

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка беспилотного электрокара на солнечных элементах

Студент

П.Д. Плиговка

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.С. Малкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

док. экон. наук, доцент, профессор Е.Г. Пипко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент, Гудкова С.А.

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Тема представленной выпускной квалификационной работы (ВКР) - «Разработка беспилотного электрокара на солнечных элементах».

Произведены технические расчёты и разработан беспилотный электрокар на солнечных элементах. В основной части пояснительной записки, проводится анализ известных аналогов по их основным характеристикам, рассмотрены и проанализированы их преимущества и недостатки.

Выполнены тягово-динамические расчёты проектируемого электрокара, составлено техническое задание на разработку и даны технические предложения. Рассмотрены вопросы безопасности, экологичности и технической эксплуатации беспилотного электрокара на солнечных элементах. Описан технологический процесс устранения неисправностей электрокара. В процессе выполнения ВКР были проведены расчёты на прочность рамы с использованием программного обеспечения ANSYS.

Осуществлён экономический анализ эффективности изготовления рамы для беспилотного электрокара на солнечных элементах. Рассчитаны показатели себестоимости изделия и представлен процент снижения себестоимости изделия, отражающий экономическую эффективность.

Выпускная квалификационная работа состоит из 72 страниц пояснительной записки, включая 31 рисунок и 25 таблиц, введения, списка использованных источников, включая 5 источников на иностранном языке, 2 листа приложений, 9 листов А1 графической части.

Abstract

The graduation work deals with «Development of an unmanned solar-panels electric car». This graduation work is devoted to creation and development of an unmanned electric car with solar panels with the participation of students of different courses of study at Togliatti state University.

The goal of this thesis is to develop an unmanned electric car with solar panels. The second part of my thesis is focused conducting a dynamic traction calculation to determine the effectiveness of development.

The third part of my thesis is focused creation and development of a technical proposal and technical task for the development of an unmanned electric car with solar panels.

The paper presents analyses and reviews of analogues on the market and their comparison by technical parameters. Also in the third part of the work, a detailed analysis of the frame for strength using the ANSYS software is presented.

In the special part of the work, we provide a brief guide to repairing an unmanned electric car with solar cells.

Finally, we provide rules for preventing accidents in the manufacture of a frame for an unmanned solar-powered electric car. We also calculate the cost-effectiveness of manufacturing a frame for an unmanned electric car with solar cells. It can be concluded that this thesis can serve as a methodological guideline for the implementation of the presented product.

Содержание

Введение.....	7
1 Обзор аналогов.....	9
1.1 Электрокар модель «HM2» производство Россия.....	10
1.2 Электрокар «Garia Golf» производство Дания.....	11
1.3 Электрокар EAGLE EG2028K (производство Китай).....	12
1.4 Беспилотный электрокар, на солнечных элементах разрабатываемый в рамках выпускной квалификационной работы.....	13
1.5 Сравнительный анализ представленных моделей электрокаров.....	14
2 Тягово-динамический расчёт для беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	18
2.1 Исходные данные.....	18
2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета.....	18
2.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя.....	19
2.4 Определение передаточного числа главной передачи.....	20
2.4.1 Силовой баланс электрокара.....	21
2.5 Динамическая характеристика электрокара.....	22
2.6 Разгон электрокара.....	23
2.7 Время и путь разгона.....	25
2.8 Мощностной баланс электрокара.....	27
3 Разработка конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	29
3.1 Техническое задание на разработку конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	29
3.1.1 Назначение и область применения беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	29
3.1.2 Основание для разработки.....	30
3.1.3 Цель и назначение представленной разработки.....	30
3.1.4 Технические требования к проектируемой конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	31
3.1.5 Этапы и стадии разработки.....	33
3.1.6 Порядок контроля и приёмки.....	33

3.2	Техническое предложение на разработку конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах	34
3.2.1	Подбор необходимых материалов для разработки	34
3.2.2	Обоснование конструктивной компоновки электрокара.....	34
3.2.3	Эстетические и эргономичные требования, реализуемые в разрабатываемой конструкции.....	36
3.2.4.	Разработка конструкции рамы электрокара в программном обеспечении COMPAS 3D с расчётом на прочность в ANSYS	38
	Расчёт рамы на прочность в программном обеспечении ANSYS.	39
4	Разработка технологического процесса ремонта беспилотного электрокара на солнечных элементах	45
4.1	Общие данные по ремонту беспилотного электрокара на	45
	солнечных элементах.....	45
4.2.1	Ремонт подвески	45
4.2.2	Ремонт тормозной системы	46
4.2.3	Ремонт электрооборудования электрокара	47
4.2.4	Ремонт электродвигателя беспилотного электрокара на солнечных элементах	48
4.2.5	Ремонт беспилотного оборудования.....	48
4.2.6	Ремонт или замена солнечных панелей беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	50
4.2.7	Обслуживание и замена аккумуляторных батарей беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	51
4.2.8	Проблемы и способы их устранения на беспилотном электрокаре на солнечных элементах.....	52
5	Безопасность и экологичность беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	53
5.1	Разработка технологического паспорта	54
5.2	Оценка профессиональных рисков.....	54
5.3	Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению чрезвычайных происшествий (пожар)	57
5.4	Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	58

5.5 Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.....	58
6 Экономическая эффективность беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	60
6.1 Общая информация о проекте	60
6.2 Выбор способа изготовления рамы.....	61
6.3 Расчёт стоимости по производству рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах	62
Заключение	66
Список использованных источников	68
Приложение А. Спецификация по общему виду беспилотного электрокара на солнечных элементах.....	73
Приложение Б. Видео-материалы, анимации по тестированию беспилотного электрокара на солнечных элементах	74

Введение

С каждым годом в мире растёт число использования автомобилей ДВС, из-за чего экология страны и мира ухудшается, в связи, с чем Российские компании такие как: «Яндекс», «Группа ГАЗ» и ПАО «КАМАЗ» развивают проекты по созданию транспортных средств на электротяге с системами беспилотного управления. Данные компании уже подготовили план развития законодательства для беспилотного транспорта. Согласно этому плану, условия для выхода беспилотного транспорта на российские дороги планируется создать к 2022 году.

В плане учитывается 30 мероприятий, которые предполагают переход от тестирования беспилотного транспорта к их полноценной эксплуатации. План разделили на три основных этапа: в 2020 году — расширение условий полевых испытаний, в 2021-м — разработка условий для перехода от тестирования к полноценному использованию такого вида транспорта, в 2022-м — создание условий для полноценной эксплуатации высоко- и полностью автоматизированных транспортных средств.

В начале апреля 2020 года президент РФ Владимир Владимирович Путин поручил собрать предложения ведомств и организаций по поводу допуска беспилотных машин на дороги без сопровождения страхующего инженера. Они должны быть представлены главе государства до 31 мая.

В связи с чем, развитие электротранспорта с беспилотным управлением, на данный момент является актуальным. В рамках дипломного проектирования предполагается достигнуть следующей цели: разработать беспилотный электрокар на солнечных элементах на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей». Данная модель электрокара является бюджетной, малогабаритной и простой в использовании. Для достижения поставленной цели в ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо реализовать следующие задачи:

- систематизировать, расширить и закрепить приобретенные во время обучения навыки и знания;
- освоить навыки работы с технической документацией и литературой;
- сформировать техническое задание и предложение на конструкции разрабатываемого беспилотного электрокара на солнечных элементах;
- провести тяговый - динамический расчет с построение графиков разгона;
- составить чертежи по выбранной раме и предложенной компоновке беспилотного электрокара на солнечных элементах;
- разработать руководство по эксплуатации беспилотного электрокара на солнечных элементах;
- оценить экономическую эффективность использования беспилотного электрокара на солнечных элементах.

Работа над проектом выполнялась в рамках конкурса финансирования ТГУ 2017 г., а также при поддержке Фонда Содействия Инновациям программы «УМНИК НТИ». Изготовление и реализация проекта проводилась студентами в период с 2017-2020 г. в инжиниринговом центре «Формула Студент» под руководством заведующего кафедры «ПиЭА» Бобровского А.В. и к.п.н. доцента кафедры ПиЭА Угаровой Л.А. Моя роль в данном проекте, заключалась в организации студентов, постановке им задач и участие в сборке электрокара. За 3 года работы над проектом, выступала на всероссийских и международных конференциях, написала более 5 статей по данной тематике. Также мной была оформлена заявка № 2019502234 на патент «Электрокар» и получен патент на полезную модель № 119962 «Электрокар». Выиграны конкурсы в рамках данной темы. Были проведены испытания изготовленного электрокара, что подтвердило его работоспособность.

1 Обзор аналогов

Важным условием при разработке успешной конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах является глубокий и точечный анализ работы электрокара, конструкций существующих аналогов и разработанных патентов, исследований в области тяговых характеристик электрокара и техники в целом.

Изучая и анализируя отечественный и зарубежный рынок можно выделить следующие модели электрокаров:

- электрокар модель «НМ2» (производство Россия);
- электрокар Garia Golf (производство Дании);
- электрокар EAGLE EG2028K (производство Китай);
- беспилотный электрокар на солнечных элементах (опытная модель, изготовленная конкурса финансирования ТГУ 2017 г., а также при поддержке Фонда Содействия Инновациям программы «УМНИК НТИ»).

Для выявления достоинств и недостатков представленных моделей и выбора самой оптимальной и прогрессивной модели, выполним сравнение по заранее данным параметрам:

- Грузоподъемность, кг
- Зарядка (напряжение) аккумулятора, А
- Мощность, кВт
- Скорость, км/ч
- Время на одной зарядке, час
- Средняя стоимость, руб

Рассмотрим представленные модели электрокаров и проведём сравнительный анализ с помощью методики сравнительной оценки качества технологического оборудования [1].

1.1 Электрокар модель «НМ2» производство Россия

«Электрокар нового поколения, воплотивший в себе современные дизайнерские и конструкторские решения, данная модель оснащена зарядными устройствами нового поколения, укомплектован улучшенными эргономичным сидением для 2-ух пассажиров, а также сделан из ударопрочного и облегченного материала» [25]. В таблице 1 и на рисунке 1 подробнее рассмотрим представленную модель.



Рисунок 1 - Модель электрокара EWAY HM2

Таблица 1 - Технические параметры модели электрокара EWAY HM2

Параметр	Грузоподъемность кг	Зарядка аккумулятора А	Мощность кВт	Скорость, км/ч	Время на одной зарядке, t, час	Цена, руб
Значение	360 кг	275 А	3,0 кВт.	20 км/ч	8 часов	540 000 руб

Данная модель имеет простую комплектацию и средние характеристики, по сравнению с другими моделями, представленными на зарубежном и отечественном рынке.

1.2 Электрокар «Garia Golf» производство Дания

«Garia Golf эксклюзивный гольф-кар сконструирован как настоящая машина, поэтому ощущения от вождения тоже, как от настоящей машины. Благодаря серьезной работе Garia очень устойчив, а легкая алюминиевая рама не подвержена коррозии и позволяет быстро набирать скорость. Гольф кар вмещает в себя настоящий холодильник для хранения бутылок с водой, а особая конструкция крепления сумок для гольфа дает легкий доступ к ключам» [27]. На рисунке 2 представлена модель Garia Golf и в таблице 2 приведены технические характеристики.



Рисунок 2 - Модель электрокара Garia Golf

Таблица 2 - Технические параметры модели электрокара Garia Golf

Параметр	Грузоподъемность кг	Зарядка аккумулятора А	Мощность кВт	Скорость, км/ч	Время на одной зарядке, т, час	Цена, руб
Значение	270 кг	Curtis 275 А	3 кВт	25 км/ч	7 часов до 100 км.	1600 000 руб

Особенности и преимущества данной модели это применение автоматических амортизаторов, использование автоматических поворотников. Направление движения и остановка, регулируемая ключом зажигания. Регулируемые фары, светодиодные задние фары, лобовое стекло повышенной прочности, щитки против брызг над шинами, зеркало заднего вида, индикатор нагрева, порт для зарядных устройств 12 V, отделение под капотом с электрическим замком, аварийные огни, эргономично расположенный определитель направления.

1.3 Электрокар EAGLE EG2028K (производство Китай)

«Электрокар представляет собой простую конструкцию, возможность перемещения 2-ух пассажиров, сиденье Rebond + искусственная кожа, сформированный подлокотник, пластиковое сиденье» [26].



Рисунок 3 - Модель электрокара EAGLE EG2028K

По данной модели представлены технические характеристики, которые отражены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические параметры EAGLE EG2028K

Параметр	Грузоподъемность кг	Зарядка аккумулятора А	Мощность кВт	Скорость, км/ч	Время на одной зарядке, t, час	Цена, руб
Значение	410 кг	Curtis, 275 А	5,0 кВт.	40 км/ч	6,5 часов до 100 км.	920 000 руб

Преимуществом данной модели является встроенная система освещения и клаксон, 2 фары, 2 передних указателя поворота, 2 задних фонаря (каждый в сочетании 1 стоп-сигнал с 1 указателем поворота), с DC-DC преобразователем (преобразование из 48 В в 12 В), клаксон. В случае аварийной ситуации применяется реверсивная тревога.

1.4 Беспилотный электрокар, на солнечных элементах разрабатываемый в рамках выпускной квалификационной работы

Представленный в рамках выпускной квалификационной работы и изготовленный на базе Тольяттинского государственного университета в сборочном цехе «Формула Студент» электрокар с условным названием «Green Line» имеет следующие параметры, представленные в таблице 4. А также на рисунке 4 представлена 3D модель. Данная модель беспилотного электрокара на солнечных элементах была разработана в рамках конкурса финансирования ТГУ, а также доработана в рамках конкурса «УМНИК НТИ» от Фонда Содействиям Инновациям и в рамках выпускной квалификационной работы.

