

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 Зарядный модуль электробатарей и удлинитель пробега Range

Extender для электромобилей и электротранспорта

Студент

А.А. Дергунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к. т. н., доцент А.В. Бобровский

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

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

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

к. т. н., доцент Д.А. Павлов

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

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2022

Аннотация

Целью, представленной выпускной квалификационной работы, является создание энергетического модуля способного вырабатывать необходимое количество электроэнергии для обеспечения процесса заряда электро аккумуляторных элементов батареи, используемого в России электротранспорта и других средств передвижения на электротяге, с целью увеличения пробега и комфортности использования данных средств. Так же в данной дипломной работе рассмотрена и реализована возможность использования спроектированного образца как отдельного автономного источника электропитания. Принцип первичного источника механической энергии является двигатель внутреннего сгорания. Разработки проведены в соответствии с концепцией Range Extender Electric Vehicle. Проектировочные работы и технические изыскания проведены для создания конструкции опытного образца исходя из условий рынка комплектующих и запроса потребителей.

Пояснительная записка дипломного проекта включает: введение, 6 разделов, заключение, список литературы. Графическая часть представлена на 10 листах формата А1.

Первая часть посвящена изучению состояния вопроса о фактическом применении и реализации на рынке индустрии электротранспорта.

Вторая часть дипломного проекта – конструкторская часть.

Третья часть дипломного проекта является технологическим разделом.

Четвертая часть раскрывает производственную и экологическую безопасность

Пятой частью является экономический расчет себестоимости проектируемого изделия и экономической эффективности.

Abstract

The aim of this thesis is to create a power module capable of generating the necessary amount of electricity to ensure the charging of electric battery cells used in Russia electric vehicles and other vehicles on electric traction, in order to increase the mileage and comfort of using these means. Also in this thesis the possibility of using the designed sample as a separate autonomous power supply source was considered and implemented. The principle of the primary source of mechanical energy is an internal combustion engine. The development was carried out in accordance with the concept of Range Extender Electric Vehicle. Design work and technical studies were carried out for the creation of a prototype based on the conditions of the market of components and consumer demand.

Explanatory note of the diploma project consists of the introduction, six chapters, conclusion, list of references, including sources (including foreign ones), and graphic part on 10 A1 format sheets.

The first part is devoted to the study of the actual application and implementation in the market of electric transport industry.

The second part of the work concerns the choice of concept in the search and selection of design solutions.

The third part of the diploma project is a design part.

The fourth part of the diploma project is a technological section.

The fifth part reveals the production and environmental safety

The sixth part is the economic calculation of the cost of the designed product and economic efficiency.

Содержание

Введение	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Текущее развитие транспорта на электротяге в России	7
1.2 Перспективы развития зарядных модулей электробатарей и автономных источников питания.	13
2 Конструкторская часть.....	18
2.1 Выбор ДВС	18
2.2 Тепловой расчет системы охлаждения ДВС	18
2.3 Расчет радиатора системы охлаждения ДВС	30
2.4 Расчет ременной передачи.....	34
2.5 Параметры электронной системы управления двигателем	39
2.5.1 Назначение	39
2.5.2 Требования к аппаратному и функциональному составу системы управления	40
2.5.3 Компоненты системы управления.....	41
2.5.4 Топливная система.....	42
2.5.5 Технические требования к пусковым устройствам.....	43
2.5.6 Требования безопасности электронной системы.....	44
2.5.7 Требования к условиям окружающей среды	45
2.5.8 Требования к ресурсу ЭСУД.....	46
2.6 Параметры монтажного жгута проводов ЭСУД	47
2.6.1 Назначение	48
2.6.2 Технические требования к низковольтному жгуту ЭСУД	49
2.6.3 Материалы и комплектующие жгута ЭСУД	50
2.6.4 Требования к крепежу проводников в жгут ЭСУД.....	50
2.6.5 Электрические параметры	50
2.6.6 Требования к ресурсу жгута ЭСУД	51

2.7	Параметры генератора	52
2.7.1	Назначение	55
2.7.2	Технические требования к генератору.....	55
2.8	Параметры несущей конструкции рамы.....	47
2.9	Общие требования	53
2.9.1	Требования к сырью, материалам, покупным изделиям.....	54
2.9.2	Возможность монтажных, ремонтных и диагностических работ	54
2.9.3	Требования по надежности и ресурсу.....	54
3	Технологический раздел	57
3.1	Технологический процесс сборки модуля	59
3.2	Разработка технологической схемы сборки	63
3.3	Составление перечня сборочных работ	64
3.4	Составление маршрутной технологии и проектирование сборочных операций.....	39
4	Безопасность и экологичность объекта.....	70
4.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	70
4.2	Идентификация профессиональных рисков	70
4.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	72
4.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	76
4.5	Технологический процесс сборки модуля	78
5	Экономическая эффективность модуля	79
	Заключение	84
	Список используемых источников.....	85

Введение

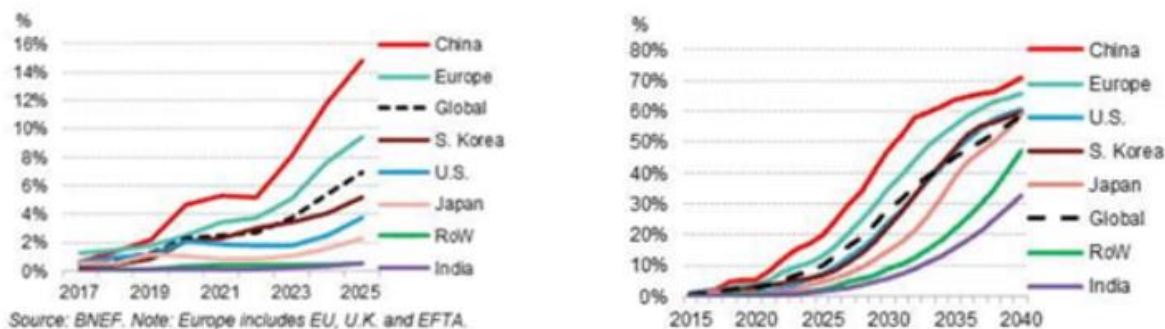
Тенденция современного использования электрической тяги в автомобильной промышленности и сопутствующих отраслях легкого машиностроения создала целую индустрию электрических транспортных средств. Благодаря этому средства на электротяге получили широкое распространение и повсеместное использование в нашей жизни. Как и любой технический объект электро транспортные средства имеют свою особенность. В проекте рассмотрен процесс пополнения заряда электрических элементов, которые, в свою очередь, являются источником электрической энергии, преобразуемой в результате электромагнитной индукции в механическую. Источником электроэнергии служит электрохимический элемент принцип действия, которого основан на обратимости химической реакции в процессе электролиза. Это позволяет многократно заряжать и использовать в качестве источника аккумулятор. Сохранение работоспособности с течением времени и, или пройденного пути средств напрямую зависит от типа, количества, ёмкости и других характеристик аккумуляторов. Обеспечение процесса восполнения электрического заряда неизбежно для любого электротранспорта. Основным способом пополнения заряда аккумулятора является подача и напряжения на элементы с помощью выпрямляющих устройств от электрических сетей общего пользования ГОСТ 29322-2014. Однако данное обстоятельство привязывает электротранспорту к стационарной системе электрификации, что достаточно сильно снижает мобильность электротранспорта. Целью представленной работы является возможность восполнять заряд аккумулятора в любом удобном не электрифицированном месте или в процессе движения и использования. Основным принципом получения электричества является использование адаптированного силового агрегата, скомбинированного с генератором требуемой мощности.

1 Состояние вопроса

1.1 Текущее развитие транспорта на электротяге в России

Россия является богатейшей страной в плане ископаемого углеводородного топлива. Политика враждебно настроенных стран, направленная на переход к электротранспорту в первую очередь с целью отказа от зависимости в приобретении нефти, сырья и других топливных углеводородов. Причиной данного отказа является экономическая зависимость, в том числе и от Российской Федерации.

Причинами перехода (частичного перехода) на электрический транспорт или частичную электрическую тягу, используемую в автомобильном и специальном транспорте в России в отличие от других стран, является: экологический фактор и энерго-эффективность (топливная эффективность). Иллюстрация в виде диаграммы представлена на рисунке 1.



а) прогноз до 2040г; б) роста отрасли производства - продажи электромобилей [27]

Рисунок 1 – Прогноз развития электротранспорта до 2025 года

Исходя из оценок независимых экспертов на рынке электротранспорта к 2025 году спрос и предложения электромобилей и других видов электротранспорта должны достичь величины в 10% от суммарных продаж в

мире легковых автомобилей и малых транспортных средств, ориентировочно к 2030 году – 28 % и к началу 2040 году – 58%. краткосрочного развития до 2023 года и долгосрочного развития до 2040 года прогнозируемого роста производства и рынка продаж электромобилей и малого электротранспорта [27].

Данные показывают, что в период с 2017 года по настоящее время лидирующую позицию в производстве электромобилей занимает – КНР (Китай). Второе место занимают производители из Евросоюза. Третье место закрепилось за отдельными сборочными производствами, расположенными по всем развитым мировым странам без конкретной государственной привязки, а за ними следуют северная Корея и США.

Производство электромобилей в России развивается медленным темпом. А вот продажи импортных образцов наращивает своё преимущество. В том числе и на вторичном рынке транспортных средств

Рынок электромобилей в России - как первичный, так и вторичный - на протяжении последних нескольких лет показывает рост, констатируют эксперты агентства «АВТОСТАТ». Представленный на картинке график ярко демонстрирует, как ситуация в данном сегменте менялась от месяца к месяцу. Так, в 2020 году в целом россияне купили 5274 подержанных и 687 новых электрокаров, что на 60% и 95% соответственно превышает показатели 2019 года. А в 1 квартале 2021 года жители нашей страны приобрели 1273 подержанных и 307 новых автомобилей на электротяге. Это на 46% и почти в 6 раз больше, чем в январе - марте 2020 года.

На рисунке 2 представлено количество проданных автомобилей в России.

Негативными факторами развития гражданского парка транспортных средств в России в первую очередь является относительная высокая стоимость самих электромобилей и слаборазвитое сервисное техническое обслуживание на СТО. Вторым немаловажным фактором является отсутствие достаточного количества производителей запасных частей и деталей на

территории страны и СНГ. Так же одним из не малозначимых факторов будет отсутствие инфраструктуры электрификации дорожно зарядными пунктами по наиболее используемым автодорогам.



Рисунок 2 – Количество проданных электромобилей в России [27]

На текущий момент стоимость электромобилей и классических автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) имеет существенную разницу в сторону электроприводных. Дороговизна данного вида исходит из более дорогих комплектующих. Затраты на разработку изделий и технологии производства повышают себестоимость комплектующих для электротранспорта. Вызвано это в первую очередь отсутствием преемственности технологий (каждый производитель пытается реализовать себя как уникального изготовителя деталей) и масштабного распространения производств в отличие от классического машиностроения с изготовлением деталей и комплектующих по сформированным и отработанным технологиям, с использованием подрядного и кооперантного производства. Данная тенденция должна перейти к нормальному виду и расширению рынка производителей, что снизит себестоимость комплектующих и электрических транспортных средств в целом. По

предварительному прогнозу сравнение цен автомобилей и электромобилей будет достигнуто к середине 2020-х годов. На данный процесс уравнивания цен активно влияет экономические и политические факторы различных стран.

Стоит заметить зависимость себестоимости деталей и комплектующих от цен международного рынка металлов. Данный факт оказывает особенное влияние на ценообразование стоимости аккумуляторных батарей, которые в свою очередь являются элементом, определяющим характеристики и КПД электротранспортного средства. Себестоимость электробатарей идёт на снижении в зависимости от увеличения количества объёма производств, производителей и конкуренции на рынке. Она может быть снижена в 1,5-2 раза к 2030 году и составлять прогнозируемую себестоимость в 87\$ долл. США за киловатт-час относительно 160\$ долл. США на 2022г.

Батареи имеют свои и эксплуатационные особенности. Такие как: падения емкости при низких температурах и при этом увеличения времени продолжительности заряда, ограниченное количество циклов заряд-разряд. Это определяет их ресурс, следовательно - максимальный пробег и развиваемую мощность электромобилей. Ежедневный пробег автомобиля среднестатистического россиянина составляет от 40 до 80 километров. Помимо того этого около 40% частных автомобилей активно используются для поездок на дальние расстояния. Территория нашей страны – велика, и окутана сетью автодорог. Поэтому большинство наших соотечественников предпочитают путешествовать на личном транспорте на дальние расстояния.

Необходимо принять во внимание, что территория РФ разнообразна дорожными и климатическими условиями. Россия – страна с преимущественно холодным климатом, расположена в четырёх климатических поясах: арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом. Большую часть территории занимает умеренный пояс с возможностью использования изделий в климатических исполнениях У(N). Территория побережья Черного моря, Кавказ и Южная часть Крыма –

субтропический с средой подходящей для использования изделий климатического исполнения Т,ТС,ТВ,ТМ. В большинстве территории климат умеренно-холодный (УХЛ). Зимой достаточно холодный с значительным количеством снежных покровов, занимающих большую часть территории. Летний период на территории Европейской части преобладают повышенные температуры особенно на территории Поволжья и Прикаспийская низменности. Годовая амплитуда температуры воздуха 40–45 °С. По мере продвижения на восток годовые амплитуды температуры воздуха увеличиваются: в Западной Сибири – до 50–55 °С, в Восточной Сибири – до 65 °С. На территориях Дальнего Востока и Сибири в зимние периоды возможно снижение температуры – (50 – 68)°С. Данные условия являются сдерживающим фактом перехода на электротранспорт. Однако этот факт является постановкой инженерной задачи в изыскании решения по повышению надежности, удобства и практичности электротранспорта.

На текущий момент в России ожидается появление двух отечественных электромобилей: Кама-1 (ПАО Камаз) рисунок 3 – микроавтомобиль, электродвигатель мощность 75 кВт при 110 н/м. Литий–ионная батарея ёмкостью в 33 кВт*ч, расчётный запас хода до 250 километров, максимальная скорость 150 км/ч, разгон до 100 км/ч - 6,7 с.; GAZelle e-NN (ГАЗ) рисунок 4 коммерческий электромобиль электродвигатель мощность 100 кВт при 310 н/м (136 л.с.). Литий–ионная батарея ёмкостью в 48 кВт*ч, расчётный запас хода до 120 километров, максимальная скорость 100 км/ч.



Рисунок 3 – Электромобиль Кама-1



Рисунок 4 – Коммерческий электромобиль GAZelle e-NN

Помимо электромобилей широкое распространение на рынке транспортных средств в России получили: электромотоциклы,

электроквадроциклы, электроскутеры, электросамокаты, электровелосипеды, электро ATV, электроснегоходы, электросноуборды, электросноубайки и электрогидроциклы. Данные виды электротранспорта являются индивидуальными предназначенными для частных потребителей. Создаются как правило в малых компаниях с использованием деталей и элементов, производимых за рубежом (Китай). Производство представляет собой – только сборочный процесс.

1.2 Перспективы развития зарядных модулей электробатарей и автономных источников питания

Независимо от вида электрического транспортного средства существует абсолютная зависимость к процессу заряда аккумуляторов. Следует отметить необходимость сохранения мобильности наряду с транспортными средствами, использующими классические двигатели внутреннего сгорания, что будет способствовать выгодному обстоятельству развития электротранспорта. Данную задачу возможно решить в случае выполнения двух условий.

