

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.т.н.,
профессор
_____ Ю.В. Рождественский
« ____ » _____ 2019 г.

Разработка системы и устройства рекуперации тепловой энергии ОГ
автомобиля в электрическую

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2019.047.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, к.т.н., доцент
_____ К. В. Глемба
« ____ » _____ 2019 г.

Автор ВКР,
обучающийся группы П-410
_____ М. И. Щербинин
« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент
_____ Д. В. Астафьев
« ____ » _____ 2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»
Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой, д.т.н.,
профессор
_____ Ю.В. Рождественский
« ____ » _____ 2019 г.

З А Д А Н И Е

на выпускную квалификационную работу обучающегося

Щербинина Михаила Ильича

Группа П-410

1 Тема ВКР

Разработка системы и устройства рекуперации тепловой энергии ОГ автомобиля в электрическую

Утверждена приказом по университету от 25.04.2019 г. № 899

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 11.06.2019 г.

3 Исходные данные к ВКР

3.1 Технические задания

3.2 Анализ литературы по теме ВКР

3.3 ГОСТы и ЕСКД

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

- 4.1 Введение;
- 4.2 Анализ существующих исследований по снижению тепловых потерь при работе ДВС в ТС;
- 4.3 Теория термоэлектрического генератора;
- 4.4 Безопасность труда;
- 4.5 Техничко – экономическое обоснование;
- 4.6 Заключение;
- 4.7 Библиографический список.

5 Перечень графического материала (плакаты, альбомы, раздаточный материал, макеты, электронные носители и др.)

Плакат 1. А4 – КПД бензинового ДВС.

Плакат 2. А4 – Цели и задачи.

Плакат 3. А4 – Анализ исследований по уменьшению тепловых потерь.

Плакат 4. А4 – Анализ конструкций термоэлектрического генератора.

Плакат 5. А4 – Принцип работы термоэлектрического модуля.

Плакат 6. А4 – Модифицированная электрическая схема.

Плакат 7. А4 – Модифицированная электрическая схема с буферным накопителем.

Плакат 8. А4 – Сравнительный анализ.

Плакат 9. А4 – Выводы.

Всего: 9 листов

6 Дата выдачи задания 8.02.2019 г.

Руководитель _____/К.В. Глемба/

Задание принял к исполнению _____/М.И. Щербинин/

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Отметка о выполнении руководителя
1	Анализ конструкций по снижению тепловых потерь в ДВС	08.02.19 – 07.03.19	
2	Изучение характеристик и эксплуатационных свойств термоэлектриче- ского генератора	07.03.19 – 10.04.19	
3	Расчёт характеристик термоэлектрического генератора	10.04.19 – 01.05.19	
4	Безопасность труда	02.05.19 – 30.05.19	

Заведующий кафедрой _____ / Ю.В. Рождественский /

Руководитель проекта _____ / К.В. Глемба /

Обучающийся _____ / М.И. Щербинин /

АННОТАЦИЯ

Щербинин М.И. Разработка системы и устройства рекуперации тепловой энергии отработавших газов автомобиля в электрическую. Челябинск: ЮУрГУ, П-410, 68 с., библиография – 17 наименований, иллюстраций – 33, таблиц – 8, 9 л. плакатов ф. А4.

В выпускной квалификационной работе проведено исследование возможности использования термоэлектрической установки на выхлопной системе автомобиля.

Рассмотрены варианты исполнения термоэлектрического генератора и выполнен расчёт параметров выбранной термоэлектрической установки, определены характеристики наиболее эффективной работы. Данная установка состоит из высокотемпературных термоэлектрических модулей TEG1-24111-6.0. Предложена модификация установки буферным накопителем энергии.

Произведён расчёт экономичности за счёт использования термоэлектрической установки, работающей от энергии отработавших газов.

					<i>13.03.02.2019.04 7.00 ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Щербинин М.И.			<i>Разработка системы и устройства рекуперации тепловой энергии ОГ автомобиля в электрическую</i>		
Провер.		Глемба К.В.					
					4	68	
Н. Контр.		Астафьев Д. В.			<i>ЮУрГУ Кафедра АВТ</i>		
Утверд.		Рождественский Ю.В.					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ РАБОТЕ ДВС В ТС.....	9
1.1 Проблематика снижения тепловых потерь в ДВС.....	9
1.2 Пути решения зарубежных и отечественных производителей	11
1.2.1 Уменьшение тепловых потерь внутри блока ДВС	11
1.2.1.1 Система Skyactiv	11
1.2.1.2 Энергосберегающие моторные масла.....	13
1.2.2 Реализация энергии отработавших газов	15
1.2.2.1 Установка турбонаддува	15
1.2.2.2 Термоэлектрический генератор	16
1.3 Анализ существующих исследований по внедрению термоэлектрического генератора в выхлопную систему автомобиля.....	16
1.3.1 Анализ существующих моделей термоэлектрических установок	16
1.3.1.1 Термоэлектрическая установка с охлаждением термоэлементов	19
1.3.1.1.1 Термоэлектрическая установка с воздушным охлаждением	19
1.3.1.1.2 Термоэлектрическая установка с жидкостным охлаждением	20
1.3.1.2 Термоэлектрические установки с дополнительным функционалом.....	22

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

1.3.1.2.1	Термоэлектрическая установка с возможностью очистки выхлопных газов от тяжёлых примесей.....	22
1.3.1.2.2	Термоэлектрическая установка с возможностью поглощения шума	26
2	ТЕОРИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА	30
2.1	Открытие эффекта термоэлектродгенерации.....	30
2.2	Термоэлектрический модуль	31
2.3	Определение параметров потребления энергии электрооборудованием автомобиля	33
2.3.1	Определение параметров потребителя энергии термоэлектрической установки	39
2.4	Определение параметров термоэлектрической установки.....	43
2.4.1	Расчет количества термоэлектрических модулей.....	50
2.4.2	Расчёт радиатора охлаждения для термоэлектрической установки	52
2.4.3	Применение буферного накопителя энергии	55
3	БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА	58
3.1	Организационные требования	58
4	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	61
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент КПД современного бензинового двигателя составляет примерно 35 процентов. Это число характеризует сколько процентов энергии от сгоревшего топлива пойдёт на полезную работу двигателя. Остальная часть энергии рассеется в виде механических потерь, топливную эффективность и тепловые потери. Тепловые потери составляют не мене 30%. А также они не реализуются в виде полезной энергии, более того компенсируются охлаждающей жидкостью и отработавшими газами.

Значительные тепловые потери оставляют большой потенциал для их преобразования в полезную энергию, что повысит общий КПД двигателя.

На данный момент, одним из наиболее эффективных методов повышения эффективности двигателя внутреннего сгорания является преобразование теплоты отработавших выхлопных газов в электрическую используя термоэлектрический генератор (ТЭГ).

Стоит обратить внимание на низкий КПД современного ТЭГ – менее 10%. Стоит отметить, что тепловые потери легкового автомобиля дают не менее 10 киловатт. Это даёт энергию, по крайней мере, для частичного покрытия потребителей электросистемы автомобиля.

Так как энергия будет уходить в сеть автомобиля, нагрузка на автомобильный генератор станет меньше. А вследствие увеличится экономия топлива.

Общая эффективность ДВС автомобиля с термоэлектрическим генератором будет зависеть от применяемых в нём конструкторско-технологических решений и режимов работы двигателя.

Определение конструктивных решений, параметров и режимов работы термоэлектрического генератора при разработке его конструкции является сложной задачей, ввиду необходимости при проектировании учитывать множество физических процессов и показателей качества.

					13.03.02.2019.047.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необходимо учесть влияние газодинамики в проточной части, теплопроводности в корпусе термоэлектрического генератора, термоэлектрических эффектов, дополнительных потерь на функционирование установки, режимы работы двигателя автомобиля и другие факторы.

На практике способ получения электричества от выхлопных газов автомобиля термоэлектрическим генератором реализуется в центре перспективных разработок автоконцерна BMW. Термоэлектрический генератор, который установлен в седане 5-й серии способен вырабатывать до 250 ватт электроэнергии, что составляет порядка 20 процентов энергопотребления автомобиля.

Следуя из вышеизложенного, можно понять, что данная установка действительно может обеспечивать частичное покрытие энергопотребления автомобиля, снизив нагрузку на генератор, а значит и снизив расход топлива автомобиля.

В связи с целью поставлены следующие основные задачи:

1. Анализ существующих моделей термоэлектрических установок;
2. Изучение работы термоэлектрического элемента;
3. Определить конструкцию и произвести расчёт термоэлектрической установки;
4. Разработать мероприятия по обеспечению безопасности труда;
5. Техничко-экономическое обоснование установки термоэлектрических элементов на выхлопную систему.

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.04.7.00 ПЗ					

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ РАБОТЕ ДВС В ТС

1.1 Проблематика снижения тепловых потерь в ДВС

Повышение КПД двигателя внутреннего сгорания всегда было актуальной темой в автомобилестроении. Больше всего энергии ДВС теряет на тепловые потери. Из них около 35% – это отработавшие газы и около 30% – охлаждение блока ДВС для стабильной работы. (рисунок 1.1)

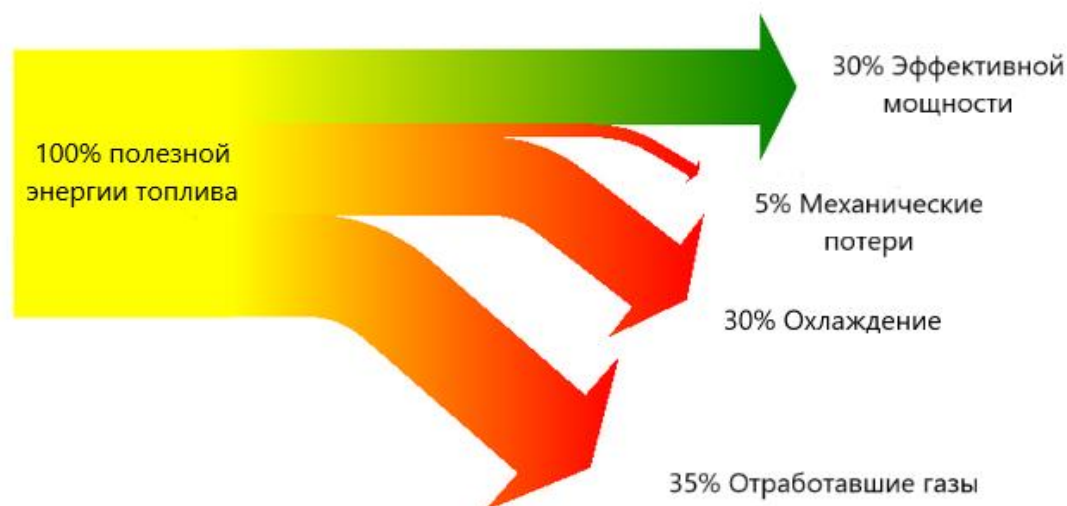


Рисунок 1.1 – диаграмма энергетического баланса двигателя

Минимизировав тепловые потери двигателя внутреннего сгорания можно увеличить мощность, не затрачивая дополнительное топливо, а следовательно увеличить топливную экономичность.

На данный момент ведутся различные исследования по реализации и уменьшению этих потерь. Некоторые из них уже введены в серийном производстве автомобилей.

