).



1 – рама с дугами безопасности; 2 – колеса; 3 – электродвигатель с редуктором;
4 – подвеска

Рисунок 18 – Общая компоновка багги на электрической тяге

3.3 Конструкторские расчеты

Выполним выбор мощности электродвигателя.

«Понятие номинальной мощности электродвигателя отличается от понятия номинальной мощности ДВС.

Номинальной мощностью автомобильного ДВС называют мощность, соответствующую высшей точке его характеристики, то есть максимальную мощность, которую вообще может развить данный двигатель.

Поэтому автомобильный ДВС подбирается по максимальной мощности, требующейся для заданных условий движения.

Различают:

- продолжительную мощность;

- кратковременную (30 минутную, часовую, двухчасовую);
- мощность, предельную при коротких перегрузках (на несколько минут, секунд), ограничивается коммутацией и механической прочностью» [9].

Исходные данные для расчета мощности электродвигателя багги на электрической тяге представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета мощности электродвигателя

Параметр	Значение
Снаряжённая масса багги на электрической тяге, кг	150
Масса батареи, кг	18
Масса двух электродвигателей, 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 ²	1,59
Коэффициент силы трения для асфальта ($F_{тр}$)	0,018
Скорость автомобиля (V), км/ч	30
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225

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

$$N = \frac{W \cdot v}{\eta \cdot 0,736}, \quad (1)$$

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

v – скорость электромотоцикла, км/ч;

η – КПД трансмиссии» [1].

Раскрываем формулу (1).

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

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

Рассчитанные значения мощности в зависимости от угла подъема при заданной скорости движения 40 км/ч сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – 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.

Итоговый КПД с учетом кинематики:

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

Определяем необходимую мощность электродвигателя.

$$N_{II} = \frac{N}{\eta}, \quad (3)$$

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

Принимаем для привода электродвигатель с мощностью не менее 3000 Вт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходят электродвигатели компании Denzel DA90-4.1 мощностью 3000 Вт.

Выполним выбор напряжения батареи.

Выбор напряжения батареи для электрического багги зависит от нескольких факторов, таких как мощность двигателя, максимальная скорость, дальность поездки и вес багги. В целом, чем выше напряжение батареи, тем больше мощности и дальность поездки.

Стандартное напряжение для многих электрических багги 48 В. Оно обеспечивает достаточную мощность для большинства повседневных задач, таких как перемещение по городу или по грунтовым дорогам. Багги с батареей 48 В обычно имеют максимальную скорость около 35-40 км/ч и дальность поездки около 50-80 км.

Батареи с напряжением 72 В обеспечивают больше мощности и дальность поездки, чем 48 В батареи. Это может быть полезно для более быстрой езды или для езды по более труднопроходимой местности. Багги с батареей 72 В обычно имеют максимальную скорость около 50-60 км/ч и дальность поездки около 80-120 км.

Батареи 96 В и выше предназначены для высокопроизводительных электрических багги, которые требуют большой мощности и дальности поездки. Они обычно используются в гоночных багги или в багги, предназначенных для экстремальных условий. Багги с батареей 96 В и выше могут иметь максимальную скорость более 80 км/ч и дальность поездки более 150 км.

«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» [12].

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.

Выводы по разделу.

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

Разработанная конструкция багги на электрической тяге полностью соответствует требованиям технического задания. Отличительной особенностью разработанной конструкции является применение полного привода.

4 Технологический раздел

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

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

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

«В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда» [16].

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

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

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

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

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

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

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

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

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

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

Ввиду того, что электрический багги для участия в спортивной дисциплине Кросс не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [16].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (4)$$

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

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [16].

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

Далее составляем технологическую схему сборки.

