

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 модульного субкомпактного средства
повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Студент

А.В. Чернов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Е.А. Боргардт

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

Аннотация

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», была выполнена работа на тему: «Разработка конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой».

Использование электромобилей становятся все более актуальным решением проблемы для мегаполисов. Электромобиль, как транспортное средство обладает целым рядом достоинств по сравнению с традиционными автомобилями, главным из которых является отсутствие вредных выбросов в атмосферу в процессе работы. Также можно отметить низкий уровень шума, меньший нагрев окружающей среды и более высокий КПД. Главным недостатком и основной преградой на пути к широкому распространению электромобилей до настоящего времени является несовершенство источников электрической энергии – аккумуляторов.

Цель работы: разработка конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой.

ВКР включает в себя четыре раздела.

В первом разделе рассмотрена история развития гусеничных мотоциклов, а также основные признаки, характеризующие электромобиль и его систему тягового привода.

Во втором разделе составлено техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой, выполнены конструкторские расчеты по подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства.

В третьем разделе рассмотрены безопасность и экологичность конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой.

В четвертом разделе определена экономическая эффективность конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой.

Выпускная квалификационная работа состоит из 81 страницы, и включает в себя 31 иллюстрацию, 18 таблиц, 34 источника.

Abstract

The title of the graduation work is: «The construction development of a modular subcompact off-road vehicle with an electric propulsion system».

The use of electric vehicles is becoming an increasingly relevant solution to the problem for megacities. An electric car, as a vehicle, has a number of advantages compared to traditional cars, the main of which is the absence of harmful emissions into the atmosphere during the work. A low noise level, less heating of the environment and higher efficiency can also be noted. Nowadays, the main disadvantage and the main obstacle to the wide distribution of electric vehicles is the imperfection of electric energy sources - batteries.

The aim of the graduation work is to develop the construction of a modular subcompact off-road vehicle with an electric propulsion system.

The thesis of graduation project consists of four parts.

In the first part we review the history of the tracked motorcycles development, the main electric car characteristics and its traction drive system.

In the second part we draw up the terms of reference and the technical proposal for the development of a modular subcompact off-road vehicle with an electric propulsion system. Also we make an engineering calculations of the electric motor and battery selection for the developed vehicle.

The third part describes the safety and ecological compatibility of the developed vehicle.

The fourth part deals with economic efficiency calculation of the designed construction of a modular subcompact off-road vehicle with an electric propulsion system.

The graduation work consists of 81 pages, including 31 illustrations, 18 tables, 34 sources of literature.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 История развития гусеничных мотоциклов	8
1.2 Основные признаки, характеризующие электромобиль и его систему тягового привода	19
2 Конструкторская часть	25
2.1 Техническое задание на разработку конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	25
2.2 Техническое предложение на разработку конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	28
2.3 Конструкторские расчеты	39
3 Безопасность и экологичность технического объекта	47
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	47
3.2 Определение профессиональных рисков.....	49
3.3 Способы снижения профессиональных рисков	51
3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	55
3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	58
4 Расчет экономической эффективности модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой .	61
4.1 Расчет себестоимости проектируемого модульного средства	61
4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта	70
Заключение	77
Список используемой литературы и используемых источников.....	78

Введение

В последнее время остро ставится вопрос о поиске альтернативных источников энергии и замене двигателей внутреннего сгорания (ДВС) более совершенными и экологически чистыми устройствами. Общемировой рост цен на энергоносители делает все более дорогостоящим использование автомобилей с ДВС. Резкое ухудшение экологической обстановки в крупных городах и мегаполисах зачастую также связано с эксплуатационными недостатками традиционных автомобилей. По этой причине в настоящее время практически все ведущие автомобилестроители инвестируют немалые средства на разработку и внедрение гибридных автомобилей, в которых совместно с ДВС работает электродвигатель, питаемый от аккумуляторов. Интенсивно ведется разработка двигателей, использующих в качестве горючего водород и иные виды топлива, энергию солнечных лучей и др.

Использование электромобилей становятся все более актуальным решением проблемы для мегаполисов. Электромобиль, как транспортное средство обладает целым рядом достоинств по сравнению с традиционными автомобилями, главным из которых является отсутствие вредных выбросов в атмосферу в процессе работы. Также можно отметить низкий уровень шума, меньший нагрев окружающей среды и более высокий КПД. Главным недостатком и основной преградой на пути к широкому распространению электромобилей до настоящего времени является несовершенство источников электрической энергии – аккумуляторов.

Электромобиль относится к тяговому электроприводу. Тяговый электропривод – привод, предназначенный для приведения в движение транспортных средств (электровозов, электропоездов, тепловозов и теплоходов с электроприводом, трамваев, троллейбусов, электромобилей и тому подобное).

Тяговый электропривод классифицируют по роду тока (постоянного и переменного тока), системе передачи вращающего усилия от вала двигателя

к движущему механизму (с индивидуальным и групповым электроприводом), системе вентиляции (с самовентиляцией, независимой и смешанной вентиляцией). Наиболее употребительны в качестве тягового электродвигателя – электродвигателя постоянного тока, последовательного и независимого возбуждения, синхронные двигатели с постоянными магнитами и трёхфазные асинхронные электродвигатели.

Задача освоения необъятных просторов нашей Родины, особенно малонаселенных ее районов, требует интенсивного развития транспортных связей. При слаборазвитой сети усовершенствованных дорог, экономической нецелесообразности и технических трудностях ее значительного расширения особое значение приобретает использование колесного и гусеничного транспорта высокой проходимости. Транспортёры, тягачи, снегоходы и болотоходы, машины высокой проходимости для выполнения специальных задач – все эти типы гусеничных машин существенно отличаются от сельскохозяйственных и промышленных тракторов как по своему назначению и условиям использования, так и по конструктивным решениям основных узлов агрегатов.

Учитывая современные тенденции к использованию электрических приводов было принято решение разработать конструкцию модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой.

Отличительной особенностью разрабатываемой конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой является наличие двух гусеничных тележек, приводящихся в движение посредством электродвигателей через цепные передачи, а также наличие мотор-колеса, расположенного в передней части транспортного средства, что в совокупности дает хорошую проходимость для передвижения по обычным дорогам, бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье, зимой по снегу, а также по льду и насту.

1 Состояние вопроса

1.1 История развития гусеничных мотоциклов

Развитие идеи компактного вездеходного средства передвижения условно шло по двум направлениям – в первом случае использовалась одна гусеница, во втором – передние и задние модули были автономными.

Каждый подход имел свои преимущества и недостатки, развивать или разрешать которые и пытались конструкторы почти на протяжении века.

Опыт использования моторизированной техники в ходе Первой мировой войны показал необходимость расширения, прежде всего возможностей её проходимости, поскольку мотоциклами планировали заменить лошадей (рисунки 1, 2, 3, 4).

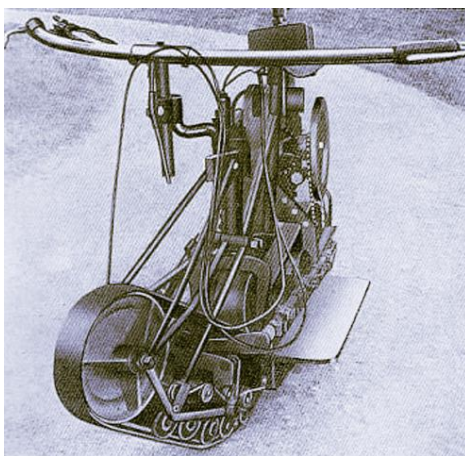


Рисунок 1 – Гусеничный мотоцикл Roadless, середина 1920-х гг.

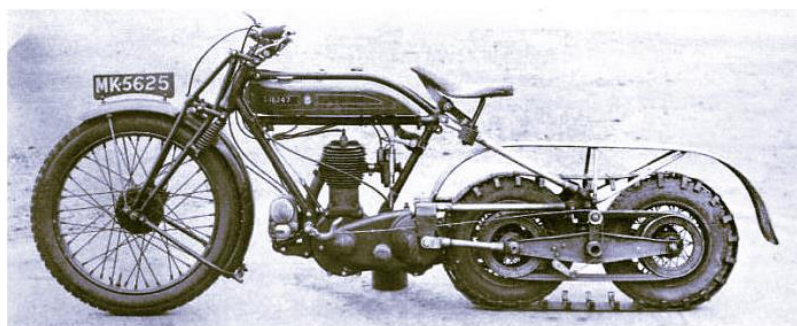


Рисунок 2 – Гусеничный мотоцикл Triumph, Великобритания, 1927 г.



Рисунок 3 – Гусеничный мотоцикл Трактор-цикл (Tractorcycle), Италия, 1931 г.



Рисунок 4 – Гусеничный мотоцикл французского конструктора Лээтра (Lehaitre), 1938 г.

Вес аппарата Лээтра 414 кг (резинометаллическая гусеница и легкий бронированный корпус), максимальная скорость 30 км/ч. Проблемы с устойчивостью в последних версиях конструктор пытался решить двумя передними приставными боковыми колёсиками. По итогам испытаний военные признали машину «тяжелой, малоповоротливой и, фактически, имеющей худшую проходимость по пересеченной местности, чем обычный мотоцикл».

Большой проблемой моногусеничного решения была устойчивость при движении по рельефу и промышленным перспектив такие проекты не имели. Мотоцикл с передней гусеницей (рисунок 5, 6) был создан Мерсье по заказу швейцарской армии и испытывался французской. Всего было изготовлено 3 экземпляра разных модификаций. Двигатель объемом 350 см³ мощностью 11 л.с. позволял подниматься на склоны до 42°. Коробка передач 3-х ступенчатая.

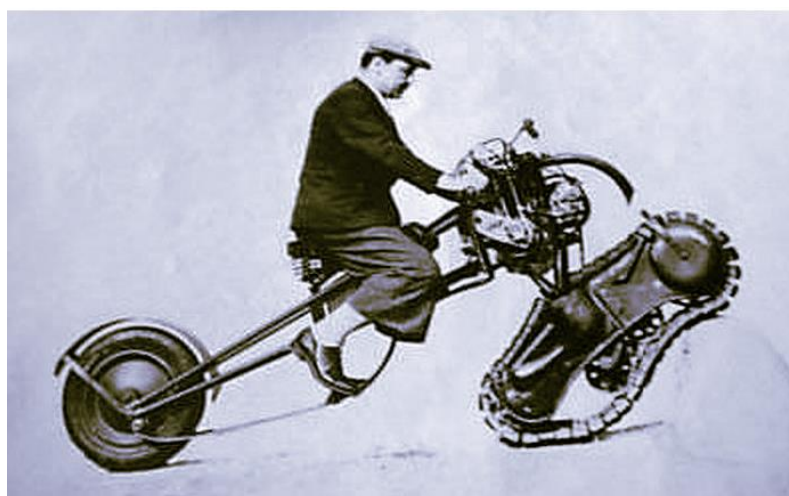


Рисунок 5 – Гусеничный мотоцикл Мерсье Motochenilles, Франция, 1937 г.

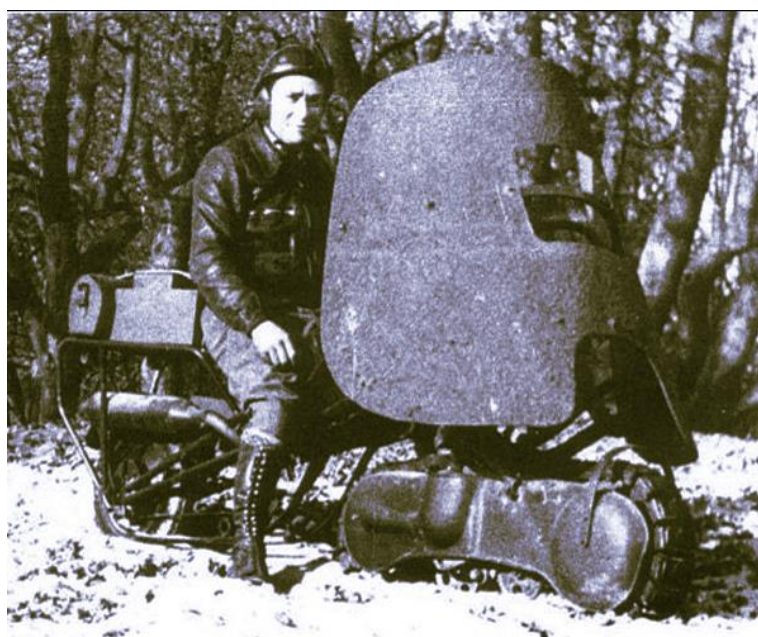


Рисунок 6 – Прототип военного гусеничного мотоцикла Мерсье Motochenilles

Установленный для защиты райдера щиток значительно снижал управляемость, военного будущего у аппарата не случилось.