Во-первых, это увеличение пробега транспортного средства на одном полном заряде аккумулятора. Увеличению пробега может поспособствовать использование аккумуляторов большей ёмкости, что негативно скажется на повышении цены транспортного средства или дополнительных расходах по замене батарей, но это не целесообразно. Наиболее эффективнее использование источника электрической энергии размещенного на борту электромобиля или буксируемого им. Данный источник имеет название: удлинитель пробега.

Во-вторых, это возможность заряда аккумуляторных батарей в необходимый момент разряда независимо от местонахождения и условий. Решением данного условия может послужить строительство инфраструктуры придорожных зарядных станций. На реализацию подобного проекта

потребуется большое количество времени и финансовых инвестиций для достижения уровня развития сети автомобильных заправочных станций (АЗС) бензиновой индустрии. Единственным правильным вариантом для решения этого условия будет являться: распространение генераторных установок как стационарного типа, так и мобильного. Последние в свою очередь должны быть преимущественно предназначены для частных лиц – владельцев электромобилей и иных видов электротранспорта.

Исходя из вышеперечисленного целесообразно сделать вывод о необходимости использования генераторных установок для комфортного использования электротранспорта. По типу своего назначения они разделяются на: стационарные установки (для коммерческого использования), мобильные установки (для частного использования), удлинители пробега (Range Extender – для размещения на борту электротранспорта).

Выгодными решениями, обеспечивающими перспективу реализации данных установок на рынке, будут являться:

- простота конструкции,
- высокая ремонтпригодность и простота обслуживания,
- унификация и модульность установок,
- использование распространенных и дешевых комплектующих,
- мобильность,
- высокий КПД.
- повышенный ресурс
- способность к самодиагностике
- экологичность
- мобильность модуля
- возможность кооперантного производства

На сегодняшний день рынок электроустановок имеет колоссальное количество вариантов. Преимущественно это установки использующие поршневые двигатели внутреннего сгорания ДВС с карбюраторной впускной

системой передаваемы крутящий момент на трёхфазные генераторы переменного тока. Производители данного вида установок имеют одинаковые типовые конструкции, но разные агрегатные составляющие. Это делается в угоду не взаимозаменяемости, не ремонтпригодности и коммерческой выгоде. Габаритные размеры и характеристики так же различны, что не может быть применимо для модульного использования. Данный факт затрудняет использование генераторных установок, реализуемых на рынке России.

Это ставит задачу на разработку генераторной мобильной установки, модульного типа для заряда аккумуляторных батарей электротранспорта. С обязательным исполнением выгодных решений, указанных выше. Так же не исключается возможность использования разрабатываемого агрегата в виде автономного источника питания для бытовых и хозяйственных нужд, сельского хозяйства и вооруженных сил.

Выводы по разделу: в данном разделе рассмотрено состояние развития инфраструктуры электротранспорта и направление развития данной отрасли в России. В качестве первого направления можно подчеркнуть: перспективы и возможности текущего уровня использования электрических транспортных средств открывают возможности для создания новых секторов рынка продаж электромобилей и сопутствующего оборудования. Данный факт задаёт стимул к началу конструкторских разработок и инженерных изысканий.

В современных политических и экономических условиях это имеет особую актуальность в связи с выбранной внутренней производственной политикой страны, которая в свою очередь направлена на импортозамещение. Вторым направлением считать: создания комфортных условий внедрения электротяги на транспорте взамен существующего классического принципа ДВС.

Развитие данного направление целесообразно применить для поддержания малого бизнеса и транспортной логистики в процессе товарооборота внутри Российской Федерации.

Это ставит задачу на разработку генераторной мобильной установки, модульного типа для заряда аккумуляторных батарей электротранспорта. С обязательным исполнением выгодных решений, указанных выше. Так же не исключается возможность использования разрабатываемого агрегата в виде автономного источника питания для бытовых и хозяйственных нужд, сельского хозяйства и вооруженных сил. В пору сложной товаро-экономической обстановки проект зарядного устройства отечественной сборки будет являться первым шагом к импортозамещению подобного родов товара.

Взаимосвязь технологий и социума, является важной тенденцией современного общества, а развитие мелкой промышленности – показателем экономики страны.

2 Конструкторская часть

2.1 Выбор ДВС

«На первом этапе была проведена работа по компоновке элементов конструкции Range Extender мощностью 7 кВт. Основой модуля являются ДВС, генератор и рама. Исходя из теплового расчета был выбран одноцилиндровый двигатель объемом 600 куб.см марки GK194MS» [23].

На рисунке 5 представлен общий вид ДВС марки «GK194MS».



Рисунок 5 – Общий вид ДВС марки «GK194MS»

В таблице 1 представлены характеристики ДВС «GK194MS-3».

Таблица 1 - Характеристики ДВС «GK194MS-3»

«Характеристики ДВС GK194MS-3»	
«Тип двигателя»	Бензиновый, одноцилиндровый, 4-тактный, водяного охлаждения
«Рабочий объем, л»	0,589
«Степень сжатия»	9.7:1
«Мощность, л.с.»	30 при 6000 об/мин

Продолжение таблицы 1

«Характеристики ДВС GK194MS-3»	
«Крутящий момент, н.м.»	52 при 4000 об/мин
«Удельный расход топлива, г/кВт*ч»	280
«Рабочий ход, мм»	85
«Диаметр цилиндра, мм»	94
«Габаритные размеры, мм»	384×366×485
«Сухой вес, кг»	37

2.2 Тепловой расчет системы охлаждения ДВС

Качественный состав углеводородного топлива – бензина по номенклатуре АИ-92-К4(К5) согласно ГОСТ 32513. «Марки АИ-95-К4(К5) согласно ГОСТ 32513» [25].

Элементарный усреднённый состав и молекулярная масса топлива [26]:

$$C = 0,855; H = 0,145 \text{ и } m_T = 115 \text{ кг/кмоль}, \quad (1)$$

«Минимальный температурный порог сгорания топлива» [23].

$$\begin{aligned} HU &= 33,91C + 125,6H - 10,89(O - S) - 2,51 * (9H + W) = \\ &= 33,91 * 0,855 + 125,6 * 0,145 - 2,51 * 9 * 0,145 = 43,93 \text{ МДж/кг} = \\ &= 4343930 \text{ кДж/кг}, \end{aligned} \quad (2)$$

«Параметры топлива, как рабочего тела. Расчётное количество воздуха необходимое для сгорания 1 кг топлива» [21]:

«Коэффициент избытка воздуха принимается из диапазона $\alpha = 1$ » [20]

«Количественное значение компонентов отдельных от продуктов сгорания при $K=0,5$ » [26]

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 \text{ кмоль } CO_2/\text{кг топл}, \quad (3)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 \text{ кмоль } CO/\text{кг топл}, \quad (4)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 \text{ кмоль } H_2O/\text{кг топл}, \quad (5)$$

$$M_{H_2} = 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 \text{ кмоль } H_2/\text{кг топл}, \quad (6)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0 \text{ кмоль } N_2/\text{кг топл}, \quad (7)$$

«Суммарное значение общего количества продуктов сгорания» [22]:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} \text{ кмоль пр. сг/кг топл}, \quad (8)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – «Состав и количество продуктов сгорания»

«M, кмоль/кг топл.»	«n, об/мин»			
	1500	3000	4500	6000
«M ₁ »	0,53	0,53	0,53	0,53
«M _{CO2} »	0,07	0,07	0,07	0,07
«M _{CO} »	0	0	0	0
«M _{H2} »	0	0	0	0
«M _{N2} »	0,41	0,41	0,41	0,41
«M _{H2O} »	0,07	0,07	0,07	0,07
«M ₂ »	0,55	0,55	0,55	0,55» [28]

«Параметры влияния окружающей среды и остаточные продукты сгорания (газы).

Давление окружающей среды: $P_0 = 0.1 \text{ Мпа}$

Температура окружающей сред: $T_0 = 293 \text{ K}$

Значения температуры и давления остаточных газов приведены в таблице 3» [29].

Таблица 3 – Значения температуры и давления остаточных газов

« n , об/мин»	1500	3000	4500	6000
« T_r , K° »	950	1000	1100	1200
« P_r , Мпа»	0,1064	0,1150	0,1294	0,1495

«Расчет впускного процесса. Плотность заряда на впуске» [19]:

$$\rho_k = p_k \cdot 10^6 / (R_B T_k) \text{ кг/м}^3, \quad (9)$$

где $R_B = 287 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$ - удельная газовая постоянная для воздуха.

«Потери давления на впуске. При поддержании скоростных режимов рабочего процесса двигателя и при наличии качественной механической обработки поверхностей впускных каналов системы можно принять $\beta^2 \xi_{вп} = 2,8$ и $\omega_{вп} = 70 \text{ м/с}$. Тогда: $A_n = \omega_{вп} / n_N$ » [18].

$$\Delta p_a = (\beta^2 \xi_{вп}) A_n^2 n^2 \rho_0 \cdot 10^{-6} / 2 \text{ Мпа}, \quad (10)$$

«Давление у впускного клапана: $p_a = p_0 - \Delta p_a$ » [17]

«Коэффициент остаточных газов. При определении γ_r для двигателя принимается коэффициент очистки $\varphi_{оч} = 1$, и коэффициент до зарядки на минимальном скоростном режиме $\varphi_{доз} = 1,1$ » [30]

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \frac{\varphi_{оч} p_r}{\varepsilon \varphi_{доз} p_a - \varphi_{оч} p_r}, \quad (11)$$

«Температура у впускного клапана» [30]:

$$T_a = (T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r), \quad (12)$$

«Коэффициент циклового, общего наполнения» [30]:

$$\eta_V = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \frac{1}{\varepsilon - 1} \frac{1}{p_0} (\varphi_{\text{доз}} \varepsilon p_a - \varphi_{\text{оч}} p_r), \quad (13)$$

Результаты расчетов заряда свежей топливной смеси в впускном канале приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры заряда свежей топливной смеси в впускном канале

« n , об/мин»	1500	3000	4500	6000
« Δp_a , Мпа»	0,002	0,0082	0,0184	0,0326
« p_a , Мпа»	0,1	0,09	0,08	0,07
« $\varphi_{\text{доз}}$ »	1,0	1,1	1,1	1,1
« γ_r »	0,036	0,040	0,047	0,065
« T_a , К°»	325	328	335	352
« η_V »	0,94	0,97	0,84	0,65

«Процесс сжатия. Усреднённое значение адиабаты сжатия K_I при степени сжатия $\varepsilon = 9,7$ (степень сжатия принималась как среднестатистическая значение типовых двигателей внутреннего сгорания рабочим объемом от 250 см³ до 650 см³) и рассчитанных значениях T_a определяется по графику, а средний показатель политропы сжатия n_1 принимается несколько меньше K_I » [31].

«Давление в пиковый момент сжатия» [31]:

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1}, \quad (14)$$

«Температура в пиковый момент сжатия» [32]:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}, \quad (15)$$

«Среднее значение мольной теплоемкости в пиковый момент сжатия:

а) свежей топливной смеси» [33];

$$(mc_v)_{t_0}^{t_c} = 20,600 + 0,002638 \cdot t_c, \quad (16)$$

где $t_c = T_c - 273 \text{ C}^0$

б) «остаточных газов

$(mc''_v)_{t_0}^{t_c}$ - определяется методом экстраполяции» [34].

в) «рабочей топливной смеси» [34].

$$(mc'_v)_{t_0}^{t_c} = \frac{1}{1+\gamma_r} [(mc_v)_{t_0}^{t_c} + \gamma_r (mc''_v)_{t_0}^{t_c}], \quad (17)$$

«Рассчитанные по данным формулам значения показателей, представляют характеристику состояния топливной рабочей смеси в пиковый момент процесса сжатия» [31] Данные значения приведены в таблице 5.

Таблица 5– Параметры конца сжатия

Параметры	Числовое значение			
	1500	3000	4500	6000
n , об/мин	1500	3000	4500	6000
n_l	1,375	1,376	1,376	1,377
P_c , МПа	2,23	2,09	1,86	1,54
T_c , К	769	770	787	828
t_c , °С	496	497	514	555
$(mc_v)_{cc}$, кДж/кг	21,909	21,912	21,958	22,066
$(mc_v)_{ог}$, кДж/кг	24,235	24,232	24,196	24,108
$(mc_v)_{pc}$, кДж/кг	22,000	22,000	22,060	22,190

«Процесс сгорания топливной смеси. Коэффициенты молекулярного изменения горючей смеси $\mu_0 = M_2/M_1$. Рабочего объема смеси $\mu = (\mu_0 + \gamma_r)/(1 + \gamma_r)$ » [21].

«Удельное количество теплоты, утраченное по причине элементарно-химического неполного процесса сгорания топлива» [35]:

$$\Delta H_u = 119950 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0, \quad (18)$$

«Выделяемая теплота сгорания рабочей смеси» [36]:

$$H_{\text{раб.см}} = (H_u - \Delta H_u) / [M_1(1 + \gamma_r)], \quad (19)$$

«Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания» [37]:

$$\begin{aligned} (mc''_v)_{t_0}^{t_z} = (1/M_2) & \left[M_{CO_2} (mc''_{vCO_2})_{t_0}^{t_z} + M_{CO} (mc''_{vCO})_{t_0}^{t_z} + \right. \\ & \left. + M_{H_2O} (mc''_{vH_2O}) + M_{H_2} (mc''_{vH_2})_{t_0}^{t_z} + M_{N_2} (mc''_{vN_2})_{t_0}^{t_z} \right], \end{aligned} \quad (20)$$

«Величина коэффициента полезного действия от полученной в процессе сгорания теплоты ξ_z принимается в рекомендованном диапазоне от 0,70 до 0,95» [38].

«Температура в конце видимого процесса сгорания $\xi H_{\text{раб.см}} + (mc'_v)_{t_0}^{t_c} t_c = \mu (mc''_v)_{t_0}^{t_z} t_z$ » [21].

«Откуда $T_z = t_z + 237 = 2440,6 + 273 = 2713,6K$ » [38];

«Максимальное давление сгорания расчётное» [40]:

$$p_z = p_c \mu T_z / T_c, \quad (21)$$

«Максимальное давление сгорания действительное» [40]:

$$p_{zД} = 0,9 \cdot p_z \text{ МПа} , \quad (22)$$

«Степенное значение повышения давления» [40]:

$$\lambda = p_z/p_c , \quad (23)$$

Расчётные результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Величины показателей процесса сгорания топливной смеси

n , об/мин	1500	3000	4500	6000
μ_o	1,052	1,052	1,052	1,052
μ	1,050	1,050	1,050	1,049
ΔH_u , кДж/кг	0	0	0	0
H_{pc} , кДж/кмоль раб.см	80360	80376	79809	78493
ξ	0,85	0,95	0,93	0,80
t_z , °С	2511	2726	2681	2402
T_z , К	2784	2999	2954	2675
P_z , МПа	8,47	8,56	7,33	5,21
$P_{zД}$, МПа	7,62	7,70	6,60	4,69
λ	3,80	4,09	3,94	3,39

«Процесс воспламенения и расширения. Процесс выпуска.

Усреднённое значение показателя адиабаты процесса расширения k_2 определяется в соответствии с номограммой 1,27 при известном значении степени сжатия для значений α и T_z » [11]:

«Давление и температура в конце процесса расширения» [11]:

$$p_b = p_z/\varepsilon^{n_2} \text{ и } T_b = T_z/\varepsilon^{n_2-1} , \quad (24)$$

«Проверка ранее принятой температуры остаточных газов» [10]:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b/p_r}}, \quad (25)$$

«Значения параметра давления и показателя температуры в пиковом значении расширения, а также определённые значения температуры остаточных газов приведены в таблице 7» [9].

