

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 прогулочного транспортного средства с питанием от
солнечной энергии

Обучающийся

И.В. Башкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

(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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии».

Цель дипломного проекта – разработка конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 95 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 создания автомобилей на солнечной энергии, изучены конструкции автомобилей на солнечной энергии.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчет прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

В третьем разделе составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии, выполнен подбор электрооборудования.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

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

В шестом разделе определена эффективность разработки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии с экономической стороны.

Abstract

The title of the graduation work is: «The construction development of a solar-powered pleasure car».

The aim of the work is to develop the design of a solar-powered pleasure car.

The graduation work consists of an explanatory note on 95 pages, which includes 6 parts, introduction, conclusion, list of references, and attachments.

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.

In the first part the history of the creation of solar-powered vehicles is considered. The solar-powered car designs are studied.

The second part presents the calculation of traction-dynamic properties of the solar-powered pleasure car.

In the third part we prepare the terms of reference and the technical proposal for the development of the solar-powered pleasure car. We also select the electrical equipment.

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 solar-powered pleasure car.

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

Finally, in the last part of graduation work we present the economic efficiency of the developed solar-powered pleasure car.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 История создания автомобилей на солнечной энергии	7
1.2 Конструкция автомобилей на солнечной энергии.....	10
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	23
3 Конструкторская часть	32
3.1 Техническое задание на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	32
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	35
3.3 Подбор электрооборудования.....	43
4 Технологический раздел.....	56
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	56
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	59
4.3 Составление технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	60
5 Безопасность и экологичность проекта	66
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	66
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	66
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	68
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	72
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	74
6 Экономическая эффективность проекта.....	77
Заключение	86
Список используемой литературы и используемых источников.....	88
Приложение А. Спецификация.....	95

Введение

«Электромобили, солнцемобили, солнечные велосипеды, электромоторные суда с солнечными батареями – все эти экологически чистые транспортные средства появились всего лет 15–20 назад. За прошедшие годы электромобили перестали быть редкостью. Они находят все большее применение, особенно в крупных городах, перенасыщенных автотранспортом» [31].

Специалисты полагают, что «солнечный транспорт» станет всерьез конкурировать с автомобильным, когда эффективность доступных по цене солнечных элементов (фотоэлектрических преобразователей) составит 40–50 % [2, 3]. Пока же их КПД всего 10–12 % [1, 2]. Чтобы солнцемобили с мощностью солнечных батарей 1,5-2 кВт «догнали» автомобили с двигателями в 100 раз мощнее, необходимо использовать легкие и прочные конструкционные материалы, эффективные системы электропривода, достижения аэродинамики, гелио- и электротехники, электроники и других наук.

Электрические автомобили с солнечной батареей представляют собой достаточно мобильные малоразмерные экологически безопасные транспортные средства, которые в качестве движущей силы используют солнечную энергию и используются, в основном, для перемещения пассажиров на незначительные расстояния.

Электрокары на солнечных батареях формируются на базе шасси с двумя колёсными мостами. Изделия имеют отличительную конструктивную особенность, которая заключается в наличии солнечных батарей на крышах салонов. В основном солнечные батареи устанавливаются на гольф-кары, что, при наличии солнечного света, значительно улучшает их возможности (10-15%). Солнечная панель 48V/185W существенно продлевает срок эксплуатации аккумуляторов, так как держит зарядку АКБ в малом токе. Внутри, как правило, устанавливается два, четыре или шесть

комфортабельных кресел, одно из которых предназначено водителю, а их задняя пара развёрнута спиной к направлению следования. В задней части машин оборудуются небольшие багажные отсеки. Салон открытого типа, дверей в кузове не имеется.

Электромобиль с солнечными батареями прост и надёжен в управлении, при этом выпускаются модели с правосторонним или левосторонним расположением рулевой колонки.

Целью ВКР является разработка конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

1 Состояние вопроса

1.1 История создания автомобилей на солнечной энергии

«31 августа 1955 года небольшой автомобиль – всего 15 дюймов (38 см) в длину – стал главной достопримечательностью автошоу General Motors Powerama в Чикаго. Это была не игрушка, а первый в истории автомобиль на солнечной энергии. Точнее, футуристическая миниатюра, в которой была предпринята попытка заложить основу будущего, где автомобили будут работать за счет чистого, неисчерпаемого источника энергии – солнца.

Идея о том, что автомобили могут функционировать исключительно на солнечной энергии, набирает обороты в наши дни, когда борьба с климатическим кризисом стоит первым пунктом на повестке дня. Одним из её основных направлений является переосмысление того, как люди передвигаются» [27].

«Первая модель солнечного автомобиля не была легковой машиной по общепринятым меркам – всего лишь образцом. Детище Уильяма Г. Кобба, сотрудника General Motors, получило название Sunmobile и демонстрировало 12 фотоэлементов, прикрепленных к крыше и вырабатывающих энергию, необходимую для передвижения маленького транспортного средства. Реализовать эту концепцию в жизни было невозможно, потому что максимальной мощности, производимой солнечными панелями, было недостаточно для работы любого из автомобилей той эпохи, но Sunmobile нарисовал картину того, куда может двигаться автомобильная промышленность. Это был первый из многих прототипов» [28].

Первая «солнечная» модель в натуральную величину появилась несколько лет спустя – в 1960-м. Американская компания International Rectifier преобразовала Baker Electric 1912 года выпуска в автомобиль на солнечной энергии, способный разогнаться до 20 км/ч и двигаться три часа.

«Bluebird, построенный Эдом Пассенери в 1977-м, многие считают первым настоящим солнечным транспортным средством. У экспериментальной модели было три колеса, и она могла двигаться за счет энергии, создаваемой фотоэлектрическими элементами, без использования батареи.

В 1982 году The Quiet Achiever стал первым автомобилем на солнечных батареях, способным преодолевать большие расстояния. Он проехал 4000 км, путешествуя от западного побережья Австралии до восточного, на что ушло чуть меньше 20 дней.

1980-е годы ознаменовались главным испытанием транспортных средств на солнечной энергии – гонками. В 1985 году в Швейцарии были проведены первые официальные соревнования автомобилей на солнечных батареях Tour de Sol» [30].

«Самую известную гонку на сегодняшний день – World Solar Challenge – впервые провели в 1987 году. Теперь это мероприятие проводится раз в два года, а главными участниками являются университетские и корпоративные команды. Между собой состязаются солнечные автомобили, покрытые энергетическими панелями (обычно это один квадрат) и двигающиеся на 3-4 миниатюрных колесах. Они больше похожи на бобслейные, чем на легковые, но это чудо современной инженерии способно развивать скорость свыше 80 км/ч при меньшем потреблении энергии, чем фен. Такая техника далека от работоспособного аналога современных автомобилей, но позволяет анализировать и совершенствовать технологии.

Подобный конкурс регулярно проводится и в Австралии, собирая более 50 международных команд из десятков стран.

У истоков этих соревнований стоял Ханс Толstrup. Электромобили проезжают через всю Австралию по маршруту Дарвин – Аделаида.

Требования к участникам следующие:

- ёмкость аккумуляторных батарей ограничена суммарным значением 5 кВт/ч;

- передвижение осуществляется в период с 8:00 до 17:00 часов;
- масса водителя не меньше 80 килограмм. В противном случае к авто подвешивается балласт; Команда участников состоит из 2-4 водителей.

Интересна статистика этого соревнования и постепенное улучшение характеристик электромобилей. В 2011 году участие в гонках приняли 37 команд. До финиша дошли только семь. Тогда победили японцы, второе место заняли голландцы, третье - США. Японский кар Tokai Challenger 2 преодолел трассу чуть меньше, чем за 33 часа. Скорость в среднем была около 92 километров в час. Через два года в соревнования победили голландцы на семейном автомобиле Stella,. Их автомобиль разогнался на трассе до 110 километров в час» [29].

«Но за пределами гоночного мира фотоэлектрические элементы пока не получили широкого распространения на авторынке.

Основными препятствиями являются:

- непомерно высокие затраты, связанные с внедрением технологии;
- пространство, ограничивающее количество размещенных на автомобиле панелей;
- расстояние, которое автомобиль способен проехать;
- скорость, которую он может развить.

Достоинства:

- солнечная энергия бесплатна;
- не требуется сеть заправочных станций;
- фотоэлементы имеют большой срок службы (до 30 лет);
- нет выбросов в атмосферу;
- использование таких авто стимулирует разработку передовых технологий в смежных сферах.

Недостатки:

- низкий КПД фотоэлектрических панелей (максимум 12—15%);

- высокая стоимость солнечных панелей;
- эффективность выработки электроэнергии зависит от времени суток и погоды;
- необходимо осуществлять накопление энергии от батарей» [30].

1.2 Конструкция автомобилей на солнечной энергии

«Конструкторы многих стран пытаются предугадать контуры солнцемобиля будущего. Японская компания Sanyo выпустила опытную партию открытых одноместных экипажей с солнечной панелью площадью $0,6 \text{ м}^2$, за 6 часов заряжающей никель-кадмиевую аккумуляторную батарею. Запас хода трехколесного транспортного средства весом 50 кг составляет 36 км, максимальная скорость - 24 км/ч. Компания Noxigiki Electric предлагает солнцемобиль «Феникс» с солнечной панелью мощностью 750 Вт и скоростью 40 км/ч.

Существуют примеры, когда солнцемобиль развивал скорость и более 100 км/ч. Трассу трансавстралийского ралли 1996 года протяженностью 3000 км двухместный солнцемобиль «Мечта» (рисунок 1) прошел со средней скоростью почти 90 км/ч, а на прямом скоростном участке достиг 135 км/ч» [1].

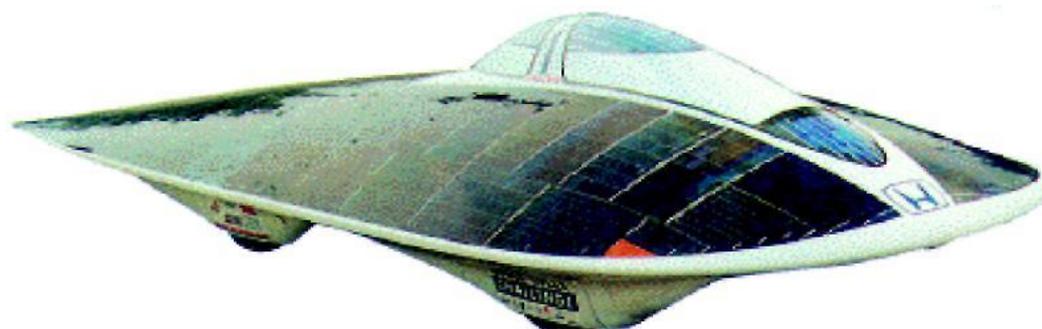


Рисунок 1 – Солнцемобиль-рекордсмен «Мечта»

«У солнцемобилей достигнут минимальный для наземных экипажей коэффициент аэродинамического сопротивления (0,1). Опыт концерна

General Motors при разработке рекордного солнцемобиля Sunracer (рисунок 2) использован в проектировании электромобиля Impact, серийное производство которого началось в 1996 г. Его скорость достигает 130 км/ч, до 100 км/ч он разгоняется за 9 с и на обычных свинцово-кислотных аккумуляторах проходит 100 км» [2].