К 1940-м годам германские военные потребовали от производителей создания абсолютно нового класса – тяжелых мотоциклов для бездорожья (рисунки 7, 8, 9). Ими стали BMW R75 и Zundapp KS750). Концепт инженера BMW Римершмидта (Riemerschmidt) Schneekrad в массовое производство не пошёл.



Рисунок 7 – Военный мотоцикл в Германии перед Второй Мировой войной

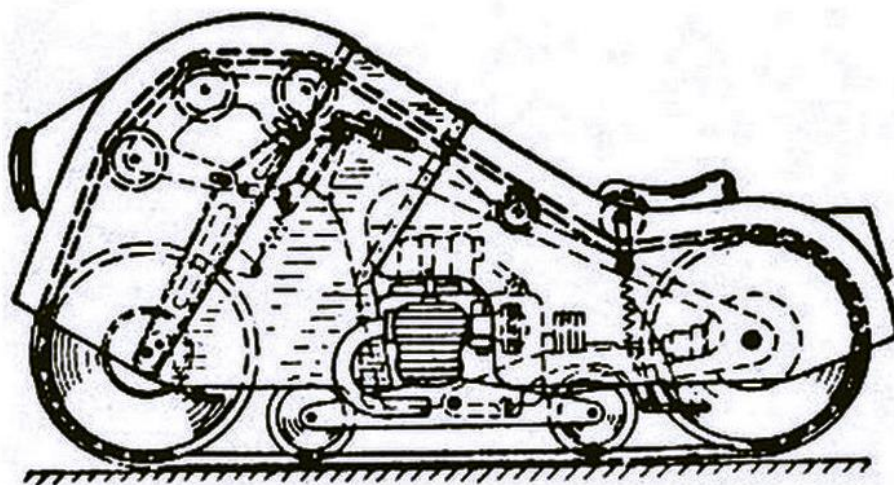


Рисунок 8 – Схема моногусеничного мотоцикла BMW Schneekrad, Германия, 1939 г.

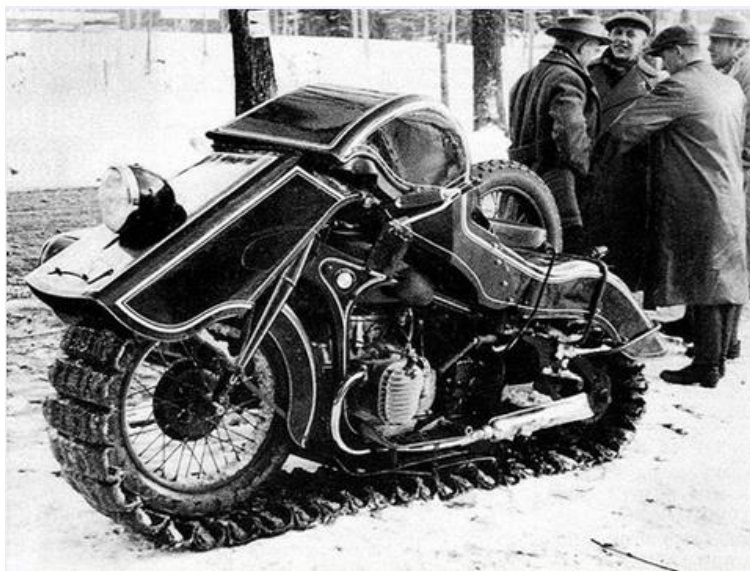


Рисунок 9 – Гусеничный мотоцикл BMW Schneekrad на базе мотоцикла Steib TR-500 с коляской и ходовой лёгкого танка, Германия, 1939 г.

Как и гусеничный мотоцикл Леэтра, проект Римершмидта имел сложную, а значит, не практичную конструкцию. По некоторым сведениям, инженер использовал гусеницу от танка, что не могло не сказаться на весе мотовездехода.

SdKfz 2, известный также, как Kettenkrad НК 101 (рисунок 10) – полугусеничный мотоцикл высокой проходимости, разработанный и массово выпускавшийся в Германии в годы Второй мировой войны.

В историю немецкий гусеничный мотоцикл вошёл под названием «Кеттенкрад» (Kettenkrad). Объясняется оно просто: «Ketten» – гусеничный трак, а «Krad» укороченная военными форма слова «Kraftrad» – мотоцикл. А официальное его название, первоначальное, – «Kleines Kettenkraftrad SdKfz 2».

Изначально разрабатывался для использования в парашютно-десантных и горно-егерских дивизиях люфтваффе и вермахта, однако благодаря высоким динамическим характеристикам снискал большую популярность в немецкой армии и широко применялся всеми ее подразделениями. Всего с 1940 по 1945 годы фирмами NSU и Stoewer был выпущен 8871 мотоцикл. Уже после окончания войны из оставшегося задела

деталей в период с 1945 по 1949 годы было собрано еще около 550 машин, применявшихся в народном хозяйстве до 1950-х годов.



Рисунок 10 – Полугусеничный мотовездеход NSU Kettenkrad НК 101 SdKfz2

NSU Kettenkrad НК 101 SdKfz2 оснащался автомобильным, 4-цилиндровым, рядным, бензиновым двигателем Opel Olympia мощностью 36 л.с. при 3400 об/мин. Трансмиссия включала сухое однодисковое сцепление, 3-ступенчатую коробку передач, демультпликатор и двойной дифференциал. В ходовую часть входили переднее управляемое колесо в вилке мотоциклетного типа и смонтированный на несущем сварном корпусе гусеничный движитель, состоящий из пяти сдвоенных обрезиненных катков, ведущего колеса переднего зацепления и цепной ленты, шириной 170 мм с резиновыми подушками. В передней части корпуса машины находилось место водителя, еще два сиденья были оборудованы в кормовой части корпуса. Гусеничный мотоцикл вооружения не имел. По пересеченной местности машина могла передвигаться по грязи и даже по болоту, благодаря незначительному давлению на грунт. Масса мотоцикла составляла 1235 кг.

Он мог перевозить груз в 325 кг. и буксировать прицепы массой до 450 кг. Кроме водителя мог перевозить еще двух человек. Топливные баки общей емкостью 42 литра, размещенные по бокам от сиденья водителя обеспечивали запас хода – 260 км. по шоссе, а по пересеченной местности - 175 км. Максимальная скорость по шоссе достигала 62-70 км/ч., а по пересеченной местности - 40-48 км/ч. Поворот машины с большими радиусами поворота осуществлялся за счет поворота колеса, с малыми радиусами поворота машина поворачивалась за счет торможения гусеницы.

Технические характеристики^

- масса – 1230 кг;
- экипаж – 2 –3 человека;
- грузоподъемность – 350 кг;
- двигатель – 4 цилиндровый, карбюраторный Opel Olimpia 1,5 л;
- мощность двигателя – 36 л.с.;
- коробка передач – 3 –х скоростная;
- скорость по шоссе – до 61,5 км/ч;
- запас хода по шоссе – 260 км;
- запас топлива – 42 л;
- ширина гусениц – 170 мм.

В 1980-е гг. линия трактор-цикла (задняя гусеница) получила достойное продолжение в модели Alpen Scooter (рисунок 11). Он использовался горными войсками итальянской армии и службой Красного креста. В комплект прицепного оборудования входили передняя лыжа, санки, носилки на лыжах, гусеница для грунта и гусеница для льда.

Электросноубайк Snowhawk (рисунок 12) сделан на базе канадского гусеничного мотоцикла Snow Hawk. Это вездеход особого типа, аналогов подобной техники пока нет. Создан специально для любителей острых ощущений и для гонщиков по бездорожью.



Рисунок 11 – Гусеничный мотоцикл Alpen Scooter компании Pozzo di Resoaro, Италия, 1980-е гг.



Рисунок 12 – Снегоход Snow Hawk ZX2

Оригинальный Snow Hawk, представляющий собой усовершенствованный «снегоцикл» компании «A. D. Voivin», выглядит как помесь снегохода и кроссового мотоцикла: впереди у него одна лыжа, а сзади – гусеница и поворотный глушитель. «Снежный ястреб» специально создан для любителей острых ощущений и для гонщиков по бездорожью. SnowHawk – снегоход с монолыжей (сноубайк), производства канадского дизайн-ателье AD Voivin. По всем своим ходовым характеристикам снегоход напоминает кроссовый мотоцикл. Многие детали просто взяты из мотокросса. Коэффициент мощности на килограмм веса сопоставим с показателями мощных серийных снегоходов, однако, узкая и короткая гусеница и одна лыжа может оказаться более выгодным решением на трассе. Аппарат явно нацелен на агрессивную езду и для обеспечения нормальной устойчивости и управляемости подвеска должна быть решена нестандартно. Впереди установлена «перевернутая» телескопическая вилка, имеющая ход 10 см и возможность настройки жесткости и длины хода.

Технические характеристики:

- максимальная скорость 30 км/ч;
- ширина гусеницы 22 см
- длина гусеничного модуля около 100 см;
- подвеска катковая, прорезиненные катки диаметром 130 мм на подшипниках стандарта 205;
- съемный литий-ионный аккумулятор, емкость аккумулятора 26 Ач. На данное крепление могут быть также установлены АКБ емкостью 17,4 А·ч и 31 Ач;
- циклов заряда-разряда: 1000-1200 (до уровня 80%)
- масса сноубайка в сборе до 60 кг.
- двигатель мощностью 2,2 кВт (пиковое значение), бесколлекторного типа (без искровой), гарантийный ресурс 15 000 км.

- вес аккумуляторов 31А·ч – 7,3 кг; 26.1 А·ч – 6,5 кг; 17.4 А·ч – 4,7 кг.
- пробег на одном заряде приблизительно 30 км (фактический пробег будет зависеть от навыков водителя, качества снега и сложности маршрута (количество подъемов на пути)).
- ход вилки 100 мм.
- амортизатор в маятнике 32 см по осям;
- максимальный угол подъема 25 градусов;
- глубина снега для использования до 50 см.

С целью преодоления песков и болот на гусеничной технике. изобретателями Григорием и Эдуардом Геращенко была заменена передняя лыжа сноубайка на еще один гусеничный модуль (рисунок 13).

Чтобы гусеничный мотовездеход мог ездить там, где раньше ходили только пешком, его конструкционную массу максимально снизили, а благодаря оригинальной конструкции гусениц, которые установлены вместо традиционных мотоциклетных колес, мотоцикл не вязнет в грязи, уверенно преодолевая сложный рельеф ландшафта и участки бездорожья, перевозя на себе 140 килограммов груза. При этом на таком вездеходе возможно, а главное – удобно передвигаться по горам, ему не страшны крутые и каменистые склоны, форсируя которые можно вести его рядом на тяге.

Итак, вся конструкция А-тех имеет минимальный вес и максимальную компактность. Сухая масса гусеничного мотоцикла составляет всего 100 килограммов. Такой показатель, главным образом, достигнут за счет широкого применения в конструкции мотовездехода различных алюминиевых сплавов. Несмотря на то, что мотоцикл вместо колес оснащен гусеницами, он без труда помещается и перевозится в любом прицепе легкового автомобиля. Чтобы его хранить, много места так же не понадобится.



Рисунок 13 – Гусеничный мотоцикл А-Тех братьев Геращенко, Россия, 2012 г.

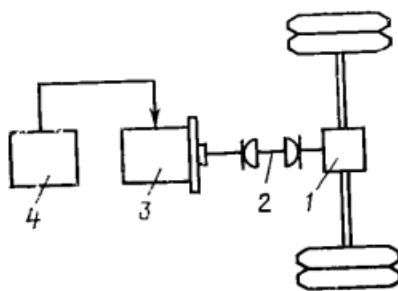
На мотоцикле повышенной проходимости можно установить двигатели мощностью 8-12 лошадиных сил. Такие силовые агрегаты на прямых участках могут разгонять мотовездеход до максимальной скорости 35-45 километров в час. Одна из важных особенностей мотоцикла – нестандартная конструкция гусениц. Чтобы получить максимальную маневренность, гусеничные движители должны быть выпуклыми. По заверениям авторов, именно такая конструкция обеспечивает наиболее плотное сцепление гусеничных траков с грунтом и позволяет легче поворачивать руль.

Технические характеристики:

- скорость максимальная 35-45 км/ч;
- нагрузка максимальная 140 кг;
- тип мотора четырехтактный;
- мощность 8-12 л.с.;
- топливо бензин АИ-92;
- сухой вес 100 кг.