Таблица 7 – Значения параметра давления и показателя температуры в пиковом значении расширения, а также определённые значения температуры остаточного объёма газов

n , об/мин	1500	3000	4500	6000
n_2	1,254	1,254	1,250	1,25
P_b , МПа	0,49	0,50	0,43	0,30
T_b , К°	1563	1684	1674	1516
T_r , К°	939	1035	1123	1196
Δ	- 1,12	3,50	2,13	-0,34

«Показатель температуры объёма остаточных газов принят в расчетном значении не превышает 5% погрешности. Совокупность параметров ДВС и рассмотрение показателей рабочего цикла. Значение показателей рабочего цикла. Расчётное индикаторное усреднённое давление» [26]:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \text{ МПа}, \quad (26)$$

«Усреднённый показатель индикаторного давление: $p_i = \varphi \cdot p'_i$ МПа, где коэффициент полноты показателей на диаграмме принят $\varphi = 0,95$ » [1].

«Коэффициент индикатор полезного действия» [1]:

$$g_\eta = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{H_u \cdot \rho_0 \cdot \eta_v}, \quad (27)$$

«Индикаторный показатель удельного расхода топлива» [1]:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i} z (\text{кгВт} \cdot \text{ч}) , \quad (28)$$

«Показатели – индикаторы, значения рабочего цикла приведены в таблице 8» [2].

Таблица 8 – Показатели – индикаторы, значения рабочего цикла

n , об/мин	1500	3000	4500	6000
p_i , МПа	1,29	1,33	1,13	0,77
p_i , МПа	1,22	1,26	1,08	0,73
η_i	0,37	0,37	0,37	0,32
g_i , г/кВт·ч	220	220	222	253

«Эффективные показатели двигателя. Для определения среднего давления механических потерь необходимо оценить среднюю скорость поршня. В бензиновых двигателях средняя скорость поршня обычно составляет величину, не превышающую 20 м/с, при частотах вращения двигателя до 6000 об/мин [26, 27, 28] при этом, как правило выполняется условие $S/D \leq 1$, то есть двигатели являются короткоходными. Ход поршня одноцилиндровых двигателей с принудительным зажиганием редко превышает величину 90 мм. Среднее давление механических потерь для таких типов двигателей определяется как» [3]:

$$P_M = 0,034 + 0,0113 \cdot v_{п.ср} , \quad (29)$$

где « v_n , средняя скорость поршня» [4].

«Среднее эффективное давление» [4]:

$$P_e = P_i - P_M \text{ МПа,} \quad (30)$$

«Механический к.п.д.» [3]:

$$\eta_m = p_e / p_i, \quad (31)$$

«Эффективный к. п. д.» [3]:

$$\eta_e = \eta_i \eta_m, \quad (32)$$

«Эффективный удельный расход топлива» [3]:

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (33)$$

«Расчитанные по приведенным формулам значения эффективных показателей сведены в таблицу 9» [5].

Таблица 9 – Эффективные показатели

n , об/мин	1500	3000	4500	6000
V_n , м/с	4,5	9,0	13,5	18
p_M , МПа	0,08	0,14	0,19	0,24
p_e , МПа	1,14	1,13	0,89	0,49
η_m	0,93	0,89	0,83	0,67
n , об/мин	1500	3000	4500	6000
η_e	0,35	0,33	0,31	0,22
g_e , г/кВтч	236	245	267	375

«Ориентировочные значения литровой мощности двигателей с принудительным воспламенением и незначительным форсированием составляют величину порядка 25 – 30 кВт/л» [6].

«Отсюда получим ориентировочные значения рабочих объемов двигателей V_h при выбранных частотах вращения» [6]:

$$V_h = \frac{30\tau N_e}{\rho_e n} \text{ л,} \quad (34)$$

«Эффективная мощность двигателя определим исходя из следующих предположений:

- коэффициент полезного действия генератора составляет величину 0,75-0,85;
- мощность RE определённая из анализа необходимой потребляемой мощности составляет в зависимости от принятой концепции 3-5 кВт или 5-7 кВт» [7].

Крутящий момент:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 N_e}{\pi n} \text{ Нм,} \quad (35)$$

«Часовой расход топлива» [8]:

$$G_T = N_e g_e \cdot 10^{-3} \text{ кг/ч,} \quad (36)$$

Полученные результаты расчетов представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты расчетов

Вариант	«Мощность RE, кВт»	«Мощность двигателя, кВт»	«Частота вращения двигателя, мин ⁻¹ »	«Рабочий объем двигателя, V _h , см ³ »	«Крутящий момент M _e , Нм»	«Часовой расход топлива G _T , кг/ч»
1	3 - 5	4-6	1500	350-450	38,22	1,42
2	5-7	6-9	1500	500-650	57,32	2,12
3	3 - 5	4-6	3000	250 -350	19,11	1,47
4	5-7	6-9	3000	350-500	28,66	2,21
5	3 - 5	4-6	4500	200-250	12,74	1,60
6	5-7	6-9	4500	250 -350	19,11	2,40
7	3 - 5	4-6	6000	250-350	9,55	2,25
8	5-7	6-9	6000	350-450	14,33	3,38

В таблице 11 представлены двигатели с подходящими параметрами.

Таблица 11 – Список двигателей с подходящими параметрами

Мощность RE, кВт	Класс ТС	Вариант	Рабочий объем двигателя, V_h , см ³	Производитель	Марка ДВС
3-5	L7	1	249,0	Lifan	177MM
		2	249,6	Zongshen	ZS177
		3	292	Loncin	YF300
		4	248,8	Bajaj	Dominar
5-7	L7, M1, N1	1	349,5	Lifan	263MP
		2	377,7	Zongshen	ZS400GY
		3	450,3	Zongshen	NC450
		4	373,0	Bajaj	Dominar
		5	600	Gaokin	GK194MS

В таблице 11 представлен список двигателей с подходящими параметрами.

2.3 Расчет радиатора системы охлаждения ДВС

Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания предназначена для принудительного охлаждения нагреваемых деталей цилиндра поршневой группы и деталей камеры сгорания, путём отвода тепловой энергии с помощью тела носителя – жидкости и теплообменного устройства – радиатора. Главная задача системы – обеспечение оптимальной температуры деталей двигателя для его нормальной работы. «Основную часть избытка тепла, вырабатываемого двигателем, утилизируется системой охлаждения, малая часть тепла воспринимается системой смазки и воздушной окружающей средой» [21]. Расчет параметров конструкции системы охлаждения основывается на количестве тепла необходимого для отвода от нагреваемых элементов двигателя за условную единицу времени для теплового баланса двигателя [21].

В процессе расчета системы охлаждения используют значение полученные в ходе теплового расчета или измеренные экспериментальным путём в результате определения значений внешнего теплового баланса двигателя [21]. «Количество теплоты, необходимое для отвода от нагреваемых элементов двигателя в окружающую среду определяется по формуле 37» [21]:

$$f_{\text{охлж}} = F_{\text{охлж}}/V_h, \quad (37)$$

где: $F_{\text{охлж}}$ - площадь охлаждаемой поверхности ДВС;

V_h - рабочий объем цилиндров ДВС.

Удельное количество теплоты $q_{\text{охлж}}$ отводящееся системой охлаждения, имеет зависимость от геометрических параметров поверхностей рабочего объёма цилиндра и камеры сгорания. Влияние оказывают площади, воспринимающие теплоту от процесса сгорания топливной смеси и охлаждаемых поверхностей.

На рисунке 6 представлена зависимость $q_{\text{охлж}}$ от площади охлаждающей поверхности.

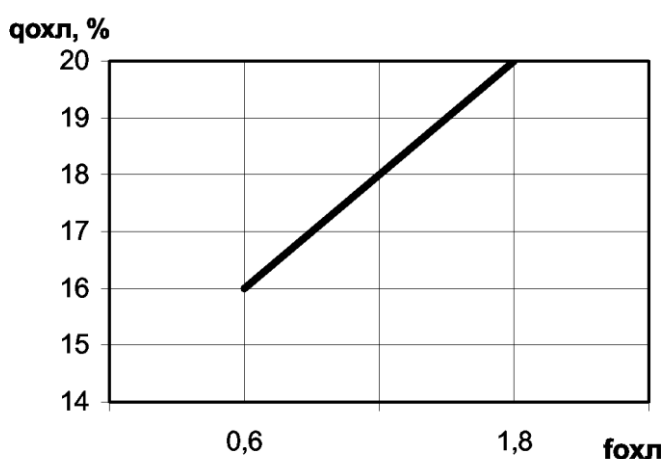


Рисунок 6 – «Зависимость $q_{\text{охлж}}$ от площади охлаждающей поверхности»

Эффективный теплоотвод от стенок цилиндра, имеет зависимость от совокупности множества факторов: вязкость охлаждающей жидкости, коэффициента теплоотдачи, температурный напор, удельной теплоемкости материалов и охлаждающей жидкости и др. «Определение зависимостей функциональных значений данных факторов приводит к сложному, необходимому, доводочному процессу по совершенствованию конструкции и эксплуатационных режимов системы охлаждения. Опытным путём доказано, что правильная конструкция системы охлаждения даёт возможность увеличения мощностных характеристик ДВС примерно на 5% и увеличивает экономичность до 4 - 6%» [21].

В таблице 12 представлено количество тепла отводимого охлаждающей жидкостью от двигателя.

Таблица 12 - Количество тепла отводимого охлаждающей жидкостью от двигателя

Рабочий объем двигателя, V_h , см ³	$f_{охлж}$	$q_{охлж} \%$	Часовой расход топлива G_T , кг/ч	Количество тепла отводимого от двигателя охлаждающей жидкостью Q_B , Дж/с
350,0	7,5	30	1,47	5381
600,0	8,9	30	2,21	8100

Температурный перепад при принудительной циркуляции: $\Delta T_{ж} = 10$

«Расчетный расход охлаждающей жидкости на циркуляцию в системе охлаждения» [21]:

$$G_{ж} = \frac{Q_B}{c_{ж} \rho_{ж} \Delta T_{ж}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (38)$$

где « $G_{ж}$ - циркуляционный расход охлаждающей жидкости, м³/с;

Q_B - количество тепла отводимого от двигателя охлаждающей жидкостью, МДж/с;

$\rho_{ж}$ - средняя плотность жидкость (для расчета принимается вода), 1000 кг/м³;

$c_{ж}$ - средняя теплоемкость воды, 4187 Дж/ кгК» [21].

«Расчетная производительность насоса» [21]:

$$G_{ж.р.} = \frac{G_{ж}}{\eta_n}, \text{ кг/с}, \quad (39)$$

где коэффициент подачи составляет $\eta_n = 0,8$.

«Количество воздуха, проходящего через радиатор» [21]:

$$G_{возд} = \frac{Q_B}{c_{жвозд} \Delta T_{возд}} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (40)$$

где « Q_B - количество тепла отводимого от двигателя охлаждающей жидкостью, МДж/с;

$\rho_{возд}$ - средняя плотность воздуха, 1000 кг/м³;

$c_{ж}$ - средняя теплоемкость воды, 1000 Дж/кгК;

$\Delta T_{возд}$ - температурный перепад воздуха в решетке радиатора, 25 К» [20].

«Средняя температура охлаждающего воздуха, проходящего через радиатор» [20]:

$$T_{ср.возд} = \frac{T_{возд.вх} + (T_{возд.вх} + \Delta T_{возд})}{2}, \text{ К}, \quad (41)$$

где « $T_{возд.вх}$ - температура воздуха перед радиатором, 313 К» [20].

«Среднее значение температуры охлаждающей жидкости в радиаторе» [20]:

$$T_{ср.ж} = \frac{T_{ж.вх} + (T_{ж.вх} + \Delta T_{ж})}{2}, \text{ К} \quad (42)$$

где « $\Delta T_{ж}$ - температурный перепад жидкости в радиаторе, 10 К;

$T_{ж.вх}$ - температура жидкости перед радиатором, 360 К.

$T_{ж.вх}$ - температура жидкости перед радиатором, 360 К» [20].

«Поверхность охлаждения радиатора» [20]:

$$F = \frac{Q_{в}}{K (T_{ср.ж} - T_{ср.возд})}, \text{ м}^2, \quad (43)$$

где K - коэффициент теплопередачи, 150 Вт/м²К

Результаты расчета отображены в таблице 13

Таблица 13 – Результаты расчета

Параметры	Результаты расчёта
«Рабочий объем двигателя, V_h , см ³ »	600
«Количество тепла отводимого от двигателя охлаждающей жидкостью $Q_{в}$, Дж/с»	8100
«Циркуляционный расход охлаждающей жидкости $G_{ж}$, м ³ /с»	0,195 10 ⁻³
Параметры	Результаты расчёта
«Расчетная производительность насоса $G_{ж.р.}$, кг/с»	0,24
«Количество воздуха, проходящего через радиатор $G_{возд}$, м ³ /с»	0,324
«Средняя температура охлаждающего воздуха, проходящего через радиатор: $T_{ср.возд}$, К»	325
«Средняя температура жидкости в радиаторе $T_{ср.ж}$, К»	365
«Поверхность охлаждения радиатора F , м ² »	1,35

2.4 Расчет поликлиновой передачи

«Средняя мощность, передаваемая через ременную передачу: $P_1 = 7$ кВт, частота вращения: $n_1 = 3000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ » [20].

«Сечение ремня выбрано согласно рисунку 7. Коэффициент динамичности нагрузки передачи в режимах её работы. Принимаем тяжёлый режим работы при числе смен работы, равным двум, коэффициент равен 1,3» [2]:

$$P_{1p} = P_1 C_p = 7 \times 1,3 = 9,1 \text{ кВт.} \quad (44)$$

«На основании графика (см. рисунок 7) определим сечение ремня. Диаметр ведущего шкива» [2]:

$$d_1 = (25 + 30)^3 \sqrt{T_1} = 27 \times \sqrt[3]{22,282} = 75,977 \text{ мм.} \quad (45)$$

$$T_1 = \frac{P_1 \times 30}{\pi \times n_1} = 22,282 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (46)$$

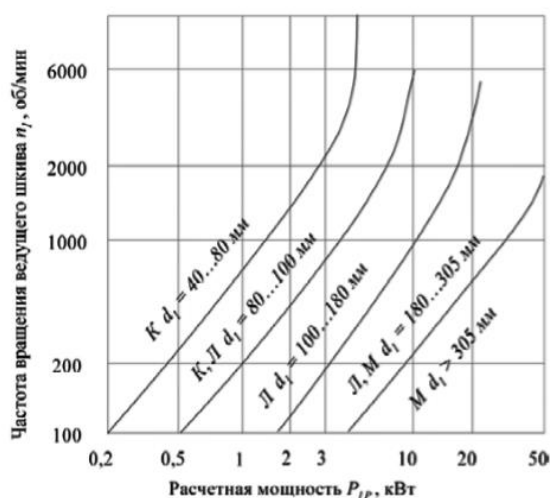


Рисунок 7 – «Выбор сечения ремня» [21]

Принимаем d_1 равным 128 мм.

«Диаметр большого шкива» [20]:

$$d_2 = d_1 \frac{n_1}{n_2} = 126 \cdot 1 = 126 \text{ мм.} \quad (47)$$

«Уточнённое значение передаточного отношения» [20]:

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-\xi)} = \frac{126}{128 \cdot (1-0,015)^2} = \frac{126}{128 \cdot 0,485} = 1. \quad (48)$$

где: « $\xi = 0,01 \dots 0,02$ – коэффициент упругого скольжения» [2].