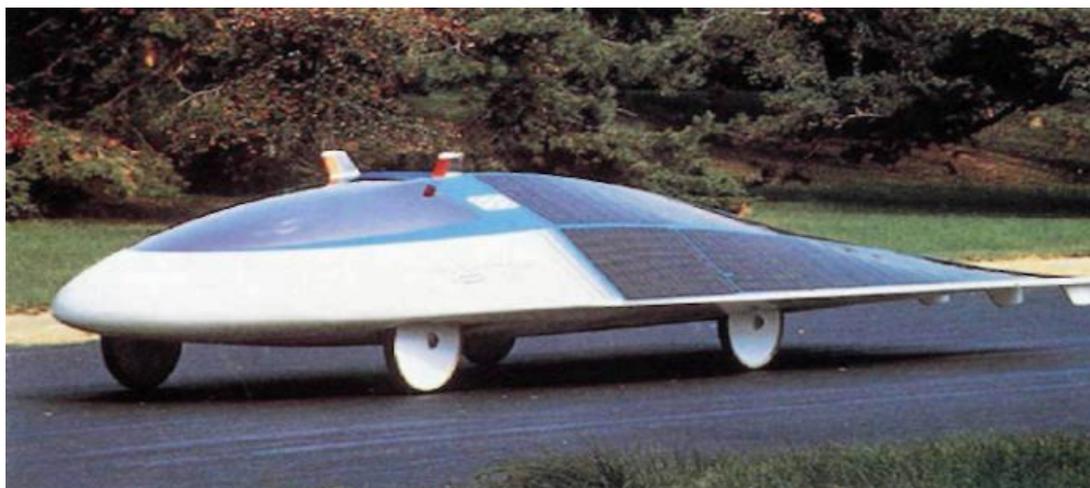


Рисунок 2 – Солнцемобиль Sunracer

«Автомобили, работающие на солнечной энергии, все еще находятся в стадии разработки, поэтому сильно отличаются друг от друга по внешнему виду, конструкции и основным параметрам. Главная общая закономерность – это наличие солнечных собирающих панелей, которые поглощают солнечный свет и преобразуют его в электричество.

В большинстве моделей это электричество накапливается в аккумуляторах, откуда оно поступает в электродвигатель, а тот вращает колеса. Конструкторы стремятся сделать солнечные автомобили такими, чтобы они могли с большей эффективностью использовать свои запасы энергии. Поэтому большинство подобных автомобилей изготовлено из легких материалов и имеют обтекаемую форму, чтоб уменьшить сопротивление ветра.

Теоретически солнечный автомобиль способен работать бесконечно долго, ведь ему не требуется иного топлива, кроме солнечного света. К тому

же он не производит никаких выбросов, то есть не портит природу. Однако у него есть большой недостаток: такой автомобиль не может двигаться ночью и при сплошной облачности. Сейчас специалисты работают над тем, чтобы преодолеть подобные ограничения» [3].

Рассмотрим компоновочную схему оборудования солнечного автомобиля (рисунок 3).

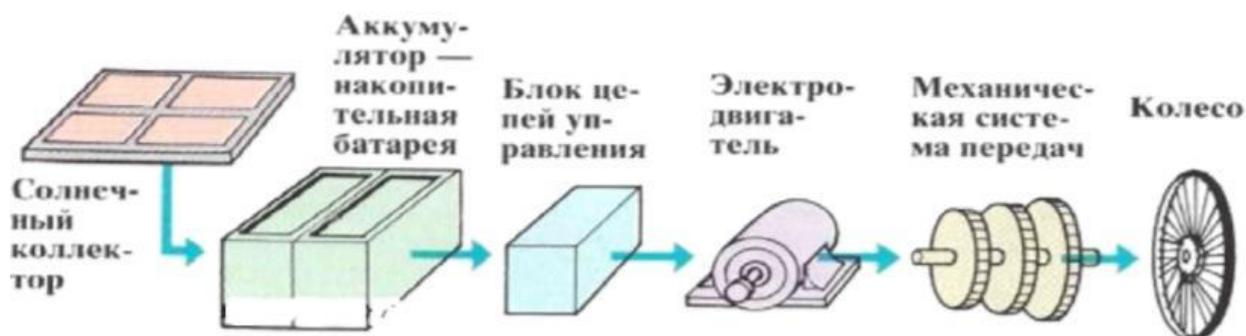


Рисунок 3 – Компоновочная схема оборудования

«Электричество, получаемое в панелях солнечных коллекторов, передается по проводам в накопительную батарею, то есть в аккумулятор. Аккумулятор питает электродвигатель, который вращает колесный вал и колеса.

Специальная система механической передачи, имеющая 12 скоростей, позволяет эффективно использовать энергию в разных дорожных условиях» [21].

Стандартная машина на солнечной батарее включает в себя следующие составные части и компоненты (рисунок 4):

- «солнечные панели с фотоэлементами;
- аккумулятор, накапливающий энергию, которая расходуется при слабом солнечном свете и в темное время суток;
- электрический двигатель, соединяющийся с ведущими колесами.

Уменьшение трансмиссионных компонентов позволяет максимально снизить потери мощности в промежуточных звеньях.

Как правило, в электромобилях используются агрегаты постоянного тока с низкими оборотами и КПД до 98%. Блок управления, перераспределяющий электричество, полученное от действия солнечной энергии. Часть тока затрачивается на движение, а другая часть поступает в аккумуляторную батарею и накапливается в ней» [4].

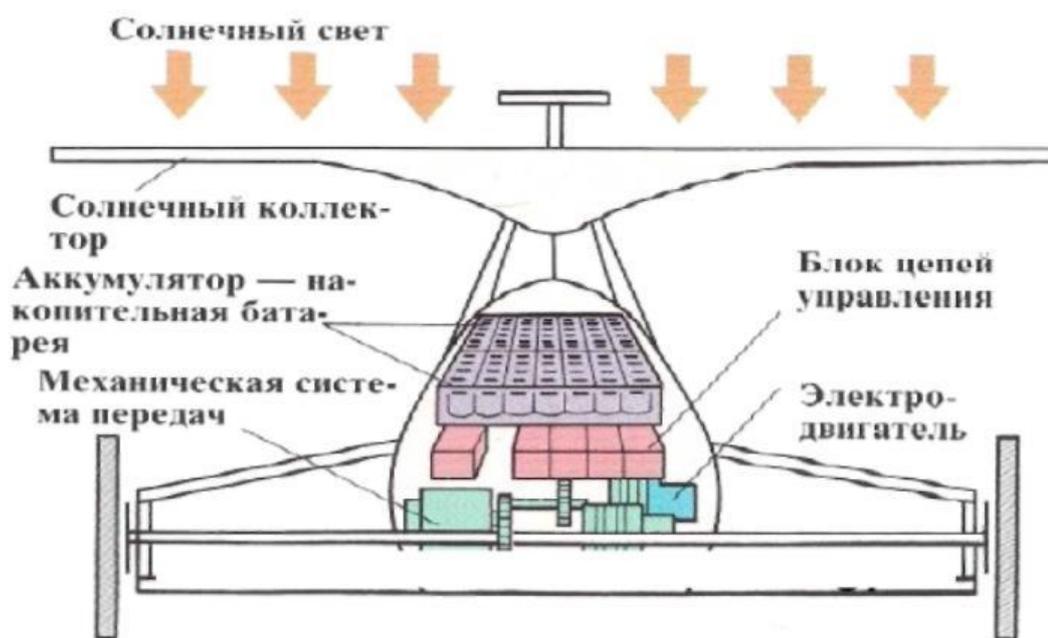


Рисунок 4 – Компоновка солнечного автомобиля

«Кроме того, данный блок регулирует сами панели, их параметры и функциональность, ориентирует относительно солнца, обеспечивает своевременное охлаждение. Современное шасси включает в себя инновационные колеса с минимальным коэффициентом сопротивления качению.

Каждый солнечный элемент солнечной батареи (рисунок 5) состоит из двух слоев кремния:

- Р-типа, то есть позитивный или положительный,
- N-типа, то есть негативный или отрицательный.

Когда свет попадает на такой элемент, он освобождает электроны в слое Р-типа, которые сами переходят в слой N-типа» [6].

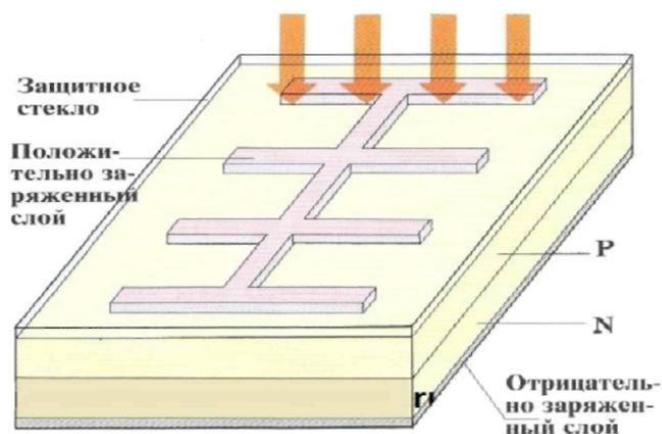


Рисунок 5 – Схема солнечной батареи

Солнечные батареи небольшой мощности на обычных автомобилях кондиционируют воздух в салонах и подзаряжают пусковые аккумуляторы на стоянках, питают радио- и телеаппаратуру, например, Coleman Solar Battery Charger (рисунок 6) как раз и предназначена для подзарядки аккумуляторной батареи.



Рисунок 6 – Солнечная батарея Colema Solar Battery Charger

«Это является простым и недорогим способом постоянно держать автомобильный аккумулятор на подзарядке. Для работы достаточно положить устройство на приборную панель или в другое место, освещенное солнцем, и подключить его к прикуривателю. После этого можно не бояться

разрядки аккумулятора от, например, работающих часов, радио или сигнализации при выключенном зажигании. Цена этого полезного для автомобилистов устройства – всего 30 долларов» [3].

В 2010 году создан фотоэлемент (рисунок 7), который можно «клеить» на любые поверхности – окна, стёкла автомобилей.

«Эта технология даёт возможность по-новому использовать кремний в устройствах для преобразования солнечной энергии в электрическую. Можно будет, например, тонировать автомобильные стекла. Этого устройства вполне достаточно и для работы GPS-навигатора или кондиционера автомобиля» [4].



Рисунок 7 – Солнечные батареи-наклейки на автомобильные стёкла

«В настоящее время имеется большое количество разнообразных батарей на основе солнечных элементов, в том числе появились в производстве элементы на гибкой пленочной основе (рисунок 8), что позволяет их размещать на поверхности, отличной от ровной, имеющей небольшую степень кривизны и малую массу и габариты. Коэффициент полезного действия таких элементов составляет около 17 %» [1].

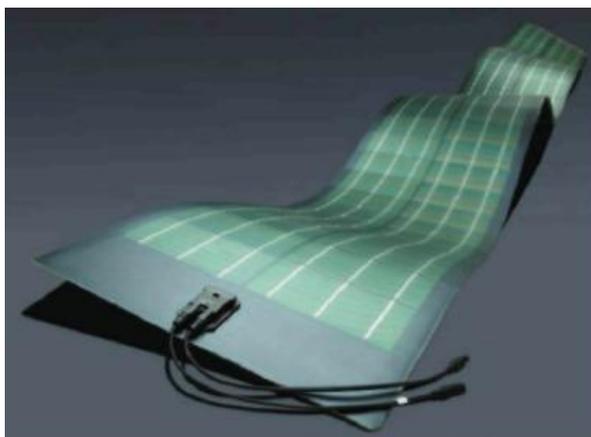


Рисунок 8 – Солнечный элемент на пленочной гибкой основе

Размещение таких элементов удобнее всего на крыше автомобиля (рисунок 9).

«Площадь крыши легкового автомобиля типа седан составляет в среднем $1,5 \text{ м}^2$. Размещая солнечные элементы такой площади, можно получать около 200 Вт. Средняя потребляемая мощность кондиционера 230 Вт. Получаемая мощность является недостаточной для полностью автономного питания кондиционера, но достаточной для поддержания необходимого температурного режима в салоне автомобиля во время стоянки и позволит дополнительно обеспечивать электроэнергией автомобиль во время движения, обеспечивая экономию топлива минимум на 8%» [11].