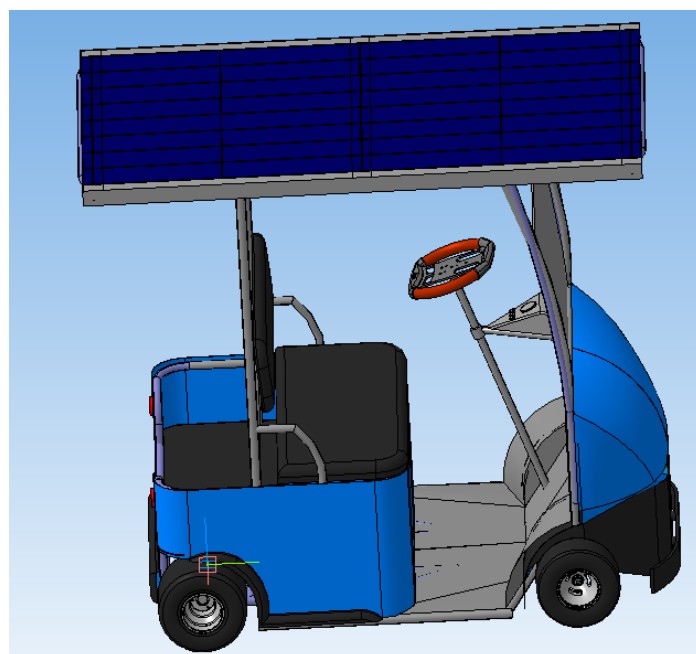


Рисунок 4 - 3D модель беспилотного электрокара на солнечных элементах

Таблица 4 - Характеристики беспилотного электрокара на солнечных элементах

Параметр	Грузоподъемность кг	Зарядка Аккумулятора А	Мощность кВт	Скорость, км/ч	Время на одной зарядке, t, час	Цена, руб
Значение	480 кг	Curtis, 275 А	3 кВт	20 км/ч	8 часов до 100 км.	350 000 руб

1.5 Сравнительный анализ представленных моделей электрокаров

Проведение достоверной оценки представленных моделей возможно только с учетом всей системы групп показателей качества. Для этого требуется разработка формальных правил проведения данной оценки [10].

В том случае, если определенные единичные показатели качества P_i могут быть выражены количественными значениями, то их можно соотнести с базовым показателем то их можно соотнести с базовым показателем P_{i0} ,

который обычно отражает значение показателя качества оборудования, соответствующее современным требованиям и хорошо зарекомендовавшим себя на рынке. Если рост абсолютного значения показателя качества ведет к улучшению качества, то уровень качества данного оборудования выражается следующим отношением (формула 1):

$$Y_i = \frac{P_i}{P_{i0}} \quad (1)$$

Иначе, если при увеличении показателя ухудшается качество оборудования, то уровень качества определяется обратным отношением (формула 2):

$$Y_i = \frac{P_{i0}}{P_i} \quad (2)$$

Таким образом, улучшение качества всегда приводит к росту уровня качества по рассматриваемому показателю. Определяем показатели качества, характеризующие модели электрокаров:

- Грузоподъемность, кг
- Зарядка аккумулятора, А
- Мощность, кВт
- Скорость, км/ч
- Время на одной зарядке, час
- Средняя цена, руб

Для выбранных показателей качества определяем Y_i и заносим в таблицу 5. Y_i отражает насколько та или иная модель является качественной по определённому показателю. Если $Y_i = 1$, то представленный показатель является самым лучшим по качеству. Если показатель Y_i , является самым минимальным относительно других моделей, то данный фактор указывает на не самый качественный параметр этой модели. Если у всей модели будут минимальные показатели Y_i , то представленная модель будет занимать минимальную площадь при построении циклограммы.

Таблица 5 - Сравнительная характеристика представленных аналогов

Показатель	Модели электрокаров			
	Green Line	GARIA GOLF	EWAY HM2	EAGLE EG2028K
1	2	3	4	5
Грузоподъёмность, кг $P_{i0}=480$ кг	480 кг	270 кг	360 кг	410 кг
$Y_i =$	1	0,56	0,75	0,85
Зарядка аккумулятора, А $P_{i0}=275$	275 А	275 А	275 А	275 А
$Y_i =$	1	1	1	1
Мощность, кВт $P_{i0}=5$ кВт	3 кВт	3 кВт	3,0 кВт.	5,0 кВт.
$Y_i =$	0,6	0,6	0,6	1
Скорость, км/ч $P_{i0}=40$ км/ч	20 км/ч	25 км/ч	20 км/ч	40 км/ч
$Y_i =$	0,5	0,625	0,5	1
Время на одной зарядке, час $P_{i0}=8$ ч.	8 часов	7 часов	8 часов	6,5 часов
$Y_i =$	1	0,875	1	0,8125
Средняя цена, руб $P_{i0}=350$ 000	350 000 руб	1 600 000 руб	540 000 руб	920 000 руб
$Y_i =$	1	0,21	0,64	0,38
Итого ($\sum Y_i$):	5,1	3,87	4,49	5,05

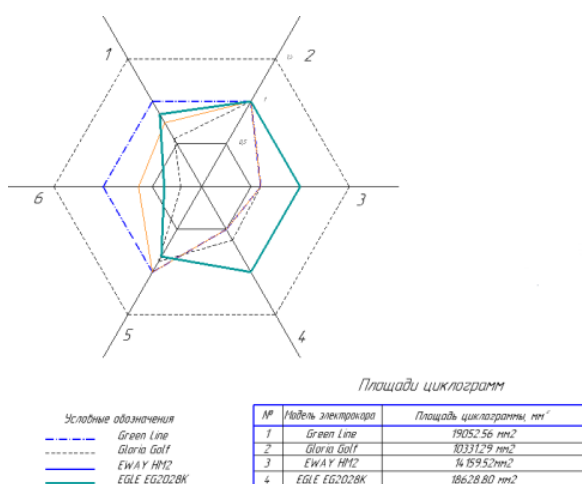


Рисунок 5 - Циклограмма по представленным моделям

По данным таблицы 5 и рисунку 5 видно, что самые наибольшие суммарные показатели у моделей электрокаров: беспилотного электрокара «Green Line» у которого, лучшие показатели по грузоподъёмности, зарядке аккумулятора и время прохождения на одной зарядке. А также у модели электрокара Китайского производства «EAGLE EG2028K», можно отметить хорошие показатели по заряду аккумулятора, мощности и скорость данной модели достаточно высокая.

Из этого можно сделать вывод о том, что данные модели являются наиболее качественными и оптимальными по цене.

2 Тягово-динамический расчёт для беспилотного электрокара на солнечных элементах

2.1 Исходные данные

Прототипические данные для «тягово-динамического расчета» с «формулой колес 4x2» беспилотного электрокара занесем в таблицу 6. Расчет был выполнен в аналогии с пособием из примера [15]:

Таблица 6 - Исходные данные

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	2
Снаряженная масса m_0 , кг	105
Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)	15(4)
Угловая скорость коленчатого вала ω_e^{max} , рад/с (об/мин)	426 (4000)
Максимальная мощность двигателя N_e^{max} , кВт	3
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{max} , Н·м	5
Тип и размерность колеса	10x4.50-5
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,6
Величина максимального преодолеваемого уклона i	0,1
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,9
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1227
Габаритная высота автомобиля H , мм	1570
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,010
Передаточное число главной передачи U_0	8,79

2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета

«Полная масса» электрокара [15]:

$$m_a = m_0 + m_ч \cdot n + m_б \cdot n \quad (3)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

$m_ч = 75$ кг – масса одного человека;

n – число пассажиров;

m_6 – вес багажа.

$$m_a = 105 + 75 \cdot 2 = 265 \text{ кг} \quad (4)$$

«Полный вес» электрокара [15]:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (2.2.3)$$

где: g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_a = 265 \cdot 9,81 = 2599 \text{ Н} \quad (5)$$

«Коэффициент обтекаемости» [15]:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (6)$$

где: $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м^3 .

$$k = \frac{0,6 \cdot 1,293}{2} = 0,36 \quad (7)$$

«Лобовая площадь» электрокара [15]:

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (8)$$

где: B – габаритная ширина электрокара, м;

H – габаритная высота электрокара, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,227 \cdot 1,570 = 1,926 \text{ м}^2 \quad (9)$$

Согласно выбранной ширине 10х4.50-5, радиус качения данной шины равен 0.135 м.

2.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Таблица 7 - «Характеристики электродвигателя» [15]

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Н·м
1000	104	441	4,8

Продолжение таблицы 7

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Н·м
2000	209	809	4,8
3000	314	1251	4,8
3500	366	1398	2,04
4000	426	1545	0

По рассчитанным данным из таблицы, построим график представленный на рисунке 6.

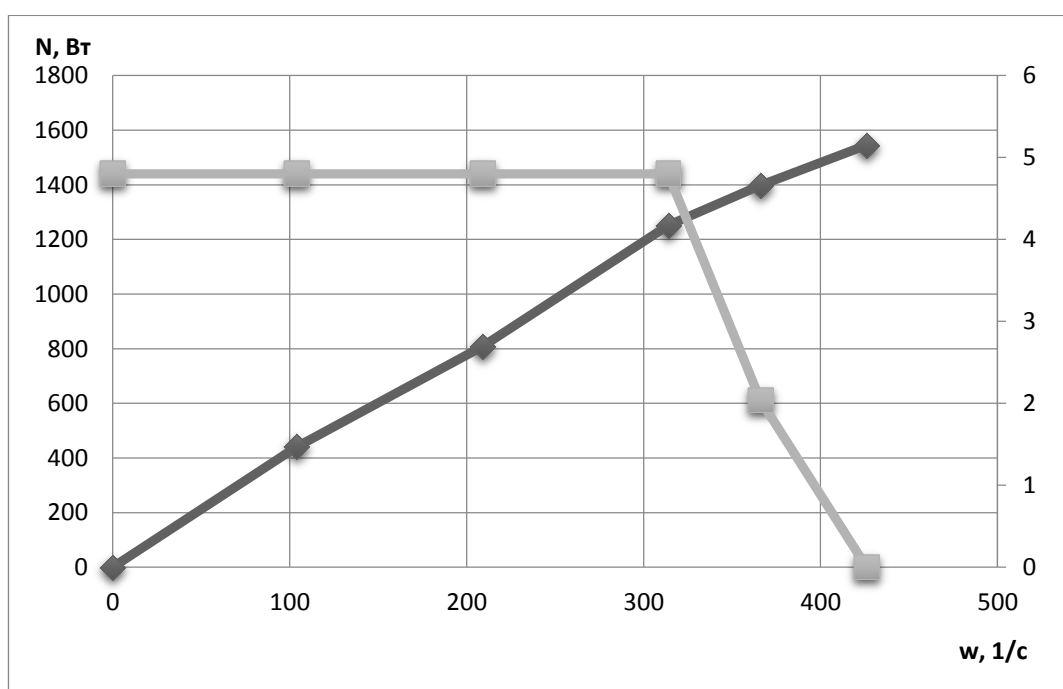


Рисунок 6 – «Внешняя скоростная характеристика двигателя»

2.4 Определение передаточного числа главной передачи

«Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из данных цепной передачи»:

$$U_0 = \frac{z_2}{z_1}, \quad (10)$$

где: Z_1 – количество зубьев на ведущем зубчатом колесе;

Z_2 – количество зубьев на ведомом зубчатом колесе.

$$U_0 = \frac{123}{14} = 8,79 \quad (11)$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект $U_0=8,79$.

2.4.1 Силовой баланс электрокара

«Уравнение силового баланса» [15]:

$$F_T = F_D + F_B + F_{и} , \quad (12)$$

где: F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_D – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_{и}$ – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

«Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле» [15]:

$$F_{Ti} = \frac{U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k} , \quad (13)$$

«Сила аэродинамического сопротивления воздуха» [15]:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2 , \quad (14)$$

«Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему)» [15]:

$$F_D = G_a \cdot f , \quad (15)$$

где: $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от

скорости движения электрокара.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости электрокара.

«Результаты расчетов» занесем в таблицу 8 [15].

Таблица 8 - Расчёты тягового баланса

ω_e		104	209	314	366	426
M_e		4,8	4,8	4,8	2,04	0
1 пере- дача	V	1,21	2,42	4	4,23	4,92
	F_T	423	423	423	176	0
	f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	F_B	1,015	4,06	9,135	12,434	16,83
	F_d	25.988	25.988	25.988	25.988	25.988

На основе расчёта данных из таблицы 8 был построен график тягового баланса электрокара представленный на рисунке 7.

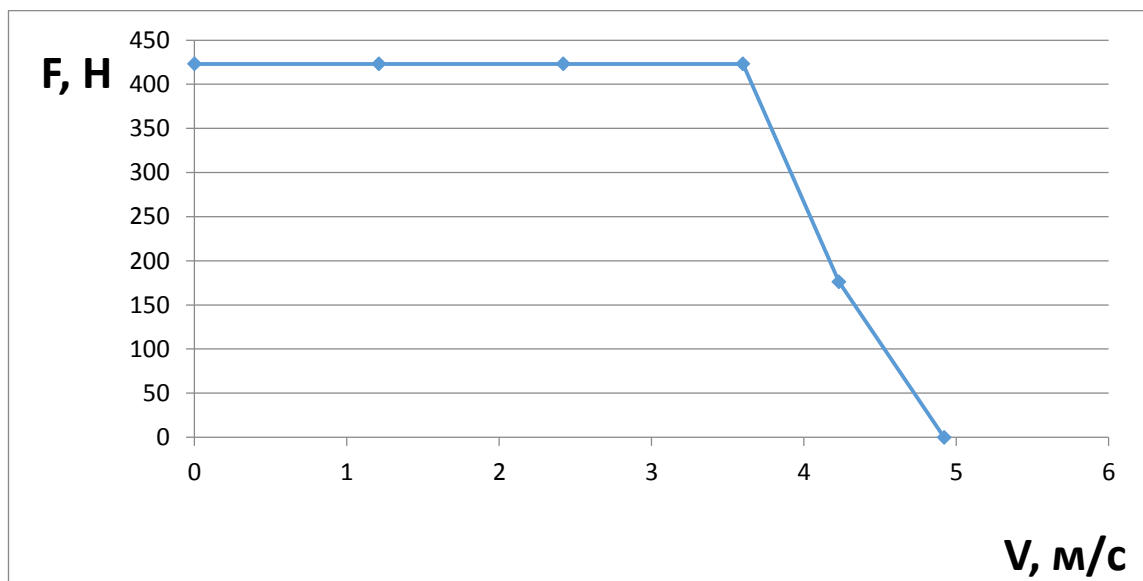


Рисунок 7 - Тяговый баланс электрокара

2.5 Динамическая характеристика электрокара

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (16)$$

«По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику электрокара, которая является графическим». Данные расчета заносим в таблицу 9 и представляем графически (рисунок 8).

