

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции электрического картинга

Обучающийся

В.В. Забродин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

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

Цель дипломного проекта – разработка конструкции электрического картинга.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 79 страниц с приложениями.

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

В первом разделе рассмотрена история развития картинга, а также конструкции популярных электрических картингов от лучших мировых производителей, представленных на рынке.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчет электрического картинга.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического картинга. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического картинга.

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

В шестом разделе определена эффективность разработки электрического картинга с экономической стороны.

Abstract

The title of the graduation work is: «The design development of an electric karting car».

The aim of the work is to develop the design of the electric karting car.

The graduation work consists of 6 parts, introduction, conclusion, list of references, and attachments – 79 pages in total.

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

The first part deals with the history of karting development and with the design of popular electric karting cars from the world's best manufacturers on the market.

The second part presents the calculation of traction-dynamic properties of the electric karting car.

The third part contains the terms of reference and the technical proposal for the design development of the electric karting car. We also select the electrical battery for the considered car.

In the fourth part we establish the selection of the technological process, determine the labor intensity of the assembly, and develop the technological process for assembling the electric karting car.

The issues of the safety and ecological properties are highlighted in the project's fifth part.

The fifth part concentrates on the safety and ecological properties of the project.

In the last part of graduation work we report the results of the economic efficiency calculation of the developed electric karting car.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	9
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	18
3 Конструкторская часть	28
3.1 Техническое задание на разработку конструкции электрического картинга.....	28
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции электрического картинга.....	31
3.3 Конструкторские расчеты	37
4 Технологический раздел.....	40
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	40
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	43
4.3 Составление технологического процесса сборки электрического картинга.....	44
5 Безопасность и экологичность проекта	49
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического картинга.....	49
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	49
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	51
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	57
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического картинга	60
6 Экономическая эффективность проекта.....	62
Заключение	71
Список используемой литературы и используемых источников.....	72
Приложение А. Спецификация.....	79

Введение

«В настоящее время в Российской Федерации реализуется сразу несколько проектов в области разработки и производства электромобилей. Все они находятся на разных стадиях развития и ориентированы на разные сегменты рынка» [5].

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

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

Существуют и другие проекты по производству электромобилей:

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

- в 2022 году планируется выпуск электромобилей «ГАЗель»;
- в Калининграде на базе холдинга «Автотор» в 2023 г. будет запущена сборка электромобилей KIA и Hyundai» [24].

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

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

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

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

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

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

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

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

Осуществление указанных сценариев возможно в том случае, если в России будут разрабатываться и производиться собственные электромобили» [18].

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

Гражданам страны должно быть обеспечено повышение качества

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

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

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

1 Состояние вопроса

Название «карт» происходит от английского «kart» – «тележка». Считается, что прародитель картинга – детские гонки со склона на самодельных машинках без моторов.

«История картинга началась во время Второй мировой войны. Пилоты американской авиации собирали из подручных средств моторизированные тележки и устраивали развлекательные гонки во время отдыха» [20].

Машина похожая по описанию на современные карты первый раз появилась летом в 1956 году Артом Ингельсом в Калифорнии с двухтактным аварийным двигателем (от газонокосилки) от West Bend Company, компании, базирующейся в Вест-Бенде, штат Висконсин (1911–2003). Картинг стремительно развивается в Северной Америке с такими производителями, как Go Kart Manufacturing Co. (1958) и McCulloch для двигателей (1959). McCulloch был производителем цепных пил и лодочных моторов. Его первый двигатель для картинга, MC-10, был не чем иным, как адаптированным двигателем бензопилы.

В 1958 г. английский бизнесмен Микки Флин заказывает у Go-Kart пять картов. В октябре 1959 г. в Париже прошел морской салон, параллельно с которым в Гран-Пале был представлен автосалон. У представителя McCulloch International (американца по имени Бертон Рейнфранк) возникла идея представить шасси Go Kart Manufacturing, оснащенное двигателем McCulloch, на своем стенде на Бот-шоу в окружении подвесных моторов. Эта презентация имела большой успех и стала предметом сообщений французской автомобильной прессы. Так картинг вошел во Францию и Европу.

«Уже в 1960 году в Великобритании насчитывается свыше 100 фирм, занимающихся производством картов и комплектующих. С февраля 1960 г. в Великобритании начинает издаваться журнал Karting» [33].

«В мае 1960 г. Международная федерация автоспорта официально признала картинг видом автоспорта. В 1962 г. была создана Международная комиссия по картингу при Международной федерации автоспорта (СІК FIA). В 1964 г. в Риме проводился первый чемпионат мира по картингу с двигателями объёмом 100 см³ (картинг стал вторым видам автоспорта, по которому проводится чемпионат мира, после Формулы-1)» [33].

«Типичные карты тех лет отличались очень простой конструкцией, малой мощностью двигателей и полным отсутствием каких бы то ни было мер безопасности. Цена такого карта варьировалась от 100 до 200 долларов США.

Именно благодаря простоте и дешевизне картинг в первые годы его существования приобрёл бешеную популярность. Но к 1962 году бум на картинг закончился. Количество фирм-производителей упало. Карты стали мощнее и совершеннее, но и дороже. На смену простейшим рамам из водопроводных труб пришли конструкции с тщательно просчитанной упругостью. Повышение скоростей потребовало повышения безопасности. Как и в любом другом техническом виде спорта, в картинге остались профессионалы» [32].

«В 2007 году СІК предприняла попытку вернуть картингу дух 60-х годов, сведя любителей и профессионалов. Была опубликована спецификация на единый картинговый двигатель серии KF, который (с разными электронными блоками, карбюраторами и так далее) применяется во всех классах картов без коробки передач. Об успехе или неудаче этого начинания можно будет говорить лишь через несколько лет.

Карт, ввиду его небольшой массы, часто применялся для побития рекордов скорости на машинах с малым объёмом двигателя, а также для экспериментов с необычными силовыми установками. Известно несколько попыток установить на карт реактивный двигатель, наибольшая зафиксированная скорость – 407 км/ч. Немецкий физик и энергетик Лайнг построил карт с паровым двигателем для демонстрации того, насколько

компактной и надёжной может быть такая силовая установка. В 1981 г. в СССР были проведены показательные соревнования среди электрических картов» [31].

«По своему строению, а также целому ряду технических характеристик карт намного проще не только гоночного болида, но даже обычного автомобиля и мотоцикла.

В основе схематической компоновки любого карта, прокатного или профессионального, лежит рама из бесшовных металлических труб. К ней крепится все остальное – сиденье, двигатель, рулевое управление, колеса.

На большинстве непрофессиональных картов двигатель расположен позади водителя» [32].

В спортивных версиях мотор находится сбоку от пилота, поэтому необходимо надевать специальный гоночный комбинезон с термозащитой. На картах Sodi, двигатель дополнительно закрыт специальным кожухом, который защищает от случайных ожогов.

Приводит в движение колеса карта через цепь бензиновый карбюраторный двигатель. На большинстве картов нет коробки передач, а чтобы мотор не заглох во время стоянки, используется центробежное сцепление. Оно срабатывает, когда мотор раскрутится до определенного количества оборотов.