Данные исследования делятся на 2 принципиально различных способа:

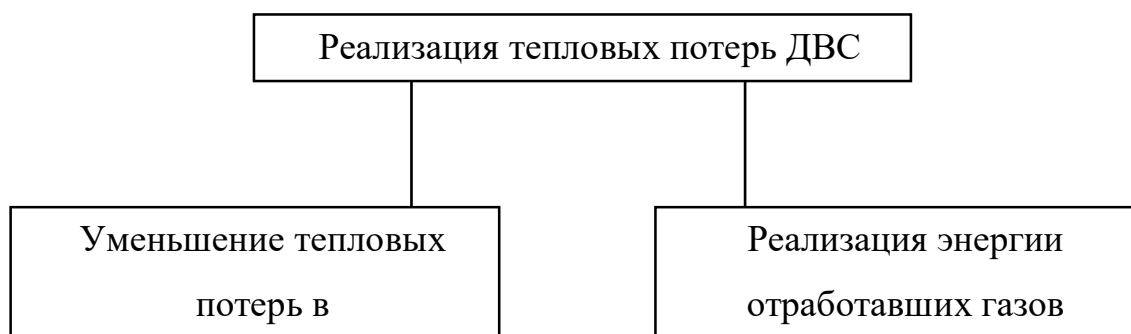


Рисунок 1.2 – Виды реализации тепловых потерь ДВС

Следовательно, повышение тепловой эффективности ведётся как в области уменьшения потерь на нагрев внутри ДВС, так и рекуперации энергии отработавших газов.

С снижением тепловых потерь увеличится общий КПД двигателя внутреннего сгорания, что принесёт большую топливную экономичность. Главной причиной тепловых потерь является несовершенство материалов, используемых в конструкции, и механизма работы ДВС.

Использование различных масел приводит к уменьшению трения в различных механизмах ДВС. Стоит отметить, что современные масла смогли существенно снизить трение, но полностью его избежать не могут.

Большая часть энергии уходит из-за неэффективной работы цикла Отто в современных ДВС. Это связано с тем, что КПД цикла Отто обуславливается сжатием топлива:

$$\eta = 1 - \frac{1}{n^{k-1}}, \quad (1)$$

где n – степень сжатия;

k – показатель адиабаты.

$$n = V1/V2, \quad (2)$$

где V_1 – начальным объём топлива;

V_2 – сжатый объём топлива.

Т.к. работа данного цикла определяется сжатием топлива, то и эффективность ДВС будет расти с увеличением сжатия, однако бензиновый ДВС может поддерживать стабильную работу при степени сжатия до 12,5. После чего топливо начинает неконтролируемо воспламеняться. В этом и состоит причина более низкого КПД ДВС на бензиновом топливе, в отличии от дизельного топлива. Ввиду этого существует неполное сгорание топлива, которое выходит через систему выхлопа.

1.2 Пути решения зарубежных и отечественных производителей

1.2.1 Уменьшение тепловых потерь внутри блока ДВС

1.2.1.1 Система Skyactiv

Одним из вариантов уменьшение тепловых потерь ДВС является применение технологии Skyactiv фирмы Mazda.

Технология Skyactiv представляет собой использование 2 различных циклов работы ДВС при различных нагрузках. При высоких нагрузках используется классический для современного автомобиля цикл Отто, а для малых и средних нагрузок – цикл Миллера.

Использование двигателя в таком режиме даёт прирост на низких и средних нагрузках двигателя в увеличении крутящего момента до 15%, а следовательно, уменьшении потребления топлива до 15%.

Особенность работы моторов Skyactiv заключается в позднем закрытии впускных клапанов. Это значит, что когда поршень уже движется к верхней мёртвой точке(ВМТ) на такте сжатия, впускные клапаны еще находятся в открытом

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

состоянии, поэтому часть поступившего в цилиндры заряда выталкивается обратно во впускной коллектор. Ограничивая фазу впуска, мы получаем возможность снизить давление в цилиндре на подходе поршня к ВМТ, увеличив при этом геометрическую степень сжатия двигателя. [1]

Для такой работы двигателя потребовались существенные изменения вспомогательных систем:

- В режимах работы по циклу Миллера во впускном коллекторе создается избыточное давление, позволяющее уменьшить насосные потери. Поэтому для нормальной работы усилителя тормозов необходим вакуумный насос.

- Регулировка момента закрытия и высоты подъема впускных клапанов осуществляется электронной муфтой. Управляет электродвигателем привода с планетарной передачей ЭБУ двигателя. За управление фазами выпускного распределительного вала отвечает гидравлическая муфта.

- Для снижения потерь на трения вместо кулачковых толкателей устанавливаются рокеры с игольчатыми подшипниками.

- Двухрежимный масляный насос позволяет снизить гидравлические потери.

- Для снижения массы блок двигателя состоит из двух частей и изготовлен из алюминия.

- За счет снижения веса поршней, шатунов, коленчатого вала, уменьшения размеров подшипников скольжения, шеек коленчатого вала, конструкторам удалось значительно снизить механические потери.

Именно поэтому при схожих мощностных характеристиках данные двигатели имеют больший объем и массу в сравнении с классическими двигателями работающими на цикле Отто.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

1.2.1.2 Энергосберегающие моторные масла

Одной из проблем современного ДВС является трение кривошипно-шатунного механизма (КШП). Именно возникновение трения на КШП приводит к износу цилиндров, поэтому существуют масла с дополнительной антифрикционной присадкой. Такие масла сертифицированы по классификации API (Американский институт нефти), вслед за определением класса вязкости по SAE и категории по условиям применения ставится две буквы EC (Energy Conserving), скажем, SAE5W-30, API SL/CG-4(EC).

В европейской классификации моторных масел энергосберегающие масла помещены в отдельные категории, обозначаемые A1-02, A5-02, B1-02 и B5-02.

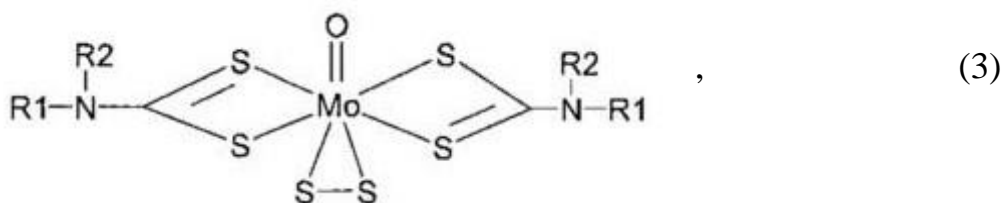
Первые две – масла для бензиновых двигателей, последние две – масла для дизелей легковых автомобилей.

Все масла, обозначаемые GF-I, GF-2 и GF-3 по международной классификации ILSAC, разработанной совместно американскими и японскими автопроизводителями, относятся к энергосберегающим.

В технически исправном автомобиле использование энергосберегающего масла уменьшает расход топлива на 3-5,5 % в городском режиме (короткие поездки) и на 2-3 % при езде по автотрассам на большие расстояния. [2]

К примеру, присадка к смазочному маслу и композиции смазочного масла описана далее.

Изобретение относится к присадке к смазочному маслу, содержащей органическое соединение молибдена, представленное общей формулой (3) ниже:



где R1 обозначает алкильную группу с прямой или разветвленной цепью, представленную общей формулой C_nH_{2n+1} (n является целым числом от 4 до 12),

или циклогексильную группу, R2 означает металлическую группу или этильную группу и R1 и R2 являются различными; и к композиции смазочного масла в качестве модификатора трения. Также описывается применение присадки в качестве модификатора трения в смазочной композиции, которая способна приводить фрикционные свойства к подходящему уровню.

Кроме того, настоящая присадка к смазочному маслу может содержаться в количестве, например, от 0,1 до 10% масс., относительно обычной композиции. Здесь «обычная композиция» означает традиционную композицию смазочного масла, которая не содержит указанной выше присадки к смазочному маслу настоящего варианта осуществления.

Смазочное базовое масло, используемое в композиции смазочного масла, не имеет особых ограничений, и может быть минеральным маслом или синтетическим маслом, используемым в обычных смазочных маслах. Примеры этого включают индивидуальные или смешанные базовые масла, относящиеся к группе 1, группе 2, группе 3, группе 4, группе 5 и т.д. категорий базового масла API (Американского нефтяного института).

Присадка к смазочному маслу настоящего изобретения может использоваться в качестве модификатора трения, который поддерживает фрикционные свойства смазки на подходящем уровне. Композиция смазочного масла настоящего изобретения может предпочтительно использоваться в качестве композиции смазочного масла, применяемого в двигателе внутреннего сгорания, таком как автомобильный двигатель. [3]

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				

1.2.2 Реализация энергии отработавших газов

1.2.2.1 Установка турбонаддува

Турбонаддув – один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы – турбокомпрессор.

Принцип работы основан на использовании энергии отработавших газов. Поток выхлопных газов попадает на крыльчатку турбины (закреплённой на валу), тем самым раскручивая её и находящиеся на одном валу с нею лопасти компрессора, нагнетающего воздух в цилиндры двигателя. Так как при использовании наддува воздух в цилиндры подаётся принудительно (под давлением), а не только за счёт разрежения, создаваемого поршнем (это разрежение способно взять только определённое количество смеси воздуха с топливом), то в двигатель попадает большее количество смеси воздуха с топливом. Как следствие, при сгорании увеличивается объём сгораемого топлива с воздухом, образовавшийся газ находится под большим давлением и соответственно возникает большая сила, давящая на поршень.

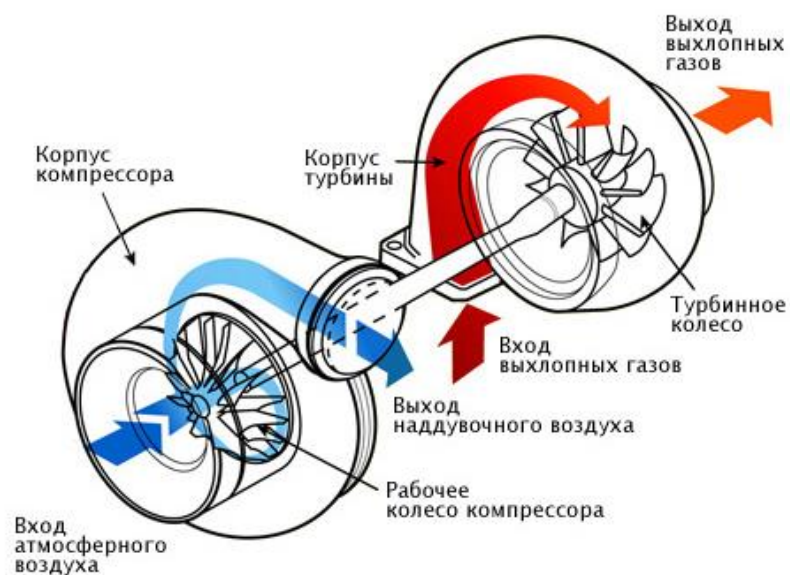


Рисунок 1.3 – Схема работы турбонаддува

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.04 7.00 ПЗ

Лист

15

Такая характеристика сгорания обеспечивает прирост мощности до 45 %. При этом эффективный КПД двигателя увеличивается до 6 %. [1]

1.2.2.2 Термоэлектрический генератор

Термоэлектрический генератор – это техническое устройство, предназначенное для прямого преобразования тепловой энергии в электричество посредством использования в его конструкции термоэлементов.

С помощью данного устройства тепловые потери ДВС можно сократить до 5%. Это связано с низким КПД устройства.

Принцип работы и устройство термоэлектрического генератора рассмотрены в главе 2.2

1.3 Анализ существующих исследований по внедрению термоэлектрического генератора в выхлопную систему автомобиля.

1.3.1 Анализ существующих моделей термоэлектрических установок

На данный момент существуют различные вариации установки термоэлектрического генератора в автомобиле:

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

- в системе EGR;



Рисунок 1.4 – ТЭГ установленный на системе EGR

- Расположен поверх выхлопной системой;



Рисунок 1.5 – ТЭГ установленный поверх модифицированной части глушителя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.047.00 ПЗ

Лист

17

- Интегрирован внутрь выхлопной системы автомобиля.