Таблица 2.5.1 - Данные расчета динамической характеристики

V	1,21	2,42	3,6	4,23	4,92
D	0,163	0,161	0,159	0,063	0

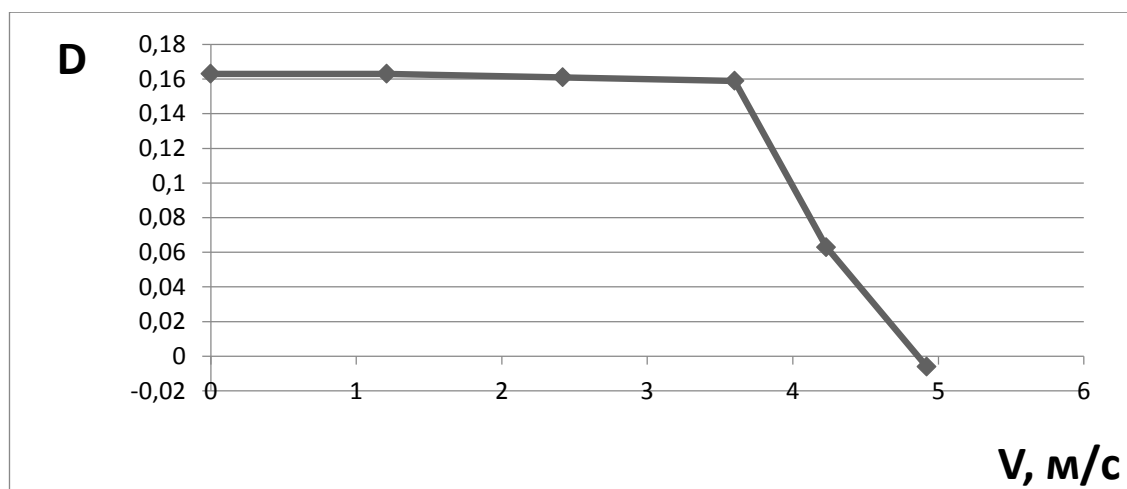


Рисунок 8 - Динамическая «характеристика электрокара»

2.6 Разгон электрокара

«Ускорение во время разгона определяем для случая движения электрокара по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колес». «Ускорение находим из выражения» [15]:

$$j = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (17)$$

где: $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по фор-

мулам:

$$\delta_{вр1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2) = 1 + (0,03 + 0,03) = 1,06 \quad (18)$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 10 и строим график зависимости $j = f(V)$, который представлен на рисунке 9.

Таблица 10 - Значения ускорение разгона

V	1,21	2,42	3,6	4.23	4.92
Ja	1,412	1,401	1,383	0,492	-0,152

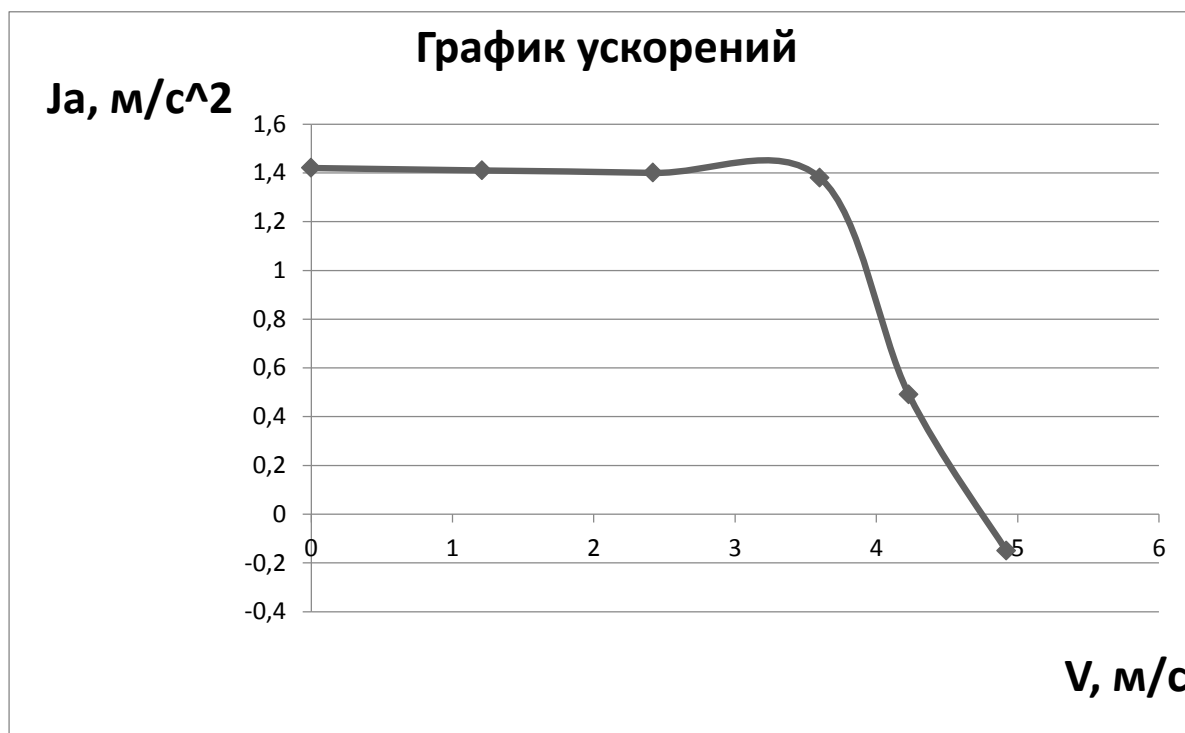


Рисунок 9 - Ускорения электрокара

«Затем определяем значения обратных ускорений ($1/j$) и заносим их в таблицу 11. Поскольку при скоростях V , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью $V = (0,8 \dots 0,9) V_{max}$ » [15]. Также строим график обратных ускорений, который представлен на рисунке 10.

Таблица 11 - Значения обратных ускорений

V	1,21	2,42	3,6	4.23	4.92
1/Ja	0,709	0,714	0,724	-0,709	-6,66



Рисунок 10 - Обратные ускорения электрокара

2.7 Время и путь разгона

«Время и путь разгона электрокара определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин» [15]:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i), \quad (17)$$

«Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = \text{const}$, которому соответствуют значения $(1/j) = \text{const}$ » [15]. Эти величины можно определить следующим образом:

$$\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (18)$$

где: k – порядковый номер интервала.

«Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k$, переходим к приближенному интегрированию» [15]:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}), \quad (19)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k. \quad (20)$$

где: t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчета сводим в таблицу 12.

Таблица 12 - Значения скорости и времени

$V_a, \text{ м/с}$	$t, \text{ с}$
4,926	4,968

«Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости электрокара» [15].

«В данном случае кривая $t=f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения $V_{\text{срк}}$ [15].

«Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_{k-1} до отметки t_k , двигаясь с постоянной скоростью $V_{\text{срк}}$ » [15].

«Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом» [15]:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k, \quad (21)$$

где: $k=1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$).

Путь разгона от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1=\Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Все результаты расчета заносим в таблицу 13.

Таблица 13 - Значения пути разгона и скорости

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
4,926	13,594

2.8 Мощностной баланс электрокара

«Уравнение мощностного баланса» [15]:

$$N_T = N_e - N_{\text{тр}} = N_f + N_n + N_B + N_d, \quad (22)$$

где: N_T – «тяговая мощность», подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{\text{тр}} = N_e \cdot 0,91, \quad (23)$$

$N_{\text{тр}}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

$N_f = F_f \cdot V$ – «мощность» [15], затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт;

$N_T = F_T \cdot V$ – «мощность» [15], затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ($N_T=0$), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – «мощность» [15], затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_d = F_i \cdot V$ – «мощность» [15], затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ($N_B = 0$), Вт.

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости калевала двигателя и скорости электрокара рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 14 и строим графики (рисунок 11).

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления

воздуха N_B .

Таблица 14 – «Расчитанные значения мощностного баланса»

n_e , рад/с		1000	2000	3000	3500	4000
N_T , Вт		441	809	1251	1398	1545
показатели	V , м/с	1,21	2,42	3,6	4,23	4,92
	N_f , Вт	31	62	94	110	128
	N_B , Вт	1228	9824	33155	52649	82911
	N_d , кВт	0,598	0,709	0,825	1,076	1,212

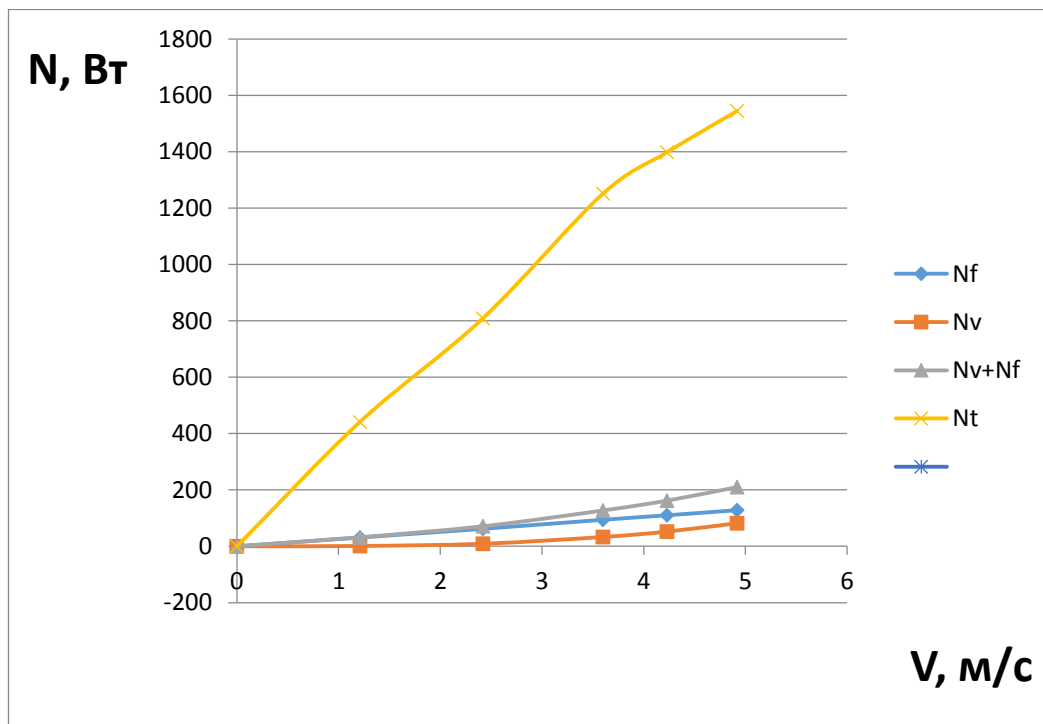


Рисунок 11 - Мощностной баланс электрокара

3 Разработка конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах

3.1 Техническое задание на разработку конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах

3.1.1 Назначение и область применения беспилотного электрокара на солнечных элементах

Данное изделие представляет собой беспилотный электрокар, работающий на аккумуляторе постоянного тока с возможностью его непрерывной подзарядки от солнечных элементов. Электрокар предназначен для использования на дорожных покрытиях с ровной поверхностью, с учётом погоды в летний период времени. Необходимо создать несущую конструкцию, раму каркасного типа, которая будет состоять из стальных труб. Рама должна выдерживать нагрузки до 480 кг общей массы электрокара.

Беспилотный электрокар на солнечных элементах предполагается использовать на мероприятиях, связанных с проектной деятельностью, для перемещения людей по территории кампуса ТГУ, также предполагается использовать данную модель для перемещения людей по паркам и набережным города Тольятти. При перемещении по открытой территории необходимы следующие условия:

- ровное дорожное покрытие (возможно перемещение по мокрому асфальту и в дождь)
- погодные условия, желательно чтобы температура воздуха составляла от +15 ... до +40°С, влажность 60..80%. При сильных осадках, сильном ветре, и в минусовые температуры использование данной модели категорически запрещено.
- место для подзарядки беспилотного электрокара, необходима электрическая энергия: переменный ток с напряжением от сети 220В.

– необходимы солнечная энергия, для подзарядки солнечных панелей и работы их в обычном режиме.

Также предполагается, что данная модель беспилотного электрокара может быть пригодна для использования на крупных промышленных предприятиях, для перевозки рабочих по производственным корпусам и территории.

3.1.2 Основание для разработки

Модель беспилотного электрокара разрабатывается по заданию кафедры «ПиЭА» ФГБОУ ВО «Тольяттинского государственного университета» и в рамках конкурса финансирования ТГУ и при поддержке Фонда Содействия Инновациям программы «УМНИК НТИ» на основе выделенных инвестиций в размере 530 000 рублей.

Разработка модели беспилотного электрокара на солнечных элементах проводится на основании технического описания существующих аналогов, а также описания модели электрокара Ewayscars NM2.

3.1.3 Цель и назначение представленной разработки

Целью разработки конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах является изменение конструкции аналога, обеспечивающей возможность производства электрокара в условиях единичного и мелкосерийного производства. Это достигается за счёт другой компоновки рамы из стандартных труб, соединяемых сваркой. Таким же выполняется каркас для крепления солнечных элементов. В электрокаре используются упрощенные конструкции отдельных узлов и агрегатов. Повышение технологичности при сборке и изготовлении позволяет изготавливать электрокар в условиях небольшого сборочного цеха, оснащенного типовым оборудованием.

Назначением разработки данной конструкции является разработка документов по подготовке к конструкторской документации, на основании которой будет разрабатываться основная рабочая документация и уже, впоследствии, создан прототип для тестирования на площадке кампуса ТГУ.

3.1.4 Технические требования к проектируемой конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах

Беспилотный электрокар на солнечных элементах должен:

- «удовлетворять требования по надёжности и экономичности»;
- «быть безотказным при эксплуатации»;
- «иметь малую трудоёмкость при проведении ремонтных работ»;
- у модели беспилотного электрокара на солнечных элементах, должны быть обтекаемые формы, не должно быть острых углов и опасных элементов для жизни и здоровья окружающих;
- быть технологичным при производстве;
- быть работоспособным в течение всего срока хранения и транспортировки на дальние расстояния;
- представленная модель должна отвечать требованиям пожаро- и электробезопасности;
- модель беспилотного электрокара на солнечных элементах должна быть удобной и эргономичной.

При проектировке конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах должны быть использованы изделия, которые отвечают всем требованиям ГОСТ. Также в разрабатываемой конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах должны быть предусмотрены варианты модернизации конструкции и модели в целом с целью улучшения технико-потребительских качеств и свойств.