1.2 Основные признаки, характеризующие электромобиль и его систему тягового привода

Современный электромобиль – это пневмокошесное транспортное средство с электрическим приводом ведущих колес и автономной энергоустановкой. Исторически электромобили как машины с тяговым электроприводом появились раньше автомобилей, однако терминология применительно к таким транспортным средствам окончательно не установлена; существуют различные мнения и относительно самого понятия «электромобиль». Например, наиболее часто под электромобилем но немецкой и американской терминологии подразумеваются транспортные средства, у которых электрический привод ведущих колес питается от автономных (возимых на машине) энергоустановок на основе электрохимических тяговых аккумуляторных батарей (далее – ТАБ). Примером электропривода такого электромобиля является система, где тяговый электродвигатель передает вращающий момент групповому приводу Ведущих колес типа «мотор-ось» (рисунок 14).

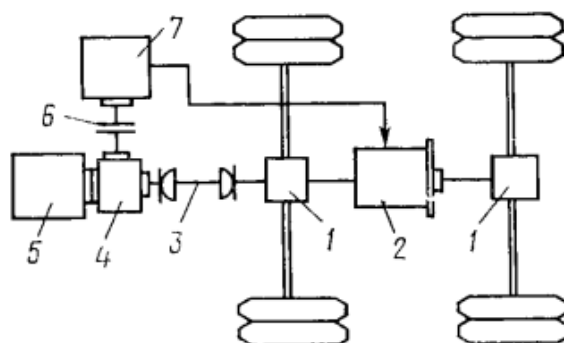


1 – дифференциальный механизм ведущей оси; 2 – карданный вал; 3 – ТЭД;
4 – ТАБ

Рисунок 14 – Схема транспортной машины с электрохимической энергоустановкой

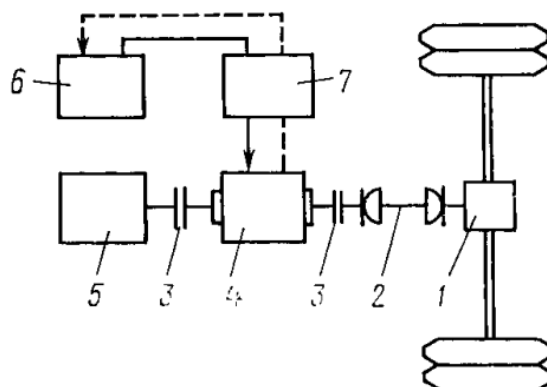
В некоторых случаях термин «электромобиль» применяют для характеристики транспортных средств, имеющих привод ведущих колес с одновременным питанием от ТАБ и контактной сети.

Иногда электромобилями называют транспортные средства с комбинированными приводами, имеющими два (и более) потока энергии от энергоустановки к ведущим колесам, при этом один поток, как правило, трансформируется механическим приводом, а другой – по каналу ЭУ – тяговый электродвигатель (далее – ТЭД) с целью расширения диапазона регулирования тягового усилия и улучшения других показателей (рисунки 15–17).



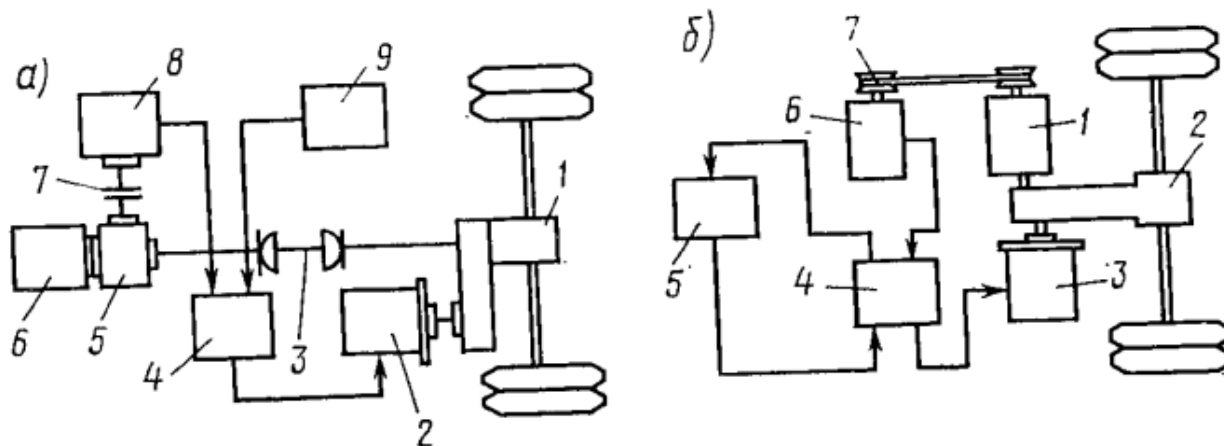
1 – дифференциальный механизм ведущей оси; 2 – ТЭД; 3 – карданный вал; 4 – раздаточный редуктор; 5 – ДВС; 6 – муфта; 7 – тяговый генератор

Рисунок 15 – Схема транспортной машины с механическим приводом и электроприводом периодического действия



1 – дифференциальный механизм ведущей оси; 2 – карданный вал; 3 – муфта; 4 – ТЭД; 5 – ДВС; 5 – ДВС; 6 – ТАБ; 7 – блок управления

Рисунок 16 – Схема транспортной машины с механическим приводом и дополнительным электроприводом для режимов трогания и разгона



а) 1 – дифференциальным механизм ведущей оси; 2 – ТЭД; 3 – карданный вал; 4 – блок управления; 5 – раздаточный редуктор; 6 – ДВС; 7 – муфта; 8 – тяговый генератор; 9 – ТАБ;

б) 1 – ДВС; 2 – передача с дифференциальным механизмом; 3 – ТЭД; 4 – блок управления; 5 – ТАБ; 6 – тяговый генератор; 7 – привод тягового генератора

Рисунок 17 – Схемы транспортной машины с механическим приводом и электроприводом, имеющим комбинированную энергоустановку

Схему, представленную на рисунке 2, можно использовать для активизации колес прицепа или полуприцепа при прохождении тяжелых участков пути (электропривод периодического действия). Здесь двигатель внутреннего сгорания ДВС через редуктор вращает дифференциальный механизм ведущей оси и генератор тягового электропривода. Вал генератора соединяется с валом редуктора муфтой. В схеме, представленной на рисунке 3, в режимах трогания и разгона машины механический и электрический приводы работают или совместно (суммируются механическая энергия, передаваемая через вал ТЭД, и электрическая энергия ТАБ), или последовательно (работает только электрический привод, а вал ДВС отсоединен муфтой от вала ТЭД; в режиме установившейся скорости действует механический привод). Мощность ДВС можно также снизить или вообще исключить ДВС из работы привода в режимах трогания и разгона, используя лишь электрическую энергию ТАБ (рисунок 17), вследствие чего уменьшается расход топлива и количество выхлопных газов. Кроме того, в этих схемах имеется возможность подзаряда аккумуляторной батареи.

Рассматривая приведенные схемы, иллюстрирующие различное толкование понятия «электромобиль», нетрудно показать, что только на рисунке 1 представлен привод, в котором ТЭД ПВК является основным и единственным агрегатом, обеспечивающим режим тяги. При этом принцип работы данного привода не изменится от того, будет использоваться ТАБ или другая автономная энергоустановка для питания ТЭД, например сочетание ДВС с генератором или источник энергии иной физической природы с выходом на постоянном (переменном) токе. На остальных схемах (рисунки 15–17) сочетаются различные типы приводов – механического и электрического. Принципиально возможны и другие комбинации приводов (трансмиссий) – механического и гидравлического, электрического и гидравлического и др.

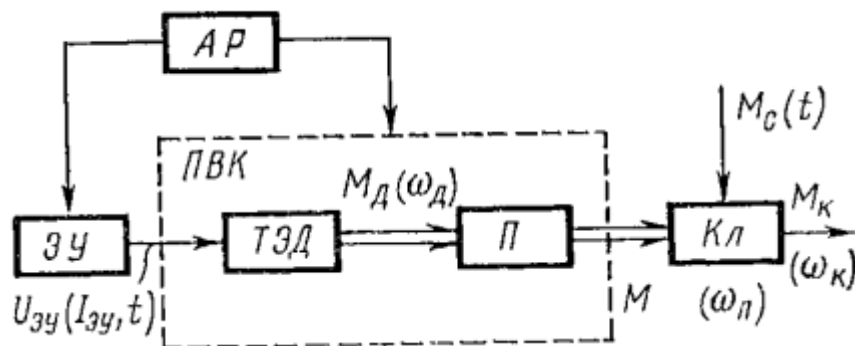
Отмеченное подтверждает важность и своевременность установления определяющих признаков современного электромобиля и его тягового привода, без чего практически невозможно выработать единый подход для выявления и классификации электромобилей и сравнительного исследования их приводов. Одновременно это позволит обосновать и сформулировать функциональное назначение агрегатов силовой цепи (главным образом ЭУ и ПВК) с последующей разработкой обобщенной структуры, наиболее полно отвечающей применению как различных типов электроприводов ведущих колес, так и автономных источников вне зависимости от форм запасания, хранения и преобразования в них энергии.

Анализ результатов последних исследований в области автономной электрической тяги, а также отечественных и зарубежных публикаций показывает, что в качестве исходной правомерно принять структуру тягового привода (рисунок 18), которая характеризует современный электромобиль следующими главными признаками:

- имеет место только электрический привод ведущих колес, включающий тяговый электродвигатель (электродвигатели) ТЭД, и механическую передачу П, связывающую ДВС с пневмоколесным

двигателем. Входными параметрами ПВК являются электрические параметры ТЭЦ, а выходными – момент $M_{п}$, угловая скорость $\omega_{п}$, зависящие соответственно от момента сопротивления M_c и скорости движения электромобиля V ;

- используется автономная энергоустановка для питания электродвигателей ПВК. Энергия на выходе ЭУ – электрическая вне зависимости от вида запасенной энергии к способа ее преобразования. Для ЭУ на основе преобразователей энергии топлива ее выходное напряжение зависит от тока нагрузки, а для ЭУ с аккумуляторами (накопителями) энергии – от тока нагрузки и времени непрерывной работы;
- применяется (как правило) аппаратура регулирования АР, обеспечивающая совместную работу ЭУ к ТЭД ПВК при выполнении различных транспортных режимов.



АР – аппаратура регулирования; П – механическая передача; Кл – ведущее колесо; $U_{ЭУ}$, $I_{ЭУ}$ – напряжение и ток энергоустановки; $M_{п}$, $\omega_{п}$, $M_{д}$ и $\omega_{д}$, $M_{к}$ и $\omega_{к}$ – вращающие моменты и угловые скорости выходного вала механической передачи, электродвигателя и колеса

Рисунок 18 – Базовая структура системы тягового привода электромобиля

Таким образом, современный электромобиль имеет систему тягового привода (далее – СТПЭ), представляющую собой совокупность источника энергии различной физической природы с выходом на постоянном или переменном токе и электропривода ведущих колес, конструктивно

оформленного в виде мотор-осей (мотор-колес), совместная работа которых, определяемая аппаратурой регулирования, направлена на реализацию заданных тяговых и тормозных свойств электромобиля с требуемыми технико-экономическими показателями.

С учетом отмеченных выше положений современное понятие «электромобиль» охватывает широкий типаж пневмоколесных транспортных средств различного назначения и грузоподъемности, оборудованных СТПЭ. Введение понятия СТПЭ предопределяет возможность обобщения уже имеющихся частных теоретических положений и практических решений, а также, что особенно важно, разработку обоснованной, базирующейся на едином подходе стройной системы взглядов и понятий применительно к различным типам пневмоколесных транспортных средств с электроприводом ведущих колес и автономной энергоустановкой.

Значительное расширение типажа электромобилей, рост их грузоподъемности и проходимости потребовали не только резкого повышения единичной мощности ЭУ, но и создания ЭУ со специальными свойствами и параметрами, что обусловило на современном этапе использование помимо электрохимических преобразователей и источников энергии различных инерционных, теплоэлектрических агрегатов и даже комбинированных энергоустановок.