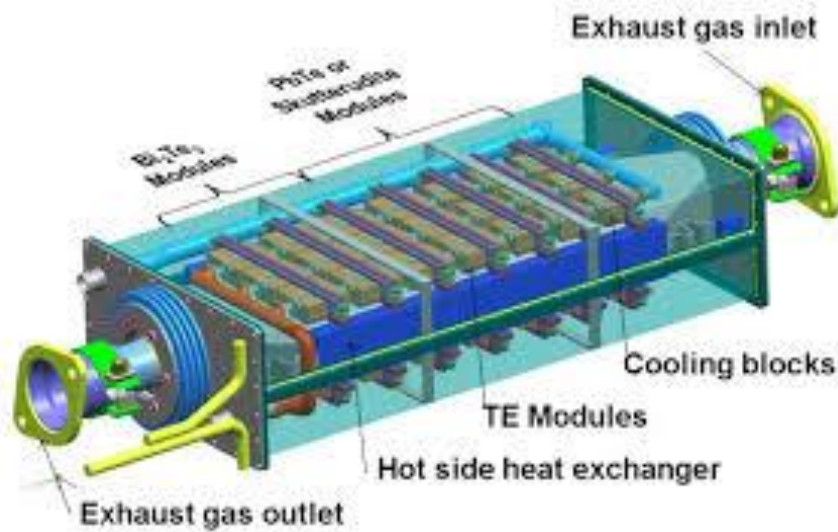


Рисунок 1.6 – ТЭГ интегрированный в выхлопную систему автомобиля

ТЭГ интегрируемый в выхлопную систему автомобиля должен являться наиболее эффективным, так как не содержит потерь с окружающей средой и представляет собой замкнутую систему.

Термоэлектрические установки также делятся по способу охлаждения и дополнительному функционалу:

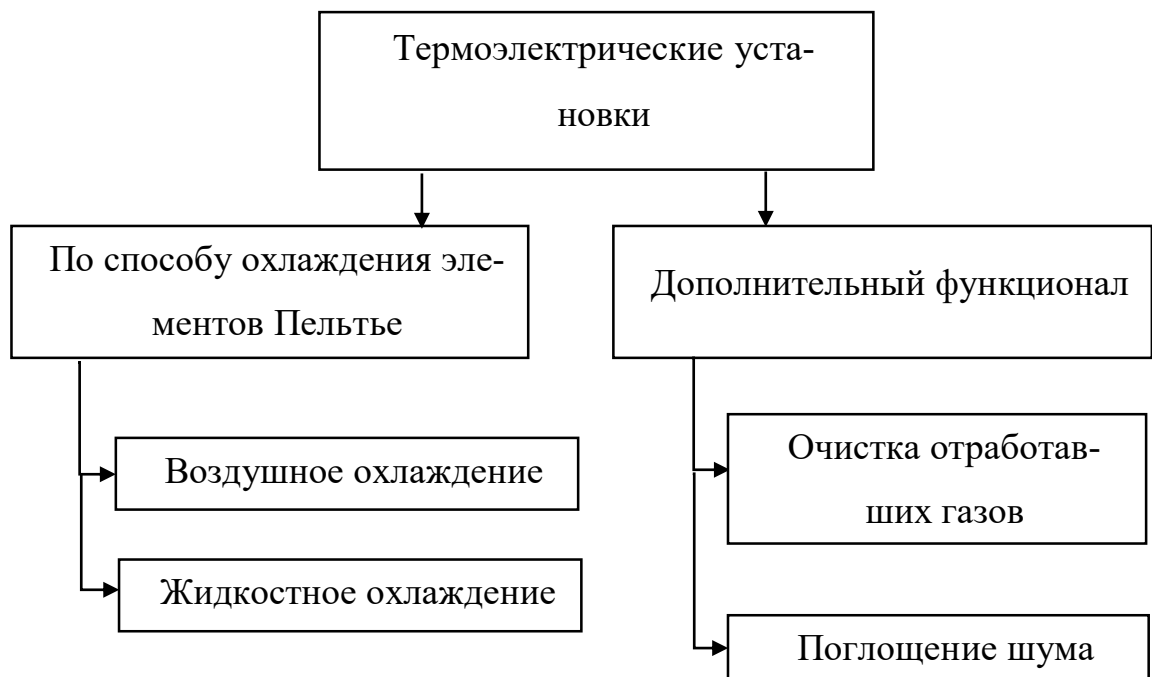


Рисунок 1.7 – классификация термоэлектрических установок

1.3.1.1 Термоэлектрическая установка с охлаждением термоэлементов

1.3.1.1.1 Термоэлектрическая установка с воздушным охлаждением

Термоэлектрический генератор [5]

На рисунке 1.8 и 1.9 изображён термоэлектрический генератор с воздушным охлаждением.

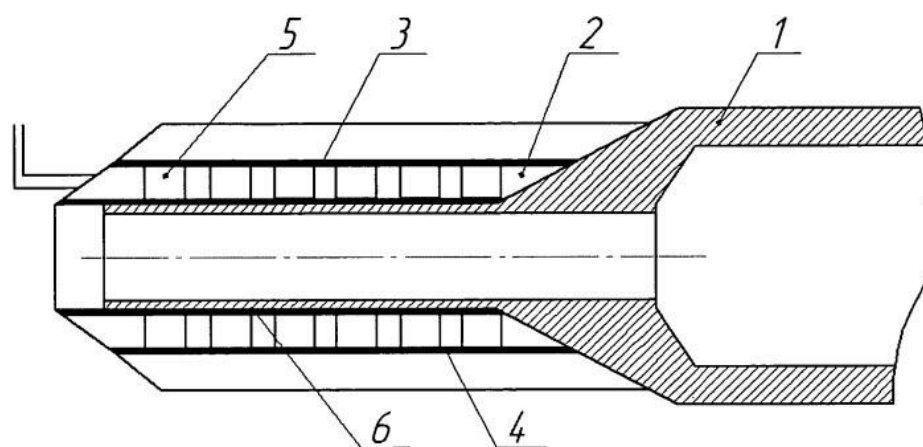


Рисунок 1.8 – Схема термоэлектрического генератора в продольном разрезе

Предложенное устройство работает следующим образом. При работе двигателя автомобиля из системы отвода выхлопных газов через выхлопную трубу 1 отводятся нагретые выхлопные газы, которые нагревают внутреннюю поверхность 4 съемного цилиндра 2, при этом потоки воздуха, возникающие при движении автомобиля, протекая по внешней поверхности 3 съемного цилиндра 2, попадают в каналы охлаждения 7, охлаждая тем самым внешнюю поверхность 3 съемного цилиндра 2. Таким образом создается разность температур между внутренней поверхностью 4 и внешней поверхностью 3 съемного цилиндра 2, в котором установлены n термоэлектрических батарей 5, соединенных последовательно.

Ввиду чего по токоотводам 8 начинает протекать через полупроводниковый диод 9 электрическая энергия в систему электроснабжения автомобиля.

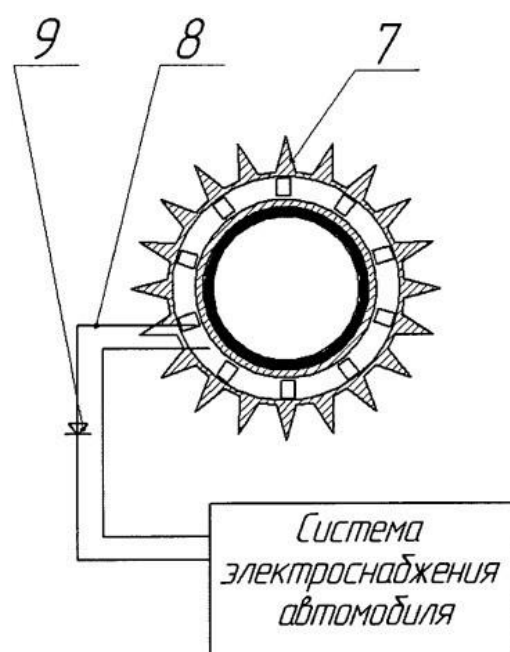


Рисунок 1.9 – Схема термoeлектрического генератора в поперечном разрезе

Недостатком данного термoeлектрического генератора являются ограниченные функциональные возможности, обусловленные невозможностью применения данного устройства для обеспечения электроэнергией узлов системы электроснабжения автомобиля, сложность его технической реализации, наличие горячего теплообменника и принудительной системы охлаждения, что приводит к повышению массогабаритных показателей прототипа и к снижению его надежности.

1.3.1.1.2 Термoeлектрическая установка с жидкостным охлаждением

Термoeлектрический генератор [6]

ТЭГ, показанный на рисунке 1.10, состоит из горячего теплообменника 1 с ребрами переменного сечения 2 и вытеснителем 3, термoeлектрических модулей

4, поверх которых располагаются холодные теплообменники 5. На холодные теплообменники воздействуют прижимные пластины 6. Усилие на прижимных пластинах создается с помощью прижимных винтов 7, которые воздействуют на прижимную пластину через пакет тарельчатых или винтовых пружин 8. Винты вкручены в прижимные рамки 9. Отработавшие газы поступают в ТЭГ через расширяющийся патрубок 10 и выводятся через сужающийся патрубок 11.

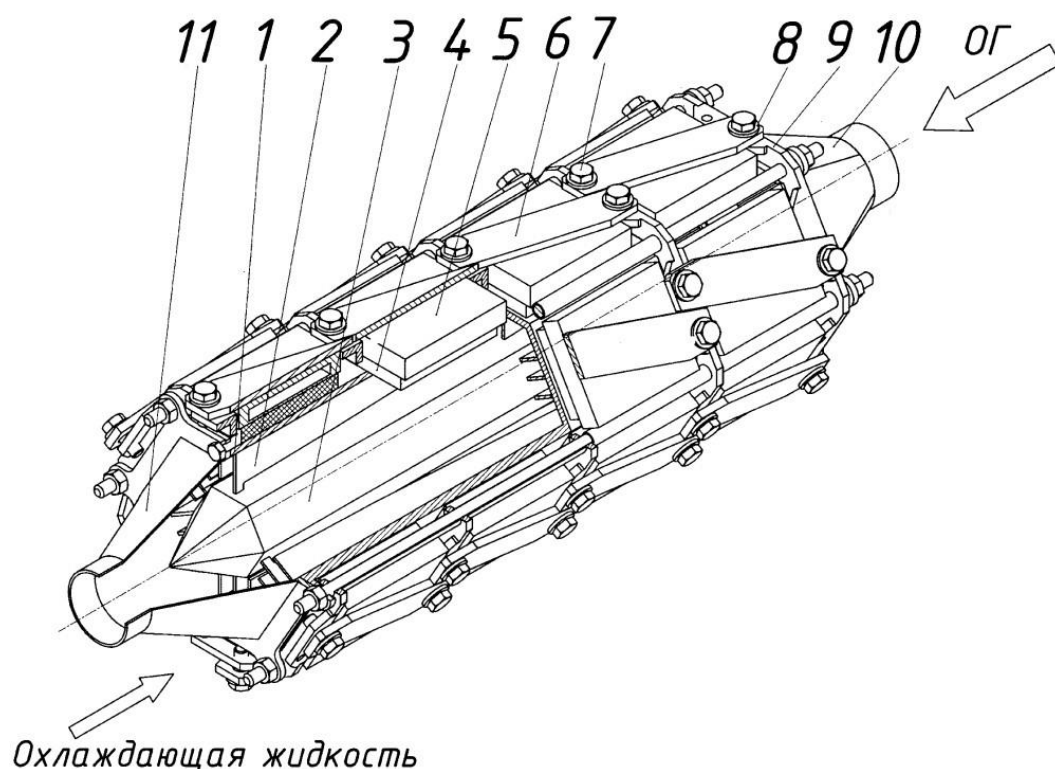


Рисунок 1.10 – Общий вид ТЭГ в изометрии с частичным разрезом

ТЭГ устанавливают в системе выпуска ОГ. Его рационально устанавливать на минимальном расстоянии от самого двигателя. В случае наличия каталитического нейтрализатора ТЭГ следует располагать непосредственно после него, чтобы не нарушать его работу.