В некоторых спортивных картах коробки передач все же встречаются – они имеют от двух до шести передач в зависимости от класса.

Важнейшая особенность карта – это отсутствие подвески. Ее роль выполняют шины и рама, гибкость которой специально рассчитана при проектировке. Именно поэтому для комфортной гонки без лишней тряски очень важно ровное покрытие.

Еще одна особенность – это очень жесткий и чуткий руль, радиус поворота которого составляет всего 45 градусов в каждую сторону. Особенно это удивляет рядовых водителей, привыкших, что на их машине руль имеет несколько полных оборотов от упора до упора.

Последняя, но не менее важная часть карта – это защита, которая бережет как пилота, так и саму машину. Например, пластиковый бампер, опоясывающий всю машину, демпферы в передней части, которые поглощают энергию при столкновениях, а также кожухи, которые закрывают горячий двигатель и движущиеся элементы карта для безопасности пилота.

«На большинстве моделей картов устанавливается двухтактный, гораздо реже четырехтактный двигатель мощностью 5-6 лошадиных сил. Впрочем, мощность двигателя отдельных гоночных моделей может достигать 12 и даже 15 л.с. Несмотря на кажущуюся простоту, схема конструкции карта представляет собой широкое поле деятельности для любителей тюнинга и доводки автомобиля – зачастую именно этот параметр отличает гоночный карт от обычного прокатного» [31].

В последнее время популярность получили карты с электрическим приводом.

В мире электрокартинг стремительно развивается – особенно преуспели в этом Соединенные Штаты, где такие трассы есть практически во всех крупных городах.

Достоинства электрокартов:

- «ускорение обычно лучше, чем у обычных картингов с бензиновым двигателем, а скорость достаточна для использования на большинстве картинговых трасс. Крутящий момент в электродвигателях обычно больше, чем у эквивалента бензинового двигателя;
- электрические картинги не требуют особого обслуживания, для этого требуется только, чтобы свинцово-кислотные батареи картов были подключены к ряду зарядных устройств после каждого пробега. Поскольку они не загрязняют окружающую среду и не выделяют дыма, беговые дорожки могут находиться в закрытых помещениях в контролируемой среде. Большинство полностью заряженных электрических картингов, питаемых от свинцово-

- кислотных аккумуляторов, могут проработать максимум 30 минут, прежде чем это повлияет на производительность. Альтернативой являются литий-полимерные или литий-ионные батареи, которые служат дольше и предлагают более высокую производительность;
- в электрических картингах нет топливных баков или других легковоспламеняющихся материалов, которые могут оказаться более безопасными в случае аварии. Однако батареи (особенно литий-полимерные) могут загореться или взорваться, если серьезно повредятся во время такой аварии» [3].

Недостатки:

- «несмотря на меньшие затраты на техническое обслуживание, электрические картинги часто имеют более высокие эксплуатационные расходы и затраты на техническое обслуживание, поскольку батареи и электродвигатели, как правило, дороже, чем у обычных двигателей, особенно тех, которые питаются от литиевых батарей;
- электрические картинги, работающие от свинцово-кислотных аккумуляторов, маломощны и имеют очень короткое время автономной работы. Эти картинги могут работать не более 20 или 30 минут, прежде чем ухудшатся характеристики, что делает их непригодными для использования в более серьезных гонках. Из-за этого для профессиональных гонок на электрических картингах обычно используются более дорогие литиевые батареи» [21].

Производители электрических картингов в Европе:

- Speedomax (Франция),
- Sodikart(Франция),
- Alel (Франция),
- Electric Kart Company (Голландия),
- Asmokarts (Швейцария),
- Tomkart (Швейцария),

- Bowman (Великобритания),
- Gravitron (Великобритания),
- Biz Karts (Великобритания),
- Rimo (Германия),
- Caroli (Швеция),
- Otl (Италия).

Производители электрических катков в Америке:

- Kart1,
- Formula K Raceways,
- Electra Motorsport,
- J&J Amusements, Inc.,
- Shaller.

Рассмотрим конструкции популярных электрических картингов, представленных на рынке.

Компания Speedomax производит электрические карты с 2000 года и сегодня предлагает широкий ассортимент продуктов, полностью электрических: карты для взрослых, двухместные карты, карты для детей и мини-мотоциклы.

Популярная модель электрического картинга Speedomax SLC представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Электрический карт Speedomax SLC

Технические характеристики электрического карта Speedomax SLC представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электрического картинга Speedomax SLC

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2100×1350×800
Масса, кг	200
Тип шин	слик
Размер шин	10×4,50-5/11×7,10-5
Тип электрического двигателя	асинхронный бесщеточный двигатель
Мощность электрического двигателя, кВт / л.с.	17 /23
Крутящий момент, Н×м	30
Тип аккумулятора	свинцово-гелиевый аккумулятор
Напряжение, В	12
Емкость, А×ч	65

VIZ Karts – один из крупнейших производителей картингов в мире. Компания специализируется на проектировании, разработке и производстве картов уже более 25 лет. Электрическая модель карта EcoVolt NG представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Электрический карт EcoVolt NG

Технические характеристики электрического карта EcoVolt NG представлены в таблице 2.

Таблица 2– Технические характеристики электрического карта EcoVolt NG

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1960×1400×650
Масса, кг	145
Тип шин	слик
Размер шин	10×4,50-5/11×7,10-5
Тип электрического двигателя	асинхронный бесщеточный двигатель
Мощность электрического двигателя, кВт / л.с.	10,5 /14,2
Крутящий момент, Н×м	45
Тип аккумулятора	литиевый аккумулятор
Напряжение, В	48
Емкость, А×ч	106

SODIKART, мировой лидер в области картинга, построила свою репутацию благодаря смелой стратегии развития, эксклюзивным инновациям, подтвержденным многочисленными патентами, и постоянному стремлению к совершенству в обслуживании своих клиентов. Электрическая модель карта Sodi RSX2 представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Электрический карт Sodi RSX2

Технические характеристики электрического карта Sodi RSX2 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики электрического карта Sodi RSX2

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1850×1270×590
Масса, кг	137
Тип шин	слик
Размер шин	10×4,50-5/11×7,10-5
Тип электрического двигателя	асинхронный бесщеточный двигатель
Мощность электрического двигателя, кВт / л.с.	10,5 /14,2
Крутящий момент, Н×м	38
Тип аккумулятора	литиевый аккумулятор
Напряжение, В	12
Емкость, А×ч	32,5

«Sodi RSX2 – это новый эталон для электрических карт на рынке. Он оборудован новейшими технологическими и электронными достижениями группы Sodikart. Благодаря новой запатентованной технологии EASY DRIVE карт RSX2 обеспечивает непревзойденный комфорт вождения. Оснащенный новым двигателем, который тише своего предшественника, и литиевыми батареями последнего поколения, Sodi RSX2 отличается повышенной мощностью и запасом хода до одного часа при стандартной скорости. Новый синхронный двигатель из автомобильного мира имеет интегрированный регулятор мощности.

Эргономика RSX2 включает в себя систему регулировки сиденья и рулевой колонки, которая позволяет легко настраивать (в дополнение к регулируемым педалям) положение водителя в соответствии с телосложением каждого человека.