Применение конкретной ЭУ в СТПЭ во многом обуславливает технико-экономические показатели электромобиля и его эксплуатационные свойства и в значительной степени зависит от состояния и развития как сырьевого, так и промышленного потенциала, определяющего перспективу массового выпуска энергоустановок данного типа. Однако использование той или иной энергоустановки не вносит принципиальных различий в структуру и не изменяет особенностей работы СТПЭ по сравнению с другими типами передач транспортных средств, а лишь обуславливает специфику согласования параметров электродвигателей ПВК и выходных параметров ЭУ.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Модульное субкомпактное средство повышенной проходимости с электрической силовой установкой (далее – МССППЭУС) представляет собой рамное транспортное средство на гусеничном ходу с рулевым передним колесом, оснащенный мотор-колесом и двумя гусеницами, приводящимся в движение от электромоторов.

МССППЭУС предназначено для передвижения по обычным дорогам, бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье, зимой по снегу, а также по льду и насту.

Возможность экспорта в зарубежные страны не предусмотрена.

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

При разработке транспортного средства особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы, журналы, каталоги гаражного оборудования, методические пособия и другая техническая литература.

Наименование и условное обозначение темы разработки – МССППЭУС (модульное субкомпактное средство повышенной проходимости с электрической силовой установкой).

Модульное субкомпактное средство повышенной проходимости с электрической силовой установкой должно состоять из металлической рамы, рулевой передней вилки от мотоцикла с мотор-колесом, двух гусениц, приводящихся в движение электромоторами, посредством цепной передачи, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

К конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой предъявляются следующие требования:

- должно быть предназначено для перевозки людей и буксируемых грузов;
- должно отвечать требованиям правил эксплуатации и быть безопасным при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения транспортного средства должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- транспортное средство должно быть выполнено на комбинированном ходу: спереди – электрическое мотор-колесо, сзади – две гусеницы с приводом от электромоторов;
- должна быть обеспечена модульность транспортного средства, путем возможности замены ведущей части гусеничного привода на колесный;
- дизайн транспортного средства должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид. Посадка и высадка пассажиров, погрузка и выгрузка груза должна быть максимально удобной.
- водителю транспортного средства должна быть обеспечена максимально хорошая обзорность;
- в процессе эксплуатации устройство не должно требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.

Разработку конструкции выполнить в специализированных программах (2D или 3D)

Из конструктивных соображений, принимаем ориентировочно следующие технические показатели:

Габаритные размеры, не более мм	
– длина.....	3100
– ширина.....	1265
– высота.....	1245
Тип двигателя.....	..электрический
Количество двигателей, шт.	3
Мощность двигателя, кВт.....	1
Масса.....	250
Ширина гусеницы, мм.....	380
Ход передней подвески, мм.....	..не менее 150
Длина гусеницы, мм.....	не менее 2000

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

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

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

Транспортировка осуществляется в разобранном виде, все части 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. Обязательна проработка 2-х или более вариантов компоновки.

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 предусматривается.

Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена.

2.2 Техническое предложение на разработку конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой.

Модульное субкомпактное средство повышенной проходимости с электрической силовой установкой представляет собой транспортное средство состоящее из металлической рамы, рулевой передней стойки от мотоцикла с мотор-колесом, двух гусениц, приводящихся в движение электромоторами, посредством цепной передачи, набором аккумуляторных батарей, контроллера.

МССПЭУС должно обеспечивать модульность транспортного средства, путем возможности замены ведущей части гусеничного привода на колесный и иметь следующие технические показатели:

Проведенный поиск аналогов показал, что в настоящее время конструкций, подпадающих по заданные технические требования не имеется.

В основном в качестве движителя транспортного средства применяется одна гусеница, чаще всего с приводом от бензинового двигателя. Вариантов использования двух гусениц с приводом от электромоторов, а также мотор-колеса в передней части не найдено.

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

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации.

Основными частями модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой являются:

- рама;
- рулевая передняя вилка от мотоцикла;
- мотор-колесо;
- гусеницы в количестве 2 штук;
- электродвигатели в количестве 2 штук;
- цепные передачи в количестве 2 штук;
- аккумуляторные батареи;
- контроллер.

Предлагаются следующие варианты исполнения элементов МССППЭУС.

В первую очередь необходимо определиться с рамой, так как она является несущим элементом, на который крепятся все остальные элементы транспортного средства, также она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 19, а) или профиля круглого сечения (рисунок 19, б).

Преимуществом профиля прямоугольного сечения является его существенная пространственная жёсткость, в отличие от труб круглого сечения. За счёт плоских поверхностей, профильные трубы технически

проще обрабатывать, грунтовать, красить. Плоские грани профиля обеспечивают отличную эргономику и удобство работы при креплении других элементов устройства по сравнению с трубой круглого сечения.

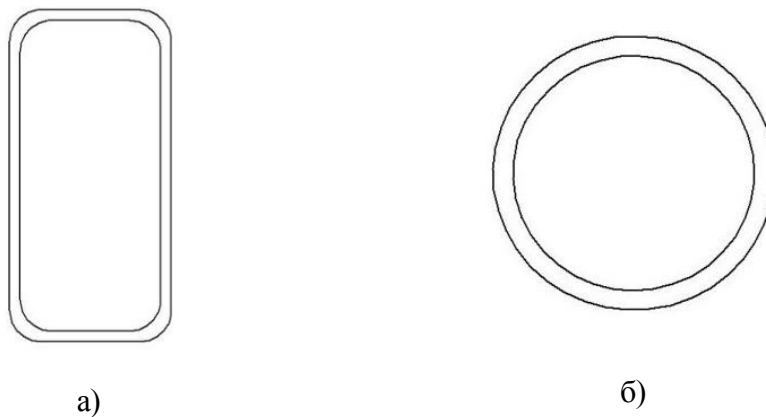


Рисунок 19 – Виды профиля для рамы

Принимаем форму рамы, представленную на рисунке 20, сваренную из профилей круглого и прямоугольного сечения.

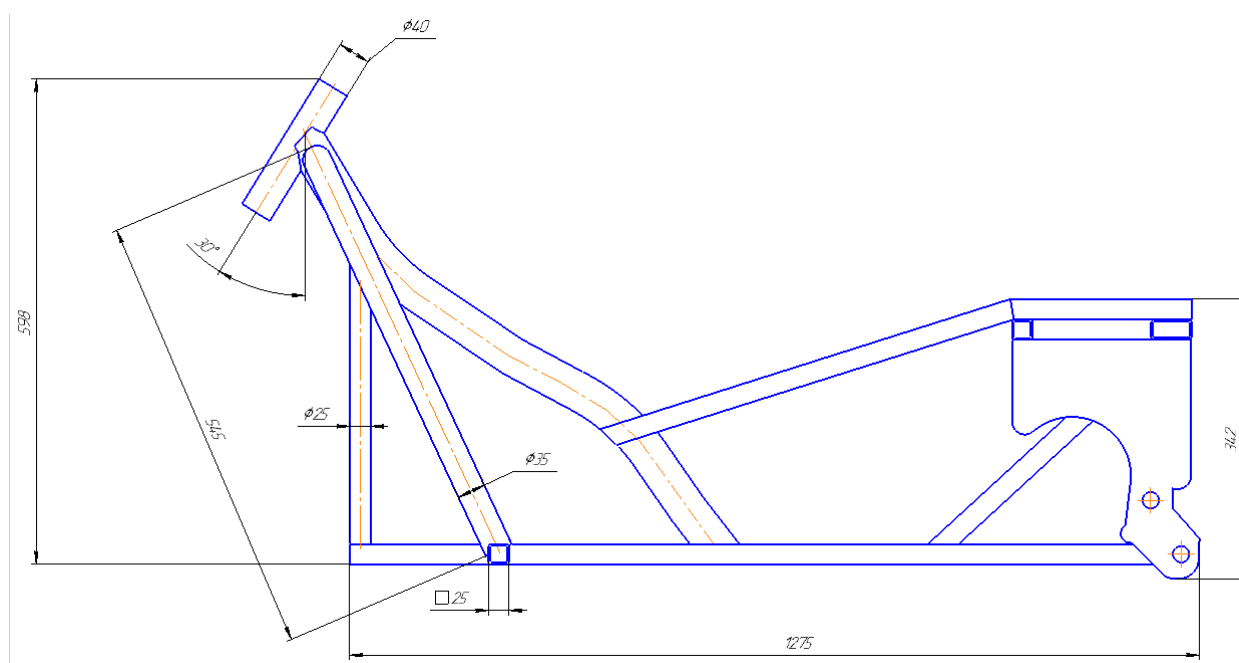


Рисунок 20 – Конструкция рамы

В качестве элемента обеспечивающего возможность поворота транспортного средства принимаем рулевую переднюю вилку от мотоцикла (рисунок 21).



Рисунок 21– Рулевая передняя вилка от мотоцикла

В качестве привода транспортного средства предлагается использовать:

- в передней части – мотор-колесо (рисунок 22);
- в задней части – два гусеничных движителя «Буран мини» (рисунок 23) с приводами от электродвигателей Kunray (рисунок 24) через цепные передачи (рисунок 25).



Рисунок 22 – Мотор-колесо

Технические характеристики мотор-колеса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики мотор-колеса

Параметр	Значение
Тип двигателя	бесщеточный мотор-редуктор
Напряжение, В	48
Мощность, Вт	1000
Тормоз	v-brake/дисковый тормоз



Рисунок 23 – Гусеничный движитель

Технические характеристики гусеничного движителя представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики гусеничного движителя

Параметр	Значение
Размеры (Д×Ш), мм	2070,50×380 (15»)
Шаг, мм	50,5
Количество шагов	41
Характер зацепления	через окна
Высота грунтозацепа, мм	17,5 (0,69»)
Ширина, мм	380
Масса гусеницы, кг	11

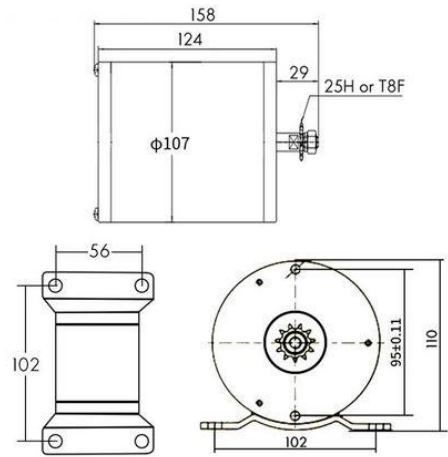


Рисунок 24 – Электродвигатель Kunray и его габаритные размеры

Технические характеристики электродвигателя Kunray представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики электродвигателя Kunray

Параметр	Значение
Тип двигателя	высокоскоростной бесщеточный
Мощность, Вт	1000
Частота вращения, об/мин:	
– при 36В	3100
– при 48В	3500
– максимальная	4200
Номинальный ток, А:	
– при 36В	22,7
– при 48В	20,8
Номинальный крутящий момент, Н·м	4
Масса, кг	3,58

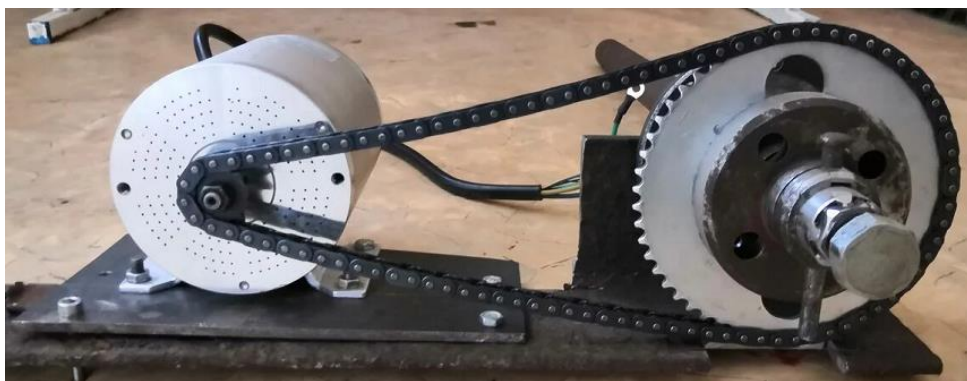


Рисунок 25 – Цепная передача

Выбранная цепная передача позволяет обеспечить передаточное число равное 4.

Выполняем выбор батареи.

В большинстве современных электрических машинах используются 4 типа аккумуляторных батарей. Самые распространённые – литий-ионные, алюминий-ионные и литий-серные. Иногда применяют ещё и металл-воздушные, где в качестве металла выступают цинк, литий, натрий, магний или алюминий.

Литий-ионные АКБ.

Литий-ионные АКБ – самый распространённый вариант для установки на электрических автомобилях. Преимуществами таких источников питания считают:

- высокую плотность накапливаемой энергии;
- более высокое по сравнению с другими видами АКБ напряжение;
- небольшой саморазряд – до 6% в месяц, до 20% в год;
- практически полное отсутствие «эффекта памяти», из-за которого новые батареи требуется «тренировать», используя несколько циклов заряда/разряда;
- сравнительно большой срок эксплуатации – не меньше 1000 циклов или 10 лет.