Для обеспечения эффективной теплоотдачи от ОГ к горячему теплообменнику необходимо применять различные средства интенсификации теплообмена.

Одним из наиболее эффективных и технологичных средств интенсификации теплообмена является продольное оребрение. Так как ОГ охлаждаются по

мере протекания вдоль ТЭГ, термоэлементы, расположенные в начале и в конце ТЭГ, работают в разных условиях, что снижает эффективность работы ТЭГ. Для решения этой проблемы предлагается применять ребрение с профилем, изменяющимся по длине проточной части ТЭГ, как показано на рис.1.10.

Техническим результатом данной установки является повышение эффективности работы ТЭГ за счет обеспечения равномерности распределения температур (снижение перепада температуры с 70 до 10 градусов) по длине теплообменника ТЭГ.

1.3.1.2 Термоэлектрические установки с дополнительным функционалом

1.3.1.2.1 Термоэлектрическая установка с возможностью очистки выхлопных газов от тяжёлых примесей

Глушитель-очиститель-электрогенератор отработавших газов [7]

ГОЭГ изображён на рисунках 1.11-1.13 и содержит корпус 1, снабженный диффузором и конфузурой 2 и 3 с входным и выпускными патрубками 4 и 5, соответственно, съёмной крышкой 6, внутри которого помещены вертикальные зигзагообразные перфорированные контейнеры 7 с образованием между ними и внутренней поверхностью корпуса 1 зигзагообразных газовых каналов 8, при этом вертикальные зигзагообразные контейнеры 7 заполнены гранулами пемзы 9, изготовленной из металлургических шлаков с модулем основности $M > 1$ и диаметром гранул от 5 до 10 мм, стенки корпуса 1, диффузора 2, конфузора 3 и съёмная крышка 6 выполнены с продольными прямоугольными гофрами, образующими продольные прямоугольные гнезда 10, в которые частично утоплены термоэлектрические звенья (ТЭЗ) 11, состоящие из прямоугольных вставок 12, выполненных из упругого диэлектрического коррозионностойкого материала (например, резины или пластмассы), внутри которых помещены зигзагообразные ряды 13, состоящие из

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

термоэмиссионных преобразователей (ТЭП) 14. Каждый ТЭП 14 представляет собой пару проволочных отрезков 15 и 16, выполненных из разных металлов М1 и М2, спаянных на концах между собой, причем ТЭЗ 11 установлены в гнездах 10 таким образом, чтобы большая часть каждого ТЭП 14 рядов 13 омывалась наружным воздухом, каждое ТЭЗ 11 снаружи корпуса 1 попарно соединены между собой с одного конца перемычкой 17, а с другого конца – электрическим конденсатором 18, образуя термоэлектрические секции (ТЭС) 19, которые, в свою очередь, последовательно соединены между собой перемычками 20 через электрические конденсаторы 18, образуя термоэлектрические блоки (ТЭБ) 21 в форме поверхности, на которой они расположены, а первый и последний из вышеупомянутых конденсаторов 18 ТЭБ 21 соединены с токовыводами 22 и 23, соответственно.

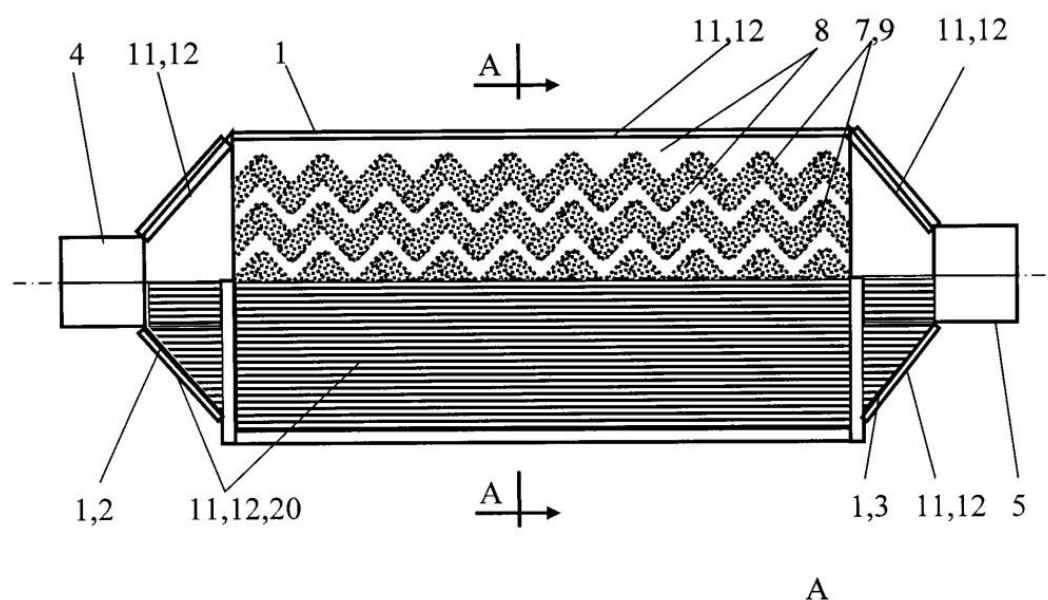


Рисунок 1.11 – общий вид глушителя-очистителя-электрогенератора отработавших газов (ГОЭГ)

Предлагаемый ГОЭГ работает следующим образом. Отработавшие газы двигателя внутреннего сгорания через входной патрубок 4 поступают в диффузор 2, где их скорость резко падает, и они равномерно распределяются по зигзагообразным газовым каналам 8, где двигаются также зигзагообразно, что значительно

турбулизует их потоки и позволяет проникать через отверстия в стенках вертикальных перфорированных зигзагообразных контейнеров 7, заполненных гранулами 9 шлаковой пемзы диаметром от 5 до 10 мм, изготовленной из основных металлургических шлаков.

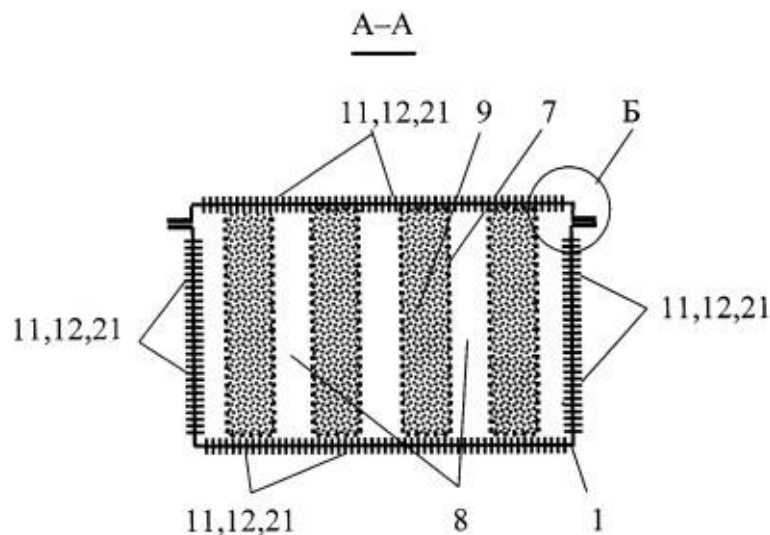


Рисунок 1.12 – ГОЭГ в разрезе по сечению А-А

Высокое значение модуля основности придает гранулам 9 основные свойства, позволяющие сорбировать на их поверхности вещества, обладающие кислотными свойствами, к которым относятся и вредные примеси, которые присутствуют в отработавших газах (NO_x , SO_x , CO), а высокая пористость их структуры позволяет использовать гранулы 9 шлаковой пемзы в качестве эффективного звукопоглощающего материала. Кроме того, на поверхности и в порах гранул 9 оседают мелкодисперсные частицы (сажа и пр.), после чего очищенные отработавшие газы из газовых каналов 9 поступают в конфузор 3 и через выходной патрубок 5 выбрасываются в атмосферу. При этом одновременно с процессом очистки отработавших газов в ГОЭГ происходит глушение их шума путем поглощения звука высокопористой структурой гранул 9, которые находятся за прямоугольными гофраами, образующими продольные прямоугольные гнезда 10 в виде длинных полос, покрывающих изнутри все стенки корпуса 1, крышки 6, диффузора 3 и конфузора 2.

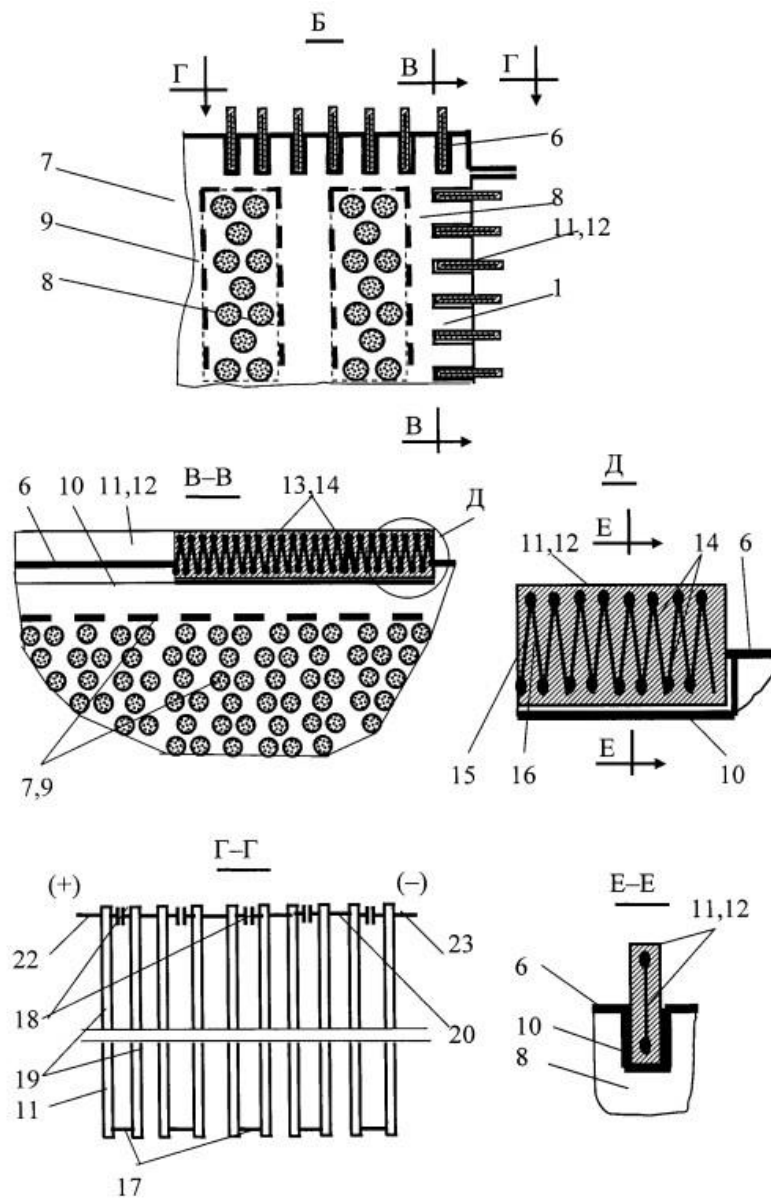


Рисунок 1.13 – Компоновка ГОЭГ, устройство контейнеров и термоэлектрических секций

Одновременно горячие отработавшие газы, проходя через полость диффузора 3, газовых каналов 8 корпуса 1, конфузора 2, нагревают, устроенные в них вертикальные прямоугольные гнезда 10 и, соответственно, спаи термоэмиссионных преобразователей (ТЭП) 14 ТЭЗ 11, противоположные концы которых охлаждаются наружным воздухом атмосферы. В результате нагрева спаянных концов проволочных отрезков 15 и 16 ТЭП 14 в зигзагообразных рядах 13 ТЭЗ 11, расположенных в гнездах 10, горячими отработавшими газами и охлаждении других

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.047.00 ПЗ

Лист

25

спаянных концов ТЭП 14, расположенных снаружи, холодным воздухом, в рядах 13 ТЭЗ 11 каждой ТЭС 19 образуется термоэлектричество, которое суммируется в ТЭБ 21 и через токовыводы 22 и 23 подается потребителю.