Абсолютно новый, современный дизайн рулевого колеса, созданного по образцу карт Формулы-1, не оставит равнодушным пилотов и любителей картинга. Таким образом, Sodi RSX2 – это самый эффективный, надежный и успешный на рынке электрический карт нового поколения» [20].

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрена история развития картинга, а также основные технические характеристики современных моделей.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Для выбора комплектующих тяговой системы электрического картинга, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля.

За базовые параметры электромобиля принимаем данные электромобиля Sodi RSX2.

Базовые параметры электромобиля Sodi RSX2 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Базовые параметры электромобиля Sodi RSX2

Параметр	Значение
«Тип автомобиля	заднеприводный карт
Колесная формула	4×2
Количество человек	1
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1855×1706×712
Снаряженная масса, кг	137
Размерность шин	11×7,10-5
Коэффициент сопротивления воздуха	0,3
Коэффициент сопротивления качению	0,013
Коэффициент, зависящий от уклона дороги	0,15
Максимальная скорость, км/ч	90
Максимальная частота вращения вала электродвигателя, с ⁻¹	404
КПД трансмиссии	0,85» [19]

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

$$M_a = M_0 + (M_ч \cdot n) + M_г \cdot n, \quad (1)$$

где M_0 – снаряженная масса автомобиля, принимаем 137 кг;

$M_ч$ – масса человека, принимаем 80 кг;

$M_г$ – масса груза на одного человека, принимаем 10 кг;

n – количество людей в электромобиле» [27].

$$M_a = 137 + (80 \cdot 1) + (10 \cdot 1) = 227 \text{ кг.}$$

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

где d – посадочный диаметр, принимаем 0,2794 м;

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

H – высота профиля шины, равна 0,11 м» [27].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,2794 + 0,92 \cdot 0,110 = 0,229 \text{ м.}$$

$$r_{\text{ст}} \approx r_{\text{д}} \approx r_{\text{к}} = 0,229 \text{ м.}$$

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где ρ – плотность воздуха, равна 1,293 кг/м³» [27].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,712 = 0,96 \text{ м}^2.$$

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

$$f = 0,013 \cdot \left(1 + \frac{25^2}{25000} \right) = 0,0133.$$

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

«Сначала определяем мощность электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учетом КПД трансмиссии по формуле (6) мощностного баланса:

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

где G_a – полный вес автомобиля;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [27].

$$N_v = \frac{1}{0,85} \cdot (227 \cdot 9,81 \cdot 0,0133 \cdot 25 + 0,15 \cdot 1,544 \cdot 25^3) = 4325 \text{ Вт.}$$

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

Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на электрических картингах является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) модели НРМ5000В, с максимальной мощностью 5 кВт. Одного двигателя будет достаточно.

На рисунке 4 представлены характеристики электрического двигателя НРМ5000В.

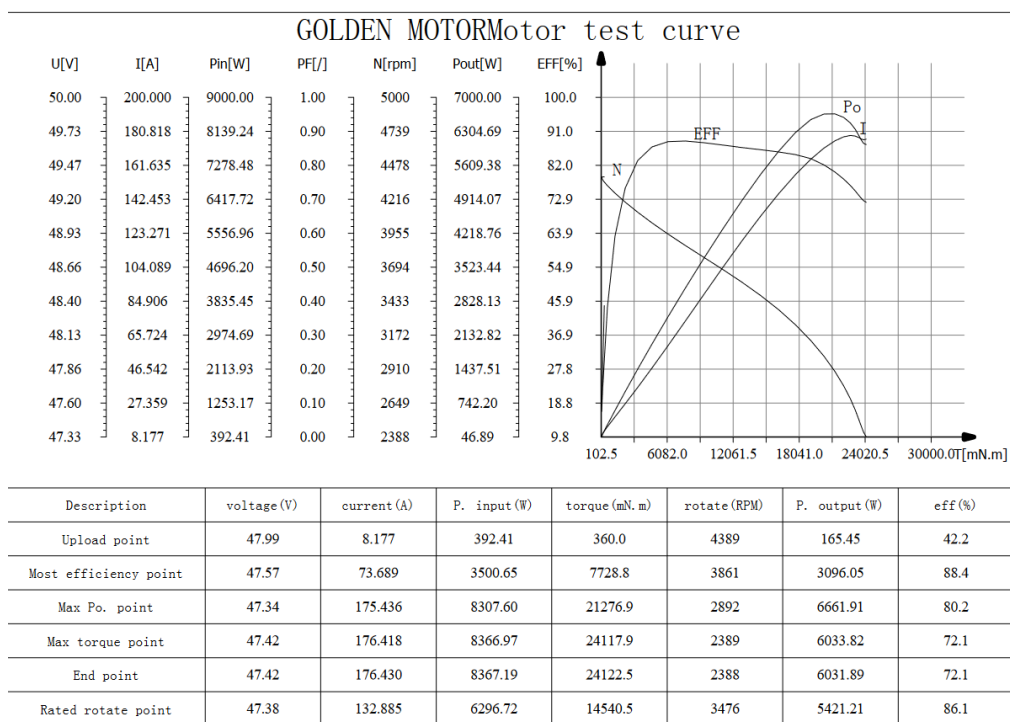


Рисунок 4 – Характеристика электрического двигателя
HPM5000B

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле (7):

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

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

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач, то передаточное число принимаем за 1» [27].

$$U_0 = \frac{0,256}{1} \cdot \frac{404}{25} = 4,13.$$

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

ϕ – где коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии коэффициент равен 0,8» [27].

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

$$G_{cy} = 9,81 \cdot 0,8 \cdot 136,2 = 1068,9 \text{ Н},$$

$$U_1 \leq \frac{1068,9 \cdot 0,8 \cdot 0,256}{24,1 \cdot 0,85 \cdot 4,13} \leq 2,58.$$

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 5 и 6.

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 5 – Результаты расчета

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		P_{ϵ}	P_{δ}	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 6 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

Скорость движения, м/с	Сила сопротивления, 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 7.

Таблица 7 – Зависимость коэффициента сопротивления качению и динамического фактора от скорости вращения электродвигателя

Частота вращения колеччатого 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
1529	0,1894	0,017

Выполняем анализ динамики разгона.

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

Определяем ускорение по формуле:

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

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

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес.

В случае если точное значение I_M и I_k неизвестно, то δ_{ep} определяют по формуле (17):

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

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ » [27].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – 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
1529	1,4629	0,6836

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

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

Результаты расчетов приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 – Результаты расчета

V, м/с	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
1/Jcp	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

Таблица 10 – Результаты расчета

t, c	0	1,76	3,54	5,34	7,19	9,08	10,83	12,61	14,48
$V, м/с$	0	3,12	6,23	9,35	12,46	15,58	18,69	21,81	24,92
ΔS	0	7,1	13,04	17,98	22,9	27,84	32,77	37,71	42,64
S	0	7,1	20,15	38,12	61,04	88,88	121,66	159,37	202

Выполняем анализ мощностного баланса электромобиля.