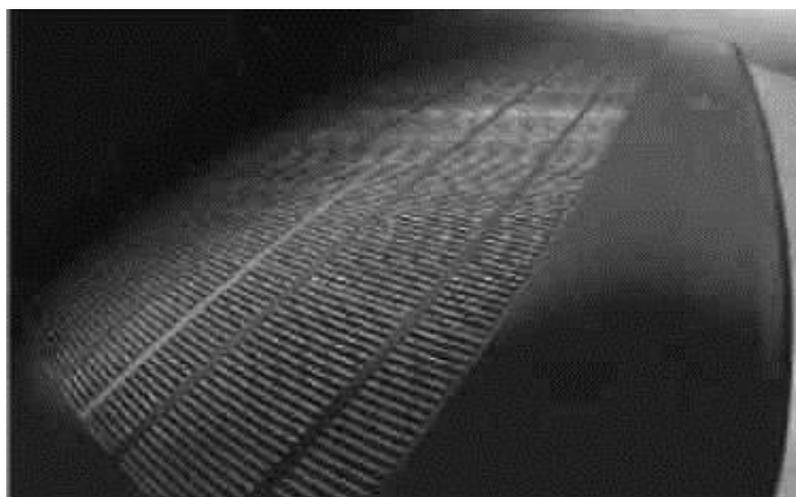


Рисунок 9 – Размещение элементов на гибкой пленочной основе на крыше автомобиля

«Ориентировочная стоимость устанавливаемого оборудования составит 750 долл. С учетом экономии 8% мощности двигателя или 0,8 л бензина на 100 км, средний пробег окупаемости составит 150 тыс. км (для сравнения – ресурс 1 млн. км для двигателя уже давно никого не удивляет). К тому же надо сказать, что уже сегодня некоторые модели Mercedes-Benz обзавелись опцией – люком в крыше, в который встроены солнечные батареи. Энергия, генерируемая ими, предназначена приводить в действие вентилятор, создающий прохладу в салоне при длительной стоянке автомобиля на солнцепеке.

Аналогичная система разработана BMW. Она состоит из 24 солнечных элементов, вырабатывающих 18 Вт электроэнергии. Этого достаточно для эффективной работы шести вентиляторов, равномерно размещенных по периметру крыши. Как показали испытания, принудительная вентиляция салона позволяет в жаркий день снизить температуру на 15 градусов, не используя энергию штатного аккумулятора» [18].

«Прогнозируется, что к 2050 году половина потребляемой в мире энергии будет добываться из альтернативных источников. Солнце – один из них. Еще в 1998 году в ходе работ над проектом гибридного автомобиля Duo компания Audi доказала, что на 4000 км ежегодного пробега эту машину способна обеспечить энергетическая установка, состоящая из 21 модуля солнечных батарей общей площадью 10 м², смонтированная на крыше гаража. Днем установка вырабатывает и накапливает энергию, а ночью идет зарядка батарей оставленного в гараже электромобиля» [2].

Критики от автоэкспертов в отношении использования солнечных панелей на электрокарах стало меньше, но работают над этой технологией не многие. Всего пара крупных представителей автомобильной промышленности — Toyota, Hyundai. А также ряд небольших стартапов со своими прототипами, такие как Sono Motor, Lightyear, K-car. Связано это как с удорожанием авто, так и с малым количеством возобновляемой энергии. С другой стороны себестоимость солнечных батарей регулярно снижается.

Рассмотрим конструкции электромобилей на солнечных батареях, представленные на рынке.

Выпуском электромобиля Astrolab (рисунок 10) занимаются специалисты компании Venturi. Максимальная скорость, которую развивает авто, составляет 120 км/ч. Пробег до 110 километров. На автомобиле закреплены фотогальванические элементы общей площадью 3,6 м². Стоимость автомобиля составляет больше 90 тысяч евро.



Рисунок 10 – Электромобиль Astrolab

«Как говорят конструкторы, таких параметров им удалось добиться благодаря усовершенствованному кузову автомобиля. Astrolab подобен гоночным болидам. Внутренняя часть машины выполнена в виде карбонового монокока для защиты водителя и пассажира» [30].

Ecletic (рисунок 11) является ещё одним гелиомобилем от Venturi. Мощность двигателя этого авто составляет 22 лошадиные силы. Для сравнения, у других авто на солнечных батареях мощность в среднем составляет одну лошадиная сила с двух квадратных метров панелей. Ecletic работает только от энергии солнца.

Конструкторы утверждают, что их творение пробегает на скорости 50 км/ч до 50 км. Если на улице непогода, то авто заряжается от электрической сети примерно за 5 ч.



Рисунок 11 – Электромобиль Ecletic

«Конструкторы из голландского технического университета Эйндховена называют концепт-кар Stella (рисунок 12) первым семейным гелиомобилем. В нём могут перемещаться до 4 человек. Салон комфортный и ездить в нём можно с удобством. В «Стелле» также есть довольно объёмный багажник. Кузов автомобиля выполнен из алюминия и углеволокна. Масса всего 380 кг при габаритах 4,5 на 1,65 м» [19].



Рисунок 12 – Электромобиль Stella

«Солнечные панели установлены на крыше. В системе управления предусмотрен «умный руль» и сенсорная панель. Stella может развивать скорость до 110 км/ч. В тёмное время суток на аккумуляторах автомобиль пробегает до 600 километров» [19].

Компания Hyundai представила электрический кроссовер Ioniq 5 (рисунок 13). Его аккумулятор позволяет проезжать на одном заряде до 480 километров, а на зарядку от 10 до 80 процентов у машины уходит 18 минут. Он также может быть оснащён крышей с солнечными панелями, пассивно заряжающей автомобиль. Электромобиль поддерживает 400- и 800-вольтную зарядку, и при использовании 350-киловаттного зарядного устройства он увеличивает заряд аккумулятора с 10 до 80 процентов за 18 минут. Кроме того, за пять минут он получает достаточно энергии на 100 километров езды по циклу WLTP. Ioniq 5 поддерживает зарядку в обе стороны и может заряжать другие автомобили или питать обычные электрические устройства и бытовую технику через два разъёма, имеющих мощность 3,6 киловатт.



Рисунок 13 – Электромобиль Hyundai Ioniq 5

Нидерландский стартап Squad Mobility представил солнечный двухместный электромобиль с одноименным названием (рисунок 14), который уже доступен для предварительного заказа со стартовой ценой от €5750.



Рисунок 14 – Электромобиль Squad Mobility

Солнечный электромобиль Squad Mobility размером с гольф-кар. Электромобиль сертифицирован в классе легких четырехколесных транспортных средств L6e и поэтому не относится к обычным легковым автомобилям.

Технические характеристики солнечного электромобиля Squad Mobility представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики солнечного электромобиля Squad Mobility

Параметр	Значение
Габариты (Д×Ш×В), мм	2000×1200×1600
Максимальная скорость, км/ч	45
Подвеска	независимая
Мотор	2 в передних колесах
Мощность	4 кВт (2×2 кВт) (L6)
Батарея	4-х портативный, сменный литий-ионный аккумулятор
Зарядка	солнечная энергия и 220 В
Дальность хода, км	100 +дополнительный пробег за счет солнечной батареи 20 км (летом в Европе)
Рекуперация	есть

Стандартная скорость электрокара ограничена на 45 км/ч, но в зависимости от спроса и регионального законодательства, также доступна версия со скоростью 80 км/ч.

В салоне 2 пассажира сидят рядом друг с другом, а сам кузов модели немного напоминает гольф-кар. Сзади есть полка и два аварийных сиденья, на которых могут сидеть двое детей ростом до 1,25 м спиной к направлению движения.

Заторы и парковка в городах – это растущая проблема во всем мире. Средний автомобиль имеет стационарную площадь около 10 м², что очень неэффективно использует скудное пространство в городских центрах. Площадь Squad Mobility составляет всего 2 м², или 1 м² на человека. 4 электромобиля могут легко припарковаться на 1 парковочном месте.

Солнечные элементы в крыше автомобиля способны генерировать электроэнергию для 9000 км в год.

В дополнение к 2-местной версии, Squad также разработал версии Cargo и Deliver для перевозки грузов в задней части автомобиля.

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрена история создания автомобилей на солнечной энергии, изучены конструкции автомобилей на солнечной энергии.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Для выбора комплектующих тяговой системы прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии, в целях обеспечения достаточной динамики и безопасности, выполним тягово-динамический расчет данного электромобиля.

За базовые параметры электромобиля принимаем данные электромобиля Squad Mobility. Базовые параметры электромобиля Squad Mobility приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Базовые параметры электромобиля Squad Mobility

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

«Определяем полную массу автомобиля по формуле:

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

где M_0 – снаряженная масса автомобиля, принимаем 400 кг;

M_q – масса человека, принимаем 80 кг;

M_6 – масса груза на одного человека, 10 кг;

n – количество людей в электромобиле» [25].

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

«Определяем статический радиус колеса по формуле:

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

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

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

H – высота профиля шины, принимаем 0,114 м» [25].

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

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

«Определяем коэффициент обтекаемости по формуле:

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

где ρ – плотность воздуха, принимаем 1,293 кг/м³» [25].

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

Определяем лобовую площадь автомобиля по формуле:

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

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

Определяем коэффициент сопротивления качению по формуле:

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

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

Определяем внешнюю скоростную характеристику необходимого электродвигателя.

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

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

где G_a – полный вес автомобиля;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. Для легких автомобилей коэффициент сопротивления дороги принимают равным коэффициенту качения при максимальной скорости и равен 0,0131» [25].

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

«На основании полученной мощности электродвигателя при наивысшей скорости электромобиля с учетом КПД трансмиссии можно подобрать электрический двигатель» [25].

Наиболее распространенным электрическим двигателем, используемым на небольших электромобилях типа гольф-кар является бесколлекторный, бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) модели НРМ3000В, с максимальной мощностью 3 кВт. Одного двигателя

будет не достаточно, а если использовать два таких электродвигателя, то динамичность автомобиля будет достаточно высокой.

На рисунке 15 представлены характеристики электрического двигателя НРМ3000В.

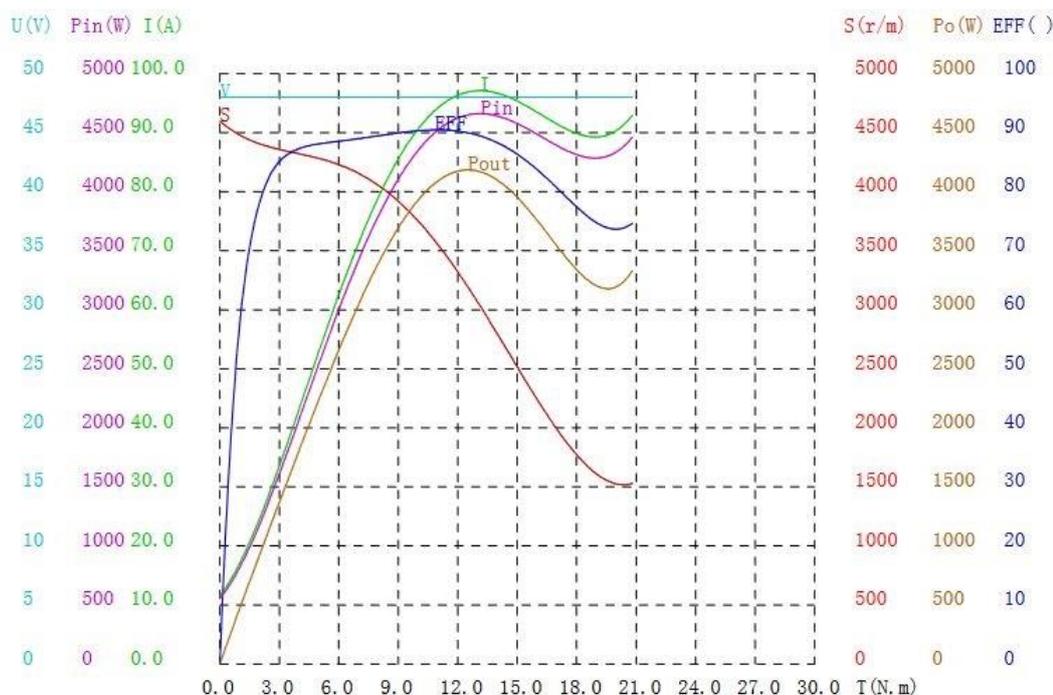


Рисунок 15 – Характеристика электрического двигателя НРМ3000В

«Определяем передаточное число главной передачи по формуле:

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

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

U_k – передаточное число коробки передач, так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач передаточное число равняется 1» [25].