Недостатком ГОЭГ является то, что во время его работы загрязняются гранулы-абсорбенты отработавших газов от тяжёлых примесей, что ведёт к уменьшению надёжности всей установки в целом. По мере загрязнения необходимо заменять содержимое контейнеров очистки. Также такая конструкция установки обуславливает малую эффективность генератора энергии.

1.3.1.2.2 Термоэлектрическая установка с возможностью поглощения шума

Глушитель-генератор для двигателя внутреннего сгорания [8]

На рисунках 1.14-1.15 изображен глушитель-генератор.

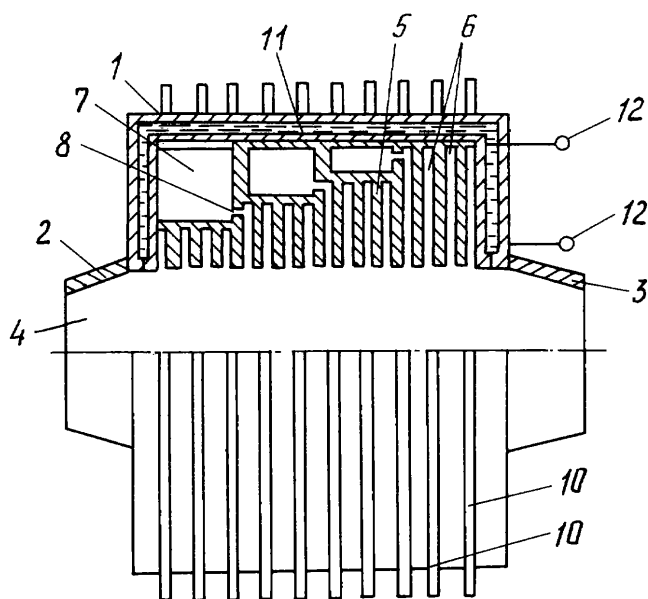


Рисунок 1.14 – Общий вид глушителя-генератора и его разрез

Глушитель-генератор содержит корпус 1 произвольной формы, например, прямоугольной, с впускным 2 и выпускным 3 патрубками и соосный проходной

канал 4, образованный шумопоглощающими элементами 5, представляющими собой блоки из разнородных термоэлектрических материалов. Блоки шумопоглощающих элементов 5 имеют группы углублений 6 равных диаметров и глубин. Глушитель-генератор снабжен резонансными полостями 7, расположенными со стороны внутренней поверхности корпуса 1, ограниченными осевым размером, равным длине соответствующей группы углублений 6 одной глубины, соединенных при помощи проходных отверстий 8 и углублений 6 с проходным каналом 4, а объемы полостей соотнесены в геометрической прогрессии.

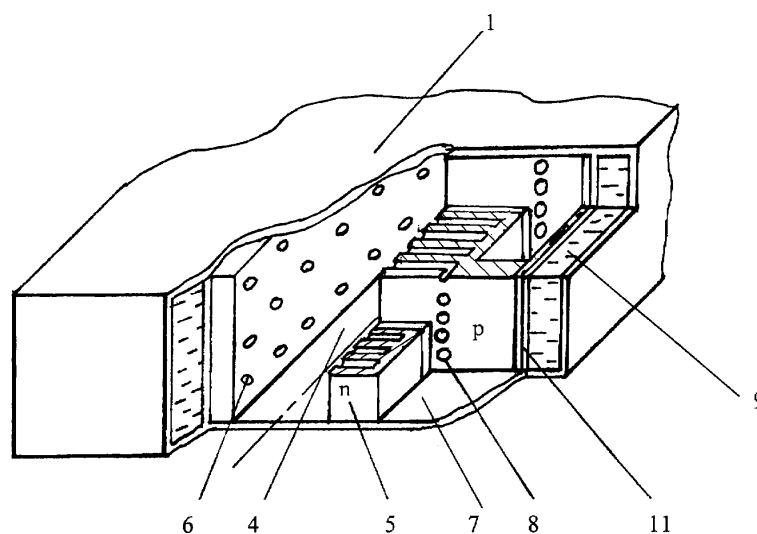


Рисунок 1.15 – Аксонометрическая проекция глушителя-генератора в разрезе

Для повышения перепада температур между отработавшими газами и шумопоглощающими элементами 5 корпус глушителя-генератора может быть снабжен радиатором 10 произвольной конструкции (рисунок 1.14) либо рубашкой охлаждения 9 (рисунок 1.15). Между шумопоглощающими элементами и корпусом глушителя находится изолирующий слой 11. Для подключения к потребителю разнородных термоэлектрических материалов с р- и n- проводимостью, образующих термоэлектрический генератор, выведены контакты 12.

Глушитель-генератор работает следующим образом.

Поток газа, характеризуемый температурой T_1 , проходя через впускной патрубок 2 по каналу 4, возбуждает в группах углублений 6 одинаковой глубины колебания в противофазе, в результате чего происходит заглушение звука в широкой полосе частот на высоких и в некоторой области средних частот. Через углубление 6 с проходным отверстием одновременно происходит отсос звуковой энергии на низких частотах, определяемых в основном объемом полостей 7, представляющих собой по существу резонаторы. При этом углубления 6 с проходным отверстием 8 благодаря тому, что диаметр отверстий 8 меньше диаметра углубления 6, выполняют и роль углублений 6, и роль горла резонаторов. Благодаря взаимодействию присоединенных масс углублений 6 с отверстиями 8, расположенными вдоль оси волновода на расстоянии друг от друга, малом по сравнению с длиной звуковой волны, полосы заглушения на низких, средних и высоких частотах расширяются и имеют значительную величину затухания.

Расширению полос заглушения способствует и то, что величины объемов резонансных полостей 7 относятся к геометрической прогрессии. При таком выполнении глушителя-генератора каждый объем полостей 7 заглушает определенную полосу частот, которые взаимно перекрываются.

Расширению полос заглушения и увеличению затухания способствует также при прочих равных условиях увеличение коэффициента перфорации шумопоглощающих элементов 5 за счет увеличения числа углублений, а не их диаметра. Это связано с тем обстоятельством, что большее число углублений 6 отбрасывает от звукового поля достаточно большую часть энергии в диапазоне частот, примыкающих к собственным частотам системы. Также при резком затухании колебаний звука отработавших газов происходит интенсивный нагрев шумопоглощающих элементов с потерей части тепла потока, что снижает выброс вредных веществ в атмосферу.

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

При прохождении отработавших газов сквозь углубления 6 шумопоглощающих элементов 5 происходит нагрев данных элементов, изготовленных из термоэлектрических материалов с р- и n- проводимостью, например, на основе теллурида свинца РbТе. Вследствие термоэлектрического эффекта в термопарах, соединенных в одну электрическую цепь, генерируется постоянный ток, подводимый к потребителю с помощью контактов 12. Изоляция 11 шумопоглощающих элементов предотвращает короткое замыкание одного из них на корпус глушителя, тем самым повышая разность потенциалов при переходе от одной термопары к другой. Генерируемый электрический ток может использоваться для питания приборов электрооборудования, например, для подзарядки стартерных аккумуляторных батарей.

За счёт накопления тепловой энергии шумопоглощающими материалами генерирование электроэнергии может продолжаться в течении 5 мин с момента остановки двигателя.

Вывод по 1 главе: существует множество различных вариантов возмещения тепловых потерь двигателя внутреннего сгорания, они различаются по сложности интеграции в систему автомобиля и по степени эффективности уменьшения тепловых потерь автомобиля. В данной выпускной квалификационной будет рассмотрен термоэлектрический генератор, т.к. степень его интеграции в систему автомобиля простая и может быть использована вместе с другими способами уменьшения тепловых потерь двигателя внутреннего сгорания.

2 ТЕОРИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

2.1 Открытие эффекта термоэлектрогенерации

В 1820 году Т.И. Зеебек открыл эффект возникновения электричества при нахождении разнородных проводников с разными температурами. Позже, в 1822 году он опубликовал результаты своих опытов в статье «К вопросу о магнитной поляризации некоторых металлов и руд, возникающей в условиях разности температур» Прусской академии наук.

Суть явления, которое вошло впоследствии в физику под термином «эффект Зеебека», состояла в том, что при замыкании концов цепи, состоящей из двух разнородных металлических материалов, спаи которых находились при разных температурах, магнитная стрелка, помещенная вблизи такой цепи, поворачивалась так же, как и в присутствии магнитного материала. В результате Зеебек наблюдал возникновение магнитного поля, которое фиксировалось по отклонению магнитной стрелки. Угол и направление поворота магнитной стрелки зависели от значения разности температур на спаях цепи и сочетания материалов, из которых была составлена цепь.

Эффективность термоэлектрического преобразования теплового потока в электрическую энергию для наилучшего сочетания значений термоэлектродвижущей силы (термо-ЭДС) рядов пар материалов, составленных самим первооткрывателем этого эффекта Томасом Зеебеком, могла достичь 2–3%, что значительно превосходило КПД паровых машин того времени. [9]

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				

2.2 Термоэлектрический модуль

Термоэлектрический модуль (ТЭМ) – это техническое устройство, предназначенное для прямого преобразования тепловой энергии в электричество посредством возникновения в замкнутой цепи термо-ЭДС, при поддержании на контактах, состоящих из разнородных полупроводников, разных температур.



Рисунок 2.1 – Термоэлектрический модуль в разрезе

В небольшом интервале температур термо-ЭДС E можно считать пропорциональной разности температур:

$$E = \alpha_{12}(T_2 - T_1), \quad (4)$$

где α_{12} – термоэлектрическая способность пары;

T_2 – температура горячего контакта;

T_1 – температура холодного контакта.

Более корректным выражением нахождения термо-ЭДС будет:

$$E = \int_{T_1}^{T_2} \alpha_{12}(T) dT \quad (5)$$

Возникновение эффекта Зеебека обуславливается несколькими составляющими:

- Объёмная разность потенциалов
- Контактная разность потенциалов
- Фононное увлечение

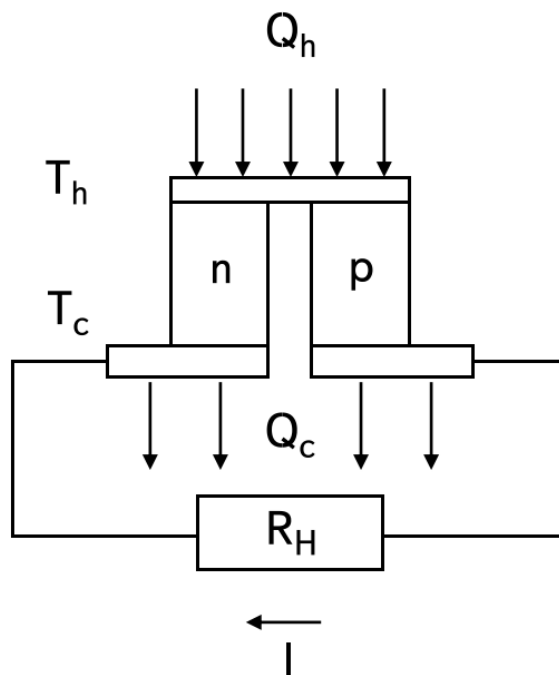


Рисунок 2.2 – Схематическое представление эффекта Зеебека

Данная конструкция термопары (рисунок 2.2) состоит из разнородных полупроводниковых термоэлементов n- и p- типа, соединенных между собой на одной стороне, другие два свободных конца подключаются к нагрузке R_H . Если температура места контакта отлична от температуры свободных концов, то по такой цепи пойдет ток, а на нагрузке будет выделяться полезная мощность. Для увеличения мощности и напряжения, термопары соединяют последовательно, образуя ТЭМ.