«Определяем мощность, передаваемую ведущим колесам по формуле:

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

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

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колес;

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

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

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

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

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

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

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

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

$$N_D = P_D \cdot V. \quad (24)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты расчетов

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

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчет электрического картинга.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку конструкции электрического картинга

Конструкторская разработка относится к области электротранспорта, а именно электрического картинга, и может быть использована для разработки транспортного средства для гонок на специально обустроенных картодромах.

Электрический картинг представляет собой рамное четырехколесное одноместное транспортное средство, в передней части которого расположен рулевой механизм с двумя неприводными колесами, педали для управления, в задней части расположен электрический двигатель, задняя ось установлена на корпусные подшипники, на оси установлена звезда для цепной передачи и тормозной диск, слева от сиденья размещена сборка аккумуляторных батарей, за сиденьем установлен контроллер.

Электрический картинг предназначен для передвижения по специально оборудованным картодромам.

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

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

Наименование и условное обозначение темы разработки не имеет» [6].

Электрический картинг должен состоять из металлической рамы, четырех колес, руля поворота передних колес, электродвигателя, задней оси установленной на корпусные подшипники, звезд для цепной передачи и тормозного диска, набора аккумуляторных батарей, контроллера, педалей для управления.

«К конструкции электрического картинга предъявляются следующие требования:

- должен быть предназначен для управления одним человеком;
- должен отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью, прочностью и легкостью;
- для оснащения электрического картинга должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- в передней части должен быть выполнен рулевой механизм для управлением поворота передних колес;
- электрический картинг должен быть выполнен с электрическим приводом на задние колеса;
- дизайн электрического картинга должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка водителя должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации электрический картинг не должен 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:
 - 1) длина, не более мм 2000;
 - 2) ширина, не более мм 1800;

- 3) высота, не более мм 800.
- тип привода задний, электрический, BLDC
электродвигатель;
- количество двигателей, не более шт. 1;
- мощность двигателя, не более Вт 5000;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 200» [13].

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

«Использовать электрический картинг 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 электрического картинга должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить электрический картинг в собранном или разобранном виде в сухом помещении» [2].

«При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом.

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

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

Изготовление опытного образца не предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемого электрического картинга в зарубежные страны не предусмотрена» [17].

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции электрического картинга

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию электрического картинга.

Электрический картинг представляет собой рамное четырехколесное одноместное транспортное средство, в передней части расположен рулевой механизм с двумя неприводными колесами, педали для управления, в задней части расположен электрический двигатель, задняя ось установлена на корпусные подшипники, на оси установлена звезда для цепной передачи и тормозной диск, слева от сиденья размещена сборка аккумуляторных батарей, за сиденьем установлен контроллер.

«Электрический картинг должен иметь следующие технические показатели:

- габаритные размеры:
 - 1) длина, не более мм 2000;
 - 2) ширина, не более мм 1800;
 - 3) высота, не более мм 800.
- тип привода задний, электрический, BLDC электродвигатель;
- количество двигателей, не более шт. 1;
- мощность двигателя, не более Вт 5000;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 400» [13].

Проведенный поиск аналогов показал, что представленные на рынке электрические картинги в основном зарубежного производства, сложны и затратны в обслуживании, стоимость начинается от 600 тысяч рублей.

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:

- российские и зарубежные интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [16].

Основными частями электрического картинга являются:

- рама,
- рулевое управление,
- привод, состоящий из электродвигателя, цепной передачи, задней оси со звездой, тормозной диск,
- сборка аккумуляторных батарей,
- контроллер,
- педали для управления.

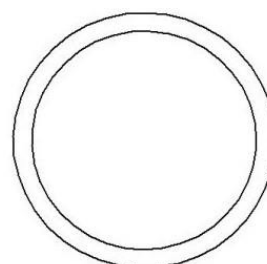
Предлагаются следующие варианты исполнения элементов электрического картинга.

В первую очередь необходимо определиться с рамой для электрического картинга, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов.

«Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 5, а) или профиля круглого сечения (рисунок 5, б).



а)



б)

Рисунок 5 – Виды профиля для рамы

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

Недостатками профильной прямоугольной трубы является:

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

Принимаем форму рамы из профиля круглого сечения – трубы (рисунок 6).

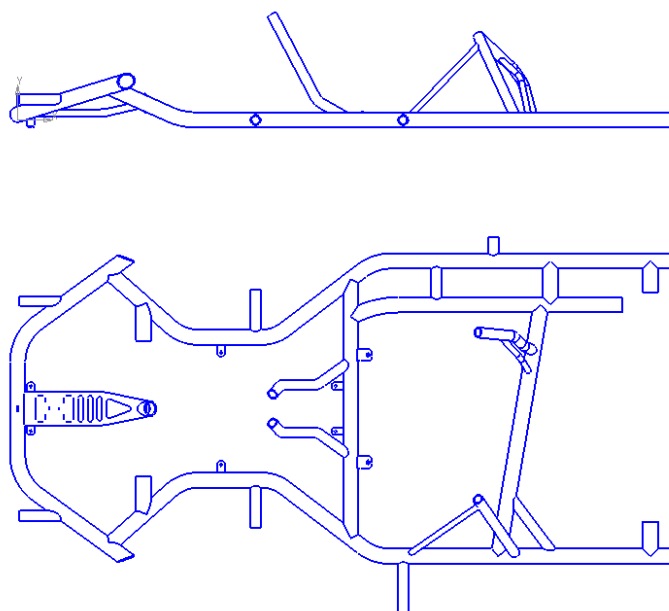


Рисунок 6 – Конструкция рамы

Для обеспечения поворота передних колес предусматриваем рулевое управление (рисунок 7). Рулевое управление на картинге простейшего типа:

рулевой вал соединён тягами с управляемыми колёсами. Поэтому руль карта чрезвычайно жёсткий, с поворотом около 45° в каждую сторону.

Другие типы рулевого управления в картинге запрещены

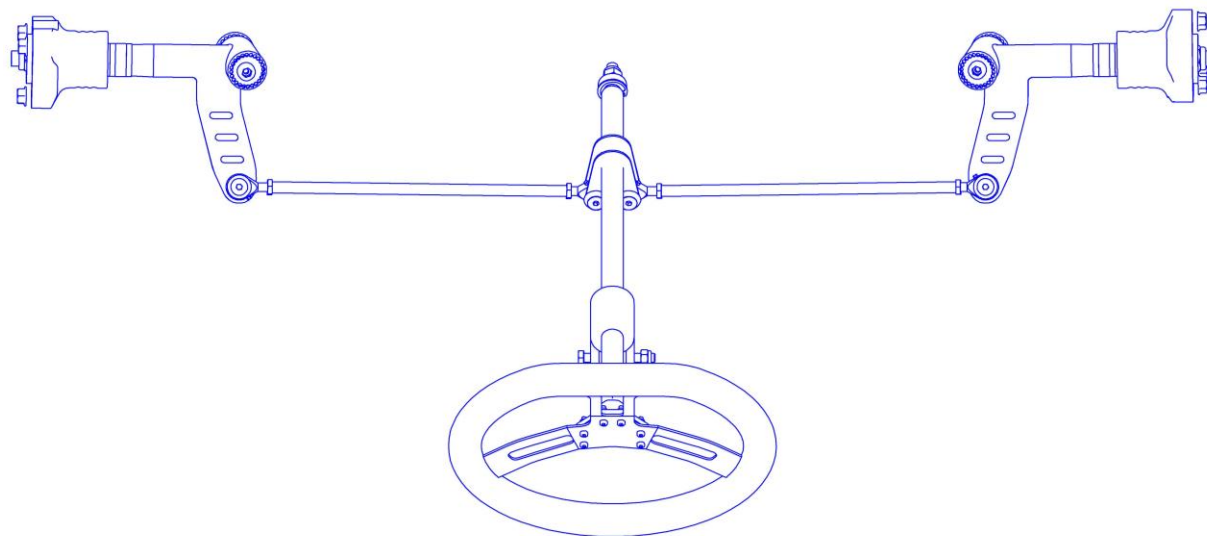


Рисунок 7 – Конструкция подвески и рулевого привода

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать бесщёточный, бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 5000 Вт с воздушным охлаждением (рисунок 8).