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

Основные элементы технологической схемы сборки:

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

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки конструкции электрического багги представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять раму багги в сборе при помощи грузоподъемного приспособления	2
Осмотреть раму багги в сборе на наличие повреждений и дефектов	3
Взять рулевое управление в сборе	2
Осмотреть рулевое управление в сборе на наличие повреждений и дефектов	5
Взять болт М12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку М12×1,5 (6 шт.)	2
Установить рулевое управление в сборе на раму при помощи болтов М12×1,5, шайб 12, гаек М12×1,5	35
Взять переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе (2 шт.)	2
Осмотреть переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе на наличие повреждений и дефектов	4
Взять болт шестигранный М14×60×1,5 (12 шт.)	1
Установить переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе	60
Подборка привода багги	
Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт	0,5
Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов	1
Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место предназначенное для крепления	10
Взять шпонку (2 шт.)	0,2
Установить шпонку на вал электродвигателя	0,6
Взять звездочку (2 шт.)	0,3
Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов	1
Установить звездочку на вал электродвигателя	4
Взять кабель с проводами фаз и датчиков Холла	0,3
Осмотреть кабель с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов	1
Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме	0,3
Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов	1
Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму	2
Взять цепь приводную (2 шт.)	1
Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов	2
Подборка системы питания	
Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч	0,3
Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов	1
Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для крепления	8
Взять провода электрические	0,3
Взять контроллер НРС300Н	0,3
Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов	1

Продолжение таблицы 11

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления	8
Взять клеммы для соединения проводов	0,3
Взять педальный узел	1
Осмотреть педальный узел на наличие повреждений и дефектов	2
Установить педальный узел	15
Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и педального узла	40
Подборка задней подвески	
Взять кронштейн крепления амортизатора (4 шт.)	0,3
Осмотреть кронштейн крепления амортизатора на наличие повреждений и дефектов	1
Взять амортизатор (2 шт.)	0,3
Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов	3
Взять болт М8×50 (4 шт.), гайку М8 (4 шт.)	0,2
Установить амортизатор на кронштейн при помощи болтов М8×50 и гаек М8	7
Взять колесо заднее с приводом	3
Осмотреть заднее колесо с приводом на наличие повреждений и дефектов	4
Взять болт шестигранный М14×60×1,5 (12 шт.)	1
Установить заднее колесо с приводом в сборе при помощи болтов шестигранных М14×60×1,5	6
Взять сиденье	0,3
Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов	1
Установить сиденье	6
Провести регулировочные операции и испытание электрического багги	100
Устранить выявленные замечания в ходе испытания	60
Итого:	411,5

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

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (5)$$

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (6)$$

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

$$t_{ум}^{общ} = 411,5 + 411,5 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 444,42 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки электрического багги

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Технологический процесс сборки электрического багги

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять раму багги в сборе при помощи грузоподъемного приспособления	Кран гаражный, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, сварочный аппарат	116
		2	Осмотреть раму багги в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять рулевое управление в сборе		
		4	Осмотреть рулевое управление в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		5	Взять болт М12×1,5 (6 шт.), шайбу 12 (6 шт.), гайку М12×1,5 (6 шт.)		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		6	Установить рулевое управление в сборе на раму при помощи болтов М12×1,5, шайб 12, гаек М12×1,5		
		7	Взять переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе (2 шт.)		
		8	Осмотреть переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		9	Взять болт шестигранный М14×60×1,5 (12 шт.)		
		10	Установить переднее колесо с приводом и тормозным механизмом в сборе		
010	Сборочная	1	Подборка привода багги		18,9
2	Взять электродвигатель постоянного тока 3000 Вт				
3	Осмотреть электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на наличие повреждений и дефектов				
4	Установить электродвигатель постоянного тока 3000 Вт на место предназначенное для крепления				
5	Взять шпонку (2 шт.)				
6	Установить шпонку на вал электродвигателя				
7	Взять звездочку (2 шт.)				