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

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

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

где ϕ – сцепной вес автомобиля, определяется по формуле:

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

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

где λ_k – коэффициент сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием, равняется 0,8 для сухого асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии» [25].

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

Выполняем анализ тяговой динамики.

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

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

Определяем силу сопротивления воздуха по формуле:

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

Определяем силу сопротивления качению автомобиля по формуле:

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

Определяем суммарную силу сопротивления движению автомобиля по формуле:

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

Сводим результаты расчетов в таблицы 3 и 4.

Определяем динамический фактор по формуле:

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

Таблица 3 – Результаты расчета

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах, Н	Сила сопротивления, Н		
		P_e	P_o	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 4 – Зависимость сопротивления воздуха от скорости электромобиля

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

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

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

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

Выполняем анализ динамики разгона.

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

«Определяем ускорение по формуле:

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

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

где I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес» [25].

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

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

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс электродвигателя.

Принимаем, что $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 \div 0,05$ » [25].

Результаты расчетов ускорений и обратных ускорений $1/j$ сведены в таблицу 6.

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

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

Путь и время разгона 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 7 и 8.

Таблица 7 – 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 8 – 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:

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

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

N_f – мощность, затрачиваемая на качение колес;

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

N_B – мощность, затрачиваемая на сопротивление воздуха;

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

N_D – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема» [25].

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

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

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

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

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

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

Выводы по разделу. В разделе «Тягово-динамический расчет автомобиля» выполнен тягово-динамический расчет прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

Конструкторская разработка относится к области электротранспорта, а именно электромобилей типа гольф-кар, и может быть использована для разработки транспортного средства для проведения прогулок на территориях парковых комплексов, общественных пространств набережных, парков, скверов.

Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство типа гольф-кар, с полуоткрытым двухместным кузовом с лобовым стеклом, оснащенное подвеской, в передней части расположен рулевой механизм с двумя неприводными колесами, в задней части расположены два отдельных электрических двигателя, приводящих задние колеса, электрооборудование, на полу размещена сборка аккумуляторных батарей, на крыше размещена солнечная батарея.

Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии предназначено для передвижения по обычным дорогам, в летнее время года.

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.

«Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии должно состоять из металлической рамы, руля поворота передних колес, подвески, двух электродвигателей, расположенных в задней части, набора

аккумуляторных батарей, электрооборудования, солнечной панели на крыше» [3].

К конструкции прогулочного транспортного средств с питанием от солнечной энергии предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки двух человек;
- «должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям» [8];
- «в передней части должен быть выполнен рулевой механизм для поворота передних колес;
- транспортное средство должно быть выполнено с отдельным электрическим приводом на задние колеса, путем установки двух электродвигателей» [6];
- предусмотреть наличие систем управления электрооборудованием;
- на крыше транспортного средства должна быть расположена солнечная панель;
- «дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид» [17];
- «посадка и высадка водителя и пассажира должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации транспортное средство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только

эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов» [2];

- разработку конструкции выполнить в универсальной системе автоматизированного проектирования.

«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 1000;
 - 3) высота, не более мм 2100.
- тип привода задний, электрический, BLDC электродвигатель;
- количество двигателей, не более шт. 2;
- мощность двигателя, не более Вт 3000;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 400» [1].

«Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Использовать прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии 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 устройства должны быть упакованы в деревянные ящики, которые маркируются соответственным образом. Хранить устройство в собранном или разобранном виде в сухом помещении.

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 разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена» [18].

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии представляет собой рамное четырехколесное транспортное средство типа гольф-кар, с полуоткрытым двухместным кузовом с лобовым стеклом, оснащенное подвеской, в передней части расположен рулевой механизм с двумя неприводными колесами, в задней части расположены два отдельных электрических двигателя, приводящих задние колеса, электрооборудование, на полу размещена сборка аккумуляторных батарей, на крыше размещена солнечная батарея.

«Прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии должно иметь следующие технические показатели:

– габаритные размеры:

1) длина, не более мм 2000;

- 2) ширина, не более мм 1000;
- 3) высота, не более мм 2100.
- тип привода задний, электрический, BLDC электродвигатель;
- количество двигателей, не более шт. 2;
- мощность двигателя, не более Вт 3000;
- запас хода, не менее км 40;
- масса, не более кг 400» [1].

Проведенный поиск аналогов показал, что распространены конструкции четырехколесных транспортных средств, типа гольф-кар с электрическим приводом. Использование солнечной панели для зарядки аккумуляторов не найдено. Следовательно, конструкций, подпадающих под заданные технические требования не имеется.

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

«Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации:

- российские и зарубежные интернет-форумы,
- журналы на техническую тематику,
- техническую литературу» [4];

«Основными частями прогулочного транспортного средство с питанием от солнечной энергии являются:

- рама,
- подвеска,
- рулевое управление,
- электродвигатели,
- сборка аккумуляторных батарей,

- система управления электрооборудованием,
- солнечные панели» [11].

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов транспортного средства.

В первую очередь необходимо определиться с рамой прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов.

«Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 16, а) или профиля круглого сечения (рисунок 16, б).

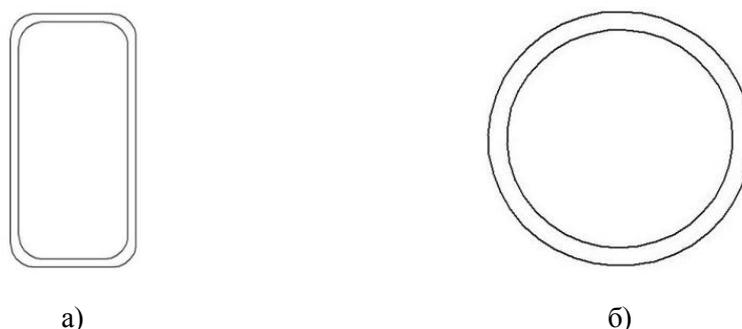


Рисунок 16 – Виды профиля для рамы

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 начинается

активно корродировать, причем окраска практически не предотвращает возникновение коррозии по сварному шву» [13].

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 17.

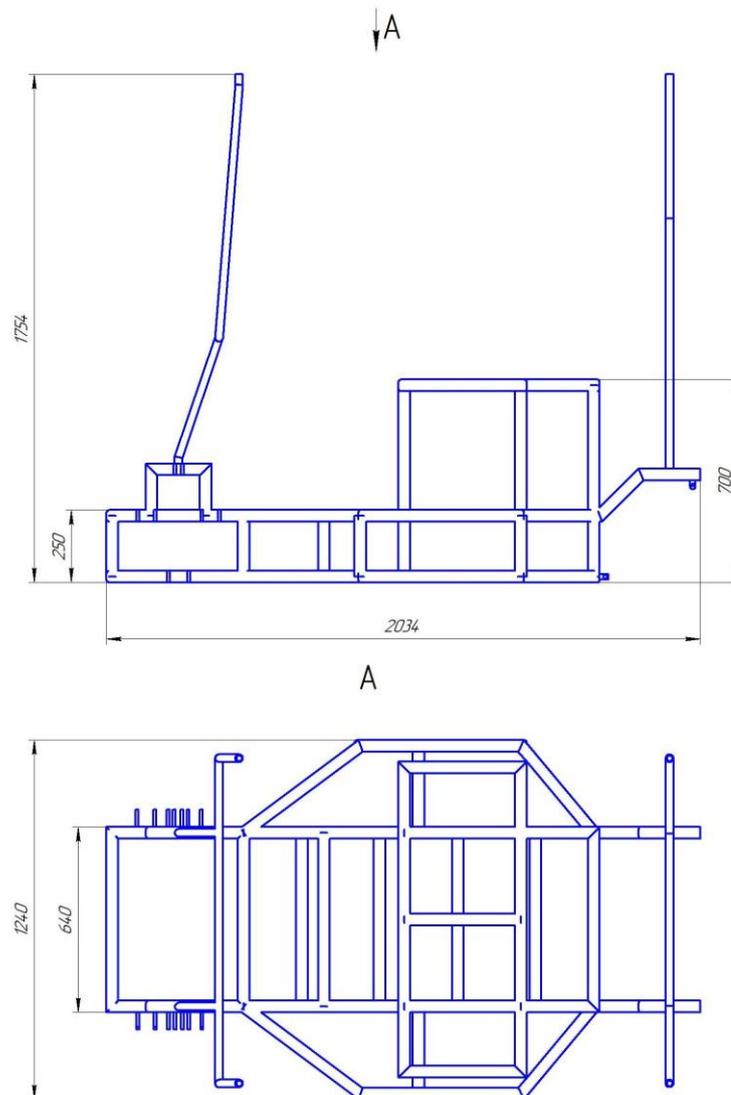


Рисунок 17 – Конструкция рамы

Для обеспечения поворота передних колес предусматриваем рулевое управление с реечным механизмом поворота колес (рисунок 18), Управляющее воздействие передается путем поворота руля и далее через карданную передачу затем на редуктор и далее на шестерню рулевой рейки, которая в свою очередь перемещает рейку и поворачивает колеса. Для обеспечения торможения транспортного средства на передних колесах предусмотрены гидравлические дисковые тормозные механизмы. Педальный

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

В целях обеспечения удобства и комфорта при перевозке предусматриваем подвеску с четырьмя амортизаторами.

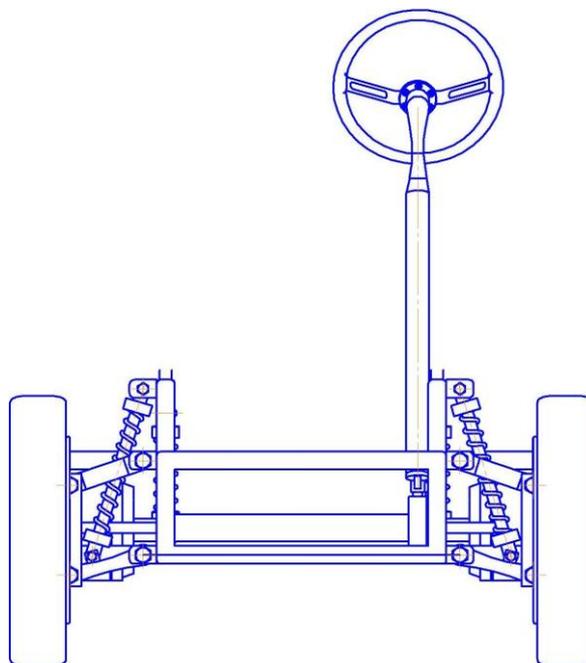


Рисунок 18 – Конструкция подвески и рулевого привода

Изучив, установленные на аналогичных конструкциях электромобилей электродвигатели, принимаем для нашей конструкции вариант привода с двумя электродвигателями на задние колеса (рисунок 19).

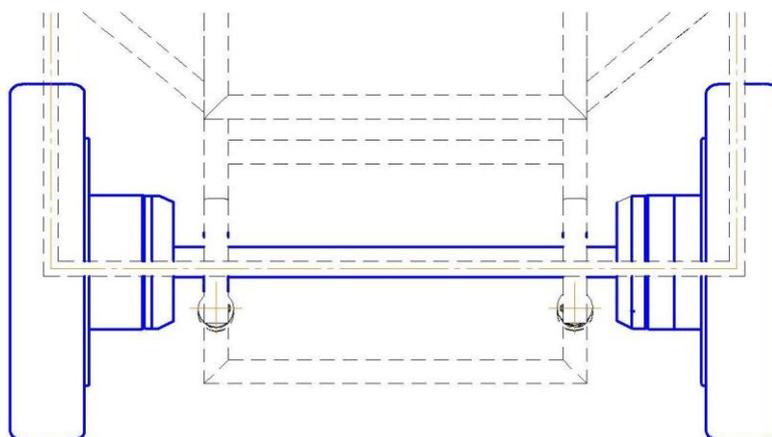


Рисунок 19 – Конструкция привода задних колес

Подбор электродвигателя будет выполнен в следующем подразделе пояснительной записки.