Цепь, состоящая из двух различных полупроводников, называется термоэлементом (или термопарой), а ее ветви —термоэлектродами.

Проводники, используемые в термоэлектродвигателях, должны обладать высоким показателем коэффициента термоэлектродвижущей силы и электропроводности, а также обладать низкой теплопроводностью, чтобы обеспечивать большой перепад температур между горячими и холодными спаями. Именно по этой причине в ТЭМ используются полупроводники. Наиболее популярные из них: теллурид висмута, теллурид свинца, теллурид сурьмы.

Коэффициент полезного действия термоэлектрического модуля определяется свойствами материалов, температурой холодного и горячего спаев кристаллов, термоэлектродвижущей силой, теплопроводностью, удельным электрическим сопротивлением и отношением величины внутреннего омического сопротивления к сопротивлению присоединенной внешней нагрузки потребителя.

Достоинствами ТЭМ являются компактность, бесшумность, отсутствие подвижных соединений, лёгкость регулировки, простота каскадных соединений для повышения мощности, универсальность использования.

Главным недостатком термоэлектрического модуля является низкий коэффициент полезного действия. Это проявляется в больших затратах мощности, требуемых для нагрева и охлаждения. Также стоит отметить, что в данный момент цена ТЭМ достаточно высока.

2.3 Определение параметров потребления энергии электрооборудованием автомобиля

Электрооборудование автомобиля – совокупность устройств, вырабатывающих, передающих и потребляющих электроэнергию на автомобиле.

Электрооборудование автомобиля представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электронных и электротехнических систем, приборов и

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				

устройств, обеспечивающих надёжное функционирование Двигателя, трансмиссии и ходовой части, безопасность движения, автоматизацию рабочих процессов автомобиля и комфортные условия для водителя и пассажиров.

К источникам тока можно отнести приборы и машины, преобразующие один из видов энергии в электрическую. На автомобиле источником тока являются аккумуляторная батарея и генератор.

В большинстве современных автомобилей источником электроэнергии выступает синхронный генератор трёхфазного переменного тока, связанного с приводом от основного двигателя.

На рисунке 2.3 представлен генератор автомобиля.

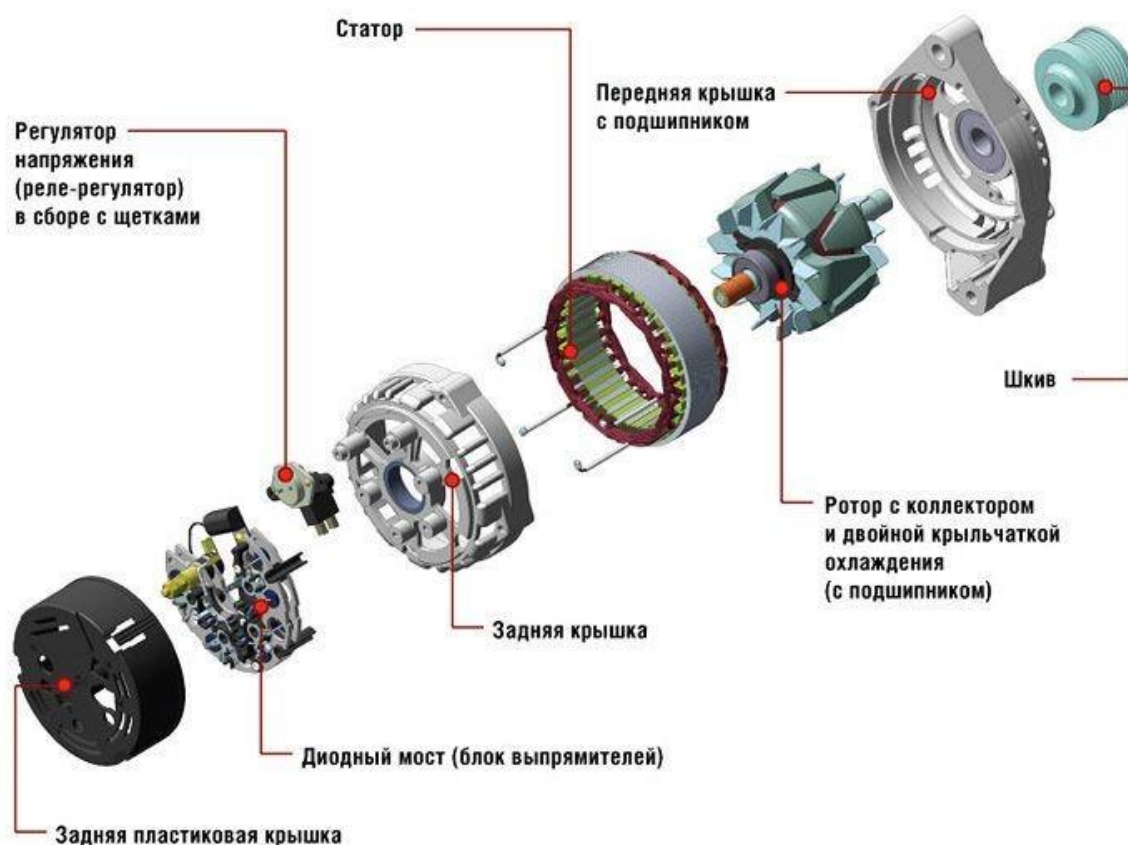


Рисунок 2.3 – Устройство автомобильного генератора

В современном автомобиле существует большое множество потребителей, преобразующих электрическую энергию в другой вид энергии: механическую, химическую, световую, тепловую и т.д. К потребителям энергии относятся системы зажигания и пуска двигателя, световая и звуковая сигнализация, приборы внутреннего и наружного освещения, контрольно-измерительные приборы, климатическая система, вспомогательные электронные системы, а также приводы управления механизмами, вентиляторы, стеклоочистители и т.д.

Чем выше производительность автомобильного генератора, тем большим количеством электрооборудования может быть укомплектован автомобиль.

Мощность генератора современного автомобиля среднего класса лежит в пределах 1000-2000 Ватт.

В таблицах 2.1 – 2.3 приведены примерные потребляемые токи различного электрооборудования автомобиля. [10]

Таблица 2.1 – Типовое постоянное потребление электроэнергии электрическими компонентами автомобиля

Постоянные нагрузки	Мощность, Вт	Ток нагрузки, А
Зажигание	30	2
Инжекторы	70	5
Топливный насос	70	5
Приборная панель	10	1
Итого	140	13

Таблица 2.2 – Типовое продолжительное потребление электроэнергии электрическими компонентами автомобиля

Продолжительные нагрузки	Мощность, Вт	Ток нагрузки, А
Габаритные и задние огни	30	2
Освещение номерного знака	10	1
Фары дальнего света	120	12

Продолжение таблицы 2.2

Продолжительные нагрузки	Мощность, Вт	Ток нагрузки, А
Фары ближнего света	110	10
Огни подсветки приборов	25	2
Мультимедийная система	30	2
Итого	215	19

Стоит учитывать, что постоянные (таблица 2.1) и продолжительные нагрузки (табл. 2.2) – это основные потребители электричества в автомобиле.

Кратковременные нагрузки (табл. 2.3) – это потребители с переменной кратковременной эксплуатацией, поэтому не дают суммарную постоянную нагрузку на генератор автомобиля.

Таблица 2.3 - Типовое кратковременное потребление электроэнергии электрическими компонентами автомобиля

Кратковременные нагрузки	Мощность, Вт	Ток нагрузки, А
Нагреватель	50	3,5
Индикаторы	50	3,5
Стоп-сигналы	40	3
Передние стеклоочистители	80	6
Задние стеклоочистители	50	3,5
Электрические стеклоподъёмники	150	11
Вентилятор охлаждения радиатора	150	11
Обогреватель заднего стекла	120	9
Лампы внутреннего освещения	10	1
Звуковые сигналы	40	3
Задние противотуманные фонари	40	3

Продолжение таблицы 2.3

Кратковременные нагрузки	Мощность, Вт	Ток нагрузки, А
Фонари заднего хода	40	3
Дополнительные лампы	110	8
Прикуриватель	100	7
Очиститель передних фар	100	7
Регулировка сидения	150	11
Подогрев сидения	200	14
Мотор привода люка в крыше	150	11
Электрические приводы зеркал	10	1
Итого	1640	125,5

Для постоянного и непрерывного питания потребителей энергии служит автомобильный аккумулятор. Аккумулятор обеспечивает пуск двигателя автомобиля. После запуска двигателя аккумулятор подзаряжается от генератора, а дальше работает буферным накопителем энергии для генератора, сглаживая перепады напряжения при подключении мощных потребителей энергии.

Аккумуляторная батарея состоит из шести свинцово-кислотных аккумуляторов и является химическим источником постоянного тока, обеспечивающем питание автомобиля при неработающем двигателе.

На рисунке 2.4 изображена шестисекционная автомобильная аккумуляторная батарея.



Рисунок 2.4 – Автомобильная аккумуляторная батарея

Источники электроэнергии связаны с потребителями энергии проводами. На автомобилях применяется однопроводная система проводки, в которой положительные полюсы источников и потребителей, работающих только на постоянном токе, соединены друг с другом изолированными проводами. Отрицательные полюсы соединяются через металлические части корпуса автомобиля. Использование однопроводной системы обеспечивает экономию проводов и упрощает схему соединения электрооборудования. Приборы аварийного освещения некоторых ТС подключают к источникам электроэнергии с применением двухпроводной системы.

К электрооборудованию относятся также выключатели, отключатели «массы» (отсоединяющие отрицательный полюс источника электроэнергии от корпуса ТС), предохранители, приборы, обеспечивающие работу генератора и стартера. Выключатели, предохранители и соединительные панели, имеющиеся в электросхеме, составляют группу коммутационной аппаратуры.

Приборы, кратковременно потребляющие ток большой силы, и приборы, работающие в аварийных случаях (например, стартер, сигнал, подкапотная лампа для подсветки и др.), подключены к линии «амперметр—аккумулятор», а осталь-

ные потребители электроэнергии — к линии «амперметр—генератор». Контрольные приборы, звуковой сигнал и подсветка включены в цепь через плавкие предохранители, защищающие их от перегрузки. [11]

2.3.1 Определение параметров потребителя энергии термоэлектрической установки

Главным условием для выбора потребителя электроэнергии, которая вырабатывается термоэлектрической установкой, является работа с запущенным двигателем. Максимальный КПД ТЭМ будет достигнут, при максимальной разности температур, нагреваемой и охлаждаемой пластин термоэлектрического генератора.

Термоэлектрический генератор на выхлопной системе показывает наиболее эффективную работу, когда автомобиль находится в движении, а также при режиме холостого хода. С увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя будет увеличиваться температура отработавших газов (рис. 2.5). Следовательно, при большей нагрузке на двигатель термоэлектрическая установка будет выделять больше энергии.