Рисунок 8 – Электродвигатель постоянного тока (BLDC) 5000 Вт

Технические характеристики электродвигателя постоянного тока (BLDC) 5000 Вт представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики электродвигателя постоянного тока (BLDC) 5000 Вт

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	48
Номинальная мощность, Вт	5000
Номинальный момент, Н·м	14
Масса, кг	11
КПД, %	91

Крутящий момент передается цепной передачей, на ведущей звёздочке 12 зубьев, на ведомой – 61 зуб.

Для обеспечения торможения электрического карта на задней оси предусмотрен тормозной диск.

Современный контроллер (рисунок 9), управляет слаженной работой электродвигателя постоянного тока и управляющих компонентов.



Рисунок 9 – Контроллер HPC300H для BLDC-мотора 5 кВт

Контроллеры двигателей серии Golden Motor HPC специально разработаны для обеспечения высокой мощности и надежности.

В контроллере использованы передовые технологии для обеспечения плавного и надежного управления.

Контроллеры изготовлены из высококачественных компонентов и материалов для конечных пользователей.

Корпус полностью герметичен, что соответствует степени защиты IP66.

«Контроллер размещается в пластиковом корпусе, который легко установить на раме или подседельной трубе. Контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем (рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель» [30].

Для питания электрического картинга необходимо предусмотреть тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание электродвигателя постоянного тока.

Принято решение разместить аккумуляторную батарею слева от сиденья.

Технические характеристики батареи будут определены в следующем подразделе пояснительной записки.

Педальный узел транспортного средства состоит из двух педалей: «тормоза» и «акселератора».

Так как картингом удобнее всего управлять с помощью педали, а не ручки, было принято решение превратить ручку газа в педаль. Ручка была разобрана и из нее были извлечены индикатор батареи, а также ограничитель скорости. Педаль крепится с помощью двух винтов. Все образовавшиеся отверстия нужно будет закрыть, чтобы внутрь не попала пыль.

После выбора всех элементов конструкции электрического картинга составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 10).

Спецификация на электрический картинг представлена в Приложении А (рисунок А.1).

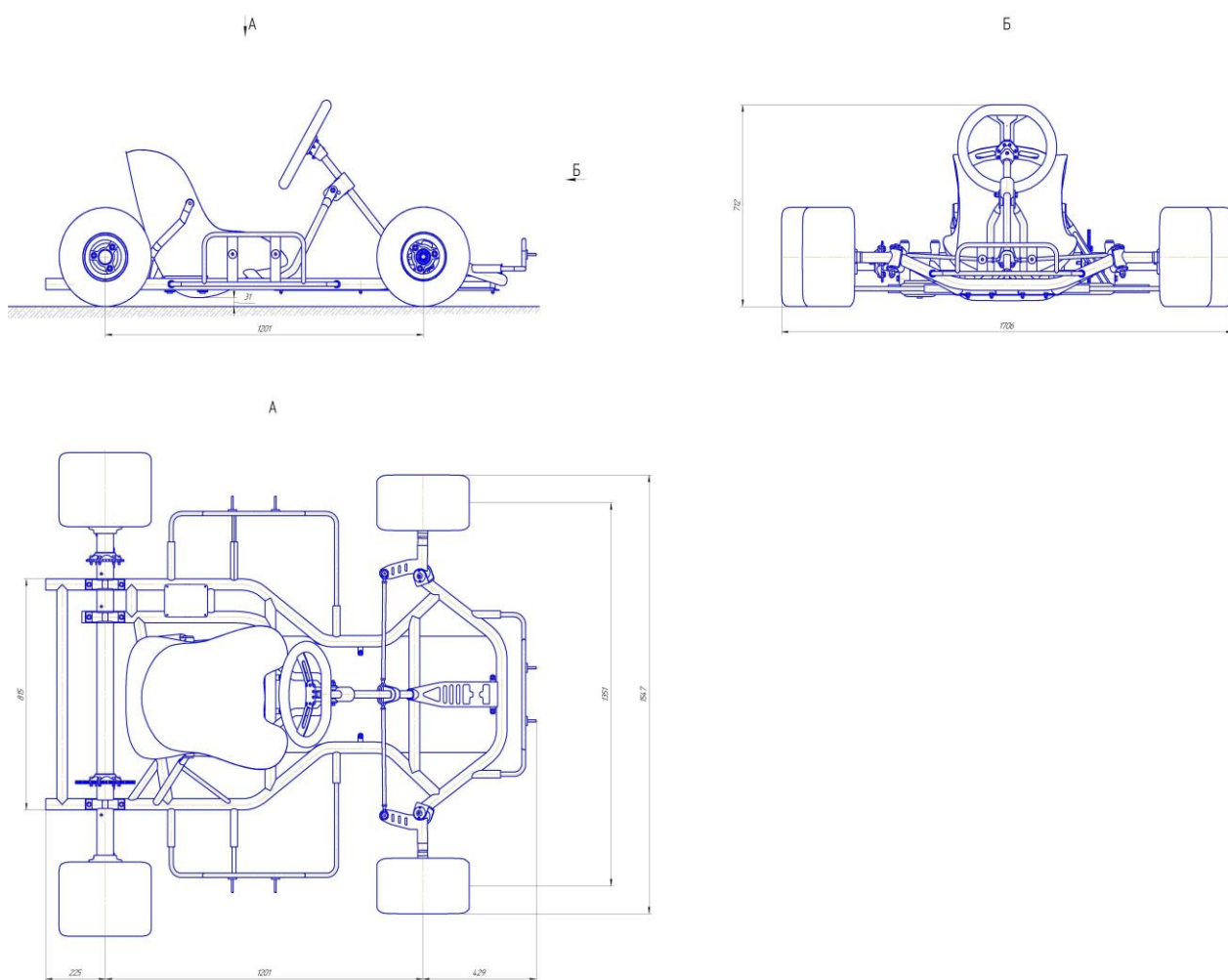


Рисунок 10 – Общая компоновка электрического картинга

3.3 Конструкторские расчеты

«Так как никель-металлогидридный и никель-кадмиевый аккумуляторы имеют значительно меньшую плотность энергии на единицу массы, чем литий-ионный и литий-железо-фосфатный аккумуляторы, их в процессе подбора не рассматриваем» [7].