Не лучшими характеристиками таких батарей можно назвать высокую стоимость, которая влияет и на цену автомобиля, и плохую устойчивость к избыточному заряду.

Минусом является и небольшой температурный диапазон, в котором работают литий-ионные АКБ (от минус 20 до плюс 50°C). При использовании за пределами этих значений характеристики батареи ухудшаются – на холоде снижается ёмкость, при жаре аккумулятор может работать нестабильно.

Серьёзная проблема Li-Ion источника питания – высокий уровень взрывоопасности при повреждении и нарушении герметичности.

Алюминий-ионные аккумуляторы.

Алюминий в составе батареи для электромобиля повышает безопасность её использования.

Кроме того, такой аккумулятор дешевле обходится при производстве. Использованию таких устройств мешает невысокая производительность катодов и меньшее количество циклов заряда/разряда.

В Китае ведутся исследования по поводу улучшения характеристик батарей. Уже разработана новая конструкция катода, увеличившая ёмкость и сроки службы литий-ионной АКБ, а также уменьшившая её цену. Новая версия, ещё не применяемая на серийных авто, выдерживает до 250 тыс. перезарядок.

Литий-серные батареи.

Аккумуляторы, принцип действия которых основан на реакции между литием и серой, делаются многослойными. Их ёмкость примерно вдвое выше по сравнению с аналогичными по размеру литий-ионными батареями. Стоимость изготовления таких аккумуляторов ниже, а рабочий диапазон температур выше, чем у большинства других источников питания электромобилей.

Недостатком литий-сернистых АКБ является небольшое количество перезарядок (до 60). Это делает батареи непригодными для установки в серийных автомобилях. Однако над устранением недостатков уже работают специалисты нескольких компаний, включая OXIS Energy. Предполагается, что к 2020 году стоимость поездки на аккумуляторах Li-S будет ниже, чем у современных литий-ионных версий.

Металл-воздушные АКБ.

Преимуществами металл-воздушных аккумуляторов являются:

- небольшой вес, благодаря которому снижается и масса автомобиля;
- большой пробег электромобилей, которые комплектуются такой батареей;
- сравнительно доступная стоимость;

– более простая утилизация по сравнению с литиевыми АКБ.

Минусами устройства является снижение производительности батареи при низкой температуре. Кроме того, такой батарее нужна система фильтрации, потребляющая почти треть общей мощности. Ещё один серьёзный минус – внезапный выход из строя металл-воздушных аккумуляторов из-за образовавшейся на их поверхности плёнки из пероксида лития. И, наконец, последний минус, из-за которого такие батареи не пользуются большим спросом – небольшое число циклов заряда/разряда – до 50-60.

Другие варианты.

Кроме основных технологий производства аккумуляторов электромобилей, существует несколько видов, которые только находятся в разработке. Предполагается, что такие аккумуляторные батареи для электромобиля получат большую ёмкость и срок службы по сравнению с существующими версиями. Одной из таких разработок является аккумулятор на основе кремния и графита, способный накапливать в 5 раз больше энергии без заметного износа.

Южнокорейскими разработчиками создана технология, вообще не требующая зарядки. Вместо подключения к электросети после у электромобиля заменяется одна алюминиевая пластина, которой хватает на 700 км пробега. Алюминий идёт на переработку и используется повторно.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston TSWB-LYP100AHA(B) (рисунок 26) со следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 4.

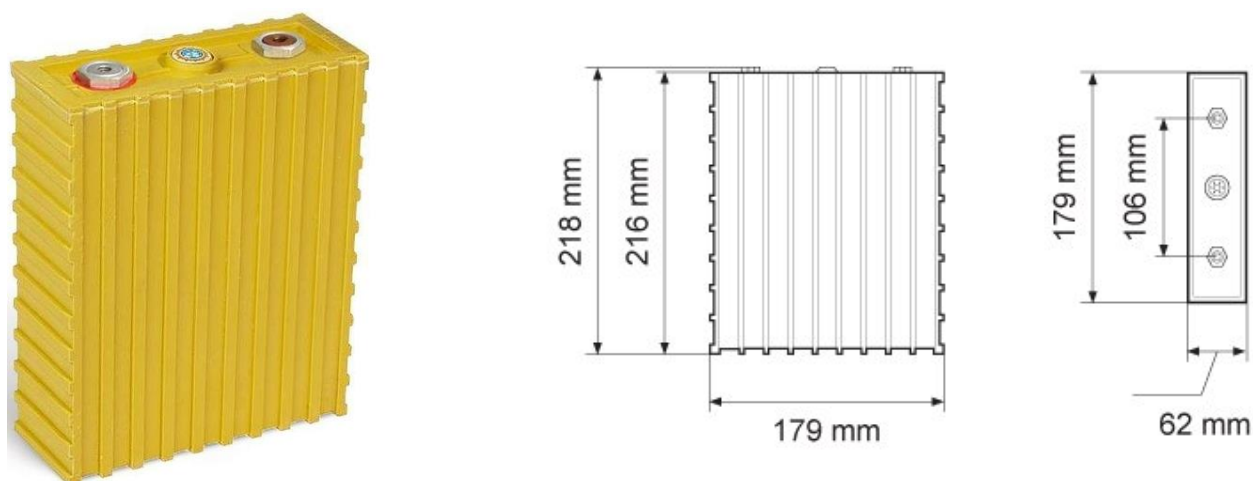


Рисунок 26 – Аккумуляторная батарея и ее габаритные размеры

Таблица 4 – Технические характеристики литий-ионной батареи Winston TSWB-LYP100АНА(В)

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	143×67×268
Рабочее напряжение, В:	
– заряда	4
– разряда	2,8
Номинальная мощность, А·ч	100
Ток разряда максимальный непрерывный / пиковый, А:	300/1000
Максимально выдаваемая непрерывная / пиковая мощность, Вт:	960/3200
Максимальный зарядный ток, А	300
Количество циклов зарядки	5000-7000
Температурный режим эксплуатации, °С	от минус 45 до плюс 85
Масса, кг	3,6

Контроллер служит для запуска электродвигателя, как внешнего, так и мотор-колеса. Ведь у батареи два полюса – «плюс» и «минус», а у мотор-колеса три фазных провода, и подключить, напрямую не получится. Контроллер создает вращающееся магнитное поле в обмотке статора, получая обратную связь о положении ротора либо по датчикам Холла, либо по противо-ЭДС (при управлении двигателями без датчиков). Также, контроллер обеспечивает управление двигателем: позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя, обеспечивает торможение двигателем

(рекуперация). Контроллер работает по принципу понижающего преобразователя, и благодаря этому, фазный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя, может значительно превышать батарейный ток, протекающий от батареи до контроллера. Именно контроллер определяет мощность, поступающую в электродвигатель, например если у Вас есть МК номинальной мощностью 1 кВт, то при «правильном» контроллере возможно кратковременно «вкачивать» до 2-2,5кВт мощности, при постоянном контроле температуры.

Изучив представленные на рынке контроллеры принимаем контроллер Kunray (рисунок 27) со следующими техническими характеристиками представленными в таблице 5.



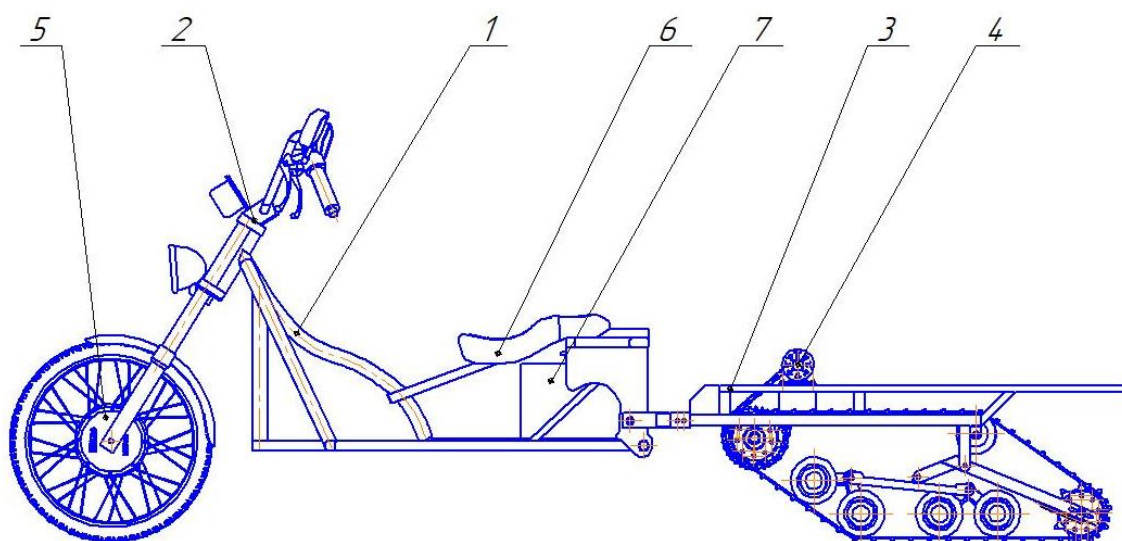
Рисунок 27 – Контроллер Kunray на 1000 Вт

Таблица 5 – Технические характеристики контроллера Kunray на 1000 Вт

Параметр	Значение
Мощность, Вт	1000
Напряжение, В	36/48
Номинальный ток, А:	
– 36 В:	22,7
– 48 В:	20,8

После выбора всех элементов конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической

силовой установкой составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 28).



1 – рама; 2 – мотоциклетная вилка; 3 – гусеничный движитель с рамой;
4 – электродвигатель; 5 – моторколесо; 6 – сиденье; 7 – ящик с электрооборудованием

Рисунок 28 – Общая компоновка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

2.3 Конструкторские расчеты

2.3.1 Выбор мощности электродвигателя

Понятие номинальной мощности электродвигателя отличается от понятия номинальной мощности ДВС.

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

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

На рисунке 29 показаны характеристики электродвигателя последовательного возбуждения. Из них видно, что максимальная мощность и максимальный момент, который может развивать электродвигатель, далеко выходят за пределы его номинального рабочего режима.

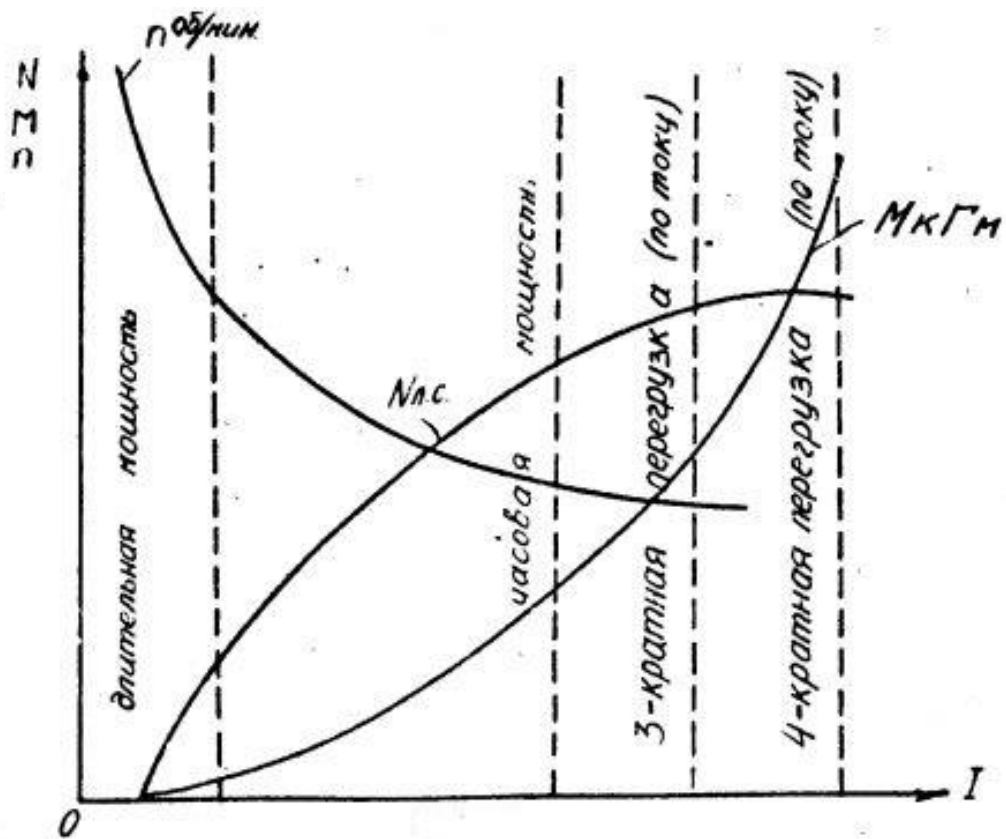


Рисунок 29 – Характеристики электродвигателя последовательного возбуждения

Различают:

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

Исходные данные для расчета мощности электродвигателей для модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для расчета мощности электродвигателей

Параметр	Значение
Снаряжённая масса автомобиля, кг	120
Масса одной батареи Winston 100AH составляет 3,6 кг, в конструкции используется комплект из 16 батарей	57,6
Масса электродвигателя 1 кВт – 3,58 кг, в конструкции используется 3 электродвигателя	10,74
Масса контроллера 3 кВт, кг	4
Дополнительный вес (переходная плита, провода, крепление), кг	10
Общая масса с округлением, кг	202
Масса водителя, кг	85
Дополнительный полезный вес (пассажир, багаж), кг	70
Полная расчётная масса, кг	357
Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x)	0,342
Площадь поперечного сечения автомобиля (S), м ²	0,93
Коэффициент силы трения для асфальта ($F_{тр}$)	0,018
Скорость автомобиля (V), км/ч	35
Угол наклона дороги (α), °	0
Плотность воздуха (ρ_e), кг/м ³	1,225

Мощность, необходимая для движения МССПЭУС с заданной скоростью, определяется выражением

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

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

v – скорость автомобиля, км/ч;

η – КПД трансмиссии.