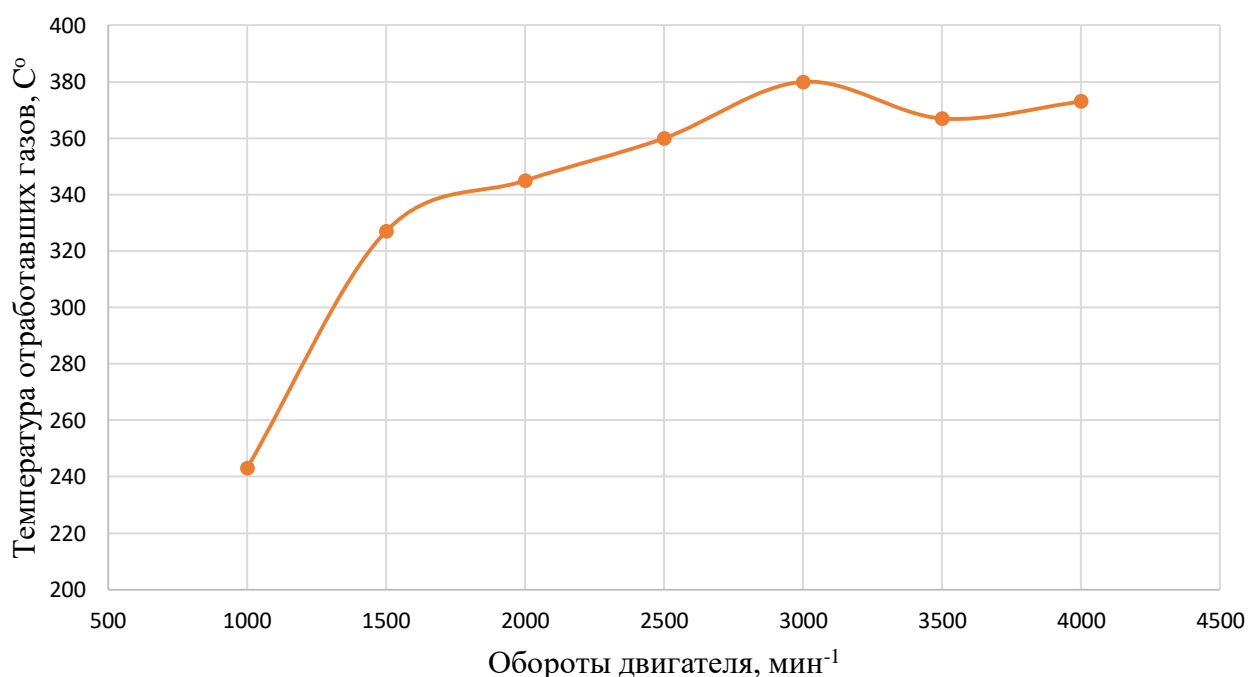


Рисунок 2.5 – Зависимость температуры отработавших газов от частоты вращения коленчатого вала

Во время движения автомобиля, обратно пропорционально увеличению скорости будет уменьшаться температура некоторых частей его корпуса, что обусловлено аэродинамикой автомобиля. На рисунке 2.6 изображена аэродинамика среднестатистического легкового автомобиля. Можно заметить, что температура воздуха как сверху автомобиля, так и в области выхлопной системы автомобиля ниже температуры окружающего воздуха.

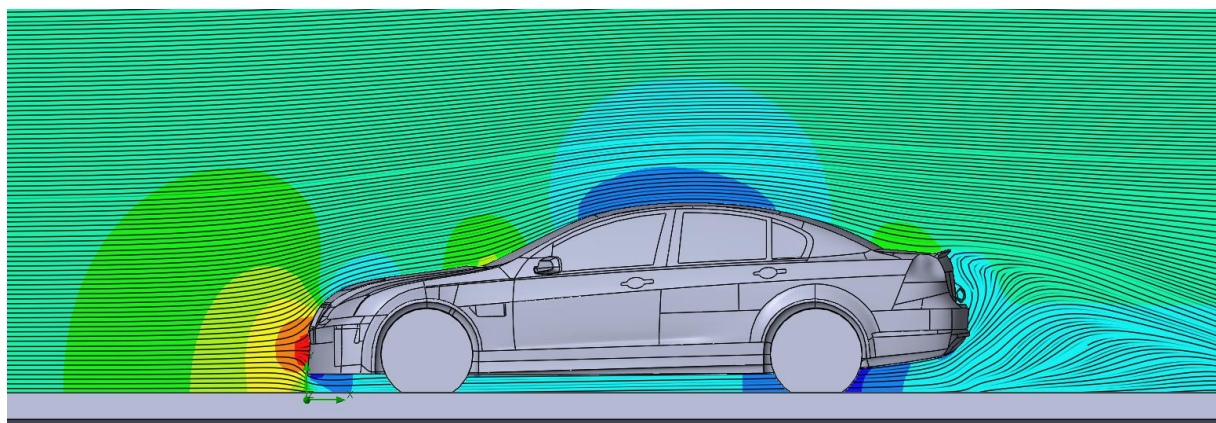


Рисунок 2.6 – Аэродинамика среднестатистического легкого автомобиля

С увеличением скорости растёт разница температур между обтекаемыми частями автомобиля и температурой окружающего воздуха. Это обусловлено тем, что на любой объект оказывает влияние ветро-холодовой индекс. Т.е. при увеличении скорости ветра происходит уменьшение температуры окружающего воздуха.

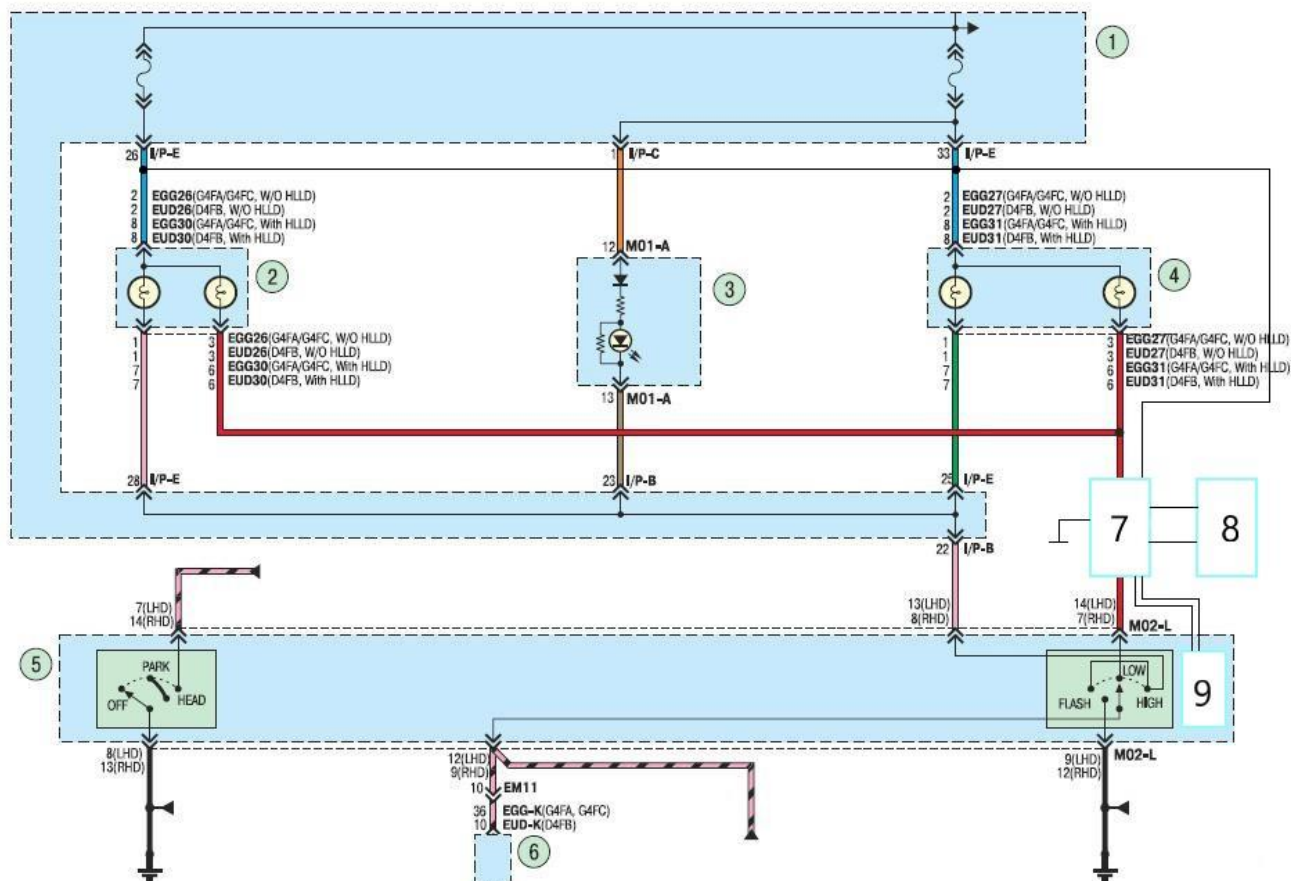
Такая аэродинамическая характеристика автомобиля обеспечит наибольшую разницу температур холодной и горячей пластин термоэлектрического модуля.

Требованиям, предъявляемым к потребителю энергии термоэлектрического генератора, может удовлетворять система ближнего света автомобиля. Си-

система ближнего света представляет собой световые приборы, которые предназначены для улучшения видимости движущегося транспортного средства спереди в светлое время суток. Движение автомобиля с включенным ближним светом является обязательным. Это регламентируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 мая 2010 года номер 316 “О внесении изменений в постановление Совета Министров-Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 года номер 1090”. [12]

В качестве ближнего света часто используются дневные ходовые огни. Современные автомобили автоматически включают ближний свет фар, при условии снятия его с парковочного тормоза. Потребителем электроэнергии термоэлектрической установки будет служить система ближнего света автомобиля. Для оснащения автомобиля термоэлектрической установкой необходимо внести изменения в заводскую проводку, к примеру, автомобиля Hyundai Solaris, как это показано на рисунке 2.7. [13] Для этого осуществляется врезка блока реле 7 между лампами ближнего света фар 2,4 и подрулевого выключателя 5. Работа блока реле 7 будет осуществляться в автоматическом режиме, который начинает работу при включении тумблера 9. Электрическая схема термоэлектрической установки работает следующим образом. При включении тумблера 9, блок реле 7 анализирует силу тока, которая поступает от термоэлектрической установки 8. Если термоэлектрический генератор 8 вырабатывает достаточное количество тока, которое необходимо для питания системы ближнего света фар, блок реле 7 отключает питание от аккумулятора или генератора. Таким образом, система ближнего света фар питается напрямую от термоэлектрической установки.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					



- 1 – монтажный блок в салоне автомобиля;
- 2 – лампы ближнего и дальнего света левой фары;
- 3 – комбинация приборов;
- 4 – лампы ближнего и дальнего света правой фары;
- 5 – подрулевой переключатель наружного освещения и указателей поворота;
- 6 – электронный блок управления двигателем;
- 7 – блок реле термоэлектрической установки;
- 8 – термоэлектрическая установка;
- 9 – тумблер активации блока реле.

Рисунок 2.7 – Модернизированная электрическая схема блока фар автомобиля Hyundai Solaris

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.047.00 ПЗ

Лист

42

2.4 Определение параметров термоэлектрической установки

Энергия сгорания топлива в цилиндрах, преобразуется в полезную механическую энергию с значительными потерями. В реальном двигателе потери идут на трение, теплообмен, неполноту сгорания и другие причины. Распределение теплового энергии топлива, которое сгорает в двигателе, демонстрируется составляющими внешнего теплового баланса.

$$Q_0 = Q_e + Q_{\text{газ}} + Q_{\text{вод}} + Q_{\text{ост}}, \quad (6)$$

где Q_0 – теплота, введённая в цилиндры двигателя с топливом при режиме номинальной нагрузки;

Q_e – количество тепла, преобразованное в эффективную работу;

$Q_{\text{газ}}$ – потери с отходящими газами, т. е. физическое тепло выбрасываемых газов;

$Q_{\text{вод}}$ – потери на охлаждения – тепло, которое уносится водой или воздухом, охлаждающим цилиндр двигателя;

$Q_{\text{ост}}$ – прочие потери – остаточный член баланса, в который частично входят потери на трение и в окружающую среду.