Эксплуатация модели беспилотного электрокара на солнечных элементах должна соответствовать требованиям стандартов безопасности труда. Безопасность работы обеспечивается следующими требованиями:

1. Технологичность конструкции.
2. Санитарно-гигиенические условия (обеспечение местной вентиляции, применение шумовых экранов, обеспечение беспрепятственного доступа к внутренним поверхностям установки для выполнения работ по уборке).
3. Электробезопасность установки (заземление).
4. Эргономические требования.
5. Защита персонала от вредных производственных факторов.
6. Модель беспилотного электрокара должна «удовлетворять условиям разборки / сборки и ремонтпригодности». «При осуществлении хранения и транспортировки установка должна разбираться и упаковываться в ящики».

Рекомендуемые технические характеристики беспилотного электрокара на солнечных элементах (в таблице 15).

Таблица 15 - Технические характеристики беспилотного электрокара на солнечных элементах

Параметры	Значение
«Колесная формула» [15]:	4x2
«Количество мест» [15]:	1
«Снаряженная масса m_0 , кг» [15]:	115 кг
«Масса электрокара с учётом пассажиров» [15]:	300 кг,
«Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)» [15]:	17 км/ч
«Максимальная мощность двигателя N_e^{max} , кВт» [15]:	3.0 кВт
«Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{max} , Н·м» [15]:	5 Н*м
«Тип и размерность колеса» [15]:	200/75R13
Ширина электрокара В, мм	1300
Высота электрокара Н, мм	1600

Техническое обслуживание, необходимое для безопасной эксплуатации:

- Профилактическое техническое обслуживание. Для обеспечения безопасной эксплуатации необходимо выполнять техническое обслуживание раз в месяц.
- Осматривать, регулировать и ремонтировать беспилотный электрокар на солнечных элементах может только квалифицированный обученный персонал.
- Использовать только запасные части и материалы, прописанные в руководстве по эксплуатации беспилотного электрокара на солнечных элементах.
- Необходимо обеспечить вентиляцию мест хранения и обслуживания беспилотного электрокара на солнечных элементах в соответствии с нормами пожарной безопасности. Вентиляция необходима для устранения легковоспламеняющихся паров в местах стоянки беспилотного электрокара на солнечных элементах. Кроме того, вентиляция удаляет водород, образующийся при зарядке аккумулятора.

3.1.5 Этапы и стадии разработки

Сроки выполнения технического задания по разработке конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах должны соответствовать срокам, установленным в учебном плане.

3.1.6 Порядок контроля и приёмки

«Конструкторская документация на стадии технического проекта проходит согласование с руководителем выпускной квалификационной работы, и техническими специалистами, рекомендованными руководителем ВКР».

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах

3.2.1 Подбор необходимых материалов для разработки

При выполнении проектирования конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах используются литературные источники, журналы, ГОСТы, нормативы и книги, а также курсы лекции, изучаемые в период обучения на кафедре «Проектирования и эксплуатации автомобилей» в ТГУ.

3.2.2 Обоснование конструктивной компоновки электрокара

Беспилотный электрокар, на солнечных элементах предназначенный для эксплуатации в зонах отдыха, рекреационных зонах, для прогулочных и туристических маршрутов. В данном проекте разрабатывается механическая часть электрокара с перспективой его оснащения системой автоматического управления, обеспечивающей высокое удобство использования электрокара.

Основные функциональные и формообразующие элементы предлагаемого беспилотного электрокара на солнечных элементах (рисунок 12 и 13): силовая рама 1 с передними 2 и задними 3 колесами, кузовом 4, капотом 5, сиденьем 6, передними 7 и задними 8 стойками и крышей 9. Электрокар имеет основные конструктивные элементы: верхнюю панель капота 10, нижнюю панель капота 11, рулевое управление 12, задний бампер 13, передний бампер 14, подножку 15, переднее крыло 16, заднее крыло 17, стоп сигнал 18.

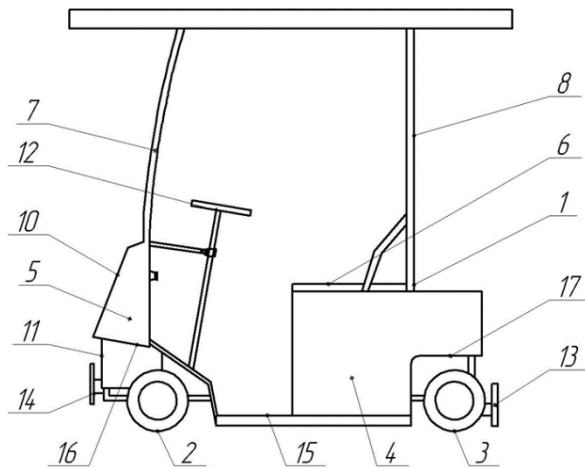


Рисунок 12 - Общая компоновка

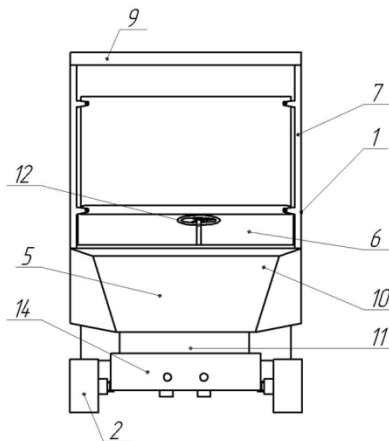


Рисунок 13 - Общая компоновка

Представленная модель беспилотного электрокара работает следующим образом: у данной модели имеется кнопка зажигания, после чего пассажир (он же водитель) нажимает на педаль газа. Далее беспилотный электрокара начинает движение, так как у данной модели предусмотрено беспилотное управление, то возможен переход с помощью планшета в режим беспилотного управления данной моделью. Также водитель может задать определённый маршрут на экране планшета и электрокар будет следовать по заданной траектории. Водитель в любой момент может поменять данную функцию и взять управление в собственный контроль. Остановка данного транспорт-

ного средства происходит автоматически, если включена система беспилотного управления, либо нажатием на педаль тормоза с отключением двигателя.

В аварийной ситуации предусмотрено кнопка резкого торможения. Данная модель беспилотного электрокара безопасна и работает около 8 часов в день без дополнительной зарядки и разгоняется со скоростью 15-20 км/ч.

3.2.3 Эстетические и эргономичные требования, реализуемые в разрабатываемой конструкции

Сущностью представленной модели беспилотного электрокара на солнечных элементах, является гармоничное сочетание эстетических особенностей композиционных элементов электрокара и его эксплуатационных и технологических характеристик.

Конструкторское решение беспилотного электрокара на солнечных элементах обладает функциональной выразительностью, компактностью, технологичностью и единством стилевого решения.

Функциональная выразительность достигается компактно-упрощенной компоновкой. Общий контур верхней и нижней панелей капота, формирующих грибообразную форму, придают устойчивый вид. Компактная компоновка электрокара обеспечивается делением на две части: капот и кузов с сиденьем. Передние колеса по размеру чуть меньше. Это сказывается на устойчивости и управляемости электрокара, обеспечивая динамичный профиль в боковой проекции, а также на безопасность эксплуатации, удобство доступа водителя, аэродинамичность и удобство эксплуатации.

Выполнение крепления крыши на стойках, передних изогнутых с небольшим наклоном от уровня руля, задних прямых придает всей конструкции прозрачность, визуальную легкость, при технологической простоте и эксплуатационных удобствах, связанных с посадкой-высадкой и перемещением внутри беспилотного электрокара на солнечных элементах.

Крыша в виде плоской рамы с одним продольным и двумя поперечными с покрытием верхней плоскости крыши солнечными панелями с широкой окантовкой по периметру обеспечивает энергетическую независимость, высокую мощность привода. Такая компоновка дает тень от солнечного света при достаточной жесткости конструкции, а также надежную защиту от дождя за счет большой площади и перекрытия всей проекции автомобиля сверху.

Выполнение заднего вида беспилотного электрокара прямоугольной формы с разделением задней проекции спинкой сиденья пополам, придавая массивный, устойчивый вид данной конфигурации. Закругленные боковины багажника кузова, выполненные по высоте на уровне сиденья, по ширине на уровне боковой стенки кузова над задними колесами, с проемом между ними, и нижней панелью по ширине равной ширине проема багажника, обеспечивают свободный доступ к багажнику, создают открытый вид.

Выполнение стоп-сигнала круглой формы, расположенного по центру задней панели обеспечивает при максимальной технологичности, экономии электроэнергии при обеспечении заданной функции – информирования о торможении электрокара лаконичный, компактный вид.

Установка по нижнему краю задней панели бампера прямоугольной формы, закрепленного двумя кронштейнами, шириной по внутренней кромке задних колес, расположенного на высоте по центру колеса, обеспечивает защиту кузова и колес от внешних воздействий.

Расположение в боковой проекции кузова в нижней задней половине электрокара с краем, достигающим до середины, придает устойчивость конструкции. Общая компоновка с капотом из двух панелей с передними колесами расположенными под креплением рулевого управления, кузова с сиденьем, занимающего половину длины электрокара, позволяет при компактности компоновки обеспечить широкий проход для водителя и пассажиров. Широкое сиденье обеспечивает удобство и безопасность расположения водителя и пассажиров.

Лобовое стекло прямоугольной формы крепится на четырех кронштейнах между передними стойками с большими зазорами между стеклом и крышей сверху и стеклом верхней кромкой верхней панели капота, обеспечивая хороший обзор, защиту от ветра при максимальной технологичности.

Подножка металлическая с выступом сбоку кузова. Спереди переходит в подъем с изломом, формируя переднее крыло. Выполнение в таком виде обеспечивает функциональность, надежность, удобство посадки пассажиров и их расположения. Переднее крыло фактически создает подножку на которую может опираться пассажир при движении электрокара.

Расположение рулевого колеса почти по центру дает возможность размещения пассажиров на широком сиденье и справа и слева от водителя, повышая удобство эксплуатации. Выполнение рулевого управления с малым отклонением обеспечивает удобство перемещения внутри электрокара за счет широкого прохода между рулем и сиденьем.

Выполнение верхней панели капота прямоугольного профиля с массивной передней панелью из четырех плоскостей, передней трапециевидной формы, боковыми – треугольной, верхней в виде наклонной полосы по верхней кромке, нижней панели колонообразной закругленной формы придают электрокару устойчивый вид при высокой технологичности, жесткости конструкции, обеспечивая безопасность пассажиров и водителя.

3.2.4. Разработка конструкции рамы электрокара в программном обеспечении COMPAS 3D с расчётом на прочность в ANSYS

В соответствии с требованиями технического задания предлагается конструкция сварной рамы из стальных труб диаметром 30 мм для элементов нижнего силового пояса и труб диаметром 20 мм для элементов верхней части рамы. Чертежи рамы представлены в графической части ВКР, проверка прочности элементов рамы поясняется с использованием сканов.

Расчёт рамы на прочность в программном обеспечении ANSYS.

Для расчёта рамы на прочность в программном обеспечении ANSYS, потребовалась 3D модель рамы, которая выполнялась в программном обеспечении COMPAS 3D, на рисунке 13 приведён пример данной рамы.

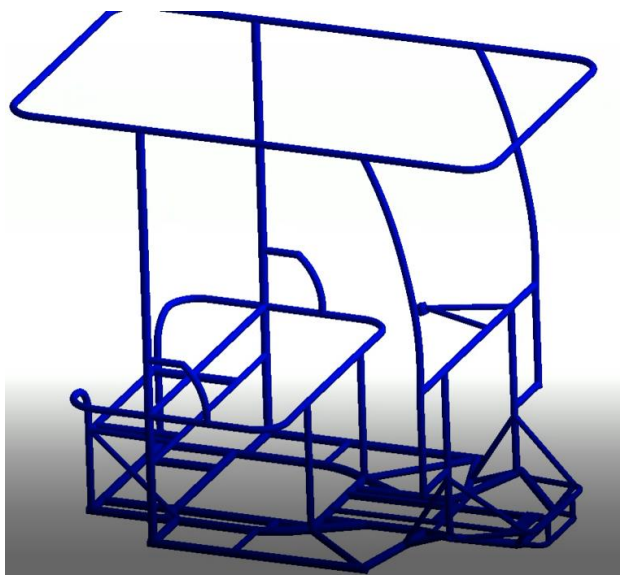


Рисунок 13 - Рама беспилотного электрокара на солнечных элементах

После того как была создана и спроектирован рама в COMPAS 3D, данный файл был сохранён в необходимом формате для программного обеспечения ANSYS. Первым этапом при расчёте рамы, необходимо было создать проекта Static Structural. После создания проекта, необходимо было соединить каждый элемент труб и выделить их, как это показано на рисунке 14.

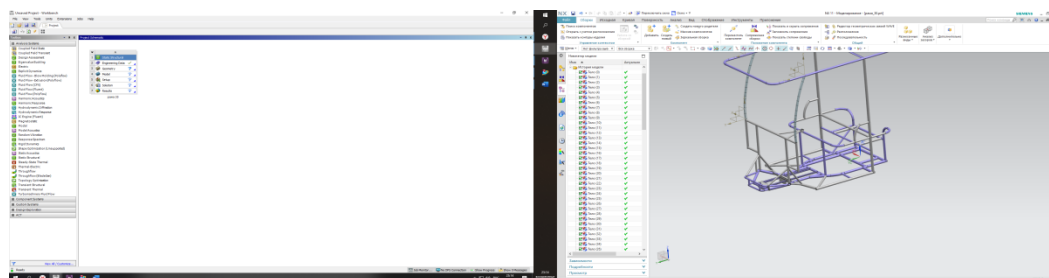


Рисунок 14 - Создание проекта Static Structural

Вторым этапом в расчёте, являлось ввести или задать ввод характеристики материала используемого в представленной раме, как это показано на рисунке 15.

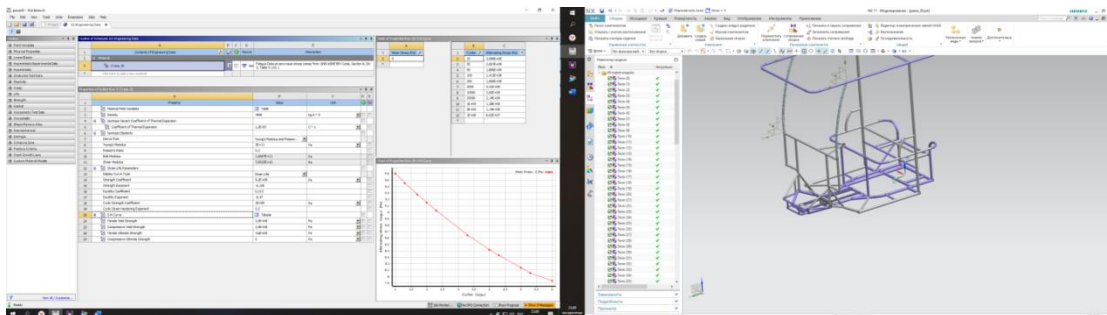


Рисунок 15 - Используемый материал для рамы

Третьим этапом в расчётах, это импорт stp модели в под программе «geometry» рисунок 16.