«Определение ширины ремня» [20]:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,1415 \cdot 128 \cdot 3000}{60 \cdot 10^3} = 20,106 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (49)$$

Межосевое расстояние:

$$a_{min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + H = 0,55 \cdot (128 + 126) + 4,6 = 144,3 \text{ мм.} \quad (50)$$

где H – толщина ремня.

$$a_{max} = 2 \cdot (d_1 + d_2) + H = 2 \cdot (128 + 126) = 508 \text{ мм.} \quad (51)$$

Назначаем $a = 260$ мм.

Длина ремня:

$$H_{min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + H = 0,55 \cdot (1280 - 760) + 4,6 = 919 \text{ мм} \quad (52)$$

$$\Delta = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{128 - 126}{2} = 1. \quad (53)$$

«Округляем до стандартного ряда $L = 900$.

Уточнённое межосевое расстояние» [20]:

$$a = 0,25 \cdot \left[L - \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} + \sqrt{\left(L - \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 - 8\Delta^2} \right] = 0,25 \left[900 - 3,1415 \cdot \frac{126 + 128}{2} + \sqrt{\left(900 - 3,1415 \cdot \frac{126 + 128}{2} \right)^2 - 8 \cdot 1^2} \right] = 0,25 \cdot \left[501,0295 + \sqrt{251022,55987} \right]^2 = 250,513 \text{ мм.} \quad (54)$$

«Угол обхвата ремнём ведущего шкива α_1 » [2]:

$$\alpha_1 = 180 - \gamma = 180 - 2 \frac{\Delta}{a} \cdot 57,3^\circ = 180 - 2 \frac{1}{250,513} \cdot 57,3^\circ = 179,54^\circ \quad (55)$$

«Поправка мощности, учитывающей влияние уменьшения изгиба ремня на большой шкив» [20]:

$$\Delta P_1 = 0,0001 \Delta T_1 U_1 = 0,0001 \cdot 0,1 \cdot 3000 = 0,03 \text{ кВт.} \quad (56)$$

« $\Delta T_1 = 0,1$ по таблице 14. Допускаемая мощность (для 10 клиньев) для ремня» [2]:

$$[P_{10}] = ([P_{10}]_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L + \Delta P_1) C_p, \quad (57)$$

$$[P_{10}]_0 = 15 \text{ кВт} \quad [P_{10}]_{0(k)} = 7 \text{ кВт}, \quad (58)$$

«где: $C_\alpha = 1$ - коэффициент, учитывающий угол обхвата ремнём ведущего шкива;

C_L – коэффициент, учитывающий длину ремня;

$$L_0 = 1600 \text{ мм} \gg [2].$$

$$\frac{L_p}{L_0} = \frac{900}{1600} = 0,56, \quad (59)$$

Принимаем $C_L = 0,86$

Для ремня:

$$K = \frac{L_p}{L_{0(k)}} = \frac{900}{700} = 1,27, \quad (60)$$

$$[P_{10}]_л = (15 \cdot 1 \cdot 0,97 + 0,03) \cdot 1,3 = 18,954 \text{ кВт}, \quad (61)$$

$$[P_{10}]_к = (7 \cdot 1 \cdot 0,86 + 0,03) \cdot 1,3 = 7,87, \quad (62)$$

Поправки, используемые в расчётах, взяты из таблицы 14.

Таблица 14 – «Поправка ΔT_1 к моменту на быстроходном валу, Н м Число клиньев ремня

Сечение ремня	ΔT_1 при передаточном отношении i передачи							
	1,03 – 1,07	1,08 – 1,13	1,14 – 1,20	1,21 – 1,30	1,31 – 1,40	1,41 – 1,60	1,61 – 2,39	$\geq 2,40$
К	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7
Л	0,9	1,9	2,7	3,6	4,0	4,5	5,0	5,4
М	7,0	13,8	20,7	27,6	31,0	34,5	38,0	41,4» [2]

$$Z = 10 \frac{P_1}{[P_{10}]} = 10 \frac{7}{18,954} = 3,69 (4), \quad (63)$$

$$Z_k = 10 \frac{7}{7,87} = 8,9 (9) , \quad (64)$$

«Сила предварительного натяжения» [20]:

$$F_{0(л)} = 780 \cdot \frac{9,1 \cdot 0,47}{20,1 \cdot 1} + \frac{0,45 \cdot 4 \cdot 20,1^2}{10} = 105,36 + 72,72 = 178,08 \text{ Н.} \quad (65)$$

$$F_{0(л)} = 780 \cdot \frac{9,1 \cdot 0,47}{20,1 \cdot 1} + \frac{0,45 \cdot 4 \cdot 20,1^2}{10} = 165,36 + 72,72 = 238,08 \text{ Н.} \quad (66)$$

2.5 Параметры электронной системы управления двигателем

2.5.1 Назначение

«Электронная система управления двигателем (ЭСУД), имеет в своём составе систему впрыска топлива (СВТ). Работоспособность установки должна обеспечиваться в применяемых условиях, а именно в климатических условиях умеренного и тропического климата при температурах окружающего воздуха от минус 40 до плюс 45 °С и относительной влажности воздуха до 90 % при температуре плюс 27 °С, и выполнения устойчивой работоспособности двигателя на всех режимах. Температура в агрегатном пространстве модуля от минус 40 до плюс 110 °С, с кратковременным допуском на увеличение температуры до плюс 130 °С в течение 15 мин» [16].

«Электронная система управления двигателем, в совокупности с блок-контроллером управления двигателя, имеет назначение:

- управления рабочего процесса ДВС с искрового типа зажигания и обеспечение топливоподачи;
- контроль системы управления по средствам элементного контроля входящего в состав системы, в случае неисправности которых

- происходит превышение токсичных выбросов, относительно количества установленных в экологических нормативных документах;
- осуществление диагностики по средствам внешнего диагностического устройства;
 - синхронизация, взаимодействие и управление системой управления двигателем системой управления объектом носителем (автомобилем) для осуществления оптимального зарядного цикла и безопасного движения транспортного средства;
 - осуществление вспомогательных возможностей управления;
 - исключение возможности перегрева двигателя» [16].

2.5.2 Требования к аппаратному и функциональному составу системы управления

«По средствам системы управления двигателем происходит выполнение заданных регулировок системы подачи топлива, формирования угла опережения зажигания, управление воздухом подачи, антитоксинами и иными факторами. Заданные требования выполняются аппаратным составом для обеспечения целевых параметров двигателя, в установленной конструкции двигателя, при использовании неэтилированного бензина марки АИ-92-К4(К5) по ГОСТ 32513 или марки АИ-95-К4(К5) по ГОСТ 32513» [12].

2.5.3 Компоненты системы управления

«Состав системы управления двигателем и автомобилем представлен в таблице 15» [16]:

Таблица 15 – «Состав системы управления двигателем и автомобилем

«Наименование компонента СУД» [16]
«Устанавливается на двигателе» [16]
«Датчик абсолютного давления с встроенным датчиком температуры» [16]
«Датчик синхронизации» [16]
«Датчик температуры ОЖ» [16]
«Датчик аварийного давления масла» [16]

Продолжение таблицы 15

«Дроссельный патрубок с электроприводом» [16]
«Индивидуальная катушка зажигания с наконечником» [16]
«Свеча зажигания» [16]
«Форсунка бензиновая» [16]
«Датчик кислорода до нейтрализатора» [16]
«Датчик детонации KS-4-S» [16]
«Блок управления двигателем» [16]
«Датчик кислорода после нейтрализатора» [16]
«Главное реле» [16]
«Реле бензонасоса» [16]
«Реле стартера» [16]
«CAN, скорость передачи данных 500 кб/сек» [16]
«Жгут проводов двигателя» [16] [16]
«Клапан продувки адсорбера» » [16]

Примечание: Не исключена возможность применения компонентов системы, схожих по конструкции и техническим характеристикам или аналогов других производителей от моделей, указанных в настоящей таблице.

2.5.4 Топливная система

Топливная система предназначена для обеспечения топливоподачи и создания и поддержания стабильного рабочего давления на форсунке. Стабильность рабочего давления на форсунке обеспечивает правильное образование топливной смеси на всех режимах работы двигателя. Данный параметр на прямую влияет на внешнюю силовую характеристику и экологичность отработанных газов. Минимальное рабочее давление в рампе - 380...400 кПа. Допуск на перепад давления топлива в пределах $\pm 10\%$ от минимального рабочего давления.

Модуль погружного электро-бензонасоса (ПЭБН) с фильтрующим элементом грубой очистки и датчиком показателем критического уровня топлива. Размещение ПЭБН в зависимости от варианта использования зарядного модуля может быть, как в стационарном бензобаке модуля так и в бензобаке автомобиля носителя. «Рабочие характеристики модуля ПЭБН:

- объёмная производительность от 110 л/ч, при противодавлении на выходе (400 ± 8) кПа;
- максимальное давление топлива - от 500 кПа до 850 кПа;
- номинальный ток потребления 8,5 А при напряжении питания $(13,5\pm 0,1)$ В;
- топливный фильтрующий элемент грубой очистки с отсевом более 40 мкм.
- топливный фильтрующий элемент тонкой очистки GB-335 или KEF-301, с размещением, в модуле ПЭБН. Предназначен для тонкого отсева частиц более 10 мкм в топливе при максимальной пропускной способности до 160 л/ч» [17].
- ремонтнопригодность и простота обслуживания.

2.5.5 Технические требования к пусковым устройствам

ЭСУД выполняет по средствам управления и контроля процесс пуска двигателя. Необходимо выполнение задач по надежному функционированию системы.

Система контроля и управления должна обеспечивать все упомянутые задачи стабильно и при не стандартных условиях эксплуатации таких как: крен на каждую сторону зарядного модуля до 45 градусов.

По средствам системы контроля и управления пусковой процесс двигателя должен обеспечиваться в окружающей среде с максимально возможной температурой в соответствии с заявленными климатическими допусками. Второстепенная задача: нахождение двигателя в холодном состоянии, затем запуск и выход на температуру, обеспечивающую правильное рабочее состояние, затем остановка и контрольный запуск через определенный интервал.

«Время подготовки двигателя к принятию нагрузки - не более 5 минут.

Система управления должна обеспечивать функционирование двигателя на режимах:

- пуска (во всем диапазоне температур эксплуатации автомобиля при прокрутки двигателя стартером со средней частотой вращения не ниже 90 об/мин);
- прогрева;
- в условиях самостоятельного и принудительного холостого хода;
- частичных нагрузок;
- полной мощности» [17].

«Система управления должна предотвращать аварийные режимы работы двигателя:

- превышение максимальной частоты вращения коленчатого вала (за исключением принудительной прокрутки двигателя) - путем отключения подачи топлива в цилиндры;
- детонационное сгорание, которое может привести к его повреждению;
- предотвращать возникновение теплового удара двигателя при остановке автомобиля (только в случае применения электроклапана системы охлаждения);
- обеспечивать безопасность управления мощностью двигателя при движении автомобиля» [17].

2.5.6 Требования безопасности электронной системы

Система управления и контроля рабочего процесса двигателя, обеспечивают коммутацию исполнительных и контрольных сигналов в цепи её элементов по средству электропроводки – жгута. Контроль рабочего процесса двигателя осуществляется постоянно. Это важное условие стабильного процесса работы двигателя. В случае воздействия электромагнитных полей и наведения помех в цепи коммутации не должен подавляться сигнал управления или контроля.

Помехи генерируемы от собственного аппаратного состава системы от сетей электропроводки, управления, контроля, коммутации и передачи

информации должны сохраняться в допуске согласно норматива ГОСТ 28279-89.

Устойчивость компонентов к воздействию электромагнитных помех сохраняться в допуске согласно норматива ГОСТ 28279-89.

2.5.7 Требования к условиям окружающей среды

«Аппаратный состав системы обязан соответствовать установленным требованиям настоящего ТЗ при влиянии вибрации синусоидального характера от 0,5 Гц до 250 Гц с ускоряющейся амплитудой до 100 м/с^2 . Система должна оставаться в работоспособном состоянии при механическом ударе, жесткого типа, одинарного характера с пиком ударного ускорения 200 м/с^2 продолжительность ударного действия - ускорения от 5 мс до 15 мс. Система должна оставаться работоспособной и при случае воздействия механического жесткого удара характера многократного воздействия с ударными ускорениями в пиковом значении 150 м/с^2 продолжительностью действия от 5 мс до 15 мс» [17].

«Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при воздействии средней рабочей температуры 90°C . Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при воздействии колебаний многократного характера средней рабочей температуры от минус 40°C до плюс 125°C » [17].

«Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при относительной влажности 100 % температуре плюс 35°C . Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при воздействии атмосферных конденсированных осадков (инея и росы). Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при воздействии статической пыли (песка) концентрацией $5 \pm 2 \text{ г/м}^3$ при скорости воздуха 1 м/с. Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при воздействия эксплуатационных технических жидкостей (бензин, дизельное топливо, все виды масел и смазывающих

средств, антифриз, тосол, тормозная жидкость, жидкости для мойки транспортных средств, стекло омывающая жидкость)» [17].

«Работоспособность системы должна осуществляться нормальным образом при горных условиях сниженного атмосферного давления с минимальным порогом 61 кПа (400 мм. ртутного столба)» [17].

2.5.8 Требования к ресурсу ЭСУД

«Требования надежности аппаратного состава системы управления и контроля согласно технической документации к конкретному изделию – элементу системы» [17].

Гарантийный срок эксплуатации системного комплекса – соответствует заявленному сроку службы агрегатов зарядного модуля или сроку службы транспортного средства использующего его в качестве удлинителя пробега.

Гарантийный срок консервационного хранения – согласно технической документации элементов, входящих в его состав.

Срок службы – согласно настоящей технической документации и требованиям технического задания на изделие «Зарядный модуль Range Extender».

2.6 Параметры монтажного жгута проводов ЭСУД

2.6.1 Назначение

Провода электропроводники цепей электропитания элементов системы и коммутации проводов системы управления и контроля работы двигателя объединены в жгут низковольтных проводов (в дальнейшем используется короткое название в тексте жгут). Жгут выполняет задачу присоединения электрооборудования системы модуля и датчиков двигателя.

Возможно и коммутацию с электронной системы управления автомобиля. ЭСУД в цепи использует ток постоянного, переменного и импульсных типа.

Жгут выполнен из проводов, общим монтажом в кладку типа коса. Крайние части проводников обжимаются специализированными контактами

(наконечниками). Их фиксация производится в контактные изолированные колодки типа «папа-мама». В крепеже жгута допускается использование защитных колпачков, трубок, блоков реле, предохранителей с разъемами, клипс монтажа и других необходимых элементов.

«Жгут предназначен для эксплуатации в условиях умеренного климата при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 45 °С и относительной влажности воздуха 90% при температуре плюс 27 °С. Жгут предназначен для эксплуатации при номинальном напряжении до 48 В» [17].

2.6.2 Технические требования к низковольтному жгуту ЭСУД

Установленные размеры жгута и отдельных элементов определены в соответствии с эскизом, принципиальной схемой и электрической схемой, предоставляемыми производителем ЭСУД. На основе конструкторского изыскания производителя ЭСУД и размеров базы модуля определены геометрические параметры жгута. Определяющим параметром, на который опирается при измерении геометрических размеров является ось ствольного участка жгута.

«Длина отдельных проводов в жгуте должна быть не менее 80 мм. Номинальный размер длины отдельного отвода жгута должен быть не менее 50 мм. Номинальный размер между любыми двумя отводами, исходящими из разных точек, должен быть не менее 30 мм. Предельные отклонения размеров, при отсутствии специальных требований Заказчика, должны быть в соответствии с ТУ 3584-002-18219259. Жгут должен обеспечивать: подключение компонентов для одноцилиндрового двигателя в составе, представленном в таблице 16.