При средней скорости 45 км/час и дальности хода 35 км требуемое время хода 0,77 часа чистого времени.

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

$$Q = N_{\Pi} \cdot t, \quad (25)$$
$$Q = 4325 \cdot 0,77 = 3330,25 \text{ Дж.}$$

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

$$I_{\text{отд}} = \frac{N_{\Pi}}{U}, \quad (26)$$
$$I_{\text{отд}} = \frac{4325}{48} = 90,1 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (27)$$
$$C = \frac{3330,25}{48} = 69,4 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем с небольшим запасом аккумуляторную батарею LiFePO₄, 48 В-72 А·ч в герметичном корпусе из ABS пластика, класс защиты IP65, собрана на основе призматиков 3,2 В-12 А·ч (рисунок 11) с возможностью рекуперации.



Рисунок 11 – Аккумуляторная батарея LiFePO₄, 48В-72 А·ч

Технические характеристики аккумуляторной батареи представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики аккумуляторной батареи

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В),	360×200×150
Масса, кг	11
Класс защиты	IP65
Корпус	ABS пластик
Напряжение, В	48
Ёмкость, А·ч	24
BMS	встроенное
Количество циклов зарядки, раз	>2000
Максимальный непрерывный ток разряда, А	40
Максимальный непрерывный ток разряда, кВт	2
Зарядное устройство	на 5А (зарядка 4ч), либо быстрая зарядка 30А за 40мин

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

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического картинга. Выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [7].

Для сборки электрического картинга предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид транспортного средства не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

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

Определяем такт выпуска:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (28)$$

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

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт.

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{200} = 1242 \text{ мин.}$$

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

Технологическая схема сборки электрического картинга представлена в графической части ВКР.

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

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 14), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 14 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Подсборка рамы	
Взять раму картинга в сборе	1
Осмотреть раму картинга в сборе	2
Установить раму картинга на сборочный стапель	2,3
Взять кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт.	0,2
Осмотреть кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт.	0,3
Приварить кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт. к раме	10
Взять кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.	0,3
Осмотреть кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.	0,5
Приварить кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.	15
Взять кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков	0,3
Осмотреть кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков	0,2
Приварить кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков на раму	10
Сборка привода задних колес	
Взять подшипниковую опору 3 шт.	0,3
Осмотреть подшипниковую опору 3 шт.	0,6
Установить подшипниковую опору 3 шт. в кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт. при помощи болтов 12 шт.	6
Взять вал	0,3
Осмотреть вал	0,4
Установить вал в подшипниковые опоры	3
Взять тормозной диск	0,3

Продолжение таблицы 14

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Осмотреть тормозной диск	0,4
Установить тормозной диск на вал при помощи шпонки	2
Взять шестерню	0,3
Осмотреть шестерню	0,4
Установить шестерню на вал при помощи шпонки	2
Взять ступицу 2 шт.	0,4
Осмотреть ступицу 2 шт.	0,5
Установить ступицу на вал при помощи шпонки	4
Сборка системы питания	
Взять аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48 В-72 А·ч в сборе	0,4
Установить аккумуляторную батарею на раму картинга	2
Взять контроллер НРС300Н для BLDC-мотора	0,3
Установить контроллер в районе аккумуляторной батареи	2
Взять электрические провода	0,3
Выполнить подключение контроллера и аккумуляторной батареи	15
Сборка рулевого управления	
Взять рулевой вал с рулевым колесом в сборе	0,8
Осмотреть рулевой вал с рулевым колесом в сборе	0,6
Установить рулевой вал с рулевым колесом в сборе в кронштейн с подшипником на раме и кронштейн с подшипником в нижней части картинга	7
Взять поворотный кронштейн	0,4
Осмотреть поворотный кронштейн	0,3
Приварить поворотный кронштейн к рулевому валу	10
Взять рулевую тягу 2 шт.	0,3
Осмотреть рулевую тягу 2 шт.	0,6
Установить конец рулевой тяги 2 шт. в поворотный кронштейн	4
Зафиксировать рулевую тягу 2 шт. при помощи болта 2 шт. и гайки 2 шт.	4
Взять поворотный кулак 2 шт.	0,3
Осмотреть поворотный кулак 2 шт.	0,6
Установить поворотный кулак 2 шт. на кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков и зафиксировать при помощи болтового соединения	10
Установить конец рулевой тяги 2 шт. в поворотный кулак 2 шт. и зафиксировать болтовое соединение 2 шт.	10
Общая сборка	
Взять сиденье	0,4
Осмотреть сиденье	0,6
Установить сиденье на раму при помощи винтов 2 шт.	5
Взять электродвигатель BLDC	0,3
Осмотреть электродвигатель BLDC	0,4
Установить электродвигатель BLDC на специальную площадку на раме при помощи винтов 4 шт.	8
Взять приводную цепь	0,3
Осмотреть приводную цепь	0,5

Продолжение таблицы 14

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню приводного вала	6
Взять колеса 4 шт.	2
Осмотреть колеса 4 шт.	0,8
Установить колеса 4 шт. при помощи гаек 12 шт.	6
Взять педальный узел	0,3
Осмотреть педальный узел	0,5
Установить педальный узел	25
Выполнить подключение электрических проводов электродвигателя с контроллером, педальным узлом	30
Провести регулировочные операции	40
Выполнить проверку электрической части картинга	60
Выполнить испытания собранного картинга	120
Итого:	438

4.2 Определение трудоемкости сборки

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

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

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

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

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, которая принимается в диапазоне от 4 до 6%, принимаем 5%» [3].

$$t_{ит}^{общ} = 1242 + 1242 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 1341,36 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки электрического картинга

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 15.

Таблица 15 – Технологический процесс сборки электрического картинга

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
Подборка рамы					
005	Сборочная	1	Взять раму картинга в сборе	Сварочный аппарат, электрическая дрель, молоток, углошлифовальная машина, шуруповерт, плоскогубцы	42,1
		2	Осмотреть раму картинга в сборе		
		3	Установить раму картинга на сборочный стапель		
		4	Взять кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт.		
		5	Осмотреть кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт.		
		6	Приварить кронштейн для крепления поворотных кулаков 2 шт. к раме		
		7	Взять кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.		
		7	Осмотреть кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.		
		8	Приварить кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт.		
		9	Взять кронштейн 2 шт. крепления поворотных		

Продолжение таблицы 15

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
			кулаков		
		18	Осмотреть кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков		
		19	Приварить кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков на раму		
Сборка привода задних колес					
010	Сборочная	1	Взять подшипниковую опору 3 шт.	Набор головок, гаечных ключей, отверток, молоток, шуруповерт, плоскогубцы	20,9
		2	Осмотреть подшипниковую опору 3 шт.		
		3	Установить подшипниковую опору 3 шт. в кронштейн крепления подшипниковой опоры 3 шт. при помощи болтов 12 шт.		
		4	Взять вал		
		5	Осмотреть вал		
		6	Установить вал в подшипниковые опоры		
		7	Взять тормозной диск		
		8	Осмотреть тормозной диск		
		9	Установить тормозной диск на вал при помощи шпонки		
		10	Взять шестерню		
		11	Осмотреть шестерню		
		12	Установить шестерню на вал при помощи шпонки		
		13	Взять ступицу 2 шт.		
		14	Осмотреть ступицу 2 шт.		
		15	Установить ступицу на вал при помощи шпонки		
Сборка системы питания					
015	Сборочная	1	Взять аккумуляторную батарею LiFePO ₄ , 48 В-72 А·ч в сборе	Набор головок, гаечных ключей, отверток, молоток,	20