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		8	Осмотреть звездочку на наличие повреждений и дефектов	-	
		9	Установить звездочку на вал электродвигателя		
		10	Взять кабель с проводами фаз и датчиков Холла		
		11	Осмотреть кабель с проводами фаз и датчиков Холла на наличие повреждений и дефектов		
015	Сборочная	1	Взять кронштейн крепления электродвигателя к раме		6,3
		2	Осмотреть кронштейн крепления электродвигателя на наличие повреждений и дефектов		
		3	Установить кронштейн крепления электродвигателя на раму		
		4	Взять цепь приводную (2 шт.)		
		5	Осмотреть цепь приводную на наличие повреждений и дефектов		
020	Сборочная	1	Подборка системы питания		18,2
		2	Взять аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч		
		3	Осмотреть аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		4	Установить аккумуляторную батарею Li-Ion 48 В-70 А·ч на место предназначенное для крепления		
		5	Взять провода электрические		
		6	Взять контроллер НРС300Н		
		7	Осмотреть контроллер НРС300Н на наличие повреждений и дефектов		
		8	Установить контроллер НРС300Н на место предназначенное для крепления		
		9	Взять клеммы для соединения проводов		
025	Сборочная	1	Взять pedalный узел		58
		2	Осмотреть pedalный узел на наличие повреждений и дефектов		
		3	Установить pedalный узел		
		4	Выполнить соединение аккумуляторной батареи, контроллеров и pedalного узла		
030	Сборочная	1	Подборка задней подвески		11,8
		2	Взять кронштейн крепления амортизатора (4 шт.)		
		3	Осмотреть кронштейн крепления амортизатора на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять амортизатор (2 шт.)		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		5	Проверить амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		6	Взять болт М8×50 (4 шт.), гайку М8 (4 шт.)		
		7	Установить амортизатор на кронштейн при помощи болтов М8×50 и гаек М8		
035	Сборочная	1	Взять колесо заднее с приводом		21,3
		2	Осмотреть заднее колесо с приводом на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять болт шестигранный М14×60×1,5 (12 шт.)		
		4	Установить заднее колесо с приводом в сборе при помощи болтов шестигранных М14×60×1,5		
		5	Взять сиденье		
		6	Осмотреть сиденье на наличие повреждений и дефектов		
		7	Установить сиденье		
040	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции и испытание электрического багги		160
		2	Устранить выявленные замечания в ходе испытания		

Технологическая схема сборки конструкции электрического багги представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

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

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

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

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

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

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

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

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

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

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

5.1 Характеристика технологического процесса сборки электрического багги с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки электрического багги с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 13).

Таблица 13 – Технологический паспорт сборки электрического багги

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Сборка электрического багги»	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка электрического багги. 3 Испытание и доводка электрического багги	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Стапель, рожковые ключи, динамометрический ключ, плоскогубцы, молоток, сварочный аппарат	Перчатки, ветошь» [11].

Рассмотрев вопрос характеристики технологического процесса, предлагается перейти к идентификации профессиональных рисков.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

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

Деятельность по идентификации рисков включает:

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

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

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 14 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки электрического багги.

Таблица 14 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015	Источник возникновения ОиВПФ
- подготовка к сборке; - сборка электрического багги; - испытание и доводка электрического багги.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического багги	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины
	Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12]
	«Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию» [12].		

Рассмотрев вопрос идентификации профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению методов и средств их снижения.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

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

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

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

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [12].

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

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

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

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [12].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [12].

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

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
оборудования	устройств в надлежащем состоянии	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и	–

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
с рабочей позой	<ul style="list-style-type: none"> – периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30]. 	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [19]. – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического 	–

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</p> <ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [20]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при – отсутствии экстренной необходимости его прерывания); чередование пассивного отдыха с активным» [15]. 	

Рассмотрев вопрос методов и средств для снижения профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению пожарной безопасности объекта.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 16).

Таблица 16 – 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» [17].

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

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях.

Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

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

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

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при сборке электрического багги (таблица 17).

Таблица 17– Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического багги

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [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» [31]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического багги

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;

- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического багги и сведем их в таблицу 18.

Таблица 18 – 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 трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

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

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);

- «гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22];
- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

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

Также необходимо подчеркнуть, что участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

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

6 Экономическая эффективность проекта

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

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

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

Для определения финансовых затрат на сборку электрического багги воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (7)$$

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.;

$C_{o.H}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [13].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (8)$$

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

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [13].

В таблице 19 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 19 – 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:

$$C_{o.д} = C_{п.р.н} + C_M, \quad (9)$$

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

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

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_t, \quad (10)$$

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 с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

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

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

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (11)$$

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

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (12)$$

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

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

В таблице 20 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 20 – 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:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (13)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [13].