Конфигурация и размеры жгута, определяются эмпирическим путем. Технический контроль осуществляется при пробном запуске модуля» [32].

В таблице 16 представлен состав подключаемых жгутом компонентов.

Таблица 16 – Состав подключаемых жгутом компонентов

Наименование/обозначение компонента	Кол-во
Блок управления (разъем 48 pin + 32 pin) A12.2	1
Датчик абсолютного давления	1
Датчик положения коленчатого вала	1
ДПРВ (фаз)	1
ДД	1
Форсунка	1
АКБ	1
Датчик температуры охлаждающей жидкости	1
КЗ	1
Дроссельный патрубок	1
Реле: главное, стартера, бензонасоса	3
Датчик кислорода	1
Вывод на массу	1
Потенциометр	1

В таблице 16 был рассмотрен состав подключаемых жгутом компонентов.

2.6.3 Материалы и комплектующие жгута ЭСУД

«Материалы и комплектующие изделия, применяемые для изготовления жгутов, должны соответствовать требованиям нормативных документов на конкретное изделие.

В жгуте не допускаются трещины и разрывы комплектующих изделий.

Конструкция соединительных колодок должна обеспечивать надежную фиксацию с ответной частью, а также фиксацию расположенных в ней контактов и электрическую изоляцию токоведущих частей по всей их длине. Форма соединительных колодок с числом гнезд более одного должна исключать возможность неправильного подсоединения в автомобиле.

Соединители, имеющие назначения защиты места соединения от влаги и пыли, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 14254» [10].

«Для армирования проводов должны применяться контакты (наконечники) следующих типов:

- кольцевые (вильчатые) наконечники, имеющие отверстие (паз) для крепления винтом;
- наконечники для аккумуляторов, предназначенные для присоединения к клеммам аккумуляторной батареи;
- контакты круглого типа (поперечное сечение круглой формы);
- контакты плоского типа (поперечное сечение прямоугольной формы)» [31].

2.6.4 Требования к крепежу проводников в жгут ЭСУД

«При скреплении проводов жгутов необходимо использовать следующие способы:

- обмотка липкой поливинилхлоридной или текстильной лентой;
- прокладывание проводов внутри гладкой поливинилхлоридной или гофрированной полипропиленовой трубки;
- стягивание проводов пластмассовыми хомутами.

Обмотка липкой лентой должна производиться у каждого ответвления жгута с целью обеспечения заданных размеров. По согласованию с Заказчиком вместо обмотки могут применяться специальные тройники и втулки.

При скреплении проводов пластмассовыми хомутами последние должны быть затянуты с усилием, исключающим их самопроизвольное перемещение по проводам» [25].

«Сбивка проводов-внутреннее соединение проводов в жгуте – должна выполняться скобами с последующей изоляцией места сбивки. Каждая сбивка должна включать в себя не более 10 проводов, в том числе не более 6 проводов, направленных в одну сторону» [29].

2.6.5 Электрические параметры

Жгут должен обеспечивать целостность электрических цепей.

«Падение напряжения на соединениях контакта с проводом, на соединении проводов скобой, на соединении провода с наконечником аккумуляторной батареи при прохождении тока плотностью 5А/мм должны

соответствовать нормативной документации для каждого сечения. Падение напряжения на соединении контактов между собой не должно превышать 2,0 мВ/А» [7].

2.6.6 Требования к ресурсу жгута ЭСУД

Жгуты относятся к неремонтируемым, необслуживаемым изделиям в соответствии с ГОСТ 27.003.

2.7 Параметры генератора

2.7.1 Назначение

Трехфазный синхронный генератор производит электрический ток при вращении ротора в статоре. Трехфазный синхронный генератор приводится в действие через муфту от двигателя. Трехфазный синхронный генератор представляет собой генератор с автоматическим регулированием $\cos(\varphi)$ в диапазоне $\cos(\varphi) = 0,8 - 1,0$, со статическим устройством, с электронным регулированием напряжения с защитой от пониженных оборотов. Дополнительно генератор может оснащаться термодатчиком температуры обмотки и успокоительной (демпферной) обмоткой для параллельной работы с другими генераторами.

2.7.2 Технические характеристики генератора

«Номинальная мощность при нормальных условиях 5 ± 2 кВт. Время выхода на рабочий режим работы не более $5 \pm 0,5$ мин. Время непрерывной работы $3 \pm 0,5$ часа» [8].

«Генератор должен надежно и устойчиво работать, сохранять свои технические характеристики при» [8]:

- «температуре окружающей среды от -30 до $+50$ °С;
- давлении окружающей среды (760 ± 40) мм. рт. ст.;
- относительно влажности воздуха от 20 до 70 %» [8].

«Опираясь на требуемую мощность и характеристики двигателя был выбран генератор марки МессАlteТ16F, обеспечивающий 7.5кВт при 3000 об/мин» [8].

На рисунке 8 представлен общий вид генератора МессАlteТ16F.



Рисунок 8 – «Общий вид генератора МессАlteТ16F» [8]

В таблице 17 «представлены характеристики генератора «МессАlteТ16F» [56].

Таблица 17 - Характеристики генератора «МессАlteТ16F»

«Характеристики генератора МессАlteТ16F»									
Модель	«Мощность 230/400 В при 3000об/мин - 50 Гц»		«КПД при нагрузке»			«Масса, кг»	«Расход воздуха, м ³ /мин»	«Шум, дБ»	
	кВА	кВт, cos(φ)=0.8	2/4	3/4	4/4			1 м	7 м
T16F-160	7.5	6	78	82.5	82	34.5	3.4	60	78

В таблице 17 представлены характеристики генератора «MeccAlteT16F».

2.8 Параметры несущей конструкции рамы

Несущая конструкция рамы предназначена для размещения и жесткой фиксации агрегатов модуля и соединения элементов модуля в кинематическую и функциональную цепь. Несущая конструкция рамы разделена на три сборочные части:

- рама из круглой трубы тонкостенной э\сварной ГОСТ 10704 ф 40x1,5 (см. рисунок 9). Функциональная задача рамы: размещение станины, крепления модуля с помощью кронштейна к транспортному средству или другому стационарному рабочему месту, защита агрегатов и элементов от внешних физических воздействий;
- станина из профильной трубы 30x30x1,5 ГОСТ 8639-82 (см. рисунок 10). Функциональная задача станины: размещение и фиксация агрегатов и соединение в кинематическую и функциональную цепь элементы модуля;
- агрегаты и с специально спроектированными деталями и кронштейнами. Функциональная задача: фиксация на станинной части конструкции и обеспечение функционировании модуля (см. рисунок 11).

На рисунке 9 изображена «трубчатая рама из круглой трубы ф30мм, защитными ограждениями и кронштейнами крепления» [8].

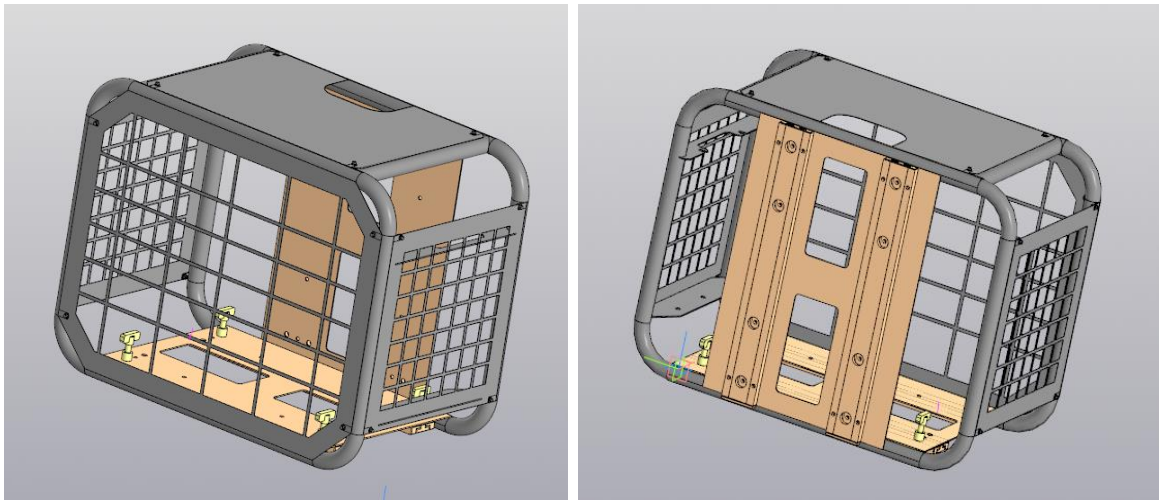


Рисунок 9 - Рама

На рисунке 10 изображена «станина из профильной трубы 30x30x1,5 ГОСТ 8639-82 и крепежом» [8].

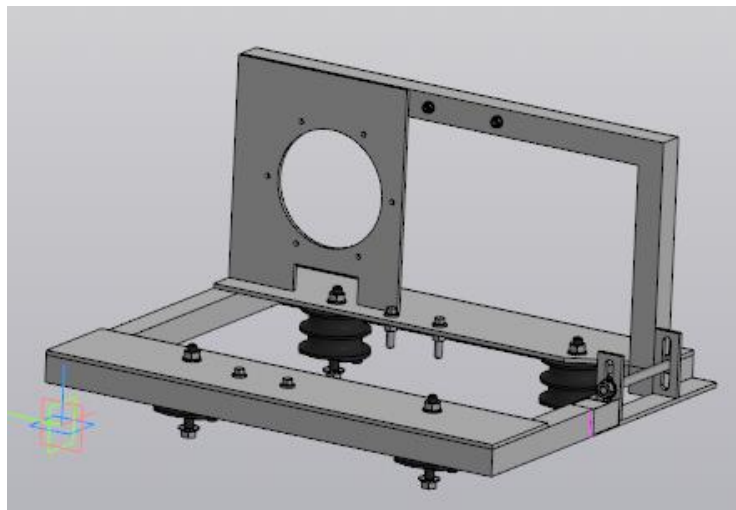


Рисунок 10 – Станина и крепеж

На рисунке 11 изображены: агрегаты, элементы и детали модуля с кронштейнами и крепежом.

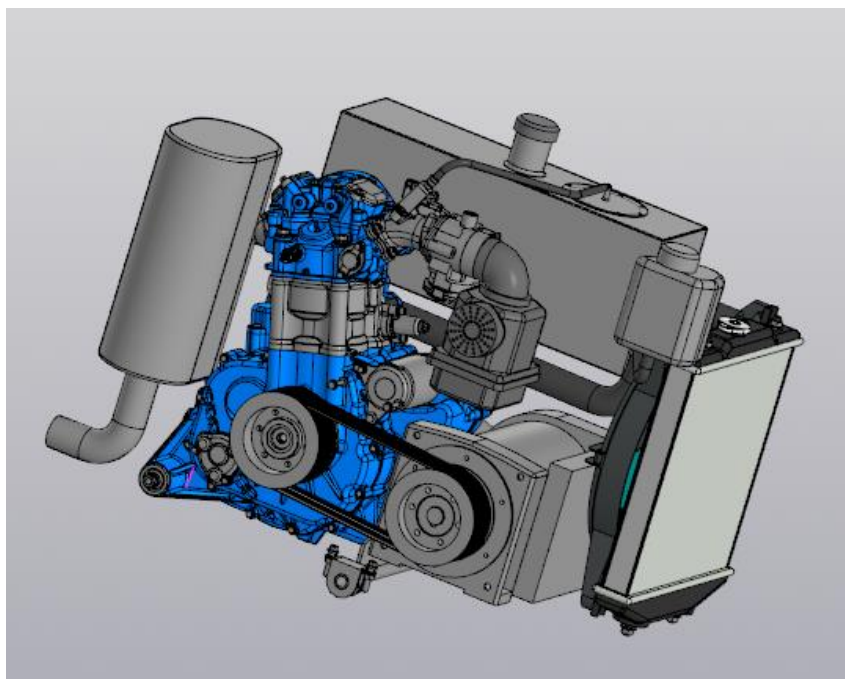


Рисунок 11 - Агрегаты, элементы и детали модуля с кронштейнами и крепежом

В конструкции модуля предусмотрено использования виброгасящих элементов - опор двигателя. Помимо виброгашения они выполняют функцию крепления станины с силовым агрегатом к раме. В конструкции предусмотрено использования демпфирующего элемента: «втулка стабилизатора LADA Vesta (Артикул 8450031946). Крепления к раме осуществляется с помощью: «Скоба втулки стабилизатора Vesta» (Артикул 8450006749). ДВС соединен с втулками через переходную пластину, на которой закреплены оси, выполненные из труб» [24]. Общий вид крепления представлен на рисунке 12.

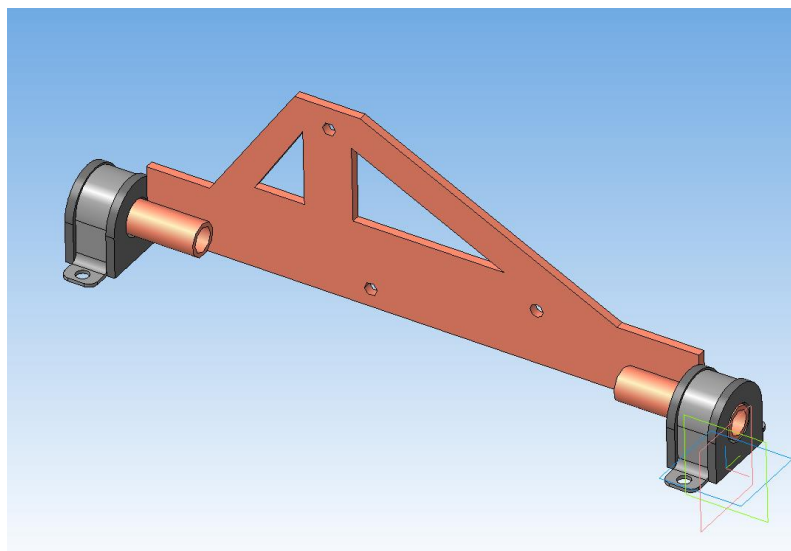


Рисунок 12 – Опора двигателя в сборе

2.9 Общие требования

«Номинальная скорость пуска и нагружения, в том числе повторного, устанавливается на основании ТУ выбранной силовой установки. Время пуска и нагружения должно быть согласованно с условиями работы технологического оборудования. Допустимая пиковая нагрузка не более 10 % от заявленной мощности длительностью не более 1 мин. Снижение фактической мощности в процессе эксплуатации в течении межремонтного периода не должно превышать 5 % номинальной. При аварийных ситуациях допускается работа с частотой менее 49 и более 51 Гц» [59].

«Степень статической неравномерности частоты вращения генераторного вала не должно превышать 10% номинальной частоты вращения. Степень нечувствительности системы регулирования частоты вращения при любой нагрузке не более 1% номинальной частоты вращения» [59].

2.9.1 Требования к сырью, материалам, покупным изделиям

«Материалы, применяемые в системе, не должны выделять токсичных и взрывоопасных веществ на всех режимах работы и в нерабочем состоянии» [58].

«Прочность и устойчивость оборудования системы должны соответствовать требованиям группы ГОСТ для электротехнических установок. Усилие сопротивления изоляции проводящих частей оборудования системы относительно корпуса должно составлять не менее 20 МОм при нормальных условиях. Электрическая прочность изоляции электрических цепей должна выдерживать испытательное напряжение 1500 В течение 1 минуты» [50].