Для питания прогулочного транспортного средства необходимо предусмотреть тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую питание электродвигателей.

Принято решение разместить сборку аккумуляторных батарей на полу транспортного средства.

Подбор аккумуляторных батарей будет выполнен в следующем подразделе пояснительной записки.

Электромобили обычно приводятся в движение с использованием заряда, хранящегося в аккумуляторе, при этом аккумулятор заряжается от сетевой розетки переменного тока.

«Для подзарядки аккумуляторных батарей необходимо использовать экологически чистые и относительно дешевые источники энергии.

Одним из таких источников питания батареи может являться солнечная энергия, которая может заряжать аккумулятор автомобиля, как во время движения, так и во время стоянки» [2].

На крыше транспортного средства разместим солнечные панели (рисунок 20).

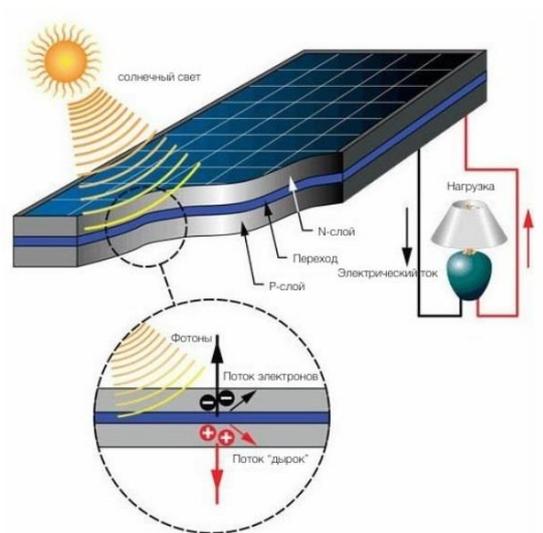


Рисунок 20 – Устройство солнечной панели

Солнечные панели представлены в виде модульных блоков, которые заменяют крышу транспортного средства (рисунок 21). Модульные солнечные панели легко ремонтировать и заменять.



Рисунок 21 – Размещение солнечной панели на крыше транспортного средства

Солнечные панели могут быть изготовлены из отдельных фотогальванических элементов (PVC), изготовленных из таких материалов, как кремний, арсенид галлия, медный сплав или аналогичный материал для солнечных элементов, электрически соединенных друг с другом для образования солнечной панели по желанию для зарядки аккумуляторной батареи электромобиля. Солнечная панель может быть жесткой или гибкой и может быть изготовлена из легкого тонкопленочного материала, известного в данной области техники.

Для защиты солнечных элементов может быть предусмотрен защитный прозрачный покровный материал, такой как стекло, плексиглас или другой прозрачный полимер. В некоторых вариантах используется герметик для герметизации солнечных элементов между прозрачным слоем материала и другим слоем материала для водонепроницаемости солнечных элементов

Хотя солнечные панели могут производить более низкое напряжение, чем обычно требуется для зарядки высоковольтной аккумуляторной батареи

транспортного средства, предусмотрены системы зарядки, позволяющие низковольтной солнечной панели заряжать высоковольтную аккумуляторную батарею.

Типичные солнечные элементы, доступные в настоящее время, включают солнечные элементы примерно на 0,5 вольта и несколько миллиампер на квадратный элемент 1 см. Солнечные элементы соединены последовательно, так что напряжения складываются вместе, чтобы сформировать систему от 6 до 12 вольт или, возможно, большее напряжение, если есть место для размещения солнечных элементов.

На рисунке 22 представлена схема подключения электроснабжения транспортного средства используя солнечные панели.

Подбор солнечных панелей и сопутствующего электрооборудования и материалов будет выполнен в следующем подразделе пояснительной записки.

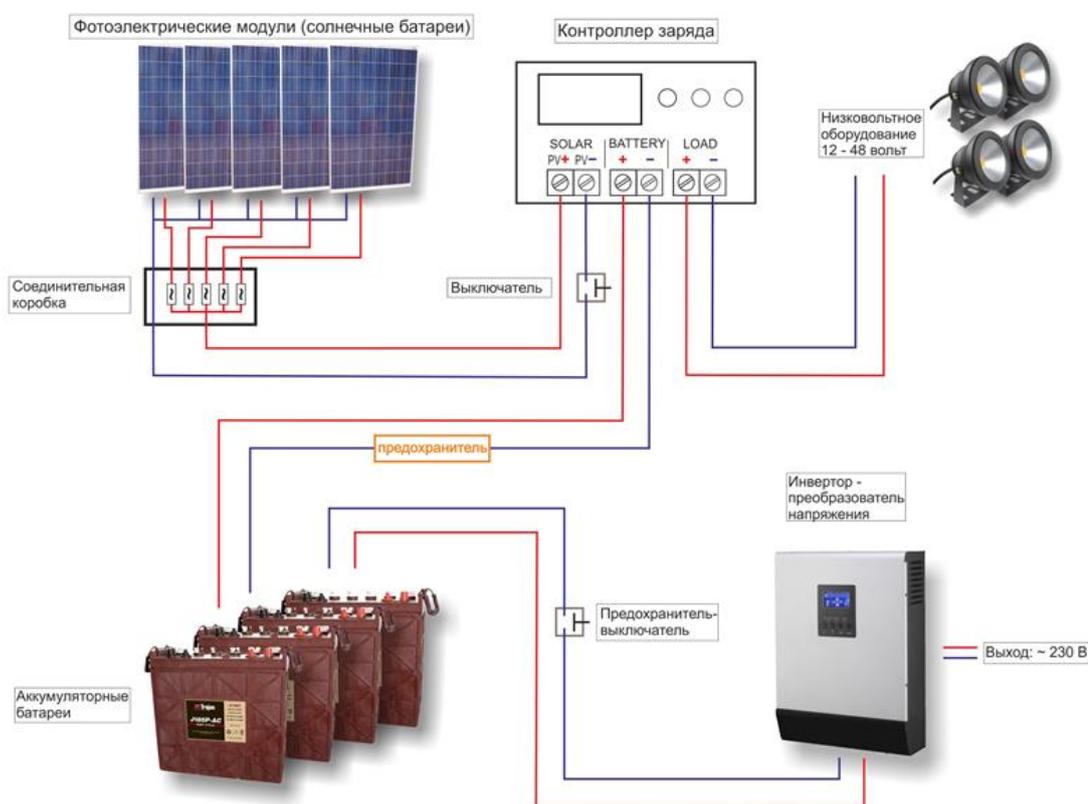


Рисунок 22 – Схема подключения электроснабжения с использованием солнечных панелей

После выбора всех элементов конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 23).

Спецификация на прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии представлена в Приложение А (рисунок А.1).

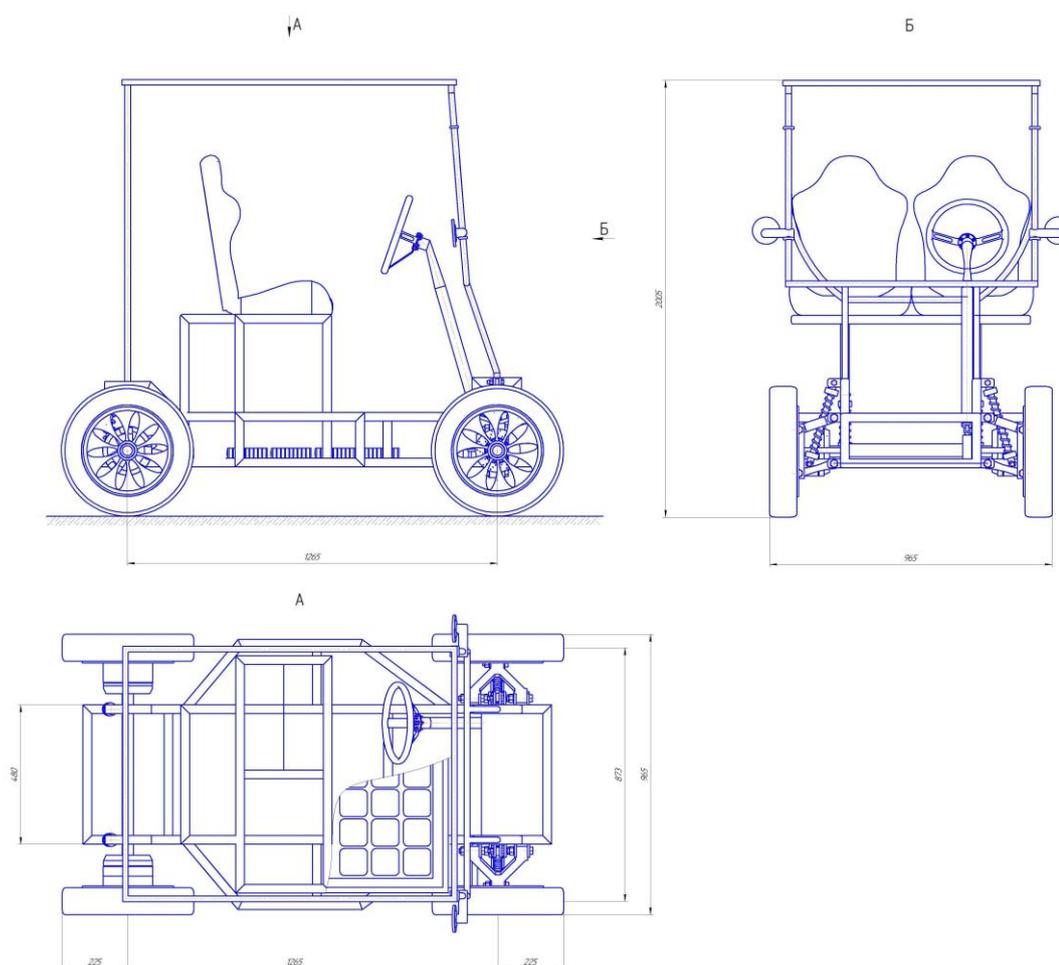


Рисунок 23 – Общая компоновка прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

3.3 Подбор электрооборудования

3.3.1 Выбор тягового электродвигателя

Изучив конструкции электрических автомобилей, использующих солнечные панели для пополнения заряда аккумулятора, выбираем наиболее оптимальную компоновочную схему.

«Компоновка с одним электродвигателем обладает простой конструкцией, простым алгоритмом управления. Недостатком данной компоновки является то, что потребуется использование дифференциала для распределения мощности между ведущими колесами, это приведет к увеличению массы элементов трансмиссии, возможное пробуксовывание колес при прохождении поворотов» [16].

«При грамотном расчете и правильном подборе комплектующих, компоновка с четырьмя электродвигателями имеет хорошие динамические характеристики, отличную управляемость. Недостатками такой компоновки является высокая сложность изготовления конструкции, чтобы реализовать все возможности такой компоновки требуется разработать и реализовать сложную систему управления электродвигателями, стоимость изготовления такого электромобиля будет высокой» [19].

Компоновка с двумя электродвигателями принимается наиболее подходящей для прогулочного электромобиля.

«Существенными факторами, влияющими на выбор тяговых электродвигателей для электромобилей, являются:

- масса электродвигателя;
- высокий коэффициент полезного действия;
- соответствие механической характеристики, то есть зависимости момента от частоты вращения, условиям электрической тяги (снижение момента по мере повышения частоты вращения);
- минимальное обслуживание в эксплуатации;
- высокая перегрузочная способность электродвигателя для получения высоких пусковых ускорений;
- стоимость» [10].

«На практике в конструкциях электромобилей применяются электрические приводы следующих типов: вентильные, асинхронные частотно-управляемые, постоянного тока с независимым возбуждением и постоянного тока с последовательным возбуждением» [20].