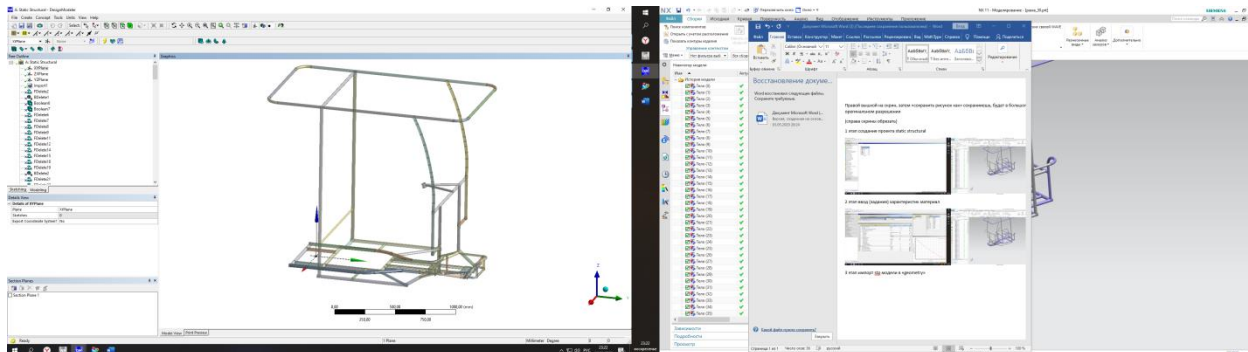


Рисунок 16 - Импорт stp модели в подпрограмме «geometry»

Четвёртый этап - это подготовка 3D модели к конечно-элементному моделированию (перестроение листовых тел в твердые, незначительное упрощение геометрии, соединение тел 3D в единое тело и прочие манипуляции, повышающие как скорость расчета, так и её точность) в результате получается следующая 3D модель (очень важный и трудоемкий этап) на рисунке 17.

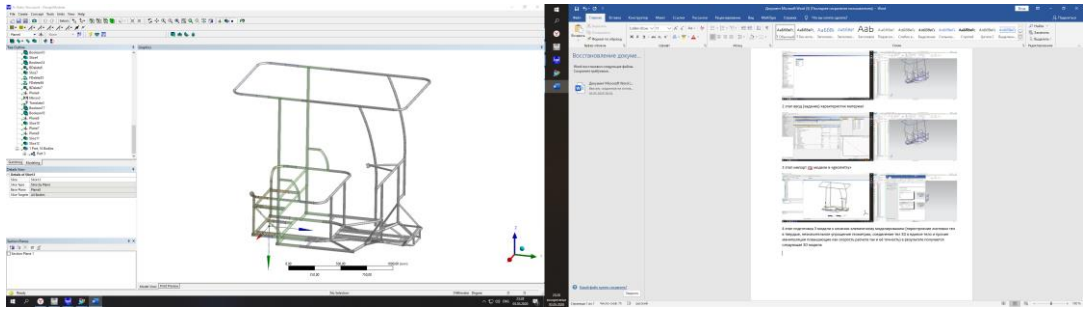


Рисунок 17 - Четвёртый этап в расчётах

Пятый этап необходимо перейти в «model» и присвоить 3D телу заданный материал, как показано на рисунке 18. Одним важным условием является то, что ветку «connections» не использовать (рама сделана одним телом) задание дополнительных контактов не требует.

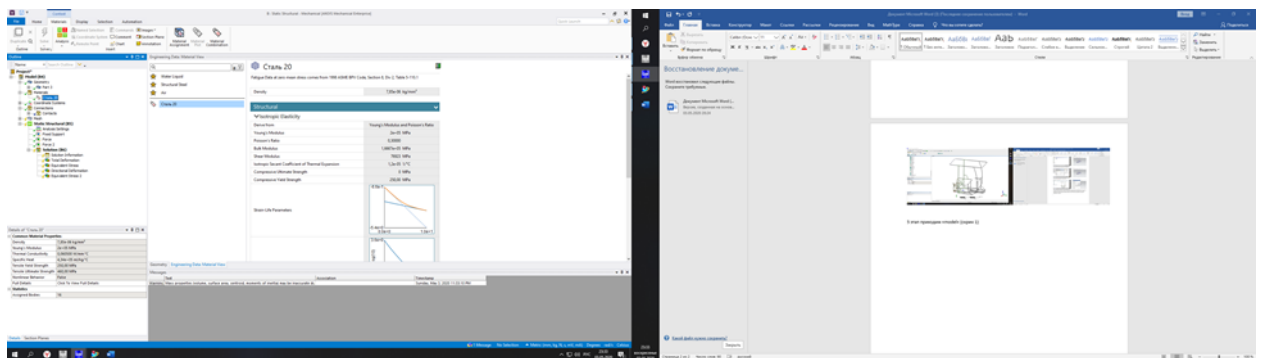


Рисунок 18 - Шестой этап при расчётах в ANSYS

Шестой этап при расчётах, это в «mesh» задается величина конечного элемента и тип сетки (гексагональная). Далее происходит фиксация модели за места где происходят крепления рамы к элементам повестки (колесам), как показано на рисунке 19.

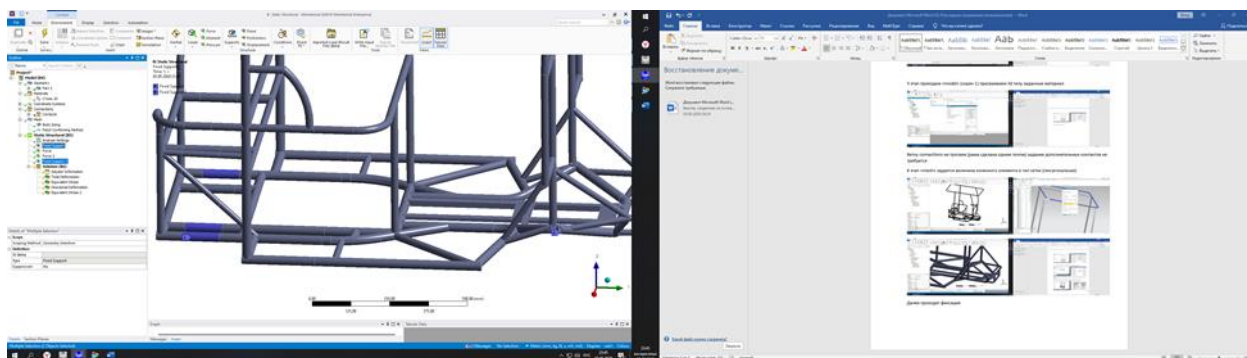


Рисунок 19 - Фиксация модели

Для проведения следующих действий в данном программном обеспечении необходимо рассчитать ветровую нагрузку, которая будет оказана на данную раму и определить приложенные усилия в месте, где будет сидеть, находится пассажир данного электрокара.

При расчётах ветровой нагрузки, будет использоваться материалы Са-вицкий Г. А. «Ветровая нагрузка на сооружения». По формуле 24 проведём расчёт ветровой нагрузки на представленную конструкции беспилотного электрокара на солнечных элементах.

$$W = 0,61 \cdot V \cdot V \cdot V \cdot P \quad (24)$$

Где, W - давление, Па,

V - скорость, м/с

P - плотность воздуха кг/м³

При 15 км/ч $w=14$ Па =(Н/м), с учетом ветра в 2 м/с 18 Па =(Н/м)

Площадь лобового «стела» 0,7 м²

Получаем 12,4 Па =(Н/м) примерно 1,2 кг/м

Приложенное усилие составит 12 N на раму (по 6 N) на каждую. Как показано на рисунке 20.

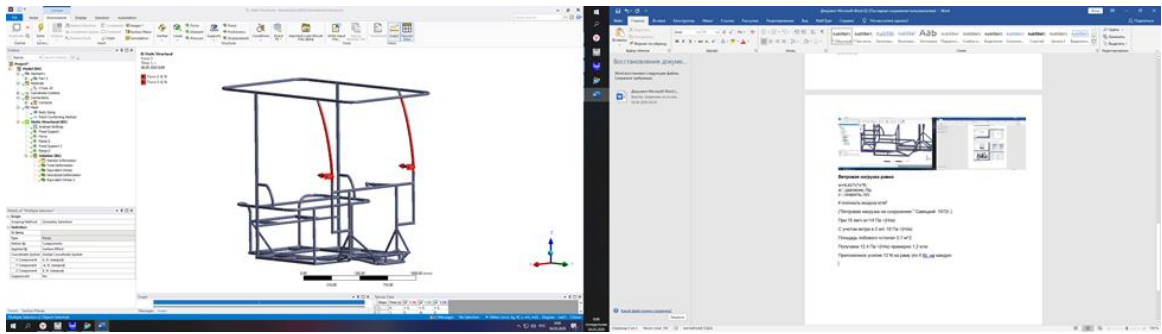


Рисунок 20 - Приложенные усилия на место лобового стекла

Также прикладываем усилия на месте, где будут находиться два пассажира, на сидении приложенное усилие составит 180 кг (1800Н).

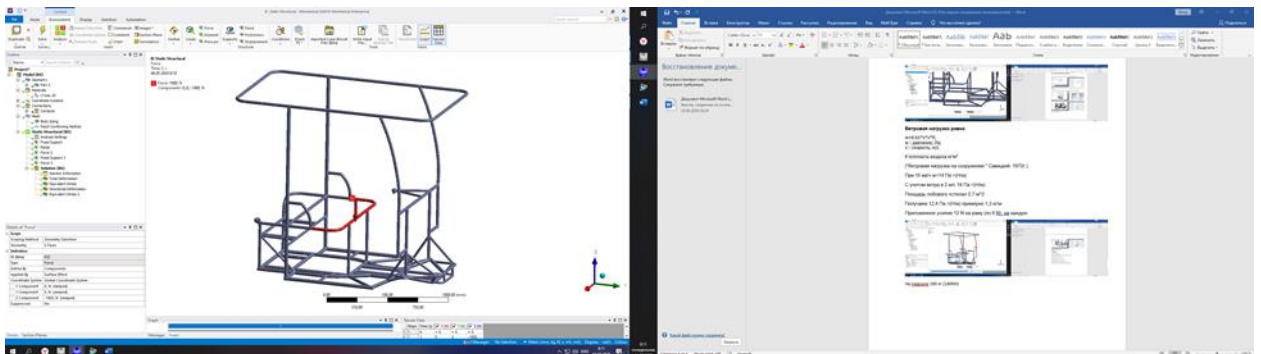


Рисунок 21 - Приложенные усилия на месте пассажира

Следующим этапом при расчётах, определение собственного веса рамы который составил 50 кг с учётом использованного материала из Стали 20, как показано на рисунке 22.

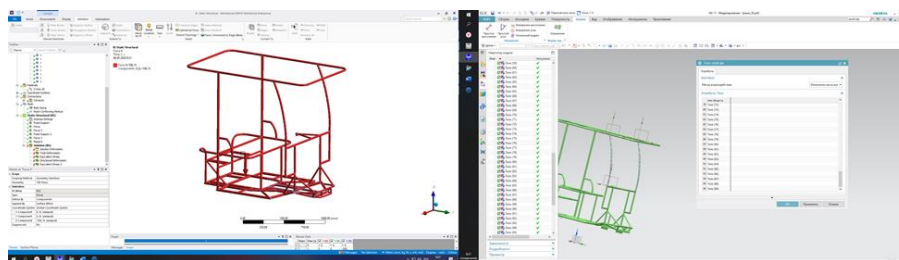


Рисунок 22 - Приложенные усилия на всю раму

Также важно отметить, что напряжение не превышает предел текучести (200 Мпа) 68 максимум (конструкция не погнется), поэтому на рисунке 23 деформация увеличена в 100 раз.

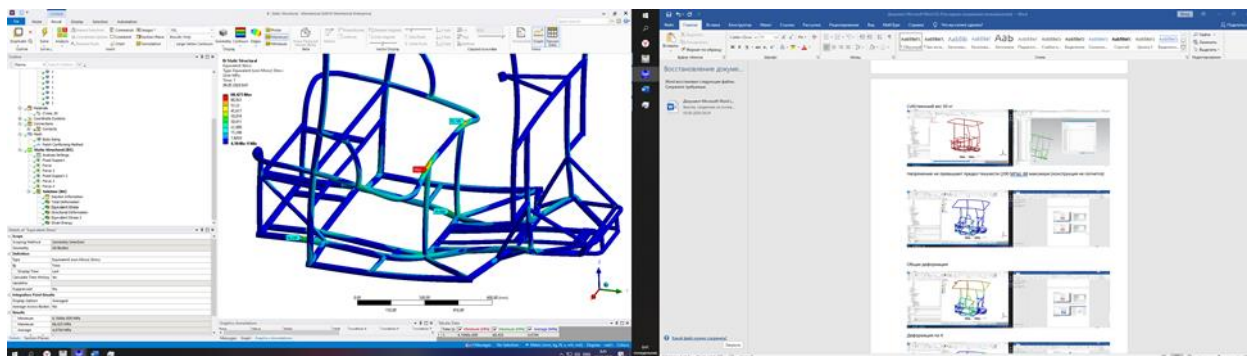


Рисунок 23 - Деформация рамы

Завершающим этапом при расчётах, является общая деформация рамы, а также деформация по трём осям, а именно по осям X,Y,Z. На рисунке 24 представлена общая деформация рамы. И для полного понимания подготовлен видеосюжет с деформацией рамы в рамках дипломного проектирования (Приложение Б).