Раскрываем формулу (1).

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

Рассчитанные значения мощности в зависимости от угла подъема при заданной скорости движения 35 км/ч сводим в таблицу 7 и строим график (рисунок 30).

Таблица 7 – Зависимость мощности, необходимой для движения электромобиля с заданной скоростью от угла подъема

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

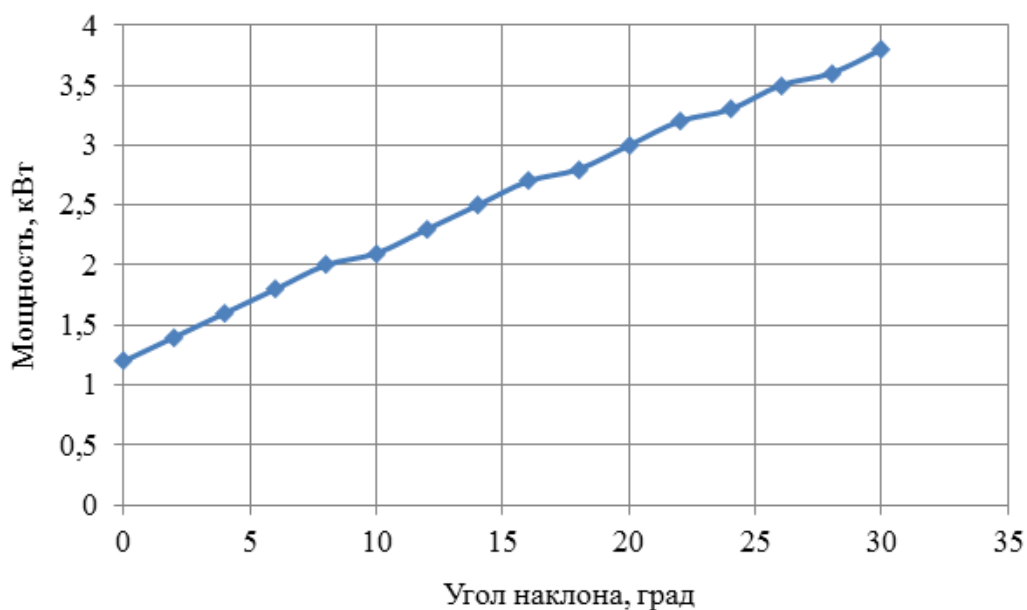


Рисунок 30 – График зависимости мощности от угла подъема

Необходимо учесть КПД узлов МССППЭУС: электродвигателя – 0,9, трансмиссии – 0,76, контроллера с потерями на проводах и контакторах – 0,94.

Итоговый КПД с учетом кинематики МССППЭУС:

$$\eta = 0,9 \cdot 0,76 \cdot 0,94 = 0,64$$

Определяем необходимую мощность электродвигателя.

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

$$N_{II} = \frac{1951}{0,64} = 3048 \text{ Вт.}$$

Принимаем для привода 3 электродвигателя с мощностью не менее 1 кВт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходит электродвигатели компании Kupray мощностью 1 кВт.

2.3.2 Выбор напряжения батареи

Выбор напряжения батареи, то есть числа ее элементов, определяется следующими соображениями:

- батарея должна допускать заряд от сети постоянного тока, от «умформерных групп» составленных из нормальных электрических машин или выпрямительных устройств серийного производства;
- сила тока в главной цепи электромобиля не должна быть чрезмерно велика.

Первое требование вызвано тем, чтобы для зарядки батареи электромобиля не требовались электрические машины и аппараты специального изготовления. Стандартные, применяемые для зарядки напряжения постоянного тока – 110...220 В.

Второе требование вызвано тем, что большая сила тока усложняет конструкцию и увеличивает вес и стоимость коммутационной аппаратуры и проводки.

Поэтому с увеличением грузоподъемности электромобиля, а, следовательно, и мощности электродвигателя приходится применять более высокое напряжение, то есть большее число элементов батареи.

Для указания номинальной емкости производители используют расчет выдаваемого аккумулятором тока в течении стандартного времени (если не указано значение этого времени в спецификациях, то оно обычно равно 20 часам для больших аккумуляторов).

Например, если в маркировке аккумулятора указано, что его емкость равна 100 А·ч, то это означает, что он может питать нагрузку током 5 А в течение 20 часов.

Однако существует закономерность, чем больше нагрузка на аккумулятор, тем меньше процент отдаваемой емкости (аккумулятор 100 А·ч может выдавать ток 100 А в течении менее 1 часа), таким образом реальная мощность аккумулятора уменьшается с увеличением тока нагрузки, но при движении электромобиля с остановками происходит частичное восстановление емкости.

Причина этого явления связана с тем, что внутри аккумулятора ток течет благодаря ионной проводимости. Если ионная проводимость электролита достаточно высока и не несет особого значения, то процесс переноса ионов внутри пластин аккумулятора и преодоление ими фазового раздела поверхность электрода электролит происходит достаточно медленно. То есть при быстром разряде какая-то часть ионов не успевает выйти из электрода в электролит (или войти из электролита в электрод) за время разряда, что ограничивает выдаваемую аккумулятором емкость.

Математическая модель этого процесса была описана в 1897 году Пекертом, согласно которой эмпирически установлено, что отношение между разрядным током I и временем разряда аккумулятора T (от

полностью заряженного к полностью разряженному) представляет собой константное отношение, и может быть описано формулой:

$$C_p = I^n \cdot T, \quad (4)$$

где C_p – емкость Пекерта (константное отношение для данного аккумулятора);

n – экспонента Пекерта. Экспонента Пекерта всегда больше единицы, чем больше n , тем меньше способность аккумулятора отдавать полную емкость при повышенной нагрузке. Наименьшее значение экспоненты Пекерта имеют литий-железные, литий-марганцевые, литий-полимерные и свинцово-кислотные аккумуляторы с электродами рулонного типа. Одно из самых больших значений n у недорогих тяговых свинцово-кислотных батарей;

I – разрядный ток;

T – время разряда аккумулятора.

Экспонента Пекерта обычно рассчитывается на основании измерения времени полного разряда (T_1 и T_2) для двух разных токов (I_1 и I_2). Для приблизительных расчетов можно использовать таблицы или графики разрядки, предоставляемые производителем аккумулятора.

Основываясь на знании значений экспоненты Пекерта и емкости аккумулятора можно рассчитывать время работы аккумулятора при определенной нагрузке:

$$T = \frac{C_p}{I^n}. \quad (5)$$

Значение числа Пекерта зависит от типа и возраста аккумулятора, а также от температуры окружающей среды. Средние значения числа Пекерта

разных типов свинцово-кислотных аккумуляторов: AGM 1,05-1,15; гелевый: 1,10-1,25; затопленный: 1,20-1,60; для литиевых 1,12.

При расчете мощности и потребности в энергии следует учитывать деградационные процессы, возникающие из-за циклической работы и старения. Устройства и системы, использующие аккумуляторы, должны быть рассчитаны на некоторое постепенное снижение характеристик своих источников питания – примерно до 70-80 процентов от первоначальной мощности. Еще одним фактором, влияющим на параметры аккумуляторов, является низкая температура.

При расчете батареи исходим из-того, что МССППЭУС будет использоваться для различных поездок по пересеченной местности, с неровностями рельефа и определим время поездки периодом 40 минут.

При средней скорости 30 км/час и дальности хода 100 км требуемое время хода 2 часа чистого времени.

При среднем токе потребления электродвигателя 50 ампер рассчитаем емкость аккумулятора:

$$C_p = 2 \cdot 50 = 100 \text{ А/ч.}$$

Из предлагаемого ряда типовых батарей выберем для использования в проекте батареи емкостью 100 А/час.

С учетом достоинств и недостатков конструкций батарей, изучив представленные на рынке батареи, принимаем литий-ионную батарею Winston TSWB-LYP100AH(A)(B).

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Экология и безопасность жизнедеятельности являются частью общего технологического комплекса в любой отрасли промышленности.

На автомобильных предприятиях часто внедряются новая техника и передовая технология. При проектировке цеха особое внимание необходимо уделять вопросам охраны труда, техники безопасности и экологии. Одной из основных задач администрации предприятия является ликвидация производственного травматизма и профессиональных заболеваний, охрана здоровья работников, обеспечение безопасности труда и окружающей среды. Задачу сохранения здоровья и работоспособности человека решает охрана труда, которая опирается на систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств. Безопасность труда обеспечивается требованиями нормативно-технической документации, правилами и инструкциями. Охрана труда является одной из основных составляющих ритмичной работы производства, так как улучшение рабочих условий приводит к таким социально важным результатам, как улучшение здоровья трудящихся, более полная удовлетворенность трудом. Улучшение условий труда так же сказываются и на экономических показателях производства (производительность труда, улучшение качества продукции и так далее.). Снижается процент невыхода на работу по причине производственной травмы, отчисление на оплату бюллетени и так далее. Разрабатывая правила техники безопасности, необходимо учитывать особенности производства и условия труда работников. Чтобы исключить

случаи травм в процессе труда, рабочие места организуются в соответствии с ГОСТ 12.2.061, в соответствии с ГОСТ 12.2.003 предъявляются требования к производственному оборудованию, по ГОСТ 12.2.049 соблюдаются общие эргономические требования.

Наиболее общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений; рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия.

Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются.

Охрана окружающей среды – это прежде всего рациональное использование природных ресурсов и их постоянное воспроизводство.

Паспорт безопасности предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств а также их использования в бытовых целях.

Паспорт безопасности должен содержать изложенную в доступной и краткой форме достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и

их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла вещества, в том числе утилизацию.

В таблице 8 представлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Таблица 8 – Паспорт безопасности на технологический процесс сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Технологический процесс	Наименование и содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс, согласно Приказа Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст	Оборудование и приспособления	Перечень веществ и материалов, используемых при выполнении технологического процесса
1	2	3	4	5
Сборка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	1 Подготовка к сборке. 2 Сборка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой. 3 Испытание и доводка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Рожковые и накидные ключи по размеру крепежа. накидные ключи с рукоятью-трещоткой, плоские отвертки разных размеров из качественной стали, углошлифовальная машина, сварочный аппарат, токарный станок, фрезерный станок, сверлильный станок	Перчатки, защитные очки, сварочная маска, спецодежда

3.2 Определение профессиональных рисков

Определение профессиональных рисков подразумевает под собой процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов и установления их временных, количественных и других

характеристик, в целях выработки пакета предупреждающих мероприятий для обеспечения безопасности труда.

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование выполняемых работ	Наименование О и ВПФ согласно ГОСТ 12.0.003-2015	Источник происхождения О и ВПФ
1	2	3
1 Подготовка к сборке. 2 Сборка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой. 3 Испытание и доводка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, станки
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станки
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, сварочный аппарат, станки
	Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Сварочный аппарат, сварка рамы
	Излучение сварочной дуги	
	Электромагнитные поля	
	Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл	
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс

Продолжение таблицы 9

1	2	3
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	

3.3 Способы снижения профессиональных рисков

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков, и направлять на эти цели, согласно ст. 226 Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Типовой перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н (в ред. от 16.06.2014).