2.9.2 Возможность монтажных, ремонтных и диагностических работ

«Система смонтирована в едином корпусе и имеет все необходимые крепежные элементы, а также специальные разъемы для соединения электрических кабелей» [49].

«Конструкция генератора должна иметь присоединительные силовые элементы (фланцы, уголки и т. Д.). Они позволяют осуществить монтаж генератора. Модель должна предусматривать возможность технического осмотра сборочных единиц и деталей в соответствии с регламентом ремонта и техобслуживания. В объем обслуживания системы могут входить работы по подготовке системы к работе, в том числе проверка функционирования генератора. Конструкция генератора должна быть ремонтпригодной» [48].

2.9.3 Требования по надежности и ресурсу

Показатели надежности модуля представлены на рисунке 13.

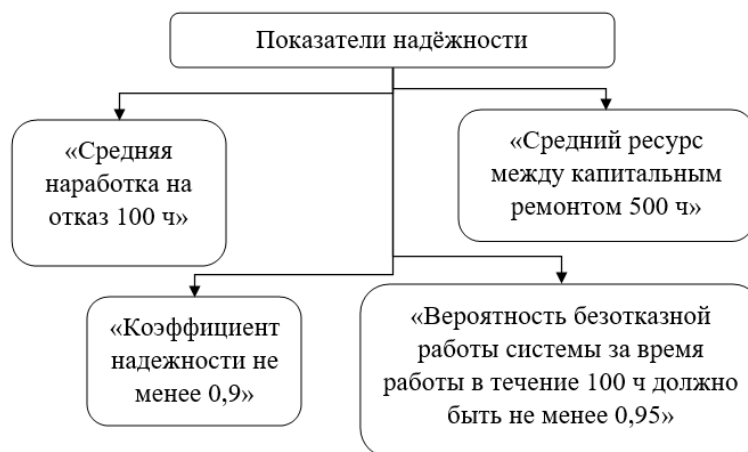


Рисунок 13 – Показатели надёжности для модуля

Базовые узлы и детали, имеющие ограниченный ресурс, должны иметь срок службы не менее ресурса между капитальным ремонтом или быть кратными ему.

«В течение периода работы 2000 ч, а также в период регламентных работ допускается замена отказавших элементов» [47].

Выводы по разделу: в данном разделе проведены расчёты целевых параметров для используемых компонентов модуля. По данным параметрам проведено обоснование целесообразности использования выбранных агрегатов. Рассчитана ременная передача и детали для её конструкции. Рассчитана система охлаждения ДВС и произведен выбор комплектующих для обеспечения её функционирования. Сформулированы требования к электрической схеме модуля, электронной системе управления двигателя, используемым деталям и материалам, ресурсу модуля, стойкости к воздействиям от окружающей среды, электрической безопасности использования.

3 Технологический раздел

3.1 Технологический процесс сборки модуля

Процесс сборки рамы состоит из ряда этапов, которые в свою очередь включают в себя процессы и операции по изготовлению деталей для общей сборки конструктивных элементов. Весь процесс сборки разделён на четыре этапа.

Первым этап – подготовительный. На данном этапе к агрегатам модуля присоединяются комплектующие детали, унифицированные от других инженерных объектов. Такими комплектующими являются: дроссельная заслонка, топливная форсунка, воздушный фильтр, глушитель, патрубки системы охлаждения.

Выпускная система - глушитель. В модуле используется глушитель, поставляемый заводом изготовителем используемого двигателя GK194MS. Глушитель F38K (артикул F38K120100500) (см. рисунок 14).

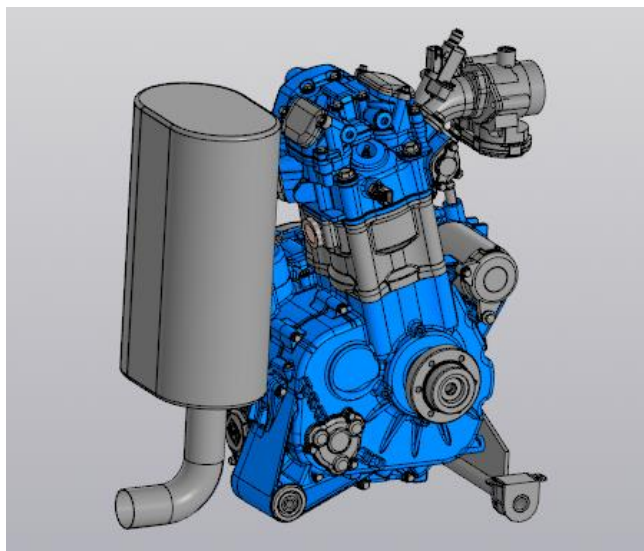


Рисунок 14– Двигатель и глушитель

Впускной коллектор используется для обеспечения ДВС топливовоздушной смеси и акселерации работы. Составные части – впускной патрубок, дроссельная заслонка (в сборе), топливная форсунка. «Дроссельная заслонка электронная BOSCH (артикул 0280750151). Используется датчик абсолютного давления и температуры воздуха BOSCH Pressure Sensor Combined PST 4 (артикул 0261.230.423). Впрыск топлива осуществляет форсунка BOSCH Injection Valve EV 14 (артикул 0280.158.237)» [45]. На рисунках 15 и на рисунке 16 представлены части впускной системы, а именно топливная форсунка, датчик абсолютного давления и температуры воздуха, а также электронный дроссель.

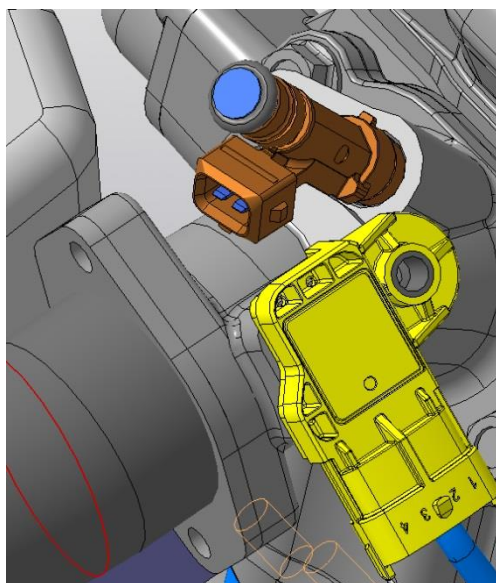


Рисунок 15 – Топливная форсунка и датчик абсолютного давления и температуры воздуха

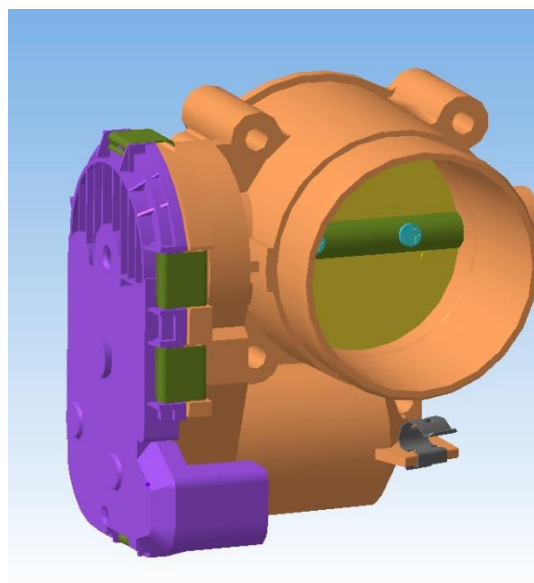


Рисунок 16 – Электронный дроссель

Система охлаждения предназначена для отвода тепла от камеры сгорания. В её состав входит помпа, термостат установленные заводом изготовителем непосредственно в ДВС, патрубков, радиатора охлаждения с воздушным вентилятором и расширительным бачком. В качестве радиатора охлаждения применен радиатор с вентилятором в сборе от ATV RM 600, фирмы Kraft (артикул КТ 104061). Он закреплен в раме модуля на

специально изготовленных кронштейнах. (рисунок 17). Патрубки, расширительный бачок адаптированы от данного ATV компании «Русская механика» так как на данной модели ATV используется выбранный ДВС. Компания «Русская механика» является сертифицированным поставщиком двигателей внутреннего сгорания «Gaokin» и деталей к ним.

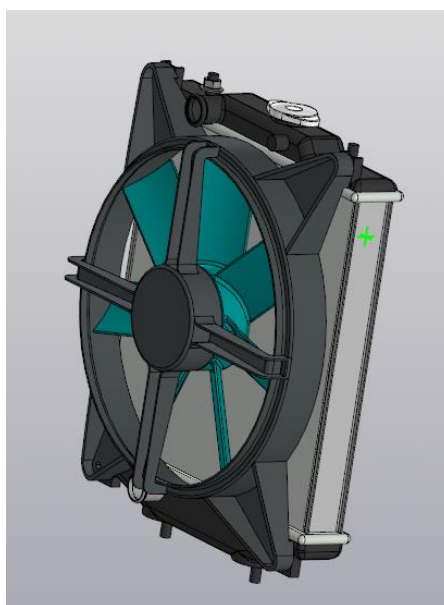


Рисунок 17 – Радиатор с вентилятором в сборе

Топливный бак и топливный модуль ПЭБН размещён в бензобаке совместно с фильтром грубой очистки и тонкой очистки топлива GB-335 или KEF-301. На опытном образце модуля используется бак с топливным модулем ПЭБН от автономного отопителя Webasto Air Top Evo 55 с бензонасосом DELPHI (артикул: FE0429-12B1). Для использования на электромобиле подразумевается топливо подача от бака предусмотренного изготовителем автомобиля в его уникальной конструктивной компоновки.

Двигатель и генератор расположены на станине. Генератор жестко закреплен через пластину к станине. ДВС имеет крепление в 3 точках, для обеспечения устойчивости. Крепление к станине осуществляется с помощью кронштейна через демпфирующие детали. Несущая пластина кронштейна

выполнена из стали 20 путём лазерной резки и сварным соединением с трубой $\phi 15*2$ согласно детализованному чертежу 22.ДП.ПиЭА.210.61.00.016 (рисунок 18).

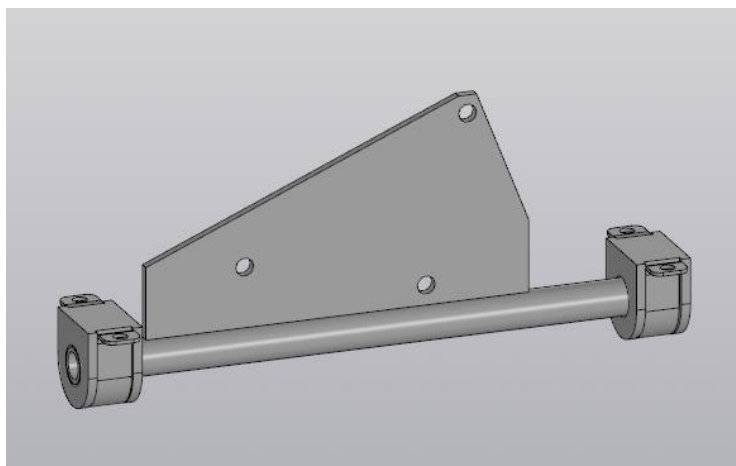


Рисунок 18 – Кронштейн двигателя

Передача крутящего момента от коленчатого вала двигателя к генератору осуществляется через поликлиновую систему шкивов и ремней. Фиксация ремней производится на ступицы для возможности смены шкивов в случае износа. Ремень (артикул: 3701720-6PK736 DAYCO) (рисунок 19).

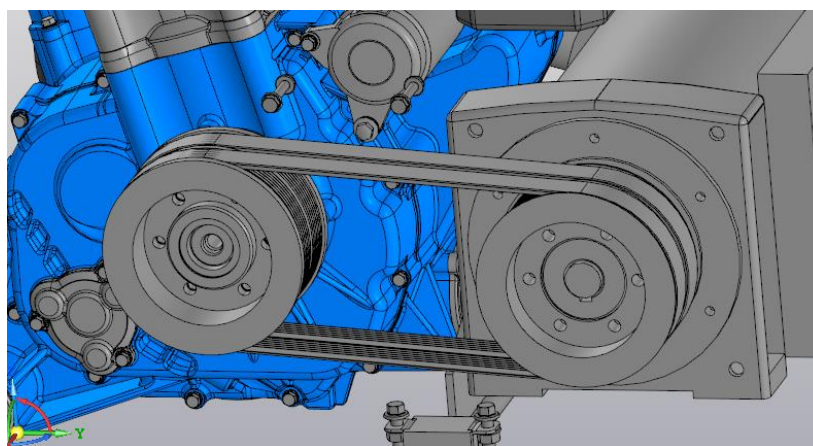


Рисунок 19 – Поликлиновая система шкивов и ремней

3.2 Разработка технологической схемы сборки

«Технологический процесс сборки - процесс, содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей изделия (ГОСТ 23887-79). Сборочная операция - технологическая операция установки и образования соединений составных частей заготовки или изделия» [46].

«Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке» [46].

Технологическая схема сборки модуля Range Extendr должна обладать рядом важных факторов. Первоочередным фактором будет являться – простота организации производственных работ. Для выполнения этого условия все детали конструкции модуля проектировались максимально простыми в процессе изготовления и сборки. Следующим фактором при составлении технологической схемы сборки необходимо учесть точную и обязательную инструкцию по производству каждой сборочной единицы. Это условие направлено на максимальное предупреждение возможности брака при производстве, а, следовательно, и экономической выгоде от производства данного зарядного модуля.

Производство модуля берёт начало с параллельных подготовительных и производственных работ. Подготовительные работы имеют вид последовательных процессов: распаковка комплектующих (ДВС, Генератор и др.), проверка исправности деталей и элементов. Производственные работы имеют вид параллельных из-за использования услуг подрядных организаций по изготовлению уникальных деталей конструкции. К подрядным производственным процессам относятся: лазерная резка кронштейнов радиатора, пластин оснований и решетки ограждения; токарные работы по изготовлению ступиц и шкивов; гиб трубы боковин рамы и рез поперечен, сварное соединение рамы и станины агрегатов, фрезеровка присоединительных реек, окраска конструкций. На данный вид

производственных работ разработаны детализированные чертежи и спецификации с требованиями, предъявляемыми к ним. Техническая простота деталей изготавливаемых на основе подрядного производства поддерживает экономическую выгоду от проекта.