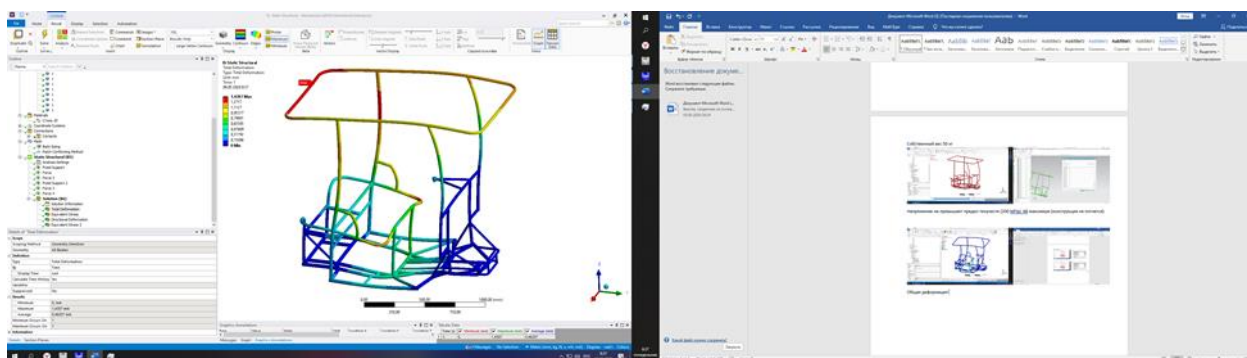


Рисунок 24 - Общая деформация рамы

4 Разработка технологического процесса ремонта беспилотного электрокара на солнечных элементах

4.1 Общие данные по ремонту беспилотного электрокара на солнечных элементах

Представленная модель электрокара, как и любой другой транспорт, нуждается в проведении технического осмотра, а также ремонта в случае поломки или изношенности деталей.

Ремонт беспилотного электрокара на солнечных элементах, можно проводить по следующим категориям:

1. Ремонт подвески
2. Ремонт тормозной системы
3. Ремонт электрооборудования беспилотного электрокара на солнечных элементах
4. Ремонт электродвигателя беспилотного электрокара на солнечных элементах
5. Ремонт беспилотного оборудования
6. Ремонт или замена солнечных панелей беспилотного электрокара на солнечных элементах
7. Обслуживание и замена аккумуляторных батарей беспилотного электрокара на солнечных элементах
8. Окраска, шпаклевка и устранение дефектов кузова беспилотного электрокара на солнечных элементах

4.2.1 Ремонт подвески

Ремонт подвески заключается в комплексной диагностике и ремонте или замене износившихся деталей. К деталям подвески электрокара относят: рычаги передней подвески, верхний и нижний, правый и левый, рулевые

наконечники, ступичный узел, подшипники ступицы, поворотные кулаки, пыльники, сайлент-блоки, амортизаторы, рулевая рейка, вал рулевого управления, рессоры задней подвески и втулки.

На рисунке 25 представлена подвеска беспилотного электрокара на солнечных элементах.



Рисунок 25 - Передняя часть подвески

4.2.2 Ремонт тормозной системы

Ремонт тормозной системы заключается в проверке ее работоспособности, натяжения ручного тормоза и прокачки гидравлической тормозной системы. Тормозная система состоит из тормозных колодок, тормозных цилиндров, гидроусилителя и тросика ручного тормоза. На рисунке 26 представлены внутренние компоненты разработанного электрокара.



Рисунок 26 - агрегаты и узлы беспилотного электрокара

4.2.3 Ремонт электрооборудования электрокара

Ремонт электрооборудования заключается в выявлении неисправности с помощью диагностического компьютера или последовательного тестирования цепи электропроводки. Подключение диагностического компьютера к контроллеру электрокара осуществляется с помощью специальных кабелей и разъемов, имеющих в сборочном цехе Д-118 кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей ТГУ».

К электрооборудованию относятся: фары, звуковой сигнал, кнопка управления движением, электронная педаль акселератора (газа), зажигание, индикатор уровня заряда, датчик уровня заряда АКБ, DC-DC конвертер, контроллер, бортовое зарядное устройство. На рисунке 27 представлен пример аккумулятора и контроллера.



Рисунок 27 - Контроллер и аккумулятор беспилотного электрокара

4.2.4 Ремонт электродвигателя беспилотного электрокара на солнечных элементах

Ремонт двигателя и редуктора заключается в диагностике неисправности после снятия узлов, проверке на стенде и их частичной разборке, а затем в ремонте или замене неисправного узла или агрегата. Редуктор состоит из: корпуса, шестерен, сальника. Двигатель электрокара содержит кожух, вал, якорь, обмотка, щетки, система рекуперации, датчик скорости и датчик температуры. Пример двигателя после эксплуатации на рисунке 28.

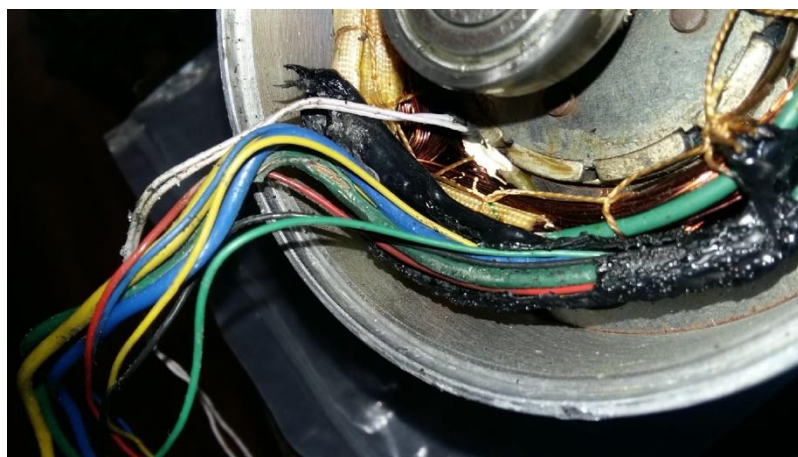


Рисунок 28 - Пример электродвигателя после эксплуатации в электрокаре

4.2.5 Ремонт беспилотного оборудования

Беспилотная система АПК “Tourist AI”. Разрабатывалась при сотрудничестве со студентом Лавриновичем Александром из федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева». Система автоматического управления автомобилем третьего уровня по классификации SAE устанавливалась на электрокар с

использованием солнечных элементов. Система включает в себя следующее оборудование: Intel Galileo Gen 2; Ультразвуковой датчик расстояния JSN-SR04T (IP66); RunCam Swift 2; Стяжки нейлон. 4*250 черн. 100шт КСС; Кабель LCM-18 BL синий; Набор термоусад. трубок, 3-12мм, "Максимум" REX 29-0106; Патч-корд Cablexpert PP12-0.25M/ВК; Патч-корд Dexp 5 м желты; Планшет Irbis TW60; Модуль реле 8-канальный для Arduino (с оптронной изоляцией 5В, low level trigger, реле HONG WEI); Датчик тока; UBLOX NEO-8M - GPS/ГЛОНАСС/BeiDou модуль GN-801 (TTL); Arduino MEGA Sensor Shield V2.0; Программируемый контроллер Arduino Mega 2560 R3 (atmega16u2). На рисунке 29 представлена архитектура беспилотной системы.

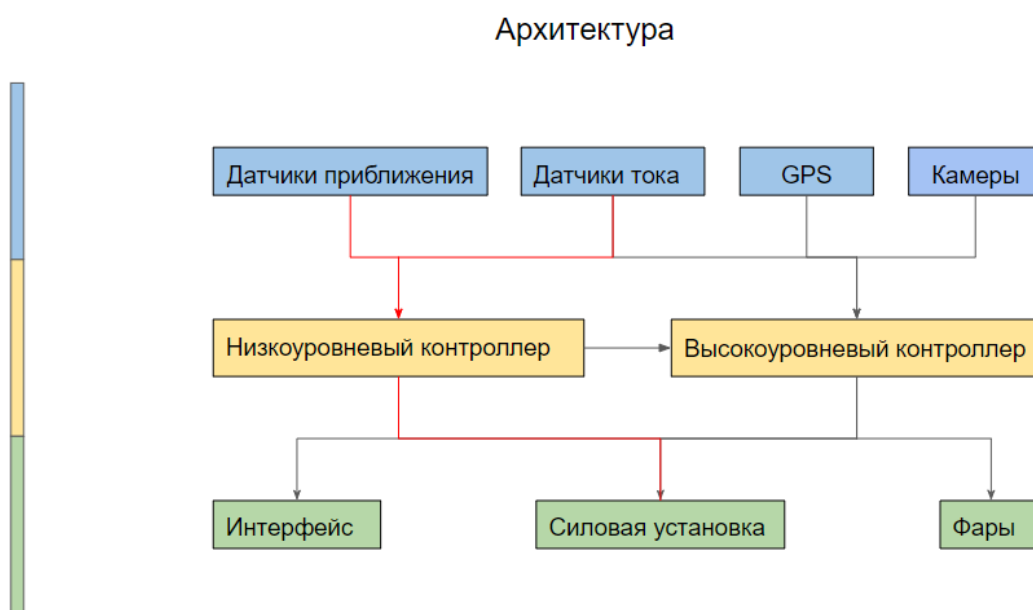


Рисунок 29 - АПК “Tourist AI”

Беспилотная система решает ряд задач, а именно организация автономной/полу-автономной работы логистической службы предприятия или заказчика. А также автономное перемещение пассажиров и грузов по заранее построенным маршрутам между конечными пунктами. Водитель может не контролировать машину на дорогах с «предсказуемым» движением (например,

автобаны), но быть готовым взять управление. Без специализированных программистов к ремонту беспилотного оборудования в данной модели не стоит приступать, так как большая часть оборудования является дорогостоящей и сложной при ремонте без соответствующих знаний.

4.2.6 Ремонт или замена солнечных панелей беспилотного электрокара на солнечных элементах

Солнечные панели – устройства, сделанные на основе фотоэлементов – кремниевых пластин. Фотоэлементы преобразуют энергию солнечного излучения, в электрическую энергию. В солнечных панелях фотоэлементы спаяны между собой по суммарной мощности выработки электроэнергии и выходному напряжению, в основном на 18 вольт постоянного тока. Для беспилотного электрокара использовались гибкие солнечные панели XINPUGUANG, 100 Вт, с монокристаллической солнечной мощностью в 18 В.

При мощности двигателя в 360Вт было установлено 4-6 панелей по 100Вт (ограничение в 600Вт для класса С). Размер одной панели 1050x540x3, вес ~3кг. На рисунке 30 представлена модель солнечной панели.

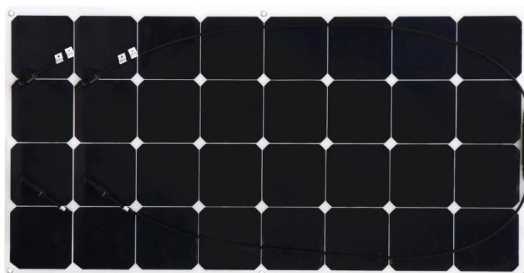


Рисунок 30 - Гибкая солнечная панель XINPUGUANG

«Солнечные панели представляют собой изделия с герметично заламинированными на них кремниевыми пластинами, заключенными в каркас из алюминиевого профиля. Сверху панель покрыта закаленным стеклом с низ-

ким содержанием оксида железа, что увеличивает её прозрачность. Панель полностью герметична и выдерживает большие ветровые и снеговые нагрузки».

Регулярно, не реже 1 раза в год, необходимо проводить осмотр системы и проверять:

1. Жесткость креплений и отсутствие коррозии;
2. Качество и целостность электрических соединений, отсутствие коррозии в местах соединений. Затяните все разъемы и соединения. Проверьте провода на поломки и обгорания.
3. Целостность солнечных панелей;
4. Электрические параметры, проверьте, что токи солнечной панели и нагрузки не превышают допустимых значений;
5. Убедитесь, что солнечная панель очищена от грязи, снега, посторонних предметов. Проверьте, что солнечная панель ориентирована правильно на солнце.

4.2.7 Обслуживание и замена аккумуляторных батарей беспилотного электрокара на солнечных элементах

Обслуживание и замена аккумуляторных батарей электрокара заключается в диагностике их состояния, проверке плотности, уровня электролита, доливке дистиллированной воды, очистке и обработке контактов специальным составом, выравнивании уровня заряда, замена вышедших из строя батарей. Желательно использовать самое современное оборудование заряда-разряда и немецкие спецсредства Wurt.

4.2.8 Проблемы и способы их устранения в беспилотном электрокаре на солнечных элементах

При существующих проблемах с беспилотным электрокаром на солнечных элементах, в таблице 16 предложены способы их устранения.

Таблица 16 - Способы устранения неисправностей

Проблема	Причина	Устранение проблемы
Электрокар не движется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аккумулятор разряжен. 2. Сработал предохранитель. 3. Недостаточный контакт аккумулятора. 4. Аккумулятор неисправен. 5. Плохо зафиксированы колёса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зарядите аккумулятор 2. Не используйте электро-мобиль в течение нескольких минут или замените предохранитель. 3,4. Проверьте исправность аккумулятора. 5. Подкрутите фиксирующие гайки.
Аккумулятор не заряжается	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разъемы аккумулятора не зафиксированы. 2. Отсутствие электричества в сети. 3. Зарядное устройство неисправно. 4. Предохранитель неисправен. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зафиксируйте разъёмы. 2. Подключите зарядное устройство к сети позже. 3. Замените зарядное устройство. 4. Проверьте и замените предохранитель.
Действие аккумулятора не продолжительно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточный заряд аккумулятора. 2. Колёса загрязнены. 3. Электрокар перегружен. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заряжайте аккумулятор своевременно. 2. Очистите колёса. <p>Не перегружайте электрокар</p>
Электрокар движется слишком медленно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аккумулятор разряжен. 2. Колёса загрязнены. 3. Электрокар перегружен. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заряжайте аккумулятор своевременно. 2. Очистите колёса. <p>Не перегружайте электро-мобиль.</p>
Аккумулятор нагревается и шумит во время зарядки	В аккумуляторе происходит химическая реакция.	Такая реакция характерна для процесса зарядки аккумулятора.
Низкий уровень зарядки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аккумулятор неисправен. 2. Отсутствие электричества в сети. 3. Электрокар перегружен. 4. Поверхность, на которой находится электрокар, неровная. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Замените аккумулятор. 2. Попробуйте подсоединить к сети позже. 3. Не перегружайте авто. 4. Используйте авто только на ровной поверхности.

5 Безопасность и экологичность беспилотного электрокара на солнечных элементах

Для безопасного использования беспилотного электрокара на солнечных элементах необходимо разработать технологический паспорт безопасности. Разработка данного паспорта, позволит предоставить конечному пользователю максимально безопасный продукт с учётом всех норм пожарной безопасности, а также для предотвращения чрезвычайных ситуаций.