С учетом специфики электромобиля рассмотрим варианты электродвигателей, для этого их характеристики сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Технические характеристики тяговых электродвигателей

Внешний вид				
Наименование электродвигателя	HPM-10 KW-Fan-Cooling	Agni 95 RDC Motor	Perm-Motor PMG-132	Golden Motor HPM3000B
Максимальная мощность, кВт	20	16	14,5	3
Максимальный крутящий момент, Н·м	60	53	38,5	25
Частота вращения, об/мин	6000	4000	3480	4200
Напряжение питания, В.	48-120	12-72	12-72	48-96
КПД, %	91	92	90	91
Масса, кг	17	11	11	8
Ориентировочная стоимость, руб.	123400	160000	96000	49300

HPM-10 KW-Fan-Cooling – бесщёточный, бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 10 кВт с воздушным охлаждением. Применяется для оснащения электротранспорта: автомобилей, мотоциклов, квадроциклов, лодок и так далее. Данный электродвигатель обладает высокими техническими характеристиками.

Agni 95 RDC Motor – коллекторный двигатель постоянного тока. Применяется для оснащения электромобилей, электромотоциклов, обладает лучшим соотношением мощность/масса среди рассматриваемых электродвигателей, обладает высокой перегрузочной способностью [14].

Электродвигатель Perm-Molor PMG-132 – коллекторный двигатель постоянного тока. Может использоваться для рекуперативного торможения в режиме генератора. Применяется для оснащения скутеров, моторных лодок,

легких электромобилей, картов, электроподъемников, ветрогенераторов. Двигатель обладает хорошим соотношением мощность/масса, обладает высокой перегрузочной способностью.

Электродвигатель НРМ3000В – бесщёточный, бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 3 кВт с воздушным охлаждением. Применяется для оснащения электротранспорта: автомобилей, мотоциклов, квадроциклов, лодок и так далее. Данный электродвигатель обладает высокими техническими характеристиками и наименьшей ценой.

Выбираем этот электродвигатель для нашего электромобиля. Как описывалось выше, используем 2 электродвигателя.

3.3.2 Выбор тягового аккумулятора

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

При средней скорости 25 км/час и дальности хода 40 км требуемое время хода 1,6 ч. чистого времени» [23].

Определяем затрачиваемую энергию на движение по формуле:

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

$$Q = 2830,5 \cdot 1,6 = 4528,8 \text{ Дж.}$$

Определяем ток отдачи батареи по формуле:

$$I_{омд} = \frac{N_{II}}{U}, \quad (26)$$

$$I_{омд} = \frac{2830,5}{48} = 58,96 \text{ А.}$$

Определяем минимальную емкость аккумуляторной батареи по формуле:

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

$$C = \frac{4528,8}{48} = 94,35 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Исходя из рассчитанных характеристик, с учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, принимаем сборку из аккумуляторных батарей Winston WB-LYP100АНА-А (рисунок 24).

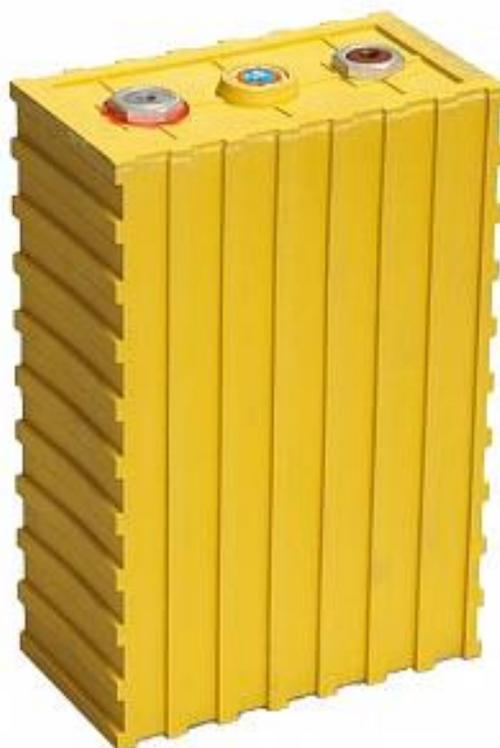


Рисунок 24 – Аккумуляторная батарея Winston WB-LYP100АНА-А

Сведем в таблицу 10 количество аккумуляторных батарей необходимое для достижения необходимого напряжения, массу полученных сборок и стоимость.

Таблица 10 – Сборка тяговых аккумуляторных батарей

Напряжение, В	3
Необходимое количество, шт.	16
Масса сборки, кг	52,8
Стоимость необходимого количества, руб.	230400

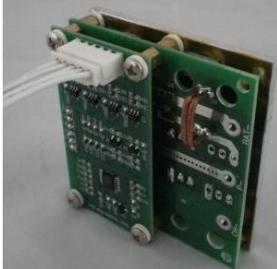
Сборка из аккумуляторных батарей Winston WB-LYP100АНА-А позволит в полной мере реализовать потенциал электродвигателей и динамика автомобиля будет на высоте. Самый безопасный аккумулятор из всех литиевых АКБ. В отличие от свинцовых батарей срок эксплуатации больше до 25 раз, и в 10 раз выше срок эксплуатации обычных Li-ion АКБ. Высокая токоотдача, позволяющая выдавать большую мощность. Не самовоспламеняется, в отличие от литий-ионных батарей. Лучший вариант для разрабатываемого электромобиля.

3.3.3 Выбор системы управления аккумулятором

В целях обеспечения долговечности и безопасности при эксплуатации аккумуляторной сборки необходимо применять систему управления аккумулятором – Battery Management System. Рассмотрев возможные варианты системы управления аккумуляторной сборки, было выбрано 2 варианта: BMS-LBSJ4S200200LA180, PCB-FH4S40A.

В таблице 11 приведены технические характеристики систем управления аккумулятором.

Таблица 11 – Технические характеристики систем управления аккумулятором

Модуль BMS	№1	№2
«Маркировка модуля BMS	BMS-LBS J4S200200LF180	PCB-FH4S40A
Внешний вид модулей BMS		

Продолжение таблицы 11

Модуль BMS	№1	№2
Число ячеек	4	4
Максимальный ток нагрузки, А	350	100
Защита от глубокого разряда, В	2,0±0,25	2,0±0,3
Защита от перенапряжения, В	3,65±0,25	3,9±0,1
Функция балансировки	нет	есть
Отслеживание температуры ячеек	нет	есть
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	180×65×13	60×56×28
Масса, кг	0,09	0,08
Стоимость, руб.	5300	4670» [7].

Модуль BMS PCB-FH4S40A имеет приемлемые характеристики, имеется функция балансировки и имеется функция отслеживания температуры аккумуляторных ячеек. Для сборки из 16 аккумуляторных батарей Winston WB-LYP100АНА-А потребуется 8 модулей BMS PCB-FH4S40A.

3.3.4 Выбор блока управления электродвигателями

Так как в данной конструкции используется два электродвигателя необходимо два блока управления электродвигателями. Зная требуемые величины токов и напряжений подберём подходящие блоки управления.

Рассмотрев возможные варианты блоков управления электродвигателями, был выбран оптимальный вариант – синусный контроллер VEC200 (рисунок 25) с техническими характеристиками, представленными в таблице 12.

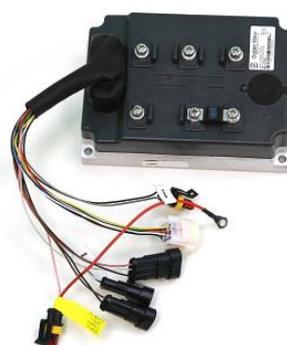


Рисунок 25 – Синусный контроллер VEC200

Таблица 12 – Технические характеристики синусного контроллера VEC200

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	170×120×50
Напряжение, В	48, 60, 72
Постоянный ток, А	до 80
Номинальная мощность, кВт	3,8-5,4
Пиковая мощность, кВт	9,6-14
Режим работы контроллера	управление моментом
Масса, кг	1,9
Стоимость, руб.	37200

Данная модель предназначена для управления работой BLDC двигателя, или бесщеточного электродвигателя мощностью 3 кВт. Он оснащен надежной защитой от влаги, перегрузок и перегрева. Устанавливается практически на любой вид электротранспорта: велосипеды, мотоциклы, автомобили, лодки, тележки для гольфа и даже трехколесные велосипеды. Векторный контроллер VEC200 позволяет отслеживать и регулировать все параметры работы электродвигателя:

- выбор и переключение режима эксплуатации;
- получение и обработка данных с сенсоров и датчиков;
- вывод всех необходимых данных на дисплей;
- оценка уровня заряда аккумулятора.

Данная модель имеет большой запас прочности, благодаря широкому диапазону рабочего напряжения и тока. Контроллер имеет влагозащищенный прочный корпус и многоуровневую систему защиты от перегрузок.

Программирование производится через USB-порт, посредством специального USB кабеля для контроллеров VEC.

Батарея заряжается в момент торможения.

3.3.5 Выбор плавких предохранителей

«После аккумулятора и системы управления аккумуляторами в цепи должны располагаться плавкие предохранители, они должны быть быстродействующими потому что, большие токи могут вывести из строя силовую электронику или ячейки аккумулятора» [21].

В качестве плавких предохранителей принимаем предохранитель ЕТІ BS17UQ/41/180A/240V aR (100 kA) (рисунок 26) со следующими техническими характеристикам, представленными в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики предохранителя ЕТІ BS17UQ/41/180A/240V aR (100 kA)

Параметр	Значение
Номинальное напряжение dc, В	120
Номинальный ток, А	180
Тип	BS
Типоразмер	BS17
Номинальное напряжение ac, В	240
Отключающая способность ac, кА	100
Отключающая способность dc, кА	100
Масса, кг	0,048



Рисунок 26 – Предохранитель BS17UQ/41/180A/240V aR (100 kA)

3.3.5 Выбор провода тяговой системы

«Сечение провода выбираем исходя из величины тока, согласно значений допустимого длительного тока для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1, 3 и 4 кВ.

Выбираем сечение провода равное 50 мм^2 , так как средний ток в тяговой системе будет около 200 А. Внешний диаметр провода составит $14,9 \pm 0,3 \text{ мм}$ » [23].

3.3.6 Выбор солнечных панелей

Существуют следующие основные виды солнечных батарей:

- состоящие из монокристаллических модулей;
- состоящие из поликристаллических модулей;
- состоящие из тонкопленочных модулей.

Существуют и другие технологии, например органические модули, многослойные переходные солнечные элементы, концентрирующие и так далее. Но выбирая по критериям цена, качество, доступность, простота в эксплуатации и надежность, нужно выбирать из трёх вышеуказанных видов.

Первые два вида, это солнечные батареи, состоящие из монокристаллических и поликристаллических модулей. Они используются чаще всего, а те, которые доступны на рынке имеют схожие параметры эффективности 16-18%.

По размеру, чтобы получить 1 кВт/ч электроэнергии из солнечных батарей данного вида (моно или поликристаллические) необходимо застелить ими 6,5 м² - это чистая площадь солнечных батарей.

Средний рабочий вольтаж от одной панели колеблется в пределах 18-45 В, а ток 1-10 А, что позволяет применять этот вид панелей практически в любой системе и не требует больших дополнительных вложений.

В конструкции батареи, для защиты модулей, применяется специальное закалённое стекло и алюминиевый каркас, что делает их довольно прочными и способными выдержать удар стихии, будь то огромный град, горы снега или сильный ветер.

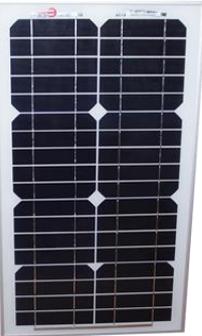
Данный вид солнечных батарей самый распространенный в мире, и он доказал свою надёжность и долговечность.

Преимуществом солнечных батарей состоящих из тонкопленочных модулей читается лучшая работа в пасмурные дни (из за размера) и лучшая работа в затененных условиях, но их размер в два, в три раза больше чем моно- или полимодулей. то есть чтобы получить 1 кВт/ч электроэнергии из солнечных батарей данного вида необходимо застелить ими 15,8 м² – это

чистая площадь солнечных батарей.