3.3 Составление перечня сборочных работ

Перечень сборочных работ составлен в сводной таблице. Графы таблицы содержат названия работ, последовательность согласно технологической схемы, название сборочной единицы или узла, виды работ и данные нормирования требуемого вида сборки. Спектр необходимых работ разнообразен. Определение конкретного вида работы возможно только используя анализ производственных условий сборки и последующий расчет. Следует учитывать факторы точности механической обработки изделий и требуемых производственных ресурсов. Для достижения экономической эффективности и коммуникабельности сборочного процесса в технологии сборки данного модуля используется подрядная организация. Сборочные работы сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – «Перечень сборочных работ»

«Содержание основных и вспомогательных переходов»	«Время, топ, мин»
1. Подготовительные работа	
Распаковка транспортировочной тары поставщика ДВС и комплектующих	0,15
Осмотр целостности ДВС и комплектующих, исправного состояния резьбовых соединений и крепежей.	0,27
Проверка исправного состояния ДВС и комплектующих.	0,19
Распаковка жгута и комплектующих ЭСУД.	0,28
Сборка навесного оборудования и узлов ДВС: впускного патрубка, дросселя, топливной форсунки, задающего диска, глушителя.	0,56
Сборка системы ЭСУД	0,49

Продолжение таблицы 18

«Содержание основных и вспомогательных переходов»	«Время, топ, мин»
Монтаж системы ЭСУД на силовой агрегат ДВС с навесным оборудованием.	0,55
Проверка работоспособности системы ЭСУД при подаче питания.	0,55
Распаковка транспортировочной тары поставщика генератора и комплектующих	
Распаковка транспортировочной тары комплектующих вспомогательного оборудования, топливной системы и системы охлаждения.	0,58
Проверка исправности вспомогательных комплектующих	0,3
Распаковка крепежных элементов	0,56
Получение уникальных изделий и деталей от подрядных производителей.	
Проверка на соответствие конструкторской документации.	0,42
Доработки выявленных несоответствий, снятия фасок и окалин.	0,40
Установка ступиц и шкивов на валы ДВС и генератора	0,20
Составления комплектности для сборки одной единицы модули и подготовка к сборке.	0,30
Итого:	5,8
2. Сборка модуля	
Прикрутить к станине подушки основания	0,19
Собрать опору двигателя с подушками и кронштейнами крепления	0,16
Установить опору с подушкам на двигатель	0,32
Установить двигатель на станину	0,28
Установить генератор на станину	0,25
Установить приводные ремни и натянуть.	0,22
Установить станину с агрегатами в основание рамы	0,35
Установить и зафиксировать резьбовыми соединениями присоединительные	0,42
Произвести установку топливного бака с ПЭБН и топливной магистрали.	0,37
Произвести установку радиатора в рамную конструкцию.	0,32
Произвести установку патрубков системы охлаждения.	0,25
Произвести монтаж жгута ЭСУД	0,42
Установить воздушный фильтр	0,15
Установить заграждения	0,20
Провести контроль работоспособности модуля	0,3
Итого:	4,2
Всего Σ оп	10 » [45]

По результатам таблицы 18 производим определение трудоемкости сборочного процесса модуля удлинителя проекта Range Extender. «Общее оперативное время на все виды работ по сборке модуля определяем как сумму отдельных оперативных времен» [44]

$$t_{\text{ОБЩ ОП}} = t_{\text{ОП}} = 5.8 + 4.2 = 10.00 \text{ мин} \quad (67)$$

«Суммарная трудоемкость сборки модуля» [45]:

$$t_{\text{ОБЩ ШТ}} = t_{\text{ОБЩ ОП}} + t_{\text{ОБЩ ОП}} * \frac{\alpha + \beta}{100} = 9.00 + 9.00 (2 + 4) / 100 = 9.54 \text{ мин} \quad (68)$$

«где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах.

«Принимаем $\alpha = 2\%$; β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах. Принимаем $\beta = 4\%$.» [44].

«Тип производства при сборке определяем по таблице в зависимости от годового выпуска модулей и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки. Принимаем мелкосерийное производство.

«Определяем такт выпуска» [43]

$$T_{\text{В}} = \frac{F_{\text{Д}} * 60m}{N} = \frac{2015 * 60}{1500} = 80,6 \text{ мин} \quad (69)$$

«где $F_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену;

m – количество рабочих смен в сутки;

N – годовой объем выпуска модулей » [41].

3.4 Составление маршрутной технологии и проектирование сборочных операций

В таблице 19 представлена технология проектирования сборочных операций.

Таблица 19 – «Технология проектирования сборочных операций»

«Операция»	«Содержание переходов»	«Приспособление»	Время, мин
1. «Сборка навесного оборудования и узлов ДВС: впускного патрубка, дросселя, топливной форсунки, задающего диска, глушителя».			
«Сборка навесного оборудования и узлов»	«Установить впускной патрубок на двигатель Установить топливную форсунку в гнездо впускного патрубка Установить дроссельный узел Установить задающий диск Установить глушитель»	«Приспособление для сборки набор гаечных ключей»	«45»
«Сборка системы ЭСУД»	«Подключить жгут проводов ЭСУД к датчикам: положения»	«Отвертка, зажимы хомутов»	«39,5»
	«коленчатого вала, положения дроссельной заслонки, температуры двигателя, уровень топлива». «Подключение колодки жгута к электронному блоку управления двигателя». «Прокладка и монтаж жгута внутри модуля с помощью хомутов».		

Продолжение таблицы 19

«Операция»	«Содержание переходов»	«Приспособление»	Время, мин
2. «Сборка модуля»			
«Установка подушек»	«Прикрутить к станине подушки основания»	«Набор гаечных 10-19 ключей, отвертка плоская, зажим хомутов».	«15,3»
«Сборка опоры двигателя с подушками и кронштейнами крепления»	«Установить подушки двигателя на опору» «Установить кронштейны на подушки опоры двигателя»	«Набор гаечных 10-19 ключей, отвертка плоская, зажим хомутов».	«15,3»
«Сборка агрегатов на станине»	«Установить и закрепить двигатель в ушко крепления сквозным отверстием и кронштейнами опоры в соответствующие отверстия станины» «Закрепить резьбовым крепежом» «Установить генератор в соответствующие отверстия на станине» «Закрепить резьбовым крепежом» «Установить и закрепить шкивы в соответствующие отверстия ступиц валов двигателя и генератора».	«Набор гаечных 10-19 ключей, отвертка плоская, зажим хомутов».	«45»
«Установка станины с агрегатами»	«Установить станину с агрегатами в основание «рамы. Установить и зафиксировать резьбовыми соединениями присоединительные рейки. Произвести установку топливного бака с ПЭБН и топливной магистрали. Произвести установку радиатора в рамную конструкцию. Произвести монтаж жгута ЭСУД Установить воздушный фильтр Установить ограждения»	«Набор гаечных 10-19 ключей, отвертка плоская, зажим хомутов»	«180»

Продолжение таблицы 19

«Операция»	«Содержание переходов»	«Приспособление»	Время, мин
«Произвести контроль работоспособности модуля»	«Залить бензин в бак. Подать питающее напряжение. Подать пусковой сигнал»	«Набор гаечных 10-19 ключей, отвертка плоская, зажим хомутов».	«20»

Выводы по разделу: в данном разделе рассмотрена технология сборки модуля. Обозначены важные факторы сборочного процесса и пути достижения их в ходе организации технологии сборки на производстве. Важной отличительной особенностью сборки модуля является использование производственных мощностей подрядных организаций с целью изготовления уникальных комплектующих модуля. Данное решение экономически упрощает часть организацию мелкосерийного производства модулей. Это факт будет нести особо выгодный эффект от организации производства. Для достижения экономической эффективности и коммуникабельности сборочного процесса в технологии сборки данного модуля используется подрядная организация.

4 «Безопасность и экологичность технического объекта»

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

В работе рассмотрен технологический процесс производства мобильного универсального модуля Range extender.. В процессе изготовления деталей модуля выполняются следующие операции: токарная, шлифовальная, фрезерно-центровальная и другие. Полный перечень работ приведен в таблице 18. В технологическом процессе участвуют операторы станков.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Согласно приказу Минтруда № 776н «методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [42].

В таблице 20 проведена идентификация профессиональных рисков, действующих на операторов станков.

Таблица 20 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
фрезерно-центровальный МР-179, токарный 16К20Ф3, горизонтально-фрезерный 6Т82Г,	груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [11]

Продолжение таблицы 20

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
сверлильный 2Н125Ф2, шлицефрезерный 5350, центрошлифовальный 3925, торцевкруглошлифовальный	транспортное средство, в том числе погрузчик	«движущиеся твердые, жидкие» [11]
3Т160, круглошлифовальный 3В151А, плоскошлифовальный 3Е711, шлицешлифовальный 3450	транспортное средство, в том числе погрузчик	«или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [11]
	подвижные части машин и механизмов	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [11]
	воздействие на кожные покровы смазочных масел	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [11]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [11]
	повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими характеристиками шума» [11]
	воздействие общей вибрации	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [11]

Продолжение таблицы 20

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
	физические перегрузки	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [11]
	электрический ток	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [11]

Таким образом, можно сделать вывод, что операторы станков подвергаются воздействию опасных и вредных производственных факторов физического, химического и психофизиологического воздействия, что приводит к возникновению соответствующих профессиональных рисков.

4.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков

Разработаем методы и средства снижения профессиональных рисков на основе Приказа Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» (таблица 21).

Таблица 21 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
груз, инструмент или предмет, перемещаемый	«издание (тиражирование) инструкций, правил	«использование современной

Продолжение таблицы 21

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
или поднимаемый, в том числе на высоту	(стандартов) по охране труда» [11]	высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда (ровный нескользкий пол, достаточная видимость, удобная одежда, обувь)» [11].
транспортное средство, в том числе погрузчик	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [11]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения ТС по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных ТС, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [11].
подвижные части машин и механизмов	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [11]	«использование блокировочных устройств, применение СИЗ, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [11].

Продолжение таблицы 21

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
воздействие на кожные покровы смазочных масел	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [11]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование СИЗ, герметизация технологического оборудования» [11].
материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [11]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение СИЗ» [11].
повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях» [11].	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, технологическим процессом, устройство звукопоглощающих объемных поглотителей шума» [11].

Продолжение таблицы 21

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [11]	«использование СИЗ» [11].
воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места).	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [11]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [11].
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [11]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [11].

Продолжение таблицы 21

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
электрический ток	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [11].	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение СИЗ, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [11].
Падение предметов/ деталей с высоты	«Обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими СИЗ» [11]	«Контроль за применением работниками СИЗ» [11].
Наезд транспортных средств (погрузчики)	«Устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей» [11]	«Разграничить зону транспортных средств и пешеходных дорожек на участке» [11].
Физические перегрузки	«Проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров» [11]	«Своевременное проведение медицинских осмотров» [11].

В таблице представлен анализ профессиональных рисков.

4.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

По виду горючего материала возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. Учет это при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса.

К основным опасным факторам возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).

Сопутствующие факторы пожарной опасности включают: осколки, образовавшиеся во время пожара, большие части разрушенного строительства зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетических установок, технологического оборудования, производственного и бытового оборудования, изготовленных и/или хранящихся продуктов и материалов и другого имущества; снятие (короткое замыкание) высокого электрического напряжения на производственном и/или бытовом оборудовании; снятие с производства и/или хранения продуктов и материалов и другого имущества; снятие (короткое замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технического оборудования, оборудования, узлов, изделий и других предметов; негативное термохимическое воздействие огнетушащих средств, используемых при пожаре, на объекты и людей.

Индивидуальные средства защиты для операторов станков не предусмотрено действующими нормативными документами.

В цехах и складских помещениях имеются огнетушители, иные средства пожаротушения. Помещения оборудованы системами противопожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. Наличие подтверждающие документов обязательно к началу запуска производства.

4.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Основными негативными факторами, оказывающими антропогенное воздействие при выполнении технологического процесса, в данном случае являются выбросы в сточные воды и выбросы в землю. Выбросы в атмосферу при выполнении данного технологического процесса проявляются в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли, поэтому данными выбросами можно пренебречь. Сточные воды, образующиеся вследствие выполнения технологического процесса, включают в свой состав масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки. В качестве отходов, попадание которых возможно в землю, образуются металлический лом, стружка, мусор промышленный, отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

Вывод по разделу: В разделе проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на работников, выполняющих технологический процесс изготовления вала асинхронного двигателя, представлены мероприятия по снижению рисков, выполненные на основе действующих нормативных документов, проведен анализ пожарной и экологической безопасности техпроцесса.

5 Экономическая эффективность модуля «Range Extender»

В экономической части производится расчёт затрат на производство мобильного универсального модуля «Range Extender». Оценивается себестоимость изготовления одного универсального модуля:

$$\langle M = C_M * Q_M * (1 + K_{ТЗ} / 100) \rangle \quad (70)$$

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

Перечень сырья	«Цена за ед».	Кол-во	«Ед. Изм».	Итог
Труба 30x30x1,5 Сталь 15	1075,0	4	м	4300
Фронтальная металлическая сеть	450,0	1	м	450
Боковая металлическая сеть	275,0	1	м	275
Т-образный профиль алюминиевый	420,0	1	м	420
Пластина 5 мм, Сталь 25	330,0	1	м	330
Прочее				1000
ИТОГО				6775
«Транспортно-заготовительные расходы»				1547,2
«Возвратные отходы»				243,4

Расчет пункта «Покупные изделия и полуфабрикаты»:

$$\langle P_i = C_i * n_i (1 + K_{ТЗ} / 100) \rangle \quad (71)$$

Таблица 23 – «Покупные изделия и полуфабрикаты»

Перечень заготовок	«Цена за 1 ед., руб».	«Кол-во»	«Ед. Изм».	«Сумма, руб».
Двигатель Gaokin «GK194ms 600cc» с выхлопной системой	22500	1	шт	22500
Генератор «MecсAlteT16F»	17500	1	шт	17500
Дроссельная заслонка электронная	9270	1	шт	9270

Продолжение таблицы 23

Перечень заготовок	«Цена за 1 ед., руб».	«Кол-во»	«Ед. Изм».	«Сумма, руб».
BOSCH (артикул 0280750151)				
«Втулка стабилизатора LADA Vesta (Артикул 8450031946)»	444	1	шт	444
«Скоба втулки стабилизатора LADA Vesta (Артикул 8450006749)»	199	1	шт	199
Конструкция впускного коллектора	1760	1	шт	1760
GK194MS. Глушитель F38K (артикул F38K120100500)	680	1	шт	680
Форсунка 735 ВИЭ	990	1	шт	990
Топливопровод «Профпласт» ИП Обуткин	135	1	шт	135
Pressure Sensor Combined PST 4 (артикул 0261.230.423)	230	1	шт	230
Воздушный фильтр «Мотормир Ижевск»	750	1	шт	750
BOSCH Injection Valve EV 14 (артикул 0280.158.237)	1367	1	шт	1367
Жгут ЭСУД «МИКА Мотор» Димитровград	4500	1	шт	4500
Бензобак и ПЭБН «ООО Русская Механика»	3500	1	шт	3500
Станина агрегатов «Волгагиб» ИП Помыткин	3500	1	шт	3500
Кронштейн крепления двигателя	900	1	шт	900
Модуль ПЭБН	380	1	шт	380
Автономный отопитель Webasto Air Top Evo 55 с бензонасосом DELPHI (артикул: FE0429-12B1)	30000	1	шт	30000
Блок радиатора с вентилятором «Stels motors»	8600	1	шт	8600
Комплект патрубков «Балоковская РТИ»	330	1	шт	330
Ремень (артикул: 3701720-6PK736 DAYCO)	569	1	шт	569
Компоненты жгута	4000	1	шт	4000
Ступицы шкивов	1200	2	шт	2400
Комплект шкивов	2300	1	шт	2300
Комплект ремней	350	1	шт	350
Пластина основания	275	2	шт	550
Верхняя пластина крепления радиатора	150	1	шт	150
Нижняя пластина крепления радиатора	130	1	шт	130
Краска для рамы	1200	1	шт	1200
Гайка m10*1.25	3	4	шт	12

Продолжение таблицы 23

Перечень заготовок	«Цена за 1 ед., руб».	«Кол-во»	«Ед. Изм.»	«Сумма, руб».
Болт м6	3	16	шт	48
Гайка м6	2	16	шт	32
Шпилька м10*1.25	10	1	шт	10
Болт м6	3	2	шт	6
Болт м8	8	4	шт	32
Гайка м6	2	2	шт	4
Гайка м8	3	4	шт	12
Гайка м10	5	4	шт	20
Гайка м10 *1.25	5,5	6	шт	33
Гайка м10 *1.25	5,5	6	шт	33
Гайка м10 *1.25	5,5	6	шт	33
ИТОГО				119426
«Транспортно-заготовительные расходы»				2000
ВСЕГО				121426

Расчет статьи «Зарплата основная» (таблица 24):

$$\langle Zc = Cp * t * (1 + Kpd / 100) \rangle \quad (72)$$

Таблица 24 - «Зарплата основная»

«Вид операций»	«Разряд работы»	«Труд-ть ч/час»	«Часовая тарифная ставка»	«Тарифная ставка»
«Заготовительная»	3	1,5	87,30	130,95
«Сварочная»	5	2,5	102,50	256,25
«Токарная»	4	1,5	102,50	153,75
«Фрезерная»	4	1,5	102,50	153,75
«Гибочная»	3	3,2	96,60	309,12
«Слесарная»	3	2,3	96,60	222,18
«Сборочная»	4	4	102,50	410
«Окрасочная»	3	2,7	96,60	260,82
«Испытательная»	6	3	96,60	289,8
ИТОГ				2186,62
«Премияльные»				154,2
«Основная заработная плата»				2340,82

Расчет статьи затраты «Зарплата дополнительная»:

$$Зд = Зо * (Кд - 1) = 2340,82 * (1,1 - 1) = 234,282 \quad (73)$$

Произведем подсчет пункта «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»:

$$Рс.об = Зо * Коб = 2340,82 * 1,04 = 2434,45 \quad (74)$$

Расчет статьи «Общепроизводственные расходы»:

$$Рс.об = Зо * Коб = 2340,82 * 1,04 = 2434,45 \quad (75)$$

Расчет статьи «Общехозяйственные расходы»:

$$Ропр = Зо * Копр = 2340,82 * 1,6 = 3745,312 \quad (76)$$

Цеховая себестоимость:

$$\begin{aligned} Сц = М + Пи + Зо + Зд + Ос + Рс.об + Ропр = 8565,6 + \\ 121426 + 2340,82 + 234,282 + 772,5306 + 2434,45 + 3511,23 = \\ 139284,91 \end{aligned} \quad (77)$$

«Производственная себестоимость»:

$$ПрСб = Сц + Ропр = 139284,91 + 3745,312 = 143030,225 \quad (78)$$

Расчет статью «Внепроизводственные расходы»:

$$\text{Внр} = \text{Спр} * \text{Квнепр} = 143030,225 * 0,05 = 7151,51 \quad (79)$$

В таблице 25 представлена себестоимость разработки модуля «Range Extender».