Основные мероприятия, включаемые в Перечень:

- а) Проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить вредные и (или) опасные производственные факторы и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;

- установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.
- б) Обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами.
- в) Организация обучения и проверки знаний по охране труда работников.
- г) Проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований.
- д) Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.
- е) Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) Устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений.
- з) Обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ.
- и) 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.

- к) Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.
- л) 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.
- м) Организация и проведение производственного контроля.
- н) Издание (тиражирование) инструкций по охране труда.

Сводная информация по способам снижения профессиональных рисков представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Способы снижения профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
1	2	3
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Выполнять на регулярной основе планово-предупредительное обслуживание. Эксплуатация инструмента, приспособлений в соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;	–

Продолжение таблицы 10

1	2	3
	– предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования, знаки безопасности по ГОСТ, дистанционное управление оборудованием	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)
Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Использование СИЗ защиты органов слуха (наушников, беруш)
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
Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное	Питание электрической дуги разрешается производить только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей. Непосредственное питание сварочной дуги от силовой, осветительной и контактной сети не допускается	Для обеспечения безопасного производства работ электросварщики должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в число которых входят брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой, ботинки и рукавицы (перчатки). Спецодежда и рукавицы должны быть сухими, без следов масла. Для защиты лица и глаз электросварщики должны обеспечиваться защитными шлемами или щитками и специальными светофильтрами в зависимости от силы сварочного тока.
Излучение сварочной дуги		
Электромагнитные поля		
Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл		

Продолжение таблицы 10

1	2	3
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания	–
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры согласно ст. 212 ТК РФ	–
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– рационализация режимов труда и отдыха в соответствии с действующим законодательством РФ; – устройство комнат психологической разгрузки; занятия различными видами физической культуры, санаторно-курортное оздоровление, физиотерапевтические медицинские мероприятия	–

3.4 Пожарная безопасность технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

На рисунке 31 показаны правила соблюдения пожарной безопасности на сборочном участке.



Рисунок 31 – Правила пожарной безопасности на сборочном участке

Каждый работник обязан:

- знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;

- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность.

Сводная информация по мероприятиям, направленным на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
1	2
Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
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
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
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

Продолжение таблицы 11

1	2
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, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	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

3.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3	4
Сборка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой	Мелкодисперсная пыль в воздухе, испарения СОЖ с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
			отходы (ТБО, ТКО, коммунальный мусор), металлический лом

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

Мероприятий, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3
Использование фильтрующих элементов в имеющихся на участке отсасывающих устройствах. Контроль воздушной среды должен проводиться по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения РФ, ГОСТ 12.1.005-76, ГОСТ 12.1.014-79 и ГОСТ 12.1.016-79	Соблюдение мер по предотвращению загрязнения почв. Контроль за утилизацией и захоронением выбросов, стоков и осадков сточных вод Персональная ответственность за охрану окружающей среды	Изнюшенная спецодежда используется как вторсырье при производстве ветоши. Вывоз отходов осуществляется на основании заключенного договора с региональным оператором по вывозу мусора

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- составлен паспорт безопасности на технологический процесс сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой (таблица 8);

- определены профессиональные риски при технологическом процессе сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой (таблица 9) и способы их снижения (таблица 10);
- рассмотрены мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой (таблица 11, 12);
- рассмотрены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой (таблица 13).

4 Расчет экономической эффективности модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой

4.1 Расчет себестоимости проектируемого модульного средства

В таблице 14 представлены исходные данные для проведения расчета проектируемого модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой с целью определения экономического эффекта от внедрения данного узла на производство.

Таблица 14 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
Годовая программа выпуска изделия	$V_{год}$	шт.	25
Коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС	$E_{соц.н.}$	%	30
Коэффициент общезаводских расходов	$E_{обзава}$	%	197
Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{ком.}$	%	0,3
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{обор.}$	%	19
Коэффициенты транспортно – заготовительных расходов	$K_{тпр.}$	%	1,4
Коэффициент цеховых расходов	$E_{цех.}$	%	17
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{инстр.}$	%	3
Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{рент.}$	%	30
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве	$K_{вып.}$	%	14
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{прем.}$	%	12
Коэффициент возвратных отходов	$K_{вот.}$	%	1
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	C_{p5}	руб.	95,29
Часовая тарифная ставка 6-го разряда	C_{p6}	руб.	99,44
Часовая тарифная ставка 7-го разряда	C_{p6}	руб.	103,53
Коэффициент капиталобразующих инвестиций	$K_{инв.}$	%	0,086

Расчет статьи затрат «Сырьё и материалы» выполняется по формуле (6):

$$\sum M = \sum C_{Mi} \cdot Q_{Mi} + \left(\frac{K_{мзр.}}{100} - \frac{K_{вот.}}{100} \right), \quad (6)$$

где C_{Mi} – оптовая цена материала i -го вида, р.;

Q_{Mi} – норма расхода материала i -го вида, кг;

$K_{мзр.}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$K_{вот.}$ – коэффициент возвратных отходов.

В таблице 15 представлены исходные данные для расчета затрат на сырье и материалы.

Таблица 15 – Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Профильная труба 25x25x1,5	м	99,0	24,0	2376,0
Профильная труба 40x25x1,5	м	132,0	6,0	792,0
Труба 50x1,5	м	337,0	10	3370
Лист холоднокатаный 1260x2520x1,5	шт.	3375,0		3375,0
Грунтовка	кг	75	10	750,0
Краска	кг	120	10	1200,0
Уголок металлический 50x50x3	м	215,0	5	2075,0
Прочее	–	–	–	2500
Итого:	–	–	–	16438,0

Расчет статьи затрат «Покупные изделия» выполняется по формуле (7):

$$\sum \Pi_u = \sum C_i \cdot n_i + \frac{K_{мзр.}}{100}, \quad (7)$$

где C_i – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб.;

n_i – количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.».

В таблице 16 представлены исходные данные для расчета затрат на покупные изделия.

Таблица 16 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
Вилка мотоцикла	шт.	2500,0	1	2500,0
Мотор-колесо, 3 кВт	шт.	22800,0	1	22800,0
Гусеница вездехода	шт.	12000,	2	24000,0
Электродвигатель, 1,5кВт	шт.	5800,0	2	11600,0
Цепь	шт.	750,0	2	1500,0
Контроллер	шт.	2500,0	1	2500,0
Сиденье	шт.	500,0	1	500,0
Руль мотоцикла	шт.	1500,0	1	1500,0
Амортизаторы	шт.	3600,0	2	7200,0
Прочее	шт.	4000,0	1	4000,0
Итого:	–	–	–	78100,0

Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих» выполняется по формуле (8):

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{прем}}{100} \right), \quad (8)$$

где Z_m – тарифная заработная плата, руб. (формула 9);

$K_{прем}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве.

$$Z_T = C_{p.i} \cdot T_i, \quad (9)$$

где $C_{p.i}$ – часовая тарифная ставка, руб.;

T_i – трудоемкость выполнения операции, ч.

В таблице 17 представлены исходные данные для расчета затрат на выполнение операций.

Таблица 17 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, ч./час	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Заготовительная	3	12,0	42,2	506,0
Сварочная	5	12,0	50,5	606,1
Токарная	5	6,0	50,5	303,1
Фрезерная	5	4,0	50,5	202,0
Сверлильная	4	2,5	45,0	112,6
Слесарная	4	6,0	45,0	270,2
Сборочная	5	20,0	50,5	1010,2
Окрасочная	4	2,5	45,0	112,6
Испытательная	4	8	45,0	360,3
Итого:	–	–	–	2977,2
Премия, доплаты	12	–	–	595,4
Итого:	–	–	–	3572,6

Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» выполняется по формуле (10):

$$Z_{дон} = Z_O \cdot K_{вып}, \quad (10)$$

где $K_{вып}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве.

$$Z_{дон} = 3572,6 \cdot 0,14 = 500,2 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС» выполняется по формуле (11):

$$C_{соц.н.} = (Z_o + Z_{дон}) \cdot E_{соц.н.}, \quad (11)$$

где $E_{соц.н.}$ – коэффициент страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС.

$$C_{соц.н.} = (3572,6 + 500,2) \cdot 0,3 = 1221,8 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» выполняется по формуле (12):

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_o \cdot E_{\text{обор.}}, \quad (12)$$

где $E_{\text{обор.}}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$C_{\text{сод.обор.}} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6930,8 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Цеховые расходы» выполняется по формуле (13):

$$C_{\text{цех.}} = Z_o \cdot E_{\text{цех.}}, \quad (13)$$

где $E_{\text{цех.}}$ – коэффициент цеховых расходов.

$$C_{\text{цех.}} = 3572,6 \cdot 1,7 = 6073,4 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку» выполняется по формуле (14):

$$C_{\text{инстр.}} = Z_o \cdot E_{\text{инстр.}}, \quad (14)$$

где $E_{\text{инстр.}}$ – коэффициент расходов на инструмент и оснастку.

$$C_{\text{инстр.}} = 3572,6 \cdot 0,03 = 107,2 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (15):

$$C_{\text{цех.себ.}} = M + \Pi_u + Z_o + C_{\text{соц.н.}} + Z_{\text{доп}} + C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{инстр.}} \quad (15)$$

$$C_{цех.себ.} = 16438,0 + 78100,0 + 3572,6 + 1221,8 + 500,2 + 6930,8 + \\ + 6073,4 + 107,2 = 112944,0 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы» выполняется по формуле (16):

$$C_{об.зав.} = Z_o \cdot E_{об.зав.}, \quad (16)$$

где $E_{об.зав.}$ – коэффициент общезаводских расходов.

$$C_{об.зав.} = 3572,6 \cdot 1,9 = 6787,9 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (17):

$$C_{об.зав.себ.} = C_{об.зав.} + C_{цех.себ.}, \quad (17)$$

$$C_{об.зав.себ.} = 6787,9 + 112944,0 = 119731,0 \text{ р.}$$

Расчет статьи затрат «Коммерческие расходы» выполняется по формуле (18):

$$C_{ком.} = C_{об.зав.себ.} \cdot E_{ком.}, \quad (18)$$

где $E_{ком.}$ – коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов.

$$C_{ком.} = 119731,0 \cdot 0,0029 = 347,2 \text{ р.}$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле (19):

$$C_{полн.себ.} = C_{об.зав.себ.} + C_{ком.}, \quad (19)$$

$$C_{\text{полнсеб.}} = 119731,0 + 347,2 = 120078,2 \text{ р.}$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле (20):

$$C_{\text{отп.б.}} = C_{\text{полнсеб.}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{рент.}}}{100} \right), \quad (20)$$

$$C_{\text{отп.б.}} = 120078,2 \cdot (1 + 0,3) = 156101,7 \text{ р.}$$

В таблице 18 представлена сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия.

Таблица 18 – Сравнительная калькуляция себестоимости базового и проектируемого изделия

Наименование показателей	Обозначение	Затраты на единицу изделия	
		покупное изделие	разрабатываемое изделие
Стоимость основных материалов	M	–	16438,0
Стоимость покупных изделий	P_u	–	78100,0
Основная заработная плата производственных рабочих	Z_o	–	3572,6
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$Z_{доп}$	–	500,2
Страховые взносы	$C_{\text{соц.н.}}$	–	1221,8
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{\text{сод.обор}}$	–	6930,8
Цеховые расходы	$C_{\text{цех.}}$	–	6073,4
Расходы на инструмент и оснастку	$C_{\text{инстр.}}$	–	107,2
Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех.себ.}}$	–	112944,0
Общезаводские расходы	$C_{\text{об.зав.}}$	–	6787,9
Общезаводская себестоимость	$C_{\text{об.зав.себ.}}$	–	119731,0
Коммерческие расходы	$C_{\text{ком.}}$	–	347,2
Полная себестоимость	$C_{\text{полн.себ.}}$	–	120078,2
Отпускная цена	$C_{\text{отп.}}$	300000,0	156101,7

Выполняем расчет безубыточного объема продаж.

Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.уд.}} = M + \Pi_u + Z_o + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц.н.}}, \quad (21)$$

$$Z_{\text{перем.уд.}} = 16438,0 + 78100,0 + 3572,6 + 500,2 + 1221,8 = 99832,6 \text{ р.}$$

Расчет переменных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{перем.}} = Z_{\text{перем.уд.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (22)$$

где $V_{\text{год}}$ – объем производства.

$$Z_{\text{перем.}} = 99832,6 \cdot 25 = 2495815,0 \text{ р.}$$

Расчет постоянных затрат на единицу изделия выполняется по формуле:

$$Z_{\text{пост.уд.}} = C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{инстр.}} + C_{\text{цех.}} + C_{\text{об.зав.}} + C_{\text{ком.}}, \quad (23)$$

$$Z_{\text{пост.уд.}} = 6930,8 + 107,2 + 6073,4 + 6787,9 + 347,2 = 20246,5 \text{ р.}$$

Расчет постоянных затрат на годовую программу выпуска выполняется по формуле:

$$Z_{\text{пост.}} = Z_{\text{пост.уд.баз.}} \cdot V_{\text{год}}, \quad (24)$$

$$Z_{\text{пост.}} = 20246,5 \cdot 25 = 506162,5 \text{ р.}$$

Расчет амортизационных отчислений выполняется по формуле (25):

$$A_{м.уд.} = (C_{сод.обор.} + C_{инстр.}) \cdot H_A, \quad (25)$$

где H_A – доля амортизационных отчислений.

$$A_{м.уд.} = (6930,8 + 107,2) \cdot 0,12 = 844,6 \text{ р.}$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия выполняется по формуле (26):

$$C_{полнгод.} = C_{полнс.с.} \cdot V_{год}, \quad (26)$$

$$C_{полнгод.} = 120078,2 \cdot 25 = 3001955 \text{ р.}$$

Расчет выручки от реализации изделия выполняется по формуле (27):

$$\text{Выручка} = Ц_{отт.} \cdot V_{год}, \quad (27)$$

$$\text{Выручка} = 156101,8 \cdot 25 = 2328845,0 \text{ р.}$$

Расчет маржинального дохода выполняется по формуле (28):

$$Д_{марж} = \text{Выручка} - З_{перем.}, \quad (28)$$

$$Д_{марж} = 23228845,0 - 2495815,0 = 20733030 \text{ р.}$$

Расчет критического объема продаж выполняется по формуле (29):

$$A_{крит} = \frac{З_{пост.}}{(Ц_{отт.} - З_{перем.уд.})}, \quad (29)$$

$$A_{крит} = \frac{506162,5}{(156101,7 - 99832,6)} = 8,9 \approx 9.$$

4.2 Расчет коммерческой эффективности проекта

Срок эксплуатации транспортного средства определяем в 5 лет. Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом нарастающим итогом на (30):

$$\Delta = \frac{V_{\max} - A_{\text{крит}}}{(n - 1)}, \quad (30)$$

где V_{\max} – максимальный объем продукции, шт.;

$A_{\text{крит}}$ – критический объём продаж проектируемого изделия, шт.;

n – количество лет, с учётом предпроизводственной подготовки.

$$\Delta = \frac{25 - 9}{(6 - 1)} = 3,2 \text{ шт.}$$

Расчет объема продаж по годам выполняется по формуле (31):

$$V_{\text{прод}i} = A_{\text{крит}} + i\Delta, \quad (31)$$

$$V_{\text{прод}1} = 12,2 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}2} = 15,4 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}3} = 18,6 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}4} = 21,8 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}5} = 25 \text{ шт.}$$

Расчет выручки по годам выполняется по формуле (32):

$$\text{Выручка}_i = C_{\text{омн.}} \cdot V_{\text{прод}i}, \quad (32)$$

$$\text{Выручка}_1 = 1904440,7 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_2 = 2403966,2 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_3 = 2903491,6 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_4 = 3403017,1 \text{ р.},$$

$$\text{Выручка}_5 = 3902542,5 \text{ р.}$$

Расчет переменных затрат по годам для базового варианта выполняется по формуле (33):

$$Z_{\text{перем.}i} = Z_{\text{перем.уд.б.}} \cdot V_{\text{прод.}i}, \quad (33)$$

$$Z_{\text{перем.}1} = 1217957,7 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.}2} = 1537422,0 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.}3} = 1856586,4 \text{ р.},$$

$$Z_{\text{перем.}4} = 217635,7 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{перем.}5} = 2495815,0 \text{ р.}$$

Расчет амортизации (только для проектного варианта) выполняется по формуле (34):

$$A_m = A_{\text{м.уд.}} \cdot V_{\text{год.}}, \quad (34)$$

$$A_m = 21115 \text{ р.}$$

Расчет полной себестоимости по годам для базового варианта выполняется по формуле (35):

$$C_{\text{полн.}i} = Z_{\text{перем.}i} + Z_{\text{пост.}}, \quad (35)$$

$$C_{\text{полн.}1} = 1317790,3 \text{ р.},$$

$$C_{\text{полн.}2} = 1637254,6 \text{ р.},$$

$$C_{\text{полн.}3} = 1956719,0 \text{ р.},$$

$$C_{полн4} = 2276183,3 \text{ р.},$$

$$C_{полн5} = 259567,6 \text{ р.}$$

Расчет налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле (36):

$$Пр_{обл.i} = (Выручка - C_{полн.i}), \quad (36)$$

$$Пр_{обл.1} = 586650,4 \text{ р.},$$

$$Пр_{обл.2} = 766711,5 \text{ р.},$$

$$Пр_{обл.3} = 946772,7 \text{ р.},$$

$$Пр_{обл.4} = 1126833,8 \text{ р.},$$

$$Пр_{обл.5} = 1306894,9 \text{ р.}$$

Расчет налога на прибыль – 20% от налогооблагаемой прибыли по годам выполняется по формуле (37):

$$H_{пр.i} = Пр_{р.обл.i} \cdot 0,2, \quad (37)$$

$$H_{пр.1} = 117330,1 \text{ р.},$$

$$H_{пр.2} = 153342,3 \text{ р.},$$

$$H_{пр.3} = 189354,5 \text{ р.},$$

$$H_{пр.4} = 225366,8 \text{ р.},$$

$$H_{пр.5} = 261379,0 \text{ р.}$$

Расчет чистой прибыли по годам выполняется по формуле (38):

$$Пр.ч_i = Пр_{обл.i} - H_{пр.i}, \quad (38)$$

$$Пр.ч_1 = 469320,3 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_2 = 613369,2 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_3 = 757418,1 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_4 = 901467,0 \text{ р.}$$

$$Пр.ч_5 = 1045516,0 \text{ р.}$$

Расчет текущего чистого дохода (накопленное сальдо) выполняется по формуле (39):

$$ЧД_i = Пр_{ч.i} + A_m + Пр_{ож.д} \cdot V_{прод_i}, \quad (39)$$

$$ЧД_1 = 2792680,3 \text{ р.},$$

$$ЧД_2 = 3535129,2 \text{ р.},$$

$$ЧД_3 = 4277578,1 \text{ р.},$$

$$ЧД_4 = 5020027,0 \text{ р.},$$

$$ЧД_5 = 5762475,9 \text{ р.}$$

Осуществляется дисконтирование путем умножения значения денежного потока на коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле (40):

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_{см.i})^t}, \quad (40)$$

где $E_{см.i}$ – процентная ставка на капитал, $E_{см.i} = 5\%$;

t – год приведения затрат и результатов.

$$\alpha_1 = 0,952,$$

$$\alpha_2 = 0,907,$$

$$\alpha_3 = 0,864,$$

$$\alpha_4 = 0,823,$$

$$\alpha_5 = 0,783.$$

Для оценки эффективности инвестиционного проекта по шагам расчетного периода используется дисконтированное сальдо суммарного потока реальных денег по шагам (текущий чистый дисконтированный доход), который рассчитывается по формуле (41):

$$\begin{aligned}
 ДСП_i &= ЧД_i \cdot \alpha_i, & (41) \\
 ДСП_1 &= 2658631,7 \text{ р.}, \\
 ДСП_2 &= 3206362,2 \text{ р.}, \\
 ДСП_3 &= 3695827,5 \text{ р.}, \\
 ДСП_4 &= 4134482,2 \text{ р.}, \\
 ДСП_5 &= 4512018,6 \text{ р.}
 \end{aligned}$$

Суммарное дисконтированное сальдо суммарного потока за расчетный период выполняется по формуле (42):

$$\begin{aligned}
 \sum ДСП &= ДСП_i, & (42) \\
 \sum ДСП &= 2658631,7 + 3206362,2 + 3695827,5 + 4134482,2 + \\
 &+ 4512018,6 = 18204322,3 \text{ р.}
 \end{aligned}$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях выполняется по формуле (43):

$$J_0 = K_{инв} \cdot \sum C_{полнпрi}, \quad (43)$$

где $K_{инв}$ – коэффициент капиталобразующих инвестиций.

$$\begin{aligned}
 J_0 &= 0,086 \cdot (1317790,3 + 1637254,6 + 1956719,0 + \\
 &+ 2276183,3 + 2595647,6) = 18204322,3 \text{ р.}
 \end{aligned}$$

Расчет чистого дисконтированного дохода выполняется по формуле (44):

$$ЧДД = \sum ДСП - J_0, \quad (44)$$

$$ЧДД = 17362933,1 \text{ р.}$$

Расчет индекса доходности выполняется по формуле (45):

$$JD = \frac{ЧДД}{J_0}, \quad (45)$$

$$JD = 20,6.$$

Расчет срока окупаемости проекта выполняется по формуле (46):

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_0}{ЧДД}, \quad (46)$$

$$T_{\text{окуп.}} = 0,05.$$

Выводы и рекомендации.

Экономический эффект от реализации модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой в количестве 25 единиц составит $JD = 20,6$.

При расчете экономических показателей по реализации модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой в массовое производство было определено, что стоимость проектного варианта гораздо ниже приобретения подобного варианта, и в результате увеличения повышения дальности хода за счет применения емких аккумуляторов проектной конструкции ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим

показателем. Для этого произведен расчет на общую эффективность модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой и была вычислена ожидаемая прибыль от реализации транспортного средства.

Чистый дисконтированный доход от внедрения модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой составляет 17362933,1 р.

Срок окупаемости данного модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой согласно вычислениям равен 0,09 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его реализации на отечественный и зарубежный рынки.

Заключение

В целях выполнения поставленной цели работы ВКР была выполнена работа на тему: «Разработка конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой».

Разработанная конструкция транспортного средства является оптимальной для передвижения по обычным дорогам, бездорожью, преимущественно летом и в межсезонье, зимой по снегу, а также по льду и насту.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- рассмотрена история развития гусеничных мотоциклов;
- определены основные признаки, характеризующие электромобиль и его систему тягового привода;
- выполнена конструкторская разработка модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой, составлены техническое задание и предложение, выполнены конструкторские расчеты по подбору электродвигателя и аккумуляторной батареи для данного транспортного средства;
- рассмотрены безопасность и экологичность конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой;
- определена экономическая эффективность конструкции модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой. Срок окупаемости данного модульного субкомпактного средства повышенной проходимости с электрической силовой установкой согласно вычислениям равен 0,09 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его реализации на отечественный и зарубежный рынки.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Демидов, Н. Н. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили : учебное пособие / Н. Н. Демидов, А. А. Красильников, А. Д. Элизов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2016. - 95 с.
- 2 Ютт, В. Е. Электрооборудование электромобилей : Тяговые аккумулятор. батареи. Тяговое электрооборуд. постоянн. тока. Учеб. пособие / В. Е. Ютт, С. А. Бабешко. - М. : МАДИ, 1984. - 125 с.
- 3 Бусыгин, Б. П. Электромобили : (Методы расчета). Учеб. пособие / Б. П. Бусыгин. - М. : МАДИ, 1979. - 72 с.
- 4 Галкин, Ю. М. Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили) [Текст] : [История развития, тяговый расчет, конструкция и эксплуатация] / Инж. Ю. М. Галкин. - Москва ; Ленинград : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1938 (М. : Образцовая тип.). - 160 с.
- 5 Аринин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 6 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 7 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
- 8 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 9 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 10 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.

- 11 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 12 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 13 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 14 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
- 15 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
- 16 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.
- 17 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.
- 18 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
- 19 ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.
- 20 ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013. Система токопроводящей зарядки электромобилей = Ч. 1. Общие требования : Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements : национальный стандарт Российской Федерации / Подготовлен Научно-технический центр "Энергия".

- Изд, офиц. : введен впервые : введен 2014-09-01. - Москва : Стандартинформ, 2014. - IV, 47 с.

21 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

22 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

23 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

24 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

25 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

26 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

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

28 Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

29 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

30 Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. – p. 134.

31 Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

32 Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.

33 Konig, R. Schmieretechnik / R. Konig. – Springer, 1972. – p.164.

34 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024, Inc. Englewood Cliffs, 1975.