Рассмотрев возможные варианты солнечных батарей, было выбрано 4 варианта. В таблице 14 приведены технические характеристики солнечных батарей.

Таблица 14 – Технические характеристики солнечных батарей

Наименование солнечной батареи	№1	№2	№3	№4
Маркировка солнечной батареи	YSP-5M	YSP-10M	SE-M-36-20	SE-M-36-30
Внешний вид				
Максимальная мощность, Вт	5	10	20	30
Напряжение холостого хода, В	21,5	22,32	22,1	22,1
Максимальное напряжение, В	17,5	18	17,6	17,6
Ток короткого замыкания, А	0,32	0,57	1,86	2,79
Габаритные размеры, мм	245×193×18	310×280×18	530×300×25	540×450×25
Масса, кг	0,8	1,1	2,1	3,2
Эффективность элемента, %	до 17	до 17	до 17	17
Стоимость, руб.	2250	2700	5400	6300

Принимаем солнечную батарею YSP-10M. На крышу транспортного средства поместятся солнечные батареи в количестве 9 штук, соединяем их параллельно.

Общая площадь элементов солнечной батареи составит 0,78 м², максимальная мощность 90 Вт.

3.3.7 Выбор контроллера заряда для солнечных батарей

«Контроллер заряда – это устройство, регулирующие поступление заряда с источников электроэнергии на аккумуляторы. Это одна из главных частей любой автономной электростанции» [10].

Все функции контроллера направлены на увеличение срока эксплуатации аккумуляторных батарей (увеличения их ресурса и уменьшение износа), повышения эффективности процессов заряда и повышения эффективности использования получаемой от солнечных батарей энергии.

Сейчас в основном используют контроллеры трёх типов: ON-OFF (включение и выключение), ШИМ (PWM Pulse-width modulation) – широтно-импульсная модуляция и MPPT (Maximum Power Point Tracking) - поиск точки максимальной мощности

ON-OFF (Вкл – Выкл) контроллеры, где управление происходит посредством включения и выключении транзисторов или в худшем случае простыми реле, это плохой вариант, да в них есть защита от перезаряда аккумулятора но в них не регулируется зарядный ток и не регулируется напряжение заряда, что может привести к существенному уменьшению срока службы аккумуляторов. Всё что могут делать контроллеры данного типа это – включать заряд напрямую на аккумулятор и при достижении установленной величины заряда аккумулятора отключать заряд

Контроллер с системой ШИМ при помощи регулировки длины и частоты импульса, преобразовывает и понижает напряжение исходящие от солнечной батареи до нужного значения и поддерживает его, при этом таким же образом изменяя и понижая ток заряда в зависимости от режима заряда. При этом максимальный ток заряда, не может превысить номинальный ток солнечных батарей.

«MPPT контроллер, как и PWM (ШИМ) постоянно отслеживает, на какой стадии заряда находится аккумулятор (наполнение, насыщение, выравнивание, поддержка) и на основании этого определяет, какой ток и

напряжение должно подаваться на заряд аккумуляторов (как и ШИМ), но с напряжением он поступает по-другому» [13].

MPPT контроллер не ограничивает входное напряжение от солнечных панелей, а наоборот забирает максимально доступное и преобразовывает его в дополнительную мощность заряда (повышая при этом ток заряда на 15-30%), в результате используя все 99% от номинальной мощности солнечных батарей.

По совокупности достоинств и недостатков принимаем MPPT контроллер.

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлены техническое задание и предложение на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии, выполнен подбор электрооборудования.

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» [22].

Для сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии 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 $m = 1$;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100;

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

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

Технологическая схема сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии представлена в графической части ВКР.

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

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 15), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 15 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Установить раму прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии на стпель	10
Взять аккумуляторную батарею 16 шт.	8
Осмотреть аккумуляторную батарею 16 шт.	4
Установить аккумуляторную батарею 16 шт. на кронштейн	20
Взять синусный контроллер	0,4
Осмотреть синусный контроллер	0,3
Установить синусный контроллер	3
Взять тяговые провода	0,3
Осмотреть тяговые провод	0,4
Выполнить подключение тяговых проводов к сборке аккумуляторных батарей и синусному контроллеру	25
Взять плавкий предохранитель	0,3
Осмотреть плавкий предохранитель	0,2
Выполнить подключение плавкого предохранителя после синусного контроллера	3
Взять контроллер заряда для солнечных батарей	0,3
Осмотреть контроллер заряда для солнечных батарей	0,3
Установить контроллер заряда для солнечных батарей	6
Взять солнечную панель 9 шт.	4
Осмотреть солнечную панель 9 шт.	2
Взять болт 20 шт.	0,6
Наживить болт 20 шт. на верхнюю часть рамы	2
Установить солнечную панель 9 шт. на крыше прогулочного транспортного средства	60
Взять шайбу 20 шт.	0,6
Установить шайбу 20 шт. на болт 20 шт.	1,5
Взять гайку 20 шт.	0,6

Продолжение таблицы 15

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Наживить гайку 20 шт.	2
Завернуть гайку 20 шт.	4
Взять электрические провода	0,3
Осмотреть электрические провода	0,3
Проложить электрические провода от солнечных панелей	45
Выполнить соединение солнечных панелей и контроллера заряда для солнечных батарей	30
Взять подшипниковые опоры 2 шт.	0,3
Осмотреть подшипниковые опоры 2 шт.	0,3
Установить подшипниковые опоры 2 шт. на раму	6
Взять вал	0,3
Осмотреть вал	0,3
Установить вал на подшипниковые опоры 2 шт.	3
Взять BLDC электродвигатель 2 шт.	0,4
Осмотреть BLDC электродвигатель 2 шт.	0,3
Установить BLDC электродвигатель 2 шт. на вал	35
Взять рулевой вал	0,6
Осмотреть рулевой вал	0,3
Установить рулевой вал	19
Взять рулевую рейку	0,4
Осмотреть рулевую рейку	0,3
Установить рулевую рейку	26
Взять регулировочную гайку	0,2
Завернуть регулировочную гайку с моментом 70-90 Н·м	1
Взять рулевую тягу с шарниром	0,4
Осмотреть рулевую тягу с шарниром	0,3
Установить рулевую тягу с шарниром	12
Взять рулевую сошку	0,4
Осмотреть рулевую сошку	0,3
Установить рулевую сошку	6
Взять гайку шестигранную 4 шт.	0,3
Наживить гайку шестигранную 4 шт.	0,7
Завернуть гайку шестигранную 4 шт.	1
Взять поворотный кулак левый	0,2
Осмотреть поворотный кулак левый	0,3
Установить поворотный кулак левый	10
Взять поворотный кулак правый	0,2
Осмотреть поворотный кулак правый	0,3
Установить поворотный кулак правый	10
Взять болт шестигранный 4 шт.	0,3
Вставить болт шестигранный 4 шт.	0,3
Взять гайку шестигранную 4 шт.	0,3
Наживить гайку шестигранную 4 шт.	0,7
Завернуть гайку шестигранную 4 шт.	1
Взять сиденье 2 шт.	0,8
Осмотреть сиденье 2 шт.	0,3

Продолжение таблицы 15

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Установить сиденье 2 шт.	18
Взять зеркало заднего вида 2 шт.	0,4
Осмотреть зеркало заднего вида 2 шт.	0,3
Установить зеркало заднего вида 2 шт.	8
Взять заднюю подвеску в сборе	0,8
Осмотреть заднюю подвеску в сборе	0,5
Установить заднюю подвеску в сборе	60
Взять переднюю подвеску в сборе	0,8
Осмотреть переднюю подвеску в сборе	0,5
Установить переднюю подвеску в сборе	60
Взять тормозной диск 2 шт.	0,5
Осмотреть тормозной диск 2 шт.	0,3
Установить тормозной диск 2 шт. на поворотный кулак левый/правый	14
Взять суппорт 2 шт.	0,4
Осмотреть суппорт 2 шт.	0,3
Установить суппорт 2 шт. на тормозной диск 2 шт.	12
Взять тормозные колодки 2 шт.	0,3
Осмотреть тормозные колодки 2 шт.	0,2
Установить тормозные колодки 2 шт. на суппорт 2 шт.	8
Взять бачок для тормозной жидкости	0,2
Осмотреть бачок для тормозной жидкости	0,2
Установить бачок для тормозной жидкости на раме	6
Взять тормозные шланги 2 шт.	0,3
Осмотреть тормозные шланги 2 шт.	0,2
Подключить тормозные шланги к тормозному суппорту 2 шт.	11
Взять колеса 4 шт.	2
Осмотреть колеса 4 шт.	0,8
Установить колеса 4 шт.	10
Снять прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии со стапеля	6
Выполнить испытание прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	120
Итого:	716,2

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:

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

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

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах $\beta=4-6\%$, принимаем $\beta=5\%$.

$$t_{ум}^{общ} = 716,2 + 716,2 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 773,49 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 16.

Таблица 16 – Технологический процесс сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
005	Сборочная	1	Установить раму прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии на стапель	Гайковерт, набор головок, рожковые ключи, динамометрический ключ, дрель, молоток, набор отверток, сварочный,	596,2
		2	Взять аккумуляторную батарею 16 шт.		
		3	Осмотреть аккумуляторную батарею 16 шт.		
		4	Установить аккумуляторную батарею 16 шт. на кронштейн		
		5	Взять синусный контроллер		

Продолжение таблицы 16

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		6	Осмотреть синусный контроллер	аппарат, оправка, плоскогубцы, кусачки	
		7	Установить синусный контроллер		
		8	Взять тяговые провода		
		9	Осмотреть тяговые провод		
		10	Выполнить подключение тяговых проводов к сборке аккумуляторных батарей и синусному контроллеру		
		11	Взять плавкий предохранитель		
		12	Осмотреть плавкий предохранитель		
		13	Выполнить подключение плавкого предохранителя после синусного контроллера		
		14	Взять контроллер заряда для солнечных батарей		
		15	Осмотреть контроллер заряда для солнечных батарей		
		16	Установить контроллер заряда для солнечных батарей		
		17	Взять солнечную панель 9 шт.		
		18	Осмотреть солнечную панель 9 шт.		
		19	Взять болт 20 шт.		
		20	Наживить болт 20 шт. на верхнюю часть рамы		
		21	Установить солнечную панель 9 шт. на крыше прогулочного транспортного средства		
		22	Взять шайбу 20 шт.		
		23	Установить шайбу 20 шт. на болт 20 шт.		
		24	Взять гайку 20 шт.		

Продолжение таблицы 16

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		25	Наживить гайку 20 шт.		
		26	Завернуть гайку 20 шт.		
		27	Взять электрические провода		
		28	Осмотреть электрические провода		
		29	Проложить электрические провода от солнечных панелей		
		30	Выполнить соединение солнечных панелей и контроллера заряда для солнечных батарей		
		31	Взять подшипниковые опоры 2 шт.		
		32	Осмотреть подшипниковые опоры 2 шт.		
		33	Установить подшипниковые опоры 2 шт. на раму		
		34	Взять вал		
		35	Осмотреть вал		
		36	Установить вал на подшипниковые опоры 2 шт.		
		37	Взять BLDC электродвигатель 2 шт.		
		38	Осмотреть BLDC электродвигатель 2 шт.		
		39	Установить BLDC электродвигатель 2 шт. на вал		
		40	Взять рулевой вал		
		41	Установить рулевой вал		
		42	Взять рулевую рейку		
		43	Осмотреть рулевую рейку		
		44	Установить рулевую рейку		
		45	Взять регулировочную гайку		

Продолжение таблицы 16

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		46	Завернуть регулировочную гайку с моментом 70-90 Н·м		
		47	Взять рулевую тягу с шарниром		
		48	Осмотреть рулевую тягу с шарниром		
		49	Установить рулевую тягу с шарниром		
		50	Взять рулевую сошку		
		51	Осмотреть рулевую сошку		
		52	Установить рулевую сошку		
		53	Взять гайку шестигранную 4 шт.		
		54	Наживить гайку шестигранную 4 шт.		
		55	Завернуть гайку шестигранную 4 шт.		
		56	Взять поворотный кулак левый		
		57	Осмотреть поворотный кулак левый		
		58	Установить поворотный кулак левый		
		59	Взять поворотный кулак правый		
		60	Осмотреть поворотный кулак правый		
		61	Установить поворотный кулак правый		
		62	Взять болт шестигранный 4 шт.		
		63	Вставить болт шестигранный 4 шт.		
		64	Взять гайку шестигранную 4 шт.		
		65	Наживить гайку шестигранную 4 шт.		
		66	Завернуть гайку шестигранную 4 шт.		