Таблица 25 – Заводская цена модуля «Range Extender»

Статьи затрат	Обозначения	Сумма	%
«Сырье и материалы»	СМ	8565,6	5,7 %
«Покупные изделия и полуфабрикаты»	ПИ	121426,0	80,85 %
«Зарплата основная»	ЗП о	2340,82	1,56 %
«Зарплата доп»	ЗП д	234,282	0,16 %
«Отчисления на соцстрах»	От	772,53	0,51 %
«Расходы на содержание оборудования»	РСБ	2434,45	1,62 %
«Общепроизводственные расходы»	Обр	3511,23	2,34 %
«Общехозяйственные расходы»	ОР	3745,312	2,5 %
«Производственная себестоимость»	ПрСб	143030,225	95,24 %
«Внепроизводственные расходы»	ВнР	7151,51	4,76 %
«Полная себестоимость»	ПоСб	150181,735	100 %

Выводы по разделу: в данном разделе рассмотрена себестоимость изготовления мобильного универсального модуля «Range Extender». Произведена оценка себестоимости изготовления одного комплекта. Заводская цена мобильного универсального модуля «Range Extender» является важным показателем экономичности. Он отражает все аспекты хозяйственной деятельности, собирает результаты использования всех производственных ресурсов. Финансовые результаты, место расширенного воспроизводства и финансовое положение хозяйствующих субъектов зависят от их уровня. Стоимость модуля отражает затраты на изготовление.

Заключение

Результатом представленной работы является создание конструкции и технологии сборки «Мобильного универсального модуля Range extender». Который обладает возможностью восполнять заряд аккумулятора в любом удобном не электрифицированном месте или в процессе движения и использования. Основным принципом получения электричества является использование адаптированного силового агрегата (двигателя внутреннего сгорания) скомбинированного с генератором требуемой мощности. Постановкой вопроса создания данного образца явилось рассмотрение состояние развития инфраструктуры электротранспорта и направление развития данной отрасли в России. Полученные сведения задали стимул к началу конструкторских разработок и инженерных изысканий. В современных политических и экономических условиях это имеет особую актуальность в связи с выбранной внутренней производственной политикой страны, которая в свою очередь направлена на импортозамещение. Вторым поводом разработки является: создания комфортных условий внедрения электротяги на транспорте взамен существующего классического принципа ДВС.

Развитие данного направление целесообразно применить для поддержания малого бизнеса и транспортной логистики в процессе товарооборота внутри Российской Федерации.

Взаимосвязь технологий и социума, является важной тенденцией современного общества, а развитие мелкой промышленности – показателем экономики страны.

В разделе безопасности проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на работников, выполняющих технологический процесс изготовления вала асинхронного двигателя, представлены мероприятия по снижению рисков, выполненные на основе действующих нормативных документов, проведен анализ пожарной и экологической безопасности

техпроцесса.

В экономическом разделе рассмотрена себестоимость изготовления мобильного универсального модуля «Range Extender». Произведена оценка себестоимости изготовления одного комплекта. Заводская цена мобильного универсального модуля «Range Extender» является важным показателем экономичности. Он отражает все аспекты хозяйственной деятельности, собирает результаты использования всех производственных ресурсов. Финансовые результаты, место расширенного воспроизводства и финансовое положение хозяйствующих субъектов зависят от их уровня. Стоимость мобильного универсального модуля «Range Extender» отражает затраты на изготовление модуля, которые отражаются в финансовом отношении.

Список используемых источников

- 1 Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Ануриев; В 3-х т. Т. 2. – М., Машиностроение, 1978.
- 2 Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Ануриев; В 3-х т. Т. 1. – М., Машиностроение, 1978.
- 3 Асмус Т. У. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Т. У. Асмус и др.; Под ред. Кострова; - Машиностроение, 1988.
- 4 Асташенко С.Б. Учебное пособие: Турбокомпрессоры/ С.Б.Асташенко; Издательство Автостиль, 2002. – 80 с.
- 5 Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. М.: Машиностроение, 1982.
- 6 Воинов А.Н. Процессы сгорания в быстроходных поршневых двигателях / А.Н. Воинов; М.: - Машиностроение, 1965
- 7 Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова; – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с. ил.
- 8 Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова – М.: Машиностроение, 1984.
- 9 Галеркин Ю.Б. Учебное пособие: Турбокомпрессоры / Ю.Б.Галеркин, Л.И.Козаченко; ИздательствоИздательство Политехнического университета, 2008. - 374
- 10 ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия (Переиздание) – Москва – Изд. Стандартиформ, 2014 – 12с.

- 11 ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Общие требования и правила составления. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 47 с.
- 12 ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. – Москва: Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2014 – 25 с.
- 13 ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. – Москва: Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2012 – 35 с.
- 14 Гурин В.В. Учебник для бакалавриата и магистратуры: Детали машин. Курсовое проектирование. Часть I. / В.В. Гурин, В.М. Замятин, А.М. Попов; Издательство ЮРАЙТ, 2016. – 366 с.
- 15 Дзюбан А.М. Учебно-методическое пособие к выполнению выпускной квалификационной работы бакалавров / А.М. Дзюбан, Д.А. Павлов, В.В. Смоленский - ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» 2018 – 51 с.
- 16 Железко Б. Е. Расчет и конструирование автомобильных и тракторных двигателей (дипломное проектирование): Учебное пособие для вузов / Б. Е. Железко и др. – Мн.: Высш. шк. 1987.
- 17 Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 720 с.: ил.
18. Какие города отказываются от машин и зачем это нужно/ Евгений Делюкин, 26.09. 2018/ URL: <https://vc.ru/future/46544-kakie-goroda-otkazyvayutsya-ot-mashin-i-zachem-eto-nuzhno> (дата обращения: 15.10.2020)
19. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980.
- 20 Колчин А.И., Расчет автомобильных и тракторных двигателей/ А.И. Колчин, В.П. Демидов; Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 400 с. ил.
- 21 Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания / Луканин В.Н. / Кн. 1. Теория рабочих процессов. – М.: Высшая школа, 1995. – с.452.

22 Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания / Луканин В.Н. / Кн. 2. Динамика и конструирование. – М.: Высшая школа, 1995. – с. 428.

23 .Мелисаров В.М. Тепловой расчёт и тепловой баланс карбюраторного двигателя и двигателя с впрыском топлива: учебное пособие / В.М. Мелисаров, П.П. Беспалько, М.А. Каменская. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 128 с. – 100 экз. ISBN 978-5-8265-0875-6

24. Немцы представили новое поколение гибрида Audi A1 e-tron. Леонид Попов (дата обновления: 13.06.2013)/ URL: <https://www.drive.ru/news/audi/51b9bf8e94a656ca1d000039.html?amp=1> (дата обращения: 05.10.2020)

25 Орлин А.С. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» /С.И. Ефимов Н.А. Иващенко В.И. Ивин и др.; Под общей редакцией А.С. Орлина М.Г. Круглова /. – 3-е издание, перераб. И доп. – М.: Машиностроение 1985. - с.456.

26 . Передача поликлиновым ремнем: Методические указания к лабораторно - практич. занятиям для студентов, изучающих дисциплины: «Механика», «Техническая механика», «Детали машин и основы конструирования» / Юж.- Рос. гос. техн. ун-т (НПИ).- Новочеркасск: ЮРГТУ, 2003 – 10 с.

27 Попык К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей/ К.Г. Попык; 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высш. школа, 1970.

28 Реферативный журнал «Двигатели внутреннего сгорания», 1999 – 2011.

29 . Рынок электромобилей в России за 9 месяцев 2019 года/ Автостат, 11.11.2019 // URL: <https://www.autostat.ru/infographics/41715/> (дата обращения: 15.10.2020)

30 Селезнев К.П. Учебник: Теория и расчет турбокомпрессоров/ К.П. Селезнев, Ю.Б.Галеркин, С.А.Анисимов и др.; Издательство Машиностроение, 1986. – 392 с.

31. Система охлаждения. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине СД.Ф.02.01 – Типаж подвижного состава и устройство автомобиля для студентов специальности 150200 – Автомобили и автомобильное хозяйство/ Быков А.В. – Улан-Удэ, 2002. – 28 с.

32 Смоленский В.В. Автомобильные двигатели: курс лекций/В.В. Смоленский. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 183 с.

33. Толстоногов А.П. Системы охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания. Учеб. пособие./ Сам. гос. аэрокос. ун-т. Самара, 2002. 208с.

34 Хейвуд Дж. Гидродинамика рабочих цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Фримановская лекция 1986 г. // Тр. Американского общества инженеров-механиков. Теоретические основы инженерных расчетов. М.: 1987. С. 171–229.

35 Ховах М. С. Автомобильные двигатели/ М.С. Ховах; – М., Машиностроение, 1977.

36. Ховаха М. С. Автомобильные двигатели – М., Машиностроение, 1977.

37 Чайнов Н.Д. Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Чайнов Н.Д., Иващенко Н. А., Краснокутский А. Н., Мягков Л. Л. / Учебник - М.: Машиностроение, 2008. 496 с.

38. Электро-компакт BMW i3 // URL: https://auto.ironhorse.ru/bmw-i3_3360.html (дата обращения: 05.10.2020).

39 . Ford запускает испытания первого в мире серийного гибридного фургона Transit Custom PHEV в Валенсии (дата обновления 14.05.2018)/ URL: <https://vanlife.ru/news/world/Ford/ford-zapuskayet-ispytaniya-pervogo-v-mire-serijnogo-gibridnogo-furgona-transit-custom-phev-v-valensii/> (дата обращения: 05.10.2020)

40 .Akmandor, i.S., Ersöz, N.: Novel Thermodynamic Cycle, PTC / WO / 2004 / 022919 AI. (March 18th 2004)

41. Bassett M., Fraser N., Brooks T., Taylor G. et al., "A Study of Fuel Converter Requirements for an Extended-Range Electric Vehicle," SAE Int. J. Engines 3(1):631-654, 2010, doi: 10.4271/2010-01-0832.

42. Bonnevie-Svendsen A., Boulouchos K., Lämmle Ch., Vlakos I.: Double-Vibe-Model for heat release in lean burn gas engines with prechamber ignition. in: 6. Dessauer Gasmotoren-Konferenz. Dessau-Roßlau. 2009

43. Department for Transport GOV UK National Travel Survey: England 2017. Available online: URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/729521/national-travel-survey-2017.pdf (accessed on 5 October 2020)

44. Dyna-Cam Engine Corporation: "Two-cycle swash plate internal combustion engine", USA Patent No:7137366, November 21st 2006

45. European Commission EUROPA. Driving and Parking Patterns of European Car Drivers—A Mobility Survey. Available online: URL: <https://setis.ec.europa.eu/related-jrc-activities/jrc-setis-reports/driving-andparking-patterns-of-european-car-drivers> (accessed on 10 October 2020).

46. Ford Transit Custom Plug-In Hybrid Breaks Cover In The UK // URL: <https://fordauthority.com/2017/09/ford-transit-custom-plug-in-hybrid-breaks-cover-in-the-uk/> (accessed on 5 October 2020)

47. Handbook of Hydrogen Storage. Edited by Michael Hirscher Copyright 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32273-2

48. Haywood, R. W.: "A Critical Review of Theorems of Thermodynamics Availability" J. Mech. Eng. Sci. vol.16 MIT Press, 1970.

49. M. Barghamadi, A. Kapoor, C. Wen. (2013). A Review on Li-S Batteries as a High Efficiency Rechargeable Lithium Battery. Journal of The Electrochemical Society, т. 160, № 8, pp. A1256-A1263.

50. M. Cheng, M. Tong. (2017). Development Status and Trend of Electric Vehicles in China. Chinese Journal of Electrical Engineering, T. 3, № 2.

51. MOST, «Application Guidelines of New Energy Vehicle Pilot Project in 2017» 9 10 2016. URL: <http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2016/201610/W020161014555125786252.pdf> (accessed on 5 October 2020)

52. P. Bruce, S. Freunberger, L. Hardwick, J.-M. Tarascon. (2012) Li-O₂ and Li-S batteries with high energy storage. *Nature Materials*, т. 11, № 1, pp. 19-29.

53. Path to hydrogen competitiveness: A cost perspective, 2020 URL: <https://hydrogencouncil.com/en/path-to-hydrogen-competitiveness-a-cost-perspective/>(accessed on 5 October 2020)

54. Renegar, David, C.: "The Quasiturbine", USA Patent No:6629065 September 12th 2003

55. Stephen R. Turns: "An Introduction to Combustion" McGraw-Hill Series in Mech. Eng. 1996.

56. The Electric Vehicle Outlook is Bloomberg NEF // 2020 Bloomberg Finance L.P. URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook> (accessed on 15 October 2020)

57. TNS SOFRES EP TENDER. Available online: <https://tbb.innoenergy.com/wp-content/uploads/2015/11/EPTender.pdf> (accessed on 10 October 2020)

58. Tyson, Madeline, Charlie Bloch. Breakthrough Batteries: Powering the Era of Clean Electrification. Rocky Mountain Institute, 2019. URL: <http://www.rmi.org/breakthrough-batteries>.

59. Wolschendorf J., Rzemien K., and Gian D., "Development of Electric and Range-Extended Electric Vehicles Through Collaboration Partnerships," *SAE Int. J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst.* 3(2):215-219, 2010, <https://doi.org/10.4271/2010-01-2344>