Продолжение таблицы 15

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		2	Установить аккумуляторную батарею на раму картинга	шуруповерт, плоскогубцы, бокорезы	
		3	Взять контроллер НРС300Н для BLDC-мотора		
		4	Установить контроллер в районе аккумуляторной батареи		
		5	Взять электрические провода		
		6	Выполнить подключение контроллера и аккумуляторной батареи		
Сборка рулевого управления					
020	Сборочная	1	Взять рулевой вал с рулевым колесом в сборе	Сварочный аппарат, электрическая дрель, молоток, углошлифовальная машина, шуруповерт, плоскогубцы	48,9
		2	Осмотреть рулевой вал с рулевым колесом в сборе		
		3	Установить рулевой вал с рулевым колесом в сборе в кронштейн с подшипником на раме и кронштейн с подшипником в нижней части картинга		
		4	Взять поворотный кронштейн		
		5	Осмотреть поворотный кронштейн		
		6	Приварить поворотный кронштейн к рулевому валу		
		7	Взять рулевую тягу 2 шт.		
		8	Осмотреть рулевую тягу 2 шт.		

Продолжение таблицы 15

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		9	Установить конец рулевой тяги 2 шт. в поворотный кронштейн		
		10	Зафиксировать рулевую тягу 2 шт. при помощи болта 2 шт. и		
		11	гайки 2 шт.		
		12	Взять поворотный кулак 2 шт.		
		13	Осмотреть поворотный кулак 2 шт.		
		14	Установить поворотный кулак 2 шт. на кронштейн 2 шт. крепления поворотных кулаков и зафиксировать при помощи болтового соединения		
		15	Установить конец рулевой тяги 2 шт. в поворотный кулак 2 шт. и зафиксировать болтовое соединение 2 шт.		
Общая сборка					
025	Сборочная	1	Взять сиденье	Набор головок, гаечных ключей, отверток, молоток, шуруповерт, плоскогубцы, бокорезы	86,1
		2	Осмотреть сиденье		
		3	Установить сиденье на раму при помощи винтов 2 шт.		
		4	Взять электродвигатель BLDC		
		5	Осмотреть электродвигатель BLDC		
		6	Установить электродвигатель BLDC на специальную площадку на раме при помощи винтов 4 шт.		
		7	Взять приводную цепь		
		8	Осмотреть приводную		

Продолжение таблицы 15

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
			цепь		
		9	Установить приводную цепь на звездочку электродвигателя и шестерню приводного вала		
		10	Взять колеса 4 шт.		
		11	Осмотреть колеса 4 шт.		
		12	Установить колеса 4 шт. при помощи гаек 12 шт.		
		13	Взять педальный узел		
		14	Осмотреть педальный узел		
		15	Установить педальный узел		
		16	Выполнить подключение электрических проводов электродвигателя с контроллером, педальным узлом		
030	Регулировочная	1	Провести регулировочные операции	Мультиметр, набор гаечных ключей, головок	220
		2	Выполнить проверку электрической части картинга		
		3	Выполнить испытания собранного картинга		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического картинга.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки электрического картинга

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса сборки электрического картинга составлен технологический паспорт, представленный в таблице 16.

Таблица 16 – Технологический паспорт технологического процесса сборки электрического картинга

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка электрического картинга	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического картинга. 4 Испытание электрического картинга	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, набор головок, дрель, молоток, плоскогубцы, сварочный аппарат, станки токарный, фрезерный, набор отверток, углошлифовальная машина	Перчатки, смазочные материалы, сварочные электроды, грунт, акриловая краска, обезжириватель, растворитель отрезные круги

5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

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

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

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при сборке электрического картинга представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка электрического картинга. 4 Испытание электрического картинга	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей электрического картинга	Элементы конструкции электрического картинга
	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель
	Повышенный уровень шума	Работающее оборудование
	Отсутствие или недостаток	Недостаточное количество окон,

Продолжение таблицы 17

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

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических

нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [15].

«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» [11].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также

укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) Российской Федерации» [26].

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

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [11].
«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 (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [23].
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [11].
«Возможность поражения инструктажа по работе с электрическими установками, применение»	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [25].

Продолжение таблицы 18

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
заземляющего устройства		
Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Использование мощной вытяжки, применение безопасных красок, внедрение автоматизированных окрасочных линий	Респиратор дыхания, костюм индивидуальной защиты
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [26]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26]. 	–
«Монотонность труда, вызывающая монотонию	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. 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 	–

Продолжение таблицы 18

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>(положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [11].</p> <ul style="list-style-type: none"> – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии) в структуру режима труда и отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции; 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, 	

Продолжение таблицы 18

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	ведение записей в журнале» [9]. – «выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина; – установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [10].	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 19).

Таблица 19 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Производственное помещение	Технологическое оборудование, применяемое в производственном помещении	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [10].

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для

тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

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

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

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

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

сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [22].

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического картинга представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке электрического картинга

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» [11]
«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» [28]
«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» [11]
«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» [29].
«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» [15]
«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» [28]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки электрического картинга

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки электрического картинга и сведем их в таблицу 21.

Таблица 21 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка электрического картинга»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, пары акриловой краски, растворителя, обезжиривателя	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель, грунт	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка, остатки от отрезных кругов, электродов» [29].

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

- атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые и коммунальные отходы сортируются и перерабатываются или сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [1].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

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

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции электрического картинга воспользуемся формулой:

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

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [14].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

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

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [14].

В таблице 22 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 22 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама картинга из стандартного проката	Ст3	57	57	78,8	4491,6
Итого:	–	–	–	–	4491,6

$$C_{к.д} = 57 \cdot 78,8 = 4491,6 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

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

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

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [14].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

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

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей: кронштейн крепления двигателя – 2 шт., поворотный кулак – 2 шт., задний вал – 1 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: кронштейн крепления двигателя – 0,9 чел.-ч., задний вал – 1,8 чел.-ч., поворотный кулак – 2 чел.-ч.

$$t = (2 \cdot t_{\text{кронштейн}} + 2 \cdot t_{\text{поворотный кулак}} + 1 \cdot t_{\text{вал}}),$$

$$t = 2 \cdot 0,9 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 1,8 = 7,6 \text{ чел.-ч.}$$

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

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [14].

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

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [14].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$ р./ч.

$$C_{\text{ПР}} = 7,6 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1155,33 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (35)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 1155,33 / 100 = 115,53 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (36)$$

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (1155,33 + 115,53) / 100 = 381,25 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma \text{ПР}} = 1155,33 + 115,53 + 381,25 = 1652,11 \text{ р.}$$

В таблице 23 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 23 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1155,33
Дополнительная заработная плата	115,53
Начисления на заработную плату	381,25
Итого:	1652,11

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

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

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [14].