На территории РФ действуют нормативно-правовые акты, устанавливающие, что товары, которые негативно влияют или потенциально могут влиять на внешнюю среду и различные факторы, могут осуществлять свой жизненный цикл (начиная с разработки и заканчивая утилизацией) только в сопровождении всей технической документации. Паспорт разрабатывается для:

- продукции, к которой в соответствии с нормами Законодательства применяются меры относительно обеспечения безопасности;
- новых типов продукции, которые могут потенциально нанести вред потребителю;
- продукции, которая в соответствии с международными стандартами признана опасной.

Паспорт безопасности представляет собой технический документ, который включают в себя:

1. технологическую карту, в которую входит подробное описание технических операций, выполняемых на данном оборудовании (устройстве, приспособлении и т.п.);
2. перечень возможных профессиональных рисков и их оценка; способы и применяемые средства защиты, предотвращающие
3. вредные и опасные и производственных факторы при эксплуатации оборудования;

4. разработку перечня мероприятий и применение технических средств для обеспечения пожарной безопасности;
5. мероприятия по предотвращению неблагоприятного антропогенного влияния на окружающую среду.

5.1 Разработка технологического паспорта

В таблице 17 представлен технологический паспорт по модернизации рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах. «В рамках данной дипломной работы рассматривается работа слесаря 5-го разряда, который с помощью сварочного аппарата осуществляет сборку раму» [2].

Таблица 17 - Технологический паспорт

Технологический процесс	Технологическая операция, вид производственных работ	Занимаемая должность сотрудника, выполняющего технологический процесс, операцию	Устройство, механизм, оборудование	Одежда, вещества, материалы
1	2	3	4	5
Изготовление рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах	Изготовление деталей для рамы	«Слесарь 5-го разряда» [2]	«Аппарат лазерной резки, сварочный аппарат, токарный станок, пескоструйный аппарат, окрасочная камера» [2]	«Сварочная проволока, углекислый газ, абразив, краска, ацетон» [2]

5.2 Оценка профессиональных рисков

В рамках ВКР, проведём оценку вероятности причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и опасных производственных факторов, которые могут быть при разработке деталей для рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах. Представленные данные будут отраже-

ны в таблице 18, которая состоит из оценки опасных факторов и источников вредных производственных факторов.

Таблица 18 - Оценка профессиональных рисков при разработке проекта

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и /или вредного производственного фактора» [2]
Изготовление деталей рамы	<p>Физические: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования</p>	«Аппарат лазерной резки, сварочный аппарат, токарный станок, пескоструйный аппарат, окрасочная камера»
	«отсутствие или недостаток естественного света» [2]	Виды работ над днищем электрокара
	<p>Химически опасные и вредные производственные факторы подразделяются: по характеру воздействия на организм человека на: токсические; раздражающие; sensibilizing; по пути проникания в организм человека через: органы дыхания;</p>	углекислый газ, абразив, краска, ацетон

Продолжение таблицы 18

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и /или вредного производственного фактора» [2]
	Физические перегрузки подразделяются на: статические; динамические	«Аппарат лазерной резки, сварочный аппарат, токарный станок, пескоструйный аппарат, окрасочная камера» [2]
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; отсутствие или недостаток естественного света	Аппарат лазерной резки, сварочный аппарат, токарный станок, пескоструйный аппарат, окрасочная камера
	Химически опасные и вредные производственные факторы подразделяются: по характеру воздействия на организм человека на: токсические;	
	раздражающие; сенсibiliзирующие; по пути проникания в организм человека через: органы дыхания; Физические перегрузки подразделяются на: статические; динамические Нервно-психические перегрузки перенапряжение анализаторов; монотонность труда	

5.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению чрезвычайных происшествий (пожар)

Таблица 19 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	СИЗиСЛ	Пожарный инструмент (механизованный или немеханизованный)	Пожарная сигнализация, связь или оповещение
Огнетушащие вещества: песок	Пожарная мотопомпа	Спринклерная система	Извещатель ИП 212/108 – 3CR	Пожарный шкаф	Противогаз	Лопаты, ломы, багры, крюки, топоры.	Извещатель ИП 212/108 – 3 CR
Огнетушащие материалы: кошма			Оповещатель пожарный	Рукав напорный			Пожарный оповещатель
Пожарный инструмент: ломы, лопаты, багры, крюки, топоры.			Технические пожарные средства оповещения и управление эвакуацией				
Пожарное оборудование: огнетушители ОП-10 (3)							

5.4 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 20 – «Экологическая безопасность технического объекта» [2]

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического оборудования	Воздействие на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
1	2	3	4	5
«Лазерная резка металла» [2]	«Плавнение, возгорание металла под воздействием лазерного луча» [2]	«Выброс вредных веществ при резке металла» [2]	«Смыв эксплуатационных материалов»	«Попадание отходов при утилизации (обрезки металла), ветоши» [2]
«Сварка металла в среде CO ₂ » [2]	Выделение углекислого газа и угарного газа, кислорода	Выброс угарного и углекислого газа	«Смыв грязи с рук сварщика» [2]	«Попадание отходов при утилизации (окалины, остатки сварочной проволоки)»
«Токарные работы» [2]	«Применение смазывающих охлаждающих жидкостей» [2]		«Смыв отработанной смазочно-охлаждающей жидкости» [2]	«Попадание отходов при утилизации (стружки отходов металлов, ветоши)» [2]
«Пескоструйная обработка изделий» [2]	«Выделение пыльно-песочной взвеси в воздухе, при разбиении шлиф-зерна» [2]	Выброс отработавших частиц шлифовального зерна	«Смыв грязи с рук пескоструйщика»	Попадание отходов при утилизации (отработавшие шлифовальное зерно)
Порошковая окраска	Заполнение покрасочной камеры полимерным порошком	Выброс вредных веществ при полимеризации	Смыв эксплуатационных материалов (ацетона, обезжиривателя)	«Попадание отходов при утилизации (ветошь, остатки краски)»

5.5 Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду

Таблица 21 - Идентификация экологических факторов производства изделий

Наименование технологического процесса	Участок тюнинга
1	2
Мероприятия по «снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [2].	«Применение фильтрующих элементов в имеющихся на участке вытяжных шкафах. Контроль за состоянием воздуха в рабочей зоне» [2].

Продолжение таблицы 21

<p>Мероприятия по «снижению негативного антропогенного воздействия» на гидросферу [2].</p>	<p>«Утилизация и захоронение выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод с соблюдением мер по предотвращению загрязнения почв» [2].</p>
<p>Мероприятия по «снижению негативного антропогенного воздействия» [2].</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. «Сбор и складирование отходов осуществляется в специальные закрытые контейнеры, бочки и т.п. установленные в специально отведённых местах» [2]. 2. «Использованная одежда применяется как вторичное сырье при производстве ветоши» [2]. 3. «Вывоз отходов производится силами специализированных организаций с которым заключается договор на вывоз, утилизацию, захоронение» [2].

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» [2]. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 17).

Проведена «идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ» [2]. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие (см. таблицу 18)

«Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 19)» [2]. Разработаны «мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте» (таблица 20) [2].

Разработаны «мероприятия по обеспечению экологической безопасности» на техническом объекте (таблица 21) [2].

6 Экономическая эффективность беспилотного электрокара на солнечных элементах

6.1 Общая информация о проекте

Развитие проекта «беспилотный электрокар на солнечных элементах», начиналось с 2017 года, когда проект был представлен на ежегодном конкурсе финансирования ТГУ, проект был представлен на тот момент, как «разработка электрокара на солнечных элементах», для создания данной разработки, необходимы были денежные средства на создание и изготовление рамы электрокара. Размер финансирования составил 30 тысяч рублей, в него входила закупка материалов для рамы, создание чертежей, а также сборка и сварка рамы, подробные расчёты и анализ представлены в таблицах в следующих параграфах.

Вторым этапом по реализации проекта, являлась закупка материалов для функционирования электрокара, а именно солнечные панели, датчики, литий-ионные аккумуляторы, установка тормозной системы, закупка и установка электродвигателя, а также закупка оборудования для беспилотного управления. Данное оборудование в себя включает: камеры, электронная начинка для управления, датчики движения, планшет для управления всей системой, изменение тормозной системы, гидроусилитель руля, замена подвески, установка амортизаторов, оплата инженерам-программистам. Финансирование в размере 500000 рублей на закупку данного этапа было выиграно в конкурсе Фонда Содействия Инновациям «УМНИК НТИ».

В рамках двух этих конкурсов были составлены необходимые сметы, для представления бизнес-презентаций. В рамках дипломной работы, будет рассмотрена экономическая эффективность изготовления рамы электрокара.

6.2 Выбор способа изготовления рамы

Перед изготовлением рамы, необходимо провести анализ способа изготовления, и экономическая эффективность каждого способа. Способы изготовления рамы, а именно сварка с помощью струбцин, калибров является наиболее затратными по времени и ресурсам. В связи с тем, что проект реализовался в стенах ТГУ, то использовался оптимальный способ изготовления, а именно рама беспилотного электрокара на солнечных элементах изготавливалась из стальных труб. Сварка проводилась в стапеле. Использовалась сварка полуавтоматическая проволочная, проволока 0,8 мм с применением углекислоты. После изготовления рамы, проводилась зачистка изделия шлифовальной шкуркой, наждачной бумагой, потом изделие протирается от пыли и грязи тряпками и наносится грунт ГФ -20 или ФЛ-015, после грунта наносилась краска №366 (Лайм). На рисунке приведён пример 3D модели рамы, изготовленная по описанному способу выше.

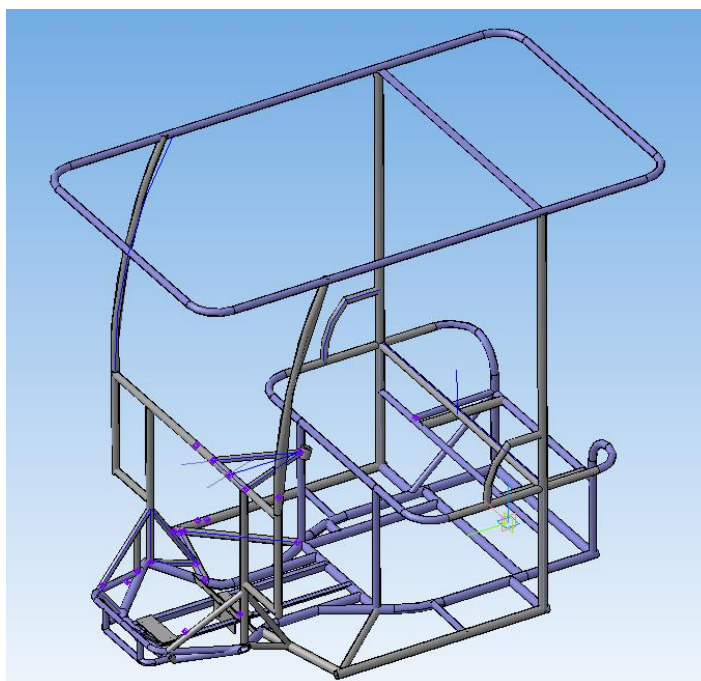


Рисунок 31 - Рама беспилотного электрокара на солнечных элементах

6.3 Расчёт стоимости по производству рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах

Для того чтобы провести расчёт на себестоимость изготовления рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах использоваться следующая формула 25.

$$M = C_m * Q_m * (1 + k_{тз} / 100) \quad (25)$$

Таблица 22 - Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Материалы	Цена за 1 ед., руб.	Кол-во	Ед. Изм.	Сумма, руб.
Труба Ст20, разм. 30,0*3,0 мм	248,00	10	м	2 480,00
Труба Ст20, разм. 16,0*1,5 мм	202,00	1,5	м	303,00
Труба Ст20, разм. 12,0*1,5 мм	379,00	1	м	379,00
Труба Ст20, разм. 25,0*2,0 мм	135,00	10	м	1 350,00
Лист Ст.3, 5,0 мм	2 625,00	3	м ²	7 875,00
Сварочная проволока 0,8 мм	227,00	5	кг	1 135,00
Угол ал. 50*50*4,0	237,00	5	м	1 185,00
Винт М8*1,25-25	7,50	6	шт	45,00
Труба ст20 20x3	163,00	4	м	652,00
Труба ст20 25x3	243,00	4	м	972,00
Труба ст20 30x3	355,00	4	м	1 420,00
лист ст20 3мм	1 740,00	1	м 2	1 740,00
лист ст20 5мм	3 264,00	1	м 2	3 264,00
	1 686,00		шт	1 686,00
Резка и гибка передней подвески		1		
Резка и гибка задней подвески	2 000,00	2	шт	4 000,00
Итого:				28 486,00

Расчет затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты» осуществляется с помощью формулы 26:

$$P_i = C_i * n_i (1 + K_{тз} / 100) \quad (26)$$

Таблица 23 – «Покупные изделия и полуфабрикаты»

Полуфабрикаты	Кол-во	Цена за 1шт., руб.	Сумма, руб.
«Болты» М10х25	16	6,5	104,00

Продолжение таблицы 23

Полуфабрикаты	Кол-во	Цена за 1шт., руб.	Сумма, руб.
«Винты М12»	12	2,5	30,00
«Гайка М10»	16	3,0	48,00
«Кольцо стопорное»	4	2,5	10,00
Прочее			1000,00
ИТОГО			1192,00
«Транспортно-заготовительные расходы»			808,00
ВСЕГО			2000,00

Расчет статьи «Зарплата основная» считается по формуле 27:

$$\langle Z_c = C_p * t * (1 + K_{пд} / 100) \rangle \quad (27)$$

Таблица 24 - Расчет статьи «Зарплата основная»

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть ч/час	Часовая тарифная ставка	Тарифная ставка
«Заготовительная»	3	1	87,30	43,65р.
«Сварочная»	5	2	102,50	123,00р.
«Токарная»	4	1	102,50	82,00р.
«Фрезерная»	4	1	102,50	51,25р.
«Гибочная»	3	2	96,60	173,88р.
«Слесарная»	3	2	96,60	19,32р.
«Сборочная»	4	2	102,50	10,25р.
«Окрасочная»	3	1	96,60	24,15р.
«Испытательная»	6	1	96,60	4,83р.
ИТОГ				488,68р.
Премияльные				97,74р.
Основная заработная плата				586,42р.