Продолжение таблицы 16

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		67	Взять сиденье 2 шт.		
		68	Осмотреть сиденье 2 шт.		
		69	Установить сиденье 2 шт.		
		70	Взять зеркало заднего вида 2 шт.		
		71	Осмотреть зеркало заднего вида 2 шт.		
		72	Установить зеркало заднего вида 2 шт.		
		73	Взять заднюю подвеску в сборе		
		74	Осмотреть заднюю подвеску в сборе		
		75	Установить заднюю подвеску в сборе		
		76	Взять переднюю подвеску в сборе		
		77	Осмотреть переднюю подвеску в сборе		
		78	Установить переднюю подвеску в сборе		
		79	Взять тормозной диск 2 шт.		
		80	Осмотреть тормозной диск 2 шт.		
		81	Установить тормозной диск 2 шт. на поворотный кулак левый/правый		
		82	Взять суппорт 2 шт.		
		83	Осмотреть суппорт 2 шт.		
		84	Установить суппорт 2 шт. на тормозной диск 2 шт.		
		85	Взять тормозные колодки 2 шт.		
		86	Осмотреть тормозные колодки 2 шт.		
		87	Установить тормозные колодки 2 шт. на суппорт 2 шт.		
		88	Взять бачок для тормозной жидкости		

Продолжение таблицы 16

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		89	Осмотреть бачок для тормозной жидкости		
		90	Установить бачок для тормозной жидкости на раме		
		91	Взять тормозные шланги 2 шт.		
		92	Осмотреть тормозные шланги 2 шт.		
		93	Подключить тормозные шланги к тормозному суппорту 2 шт.		
		94	Взять колеса 4 шт.		
		95	Осмотреть колеса 4 шт.		
		96	Установить колеса 4 шт.		
		97	Снять прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии со стапеля		
010	Регулировочная	1	Выполнить испытание прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	Мультиметр	120

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии составлен технологический паспорт, представленный в таблице 17.

Таблица 17 – Технологический паспорт технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии. 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, 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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии представлена в таблице 18.

Таблица 18 – 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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии. 4 Испытание электрического картинга	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии	Элементы конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии
	«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

Продолжение таблицы 18

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Повышенный уровень шума	Работающее оборудование
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся операции.
	Напряжение зрительных анализаторов	Операции требующие повышенного внимания и точности» [29].

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» [17].

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым исполнить обязанности работодателя, предусмотренные ТК РФ;
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, 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 соответствии с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат отдыха, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе;
- 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» [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 19.

Таблица 19 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства 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 (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [17].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9].

Продолжение таблицы 19

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [27].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [24].
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» [9]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [17].	–

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 20).

Таблица 20 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Производственное помещение»	Технологическое оборудование, применяемое в производственных помещениях	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [9].

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» [9].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [17].

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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

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» [27]
«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» [27]
«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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии и сведем их в таблицу 22.

Таблица 22 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии»	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 прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии:

- 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 при производстве ветоши, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [17]

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии (таблица 17);

- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии (таблица 18) и определены методы и средства их снижения (таблица 19);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии (таблицы 20, 21);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 22).

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии 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.» [12].

«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» [12].

В таблице 23 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 23 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама из стандартного проката	Ст3	120	120	78,8	9456
Итого:	–	–	–	–	9456

$$C_{к.д} = 120 \cdot 78,8 = 9456 \text{ р.}$$

«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.» [12].

«Заработную 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 аккумуляторных батарей – 6 шт., задний вал – 1 шт., поворотный кулак – 2 шт. трудоемкость на изготовление деталей: кронштейн крепления аккумуляторных батарей – 0,9 чел.-ч., задний вал – 1,8 чел.-ч., поворотный кулак – 2 чел.-ч.

$$t = (6 \cdot t_{\text{кронштейн}} + 2 \cdot t_{\text{поворотный кулак}} + 1 \cdot t_{\text{вал}}),$$

$$t = 6 \cdot 0,9 + 1 \cdot 1,8 + 2 \cdot 2 = 11,2 \text{ чел.-ч.}$$

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

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [12].

«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» [12]

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

$$C_{IP} = 11,2 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1702,59 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{д} = (5 \dots 12) \cdot C_{IP} / 100, \quad (35)$$

$$C_{д} = 10 \cdot 1702,59 / 100 = 170,25 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

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

$$C_{соц} = 30 \cdot (1702,59 + 170,25) / 100 = 561,85 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma IP} = 1702,59 + 170,25 + 561,85 = 2434,69 \text{ р.}$$

В таблице 24 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 24 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1702,59
Дополнительная заработная плата	170,25
Начисления на заработную плату	561,85
Итого:	2434,69

«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» [12].

В таблице 25 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 25 – 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 аккумуляторных батарей	Сталь 45	6	6	78,8	472,8
Задний вал	Ст3	1	2,5	64,8	162
Поворотный кулак	Сталь 40	2	6	74,6	447,6
Итого:	–	–	–	–	1082,4

$$C_M = 6 \cdot 78,8 + 2,5 \cdot 64,8 + 6 \cdot 74,6 = 1082,4 \text{ р.}$$

$$C_{O,д} = 2434,69 + 1082,4 = 3517,09 \text{ р.}$$

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

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

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [12].

«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» [12].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 12 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 15 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 2280,2 \text{ р.,}$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 2280,2 = 228,02 \text{ р.,}$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (2280,2 + 228,02) = 752,46 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 2280,2 + 228,02 + 752,46 = 3260,68 \text{ р.}$$

В таблице 26 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 26 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	2280,2
Дополнительная заработная плата	228,02
Страховые взносы в фонды	752,46
Итого	3260,68

«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» [12].

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

Подставив числовые значения в формулу 69 получим:

$$C'_{PP} = 1702,59 + 2280,2 = 3982,79 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(3982,79 \cdot 15)}{100} = 597,42 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: солнечную панель – 9 шт., аккумуляторную батарею 16 – шт., тяговый электродвигатель – 2 шт., контроллер – 1 шт., педальный узел – 1 шт., амортизаторы – 4 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 27 [12].

Таблица 27 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Солнечная панель	9	6500	58500
Аккумуляторная батарея	16	14400	230400
Тяговый электродвигатель	2	49300	98600
Контроллер	1	37200	37200
Педальный узел	1	5600	5600
Амортизатор	4	1900	7600
Болт	28	4,2	117,6
Гайка	24	3,2	76,8
Шайба	20	2,1	42
Грунт-эмаль	1	1320	1320
Краска-эмаль по металлу	1	2920	2920
Разное	–	–	45000
Итого:			487376,4

$$C_{\text{ИД}} = 58500 + 230400 + 98600 + 37200 + 5600 + 7600 + 117,6 + 76,8 + 42 + 1320 + 2920 + 45000 = 487376,4 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 28.

$$C_{\text{КОН}} = 9456 + 3517,09 + 3260,68 + 597,42 + 487376,4 = 504207,59 \text{ р.}$$

Таблица 28 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	9456
Затраты на изготовление оригинальных деталей	3517,09
Затраты на сборку	3260,68
Общепроизводственные накладные расходы	597,42
Стоимость покупных изделий (деталей)	487376,4
Итого:	504207,59

Общие затраты на изготовление конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии равны 504207,59 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.» [12].

$$\mathcal{E}_Г = 845000 - 504207,59 = 340792,41 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

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

$$O_{OK} = \frac{504207,59}{340792,41} = 1,48 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

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

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 340792,41 - 0,15 \cdot 504207,59 = 265161,27 \text{ р.}$$

В таблице 29 представлены основные показатели проекта.

Таблица 29 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	845000	504207,59
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	340792,41
Экономический эффект	р.	–	265161,27
Срок окупаемости	год	–	1,48

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии с экономической стороны, а именно определена стоимость агрегатов, запасных частей, материалов.

Также в данном разделе определены работы для изготовления транспортного средства и их стоимость.

Стоимость разработки конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии составляет 504207,59 р., срок окупаемости равен 1,48 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии.

Солнце обеспечивает население Земли в 10000 раз большим количеством бесплатной энергии, чем фактически используется во всем мире. Только на мировом коммерческом рынке покупается и продается чуть меньше 85 триллионов кВт·ч энергии в год. Поскольку невозможно проследить за всем процессом в целом, нельзя с уверенностью сказать, сколько некоммерческой энергии потребляют люди (например, сколько древесины и удобрения собирается и сжигается, какое количество воды используется для производства механической или электрической энергии).

Некоторые эксперты считают, что такая некоммерческая энергия составляет одну пятую часть всей используемой энергии. Но даже если это так, то общая энергия, потребляемая человечеством в течение года, составляет только приблизительно одну семитысячную часть солнечной энергии, попадающей на поверхность Земли в тот же период. Низкий диапазон использования энергии солнца, в том числе и на автотранспорте, связан с низкой эффективностью солнечных батарей и сложностью их изготовления. Без качественного скачка характеристик солнечных элементов питания электромобили будут иметь ограниченное применение. Пока они не сравнимы с традиционными автомобилями ни по техническим данным, ни по стоимости, ни по удобству в эксплуатации.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрена история создания автомобилей на солнечной энергии, изучены конструкции автомобилей на солнечной энергии;
- выполнен тягово-динамический расчет прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии;

- составлены технические задание и предложение на разработку конструкции прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии, выполнен подбор электрооборудования. Разработанная конструкция прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии проста в изготовлении и сборке, составляющие элементы конструкции доступны в продаже и легко заменяемы в случае ремонта, транспортное средство обладает оптимальными технико-экономическими характеристиками;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки прогулочного транспортного средства с питанием от солнечной энергии с экономической стороны. Стоимость изготовления составляет 504207,59 р.

Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

12 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

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

Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

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

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

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

17 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

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

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

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

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

22 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.

23 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.

24 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.

25 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

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

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

28 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.

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

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

31 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

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
A4					22.ДП.ПЭА.154.6100.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А0					22.ДП.ПЭА.154.6100.000.СБ	Сборочный чертёж	1	
						<u>Сборочные единицы</u>		
A1	1				22.ДП.ПЭА.154.6101.000	Рама	1	
	2				22.ДП.ПЭА.154.6102.000	Рулевое управление	1	
	3				22.ДП.ПЭА.154.6103.000	Колесо	4	
	4				22.ДП.ПЭА.154.6104.000	Подвеска передняя	1	
	5				22.ДП.ПЭА.154.6105.000	Подвеска задняя	1	
	6				22.ДП.ПЭА.154.6106.000	Привод задних колес	1	
	7				22.ДП.ПЭА.154.6107.000	Сборка батарей и контроллер	1	
	8				22.ДП.ПЭА.154.6108.000	Солнечная панель	9	
	9				22.ДП.ПЭА.154.6109.000	Узел педальный	1	
						<u>Детали</u>		
	10				22.ДП.ПЭА.154.6100.010	Сиденье	2	
	11				22.ДП.ПЭА.154.6100.011	Зеркало боковое	2	
					22.ДП.ПЭА.154.6100.000			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разраб.	Башкин					Лит.	Лист
	Проб.	Бабровский						Листов
	Н.контр.	Бабровский					1	
Утв.	Бабровский					ТГУ ИМ гр. АТС-1701Б		
Электрическое прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии								
Копировал						Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на электрическое прогулочное транспортное средство с питанием от солнечной энергии