В таблице 21 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 21 – 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:

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (14)$$

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:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (15)$$

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

«Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (16)$$

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.

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

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

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

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

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

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

В таблице 22 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 22 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

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

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{ОН} = \frac{(C'_{ПР} \cdot R_{ОН})}{100}, \quad (17)$$

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

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

$$C'_{ПР} = (C_{ПР} + C_{СБ}). \quad (57)$$

Подставив числовые значения в формулы получим:

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

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

Для данной конструкции необходимо приобрести амортизаторы, колеса, рулевое управление, электродвигатель, контроллер, аккумуляторную батарею, электрические провода, педальный узел, а также метизы.

Перечень покупных деталей представлен в таблице 23.

Таблица 23 – 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
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

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 24.

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

Таблица 24 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	7200

Продолжение таблицы 24

Значение	Сумма, руб.
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

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:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (18)$$

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

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

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (19)$$

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

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (20)$$

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

В таблице 25 представлены основные показатели проекта.

Таблица 25 – 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 соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция багги для участия в спортивной дисциплине Кросс.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции автомобиля багги для участия в спортивной дисциплине Кросс.

В работе затрагивается проблема разработки относительно недорогой конструкции автомобиля багги для участия в спортивной дисциплине Кросс.

К классу багги относят небольшой и легкий автомобиль с высокой степенью проходимости, предназначенный для езды по бездорожью, кузов которого представляет собой сварную раму, а двигатель на нем установлен автомобильный или мотоциклетный.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены конструкции существующих автомобилей багги, тенденции развития автомобилей багги, требования, предъявляемые к участникам спортивной дисциплины Кросс;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля багги;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс, выполнены конструкторские расчеты;
- выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки автомобиля багги;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции багги для участия в спортивной дисциплине Кросс с экономической стороны. Стоимость изготовления электрического багги составила 74108,26 р., срок окупаемости равен 0,63 года.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Вахламов, В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

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

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

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

5 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов,

обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Колесные, гусеничные машины и автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

6 Демура Н. А. Организация и планирование производства [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, ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. - 122 с.

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

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

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

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

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

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

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

14 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.

15 Нарбут А. Н. Мотоциклы : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» направления подготовки «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» / А. Н. Нарбут. - Москва : Академия, 2008. - 172, [4] с.

16 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет». - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

17 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.

18 Сет Мирко де. Классические мотоциклы : иллюстрированная энциклопедия / Мирко де Сет ; [пер. с англ. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2007. - 297, [1] с.

19 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.

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

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

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

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

24 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

25 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

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

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

Приложение А
Спецификации

	Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Перв. примен.					<i>Документация</i>		
	A4			23.ДП.01.144.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1			23.ДП.01.144.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	3	
Справ. №					<i>Сборочные единицы</i>		
	A1	1		23.ДП.01.144.61.01.000	Рама	1	
		2		23.ДП.01.144.61.02.000	Привод рулевой	1	
	A1	3		23.ДП.01.144.61.03.000	Колесо	4	
		4		23.ДП.01.144.61.04.000	Передняя подвеска	1	
		5		23.ДП.01.144.61.05.000	Задняя подвеска	1	
		6		23.ДП.01.144.61.06.000	Привод в сборе	1	
		7		23.ДП.01.144.61.07.000	Педаль акселератора	1	
		8		23.ДП.01.144.61.08.000	Педаль тормоза	1	
		9		23.ДП.01.144.61.09.000	Аккумуляторная батарея с контроллером	1	
Подп. и дата				10	23.ДП.01.144.61.10.000	1	Сиденье
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.					23.ДП.01.144.61.00.000		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.		Саколов Д.А.				
	Пров.		Угарова Л.А.				
	Нконтр.		Угарова Л.А.				
	Утв.		Бодровский А.В.				
Вид общий полноприводного багги на электрической тяге						Лит	Лист
							1
						ТГУ, АТс-1801В	
Копировал						Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на полноприводное багги