В таблице 24 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 24 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Кронштейн крепления двигателя	Сталь 45	2	3	78,8	236,4
Задний вал	Ст3	1	2,5	64,8	162
Поворотный кулак	Сталь 40	2	6	74,6	447,6
Итого:	–	–	–	–	846

$$C_M = 3 \cdot 78,8 + 2,5 \cdot 64,8 + 6 \cdot 74,6 = 846 \text{ р.}$$

$$C_{O,д} = 1155,33 + 846 = 2001,33 \text{ р.}$$

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

$$C_{CB,П} = C_{CB} + C_{д,CB} + C_{соц,CB}, \quad (38)$$

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

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

$C_{соц,CB}$ – страховые взносы в фонды, р» [14].

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

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

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

Значение определяем по формуле:

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

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

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [14].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 10 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 9 = 11,25 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 11,25 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1710,19 \text{ р.,}$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 1710,19 = 171,01 \text{ р.,}$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (1710,19 + 171,01) = 564,36 \text{ р. ,}$$

$$C_{СБ.П} = 1710,19 + 171,01 + 564,36 = 2446,27 \text{ р.}$$

В таблице 25 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 25 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1710,19
Дополнительная заработная плата	171,01
Страховые взносы в фонды	564,36
Итого	2446,27

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

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

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

R_{OP} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [14].

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

Подставив числовые значения в формулу (42) получим:

$$C'_{PP} = 1155,33 + 1710,19 = 2865,52 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(2865,52 \cdot 15)}{100} = 429,83 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: аккумуляторную батарею 1 – шт., тяговый электродвигатель – 1 шт., контроллер – 1 шт., педальный узел – 1 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 26 [12].

Таблица 26 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Аккумуляторная батарея	1	8200	8200
Тяговый электродвигатель	1	13500	13500
Электрические провода (пучок)	1	2100	2100
Контроллер	1	7500	7500
Педальный узел	1	2700	2700
Болт	28	4,2	117,6
Гайка	24	3,2	76,8
Шайба	20	2,1	42
Грунт-эмаль	1	740	740
Краска-эмаль по металлу	1	2230	2230
Разное	–	–	2900
Итого:			40106,4

$$C_{ИД} = 8200 + 13500 + 2100 + 7500 + 2700 + 117,6 + 76,8 + 42 + 740 + 2230 + 2900 = 40106,4 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 27.

$$C_{КОИ} = 4491,6 + 2001,33 + 2446,27 + 429,83 + 40106,4 = 49475,43 \text{ р.}$$

Таблица 27 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	4491,6
Затраты на изготовление оригинальных деталей	2001,33
Затраты на сборку	2446,27
Общепроизводственные накладные расходы	429,83
Стоимость покупных изделий (деталей)	40106,4
Итого:	49475,43

Общие затраты на изготовление конструкции электрического картинга равны 49475,43 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

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

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. [14];

$$\mathcal{E}_Г = 95000 - 49475,43 = 45524,57 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

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

$$O_{OK} = \frac{49475,43}{45524,57} = 1,08 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

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

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 45524,57 - 0,15 \cdot 49475,43 = 38103,25 \text{ р.}$$

В таблице 28 представлены основные показатели проекта.

Таблица 28 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	95000	49475,43
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	45524,57
Экономический эффект	р.	–	38103,25
Срок окупаемости	год	–	1,08

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки конструкции электрического картинга с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции электрического картинга составляет 49475,43 р., срок окупаемости равен 1,08 года, что является допустимым для данной конструкции.

Разработанная конструкция электрического картинга может быть интересна как для личного использования, так и коммерческого применения в сфере проката.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция электрического картинга.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрена история развития картинга, а также конструкции популярных электрических картингов от лучших мировых производителей, представленных на рынке;
- выполнен тягово-динамический расчет электрического картинга;
- составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции электрического картинга. Разработанная конструкция электрического картинга проста в изготовлении и сборке, составляющие элементы конструкции доступны в продаже и легко заменяемы в случае ремонта, транспортное средство обладает оптимальными технико-экономическими характеристиками;
- выполнены конструкторские расчеты по подбору аккумуляторной батареи;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки электрического картинга;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки электрического картинга с экономической стороны. Стоимость изготовления составляет 49475,43 р., что значительно дешевле вариантов электрических картингов представленных на рынке.

Разработанная конструкция электрического картинга может быть интересна как для личного использования, так и коммерческого применения в сфере проката.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автомобильный спорт [Текст] / Российская автомобильная федерация. - Москва : Российская автомобильная федерация, 2014-. - 20 см. 2014, 7: Картинг. - 2014. - 96 с.

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

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

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

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

6 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по

направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-"Прикладная механика", 23.03.03 (23.04.03)-"Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 23.03.01 (23.04.01)-"Технология транспортных процессов", 23.03.02 (23.04.02)-"Наземные транспортно-технологические комплексы", 23.05.01-"Наземные транспортно-технологические средства" / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

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

8 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.

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

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

11 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.

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

13 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.

14 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный

технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

15 Карпухин К. Е. . Этапы развития транспортных средств на электрической тяге в России и мире [Текст] : монография / К. Е. Карпухин, В. Н. Кондрашов, А. С. Теренченко ; Государственный научный центр Российской Федерации, Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ". - Москва : НАМИ, 2018. - 306 с.

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

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

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

19 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-

технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

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

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

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

23 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

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

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

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

27 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет,

Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

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

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

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

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

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

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

Приложение А
Спецификация

Лист №		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	кол	Примечание
Лист 1						<i>Документация</i>		
A4					22.ДП.ПЭА.159.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A0					22.ДП.ПЭА.159.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
Лист 2						<i>Сборочные единицы</i>		
A1	1				22.ДП.ПЭА.159.61.01.000	Рама	1	
	2				22.ДП.ПЭА.159.61.02.000	Колесо заднее	2	
	3				22.ДП.ПЭА.159.61.03.000	Колесо переднее	2	
	4				22.ДП.ПЭА.159.61.04.000	Рулевое управление	1	
	5				22.ДП.ПЭА.159.61.05.000	Подвеска задняя	1	
	6				22.ДП.ПЭА.159.61.06.000	Привод задних колес	1	
	7				22.ДП.ПЭА.159.61.07.000	Аккумуляторная батарея	1	
	8				22.ДП.ПЭА.159.61.08.000	Тормозной суппорт	1	
	9				22.ДП.ПЭА.159.61.09.000	Звездочка в сборе	1	
Лист 3						<i>Детали</i>		
	10				22.ДП.ПЭА.159.61.00.010	Цепь	2	
	11				22.ДП.ПЭА.159.61.00.011	Подшипниковая опора	3	
	12				22.ДП.ПЭА.159.61.00.012	Пол	1	
	13				22.ДП.ПЭА.159.61.00.013	Сиденье	1	
Лист 4					22.ДП.ПЭА.159.61.00.000			
Изм. №		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Забродин				Лит.	Лист	Листов
Проб.		Турбин						1
Н.контр.		Турбин				Электрический картинг		
Утв.		Байраковский				ТГУ, ИМ, гр. АТС-1701б		
						Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на электрический картинг