Расчет статьи затраты «Зарплата дополнительная»:

$$Z_d = Z_o * (K_d - 1) = 586,42 * (1,1 - 1) = 58,64$$

Расчет статьи «Отчисления в ЕСН»:

$$O_c = (Z_o + Z_d) * K_c = (586,42 + 58,65) * 0,3 = 193,52$$

Расчет статьи «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»:

$$P_{c.ob} = Z_o * K_{об} = 586,42 * 1,04 = 609,87$$

Расчет статьи «Общепроизводственные расходы»:

$$\text{Ропр} = \text{Зо} * \text{Копр} = 586,42 * 1,5 = 879,62$$

Расчет статьи «Общехозяйственные расходы»:

$$\text{Ропр} = \text{Зо} * \text{Кохр} = 586,42 * 1,6 = 938,27$$

«Цеховая себестоимость»:

$$\text{Сц} = \text{М} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Зд} + \text{Ос} + \text{Рс.об} + \text{Ропр}$$

$$\text{Сц} = 28\,486,00 + 2\,000,00 + 586,42 + 58,64 + 193,52 + 609,87 + 879,62 = 32\,814,07$$

«Производственная себестоимость»:

$$\text{Спр} = \text{Сц} + \text{Ропр} = 32\,814,07 + 938,27 = 33\,752,34$$

Расчет статью «Внепроизводственные расходы»:

$$\text{Рвн} = \text{Спр} * \text{Квнепр} = 33\,752,34 * 0,05 = 1\,687,617$$

Таблица 25 - Себестоимость конструкции

Статьи затрат	Обозначения	Сумма	%
«Сырье и материалы»	СиМ	28 486,00	80,38
«Покупные изделия и полуфабрикаты»	ПоИзиПоФ	2000,00	5,64
«Зарплата основная»	Зп/осн	586,42	1,65
Зарплата дополнительная	Зп/доп	58,64	0,165
Отчисления на соцстрах	ОнС	193,52	0,546
Расходы на содержание оборудования	РнСО	609,87	1,72
Общепроизводственные расходы	ОбР	879,62	2,482
Общехозяйственные расходы	ОбщР	938,27	2,65
Производственная себестоимость	ПроСе	33 752,34	95,24
Внепроизводственные расходы	ВнепрР	1 687,617	4,76
Полная себестоимость	ПоСе	35 439,957	100 %

Для определения экономического эффекта, необходимо произвести расчёт процента снижения себестоимости по формуле 28:

$$100 - \frac{\text{Впроект}}{\text{Вбаз}} * 100\% \quad (28)$$

Где, Впроект – полная себестоимость изготовления рамы;

Вбаз – себестоимость изготовления изделия на заказ.

$$100 - (35\,439,957/45\,000) * 100\% = 21,24 \%$$

Таким образом, эффект от экономии по статьям, составляет 21,24 %.

Из выше рассчитанных данных, можно сделать вывод о том, что экономическая эффективность изготовления рамы в рамках работы в университете, является экономически выгодным видом работ. Так как нет необходимости закупать оборудование для сварочных операций, а также нет необходимости в перевозке готового изделия. Все затраты связаны лишь с закупками материалов, транспортными расходами и затратами на заработную плату сотруднику университета. Для проведения сварочных работ с использованием струбцин или калибров, потребовалось бы дополнительное сварочное оборудование, а также специалисты в данной области. Изготовление данной конструкции по чертежам на рынке под заказ составляет в среднем около 45 000 рублей, используя ресурсы университета себестоимость изготовления рамы составила 35 439,96 р., а экономия на изготовление рамы составила 9 560 рублей.

Заключение

В выпускной квалификационной работе представлена разработка беспилотного электрокара на солнечных элементах, предназначенного для эксплуатации в зонах отдыха, рекреационных зонах, для прогулочных и туристических маршрутов. В работе проведен анализ представленных на отечественном и зарубежном рынках электрокаров и сравнительная оценка их основных параметров. В результате выполненной работы представлен опытный образец электрокара, который может быть оснащен системой беспилотного управления и батареей солнечных элементов, используемых для подзарядки батареи.

Цель выполненной выпускной квалификационной работы достигнута, посредством выполнения следующих задач:

- систематизированы, закреплены и реализованы приобретенные во время обучения знания;
- закреплены навыки работы с технической документацией и литературой;
- получен опыт формирования технического задания и технического предложения на примере конструкции нового изделия – беспилотного электрокара на солнечных элементах;
- освоена методика тягово-динамического расчета транспортного средства с построением графиков его динамического фактора и разгона;
- закреплены навыки выполнения чертежных работ в программном обеспечении COMPAS 3D по предложенной компоновке беспилотного электрокара на солнечных элементах с расчётом на прочность в ANSYS выбранной конструкции рамы;
- рассмотрены вопросы безопасности, экологичности и технической эксплуатации беспилотного электрокара на солнечных элементах;

– произведена оценка экономической эффективности изготовления рамы беспилотного электрокара на солнечных элементах.

Разработаны и подготовлены презентационные листы, чертежи общего вида электрокара и чертежи его элементов.

Работа над проектом выполнялась в рамках победы на конкурсе финансирования ТГУ 2017 г., а также при поддержке Фонда Содействия Инновациям программы «УМНИК НТИ». Изготовление и реализация проекта осуществлялось в инжиниринговом центре «Формула Студент», студентами в период с 2017-2020 г. под руководством заведующего кафедры «ПиЭА» Бобровского А.В. и к.п.н. доцента кафедры ПиЭА Угаровой Л.А.

Моя роль в данном проекте, заключалась в организации студентов, постановке им задач и участие в сборке электрокара. За 3 года работы над проектом: выступала на всероссийских и международных конференциях, написала более 5 статей по данной тематике. Также мной была оформлена заявка № 2019502234 на патент «Электрокар» и получен патент на полезную модель № 119962 «Электрокар». Одержала победу на конкурсах в рамках данной тематики. Были проведены испытания изготовленного электрокара, которые представлены в видео-материалах (приложение Б), что подтвердило его работоспособность.

Список использованных источников

1. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: внесен Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1627-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.102-2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2014 г. – Москва: Стандартинформ - 2014 - Текст: непосредственный.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») [Текст] / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти: ТГУ, 2016. – 51 с.
3. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учебнометодическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова. - Тольятти, 2012, - 135 с.
4. Епишкин, В.Е. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») [Текст] / В.Е. Епишкин, И.В. Турбин. - Тольятти : ТГУ, 2016. – 130 с.
5. Журнал Forbes [Электронный ресурс]: новости бизнеса - URL: <http://www.forbes.ru/karera-i-svoy-biznes/347503-bespilotnoe-budushcheezachem-biznesu-novyuy-vid-transporta> (дата обращения 02.04.2020). – Текст: электронный.

6. Ивлиев, В. А. Курсовое проектирование по дисциплине «Технология технического обслуживания и ремонта автомобилей»/ В.И. Ивлиев–Т.: ТГУ, 2015. - 30с.
7. КОМПАС-3D LT V 12: система трехмерного моделирования [для домашнего моделирования и учебных целей] / разработчик «АСКОН». – Москва: 1С, 2017. – 1 CD-ROM. – (1С: Электронная дистрибуция). – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа: электронная.
8. Куклин, Н. Г. Детали машин : учеб. для техникумов [Текст] / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. - 5-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва: Илекса, 1999. - 391 с.: ил
9. Лебедев, В. А. Технология машиностроения: Проектирование технологий изготовления изделий : учеб.пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 361с.
10. Малкин В.С. Основы проектирования технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта: электронное учебно-методическое пособие / В.С. Малкин. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019 г.
11. Малкин В.С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта: электронное учебно-методическое пособие / В.С. Малкин. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016 г.
12. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета: учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
13. Основы технологии машиностроения: учебник / А. М. Антимонов. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017 - 176 с. ISBN 978-5-7996-2132-2
14. Патент № 119962 Российская Федерация, МКПО 12-13. Электрокар: № 2019502234: заявл. 28.05.2019: опубл. 01.06.2020 / Плиговка П.Д., Угарова Л.А. и др.; заявитель Плиговка П.Д. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.

15. Плиговка П.Д. Проблемы урбанизации на примере города Тольятти/ Евразийское научное объединение №2(24), Москва, 2017, С.29-31.
16. Плиговка П.Д. Проектирование и разработка каркаса электромо- биля на солнечных элементах/ А.А. Дергунов, М.Е. Козлова, П.Д. Плиговка// тезисы доклада XLIV Самарской областной студенческой научной конфе- ренции 10-20 апреля 2018г. Самара, 2018г. С.3.
17. Плиговка П.Д. Статистическое исследование рынка отдыха и ту- ризма в России / Научное сообщество студентов ТОМ 1. Сборник материалов 6 Международной студенческой научно-практической конференции. Чебок- сары. 2015 г. - С. 283.
18. Плиговка П.Д., Угарова Л.А. Проблемы урбанизации на примере города Тольятти / Евразийское научное объединение. Современные концеп- ции научных исследований. 14 Международная научная конференция. Москва, 2017 г. – С. 29.
19. РБК [Электронный ресурс]: новости - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/29/01/2018/5a6b70969a79470ba886ac15 (дата обращения 20.05.2020) - Текст: электронный.
20. Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 [Текст] / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с
21. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной эконо- мичности автомобиля /Л.А. Черепанов; Г.К. Мирозоев. — Текстовое издание. — Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2016. — 60с.
22. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие с / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с. 20
23. Щетина, В.А. Электромобиль. Техника и экономика [Текст] - В.А. Щетина, Ю.Я. Морговский, Москва: Книжный мир, 2010 – 310 с.
24. Экологические свойства автомобильных эксплуатационных ма- териалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. И. Грушевский [и др.] ;

Сибирский федеральный университет. - Красноярск : СФУ, 2015. - 220 с. : ил.
- ISBN 978-5-7638-3311-9

25. Электрический электрокар EWAY [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — URL: <https://www.xn--80afvdopz7d.xn--p1ai/hm2> (дата обращения: 17.12.2019)

26. Электрокар Eagle EG2028K [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — URL: https://www.eagle-ev.com/index.php?route=product/product&path=17_24&product_id=147 (дата обращения: 17.12.2019)

27. Электрокар Garia Golf [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — URL: <https://ru.ecomotorsgroup.com/electric-vehicles/nizkoskorostnie-jelektromobili/golfkari/via> (дата обращения: 17.12.2019)

28. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 14.02.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

29. Battery Electric Vehicles: Perspectives and Challenges [Электронный ресурс] / Nicola Armaroli, Filippo Monti, Andrea Barbieri. - Электрон. журн. — Florence: Firenze University Press, 2019. - URL: <https://riviste.fupress.net/index.php/subs/article/view/576> (дата обращения 03.03.2020).

30. Experimental study of the use of electric car powered with stationary solar and electrochemical batteries in Northern Poland [Электронный ресурс] / Karkosiński Dariusz, Pacholczyk Michał, Sienkiewicz Łukasz.. - Электрон. журн. - France: MDPI AG, 2018. - URL: <https://doaj.org/article/0641a2aa3fe44cbea1add84c7d899d01> (дата обращения 13.03.2020)

31. Fleet Transition from Combustion to Electric Vehicles: A Case Study in a Portuguese Business Campus [Электронный ресурс] / Bruno Pinto, Filipe Barata, Constantino Soares, Carla Viveiros.. - Электрон. журн. - Switzerland: En-

ergies, 2020. — URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/5/1267> (дата обращения 13.03.2020)

32. Modelling the Effect of Driving Events on Electrical Vehicle Energy Consumption Using Inertial Sensors in Smartphones [Электронный ресурс] / David Jiménez, Sara Hernández, Jesús Fraile-Ardanuy, и др. - Электрон. журн. - Switzerland: MDPI AG, 2018. - URL: <https://doaj.org/article/10cdd6df9c5141a3b722dc0461ebf339> (дата обращения 16.04.2020)

33. Pligovka, P.D. The development of the electric car on solar panels [Электронный ресурс] / P.D. Pligovka, Research advisor L.A. Ugarova, English tutor E.V. Koss.. - Электрон. журн. - Тольятти: Издательство Тольяттинского государственного университета, 2019. - URL: file:///C:/Users/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA/Downloads/%D0%94%D0%BD%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8%20%D0%A2%D0%93%D0%A3.%20Sbornik_4-05-19-ei.pdf (дата обращения 12.04.2020)

34. Regulations Hinder Development of Driverless Cars [Электронный ресурс]: новости The New York Times – URL: [NYTimes.com](https://www.nytimes.com) (дата обращения 14.04.2020)

Приложение А

Спецификация по общему виду беспилотного электрокара на солнечных элементах

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					<u>Документация</u>		
	A1			20.ПБ.ПиЭА.187.6.100.000.В0	Беспилотный электрокар на солнечных элементах		
					<u>Стандартные изделия</u>		
	A1	1		20.ПБ.ПиЭА.187.6.101.000.В0	Карбонавый руль	1	
	A1	2		20.ПБ.ПиЭА.187.6.102.000.В0	Панель управления	1	
	A1	3		20.ПБ.ПиЭА.187.6.103.000.В0	Аккумуляторный отсек	1	
	A1	4		20.ПБ.ПиЭА.187.6.104.000.В0	Пассажирское сиденье	1	
	A1	5		20.ПБ.ПиЭА.187.6.105.000.В0	Лобовое стекло	1	
	A1	6		20.ПБ.ПиЭА.187.6.106.000.В0	Рама	1	
	A1	7		20.ПБ.ПиЭА.187.6.107.000.В0	Колесо	4	
	A1	8		20.ПБ.ПиЭА.187.6.108.000.В0	Амортизатор	4	
Повл. и дата	A1	9		20.ПБ.ПиЭА.187.6.109.000.В0	Крыша из солнечных панелей	1	
	A1	10		20.ПБ.ПиЭА.187.6.110.000.В0	Фара	8	
	A1	11		20.ПБ.ПиЭА.187.6.111.000.В0	Багажник	1	
Инв. № дубл.							
Взам. инв. №							
Повл. и дата							
Инв. № подл.	20.ПБ.ПиЭА.187.6.100.000.В0						
	Изм. / лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
Инт. № подл.	Разраб.	Плигавка П.Д.			Разработка беспилотного электрокара на солнечных элементах	Лист	Листов
	Пров.	Малкин В.С.				1	1
Инт. № подл.	Н.контр.	Малкин В.С.			ТГУ, ИнМаш гр.ЭТКп-1601а		
	Утв.	Бобровский А.В.					

Копировал Формат А4

Приложение Б

Видео-материалы, анимации по тестированию беспилотного электрокара на солнечных элементах

В рамках выпускной квалификационной работы, в период выполнения были разработаны видео-материалы и видео-анимации. Данные файлы на диске CD-RW, и размещены в интернет-ресурсах, также прилагаются как дополнение к работе.