Известны значения Q_0 , Q_e , $Q_{\text{газ}}$, $Q_{\text{вод}}$, $Q_{\text{ост}}$ современных инжекторных двигателей, которые приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Процентные доли элементов теплового баланса

Элемент теплового баланса	Доля от общего, %
Q_e	35,6
$Q_{\text{газ}}$	39,87
$Q_{\text{вод}}$	16,62
$Q_{\text{ост}}$	7,91

Определение параметров термоэлектрической установки будет проводиться на примере автомобиля Hyundai Solaris. Из технических характеристик автомобиля Hyundai Solaris известно, что двигатель серии Gamma объёмом 1.6 л обладает максимальной мощностью двигателя равной 123 л.с., что в переводе составляет 90,46 киловатт. Исходя из уравнения теплового баланса, необходимо определить количество энергии, которое отводится с отработавшими газами. из общего количества энергии, которая выделяется в цилиндрах двигателя при сгорании топлива, равному 254,12 киловатт, доля энергии отработавших газов составляет 101,31 киловатт.

Площадь выхлопной системы, удовлетворяющая возможности эффективной установки термоэлектрического модуля, не применяя конструктивных изменений, составляет около 10%. Передний глушитель и катализатор обладают температурой необходимой для эффективной работы термоэлектрической установки.

Исходя из площади, которая способна разместить термоэлектрическую установку, получаем что, количество поглощаемой энергии будет составлять не менее 20,26 киловатт.

Коэффициент полезного действия для термоэлектрической установки, в зависимости от материала используемых в ней, составляет не более 10%. Это значит, что если использовать всю доступную площадь для термоэлектрической установки, то можно получить 1 кВт энергии.

Термоэлектрическая установка будет состоять из ТЭМ марки TEG1-24111-6.0. Данный модуль выбран, в связи с тем, что температура выхлопной системы автомобиля превышает 200 °С, а значит наиболее доступные ТЭМ использовать невозможно. [14]

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ					

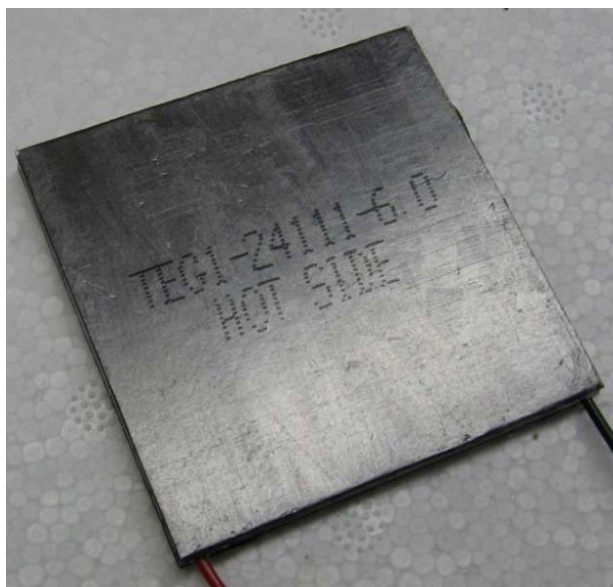


Рисунок 2.8 – термоэлектрический модуль TEG1-24111-6.0

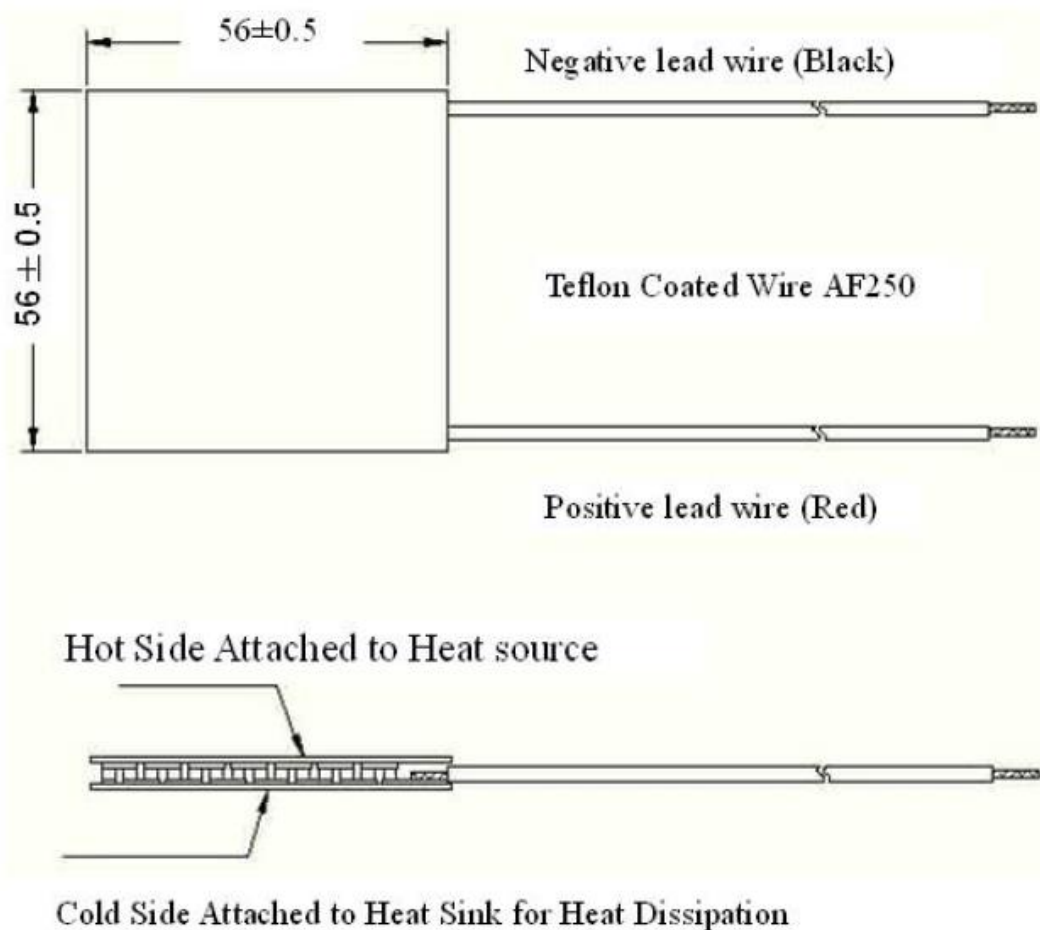


Рисунок 2.9 – Габаритный чертёж ТЭМ TEG1-24111-6.0

Таблица 2.5 – Технические характеристики ТЭМ TEG1-24111-6.0 в режиме генерации электричества

Температура горячей стороны, (°C)	300
Температура холодной стороны, (°C)	30
Напряжение холостого хода (В)	17,7
Сопротивление согласованной нагрузки, (Ом)	4,4
Выходное напряжение согласованной нагрузки, (В)	8,8
Выходной ток согласованной нагрузки, (А)	2
Выходная мощность согласованной нагрузки, (Вт)	17,6
Тепловой поток через модуль, (Вт)	301
Плотность теплового потока, (Вт*см ⁻²)	9,6
Сопротивление переменного тока, (Ом) Измерено при 27 ° С при 1000 Гц	2,3~2,5

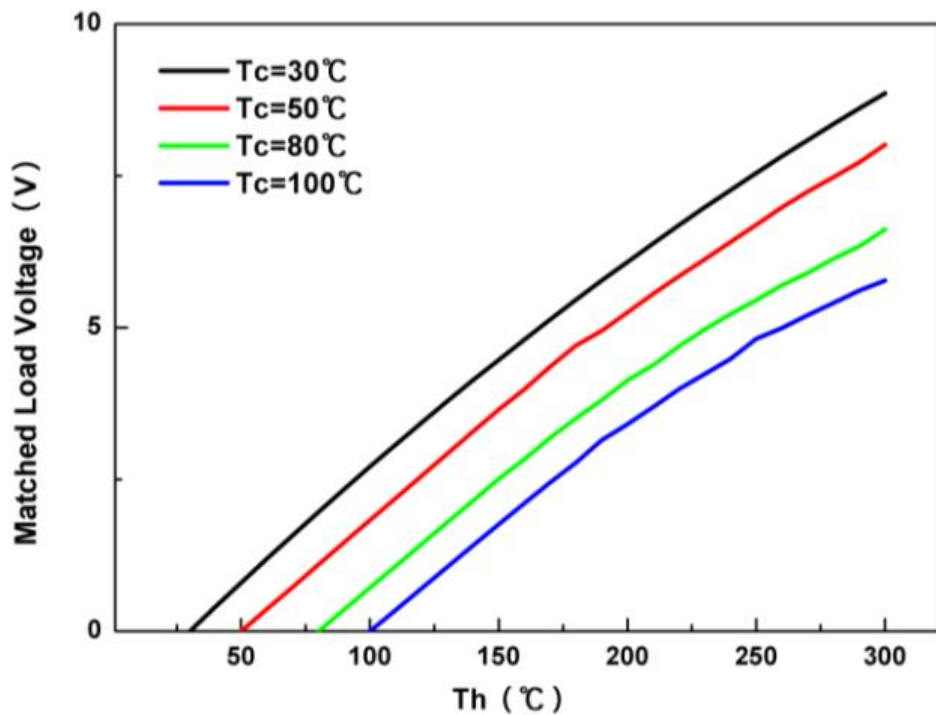


Рисунок 2.10 – График зависимости напряжения от разности температур между пластинами ТЭМ

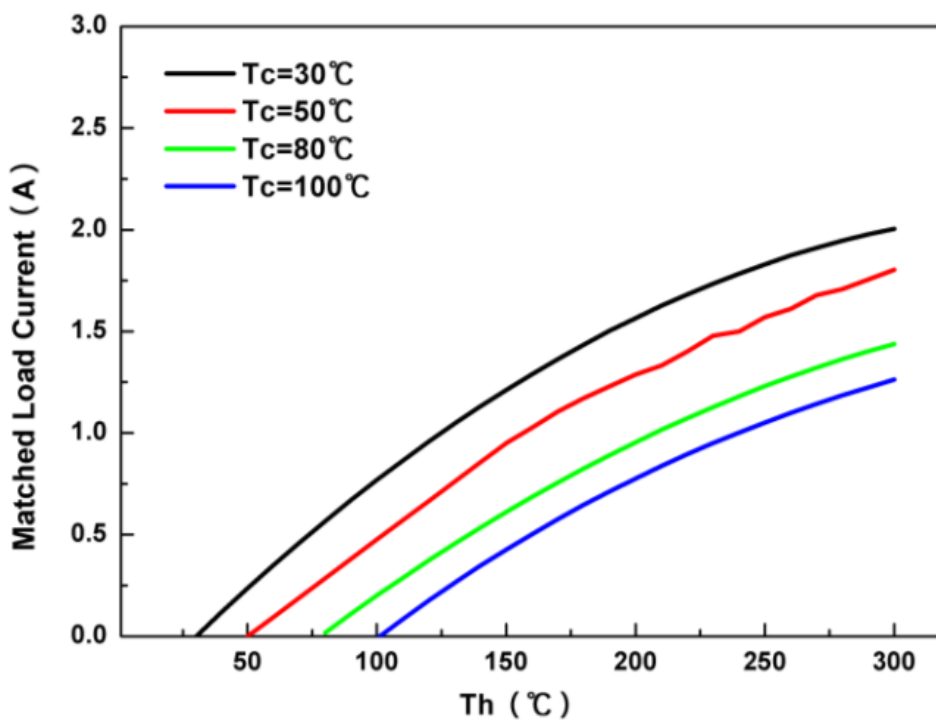


Рисунок 2.11 – График зависимости силы тока от разности температур между пластинами ТЭМ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.047.00 ПЗ

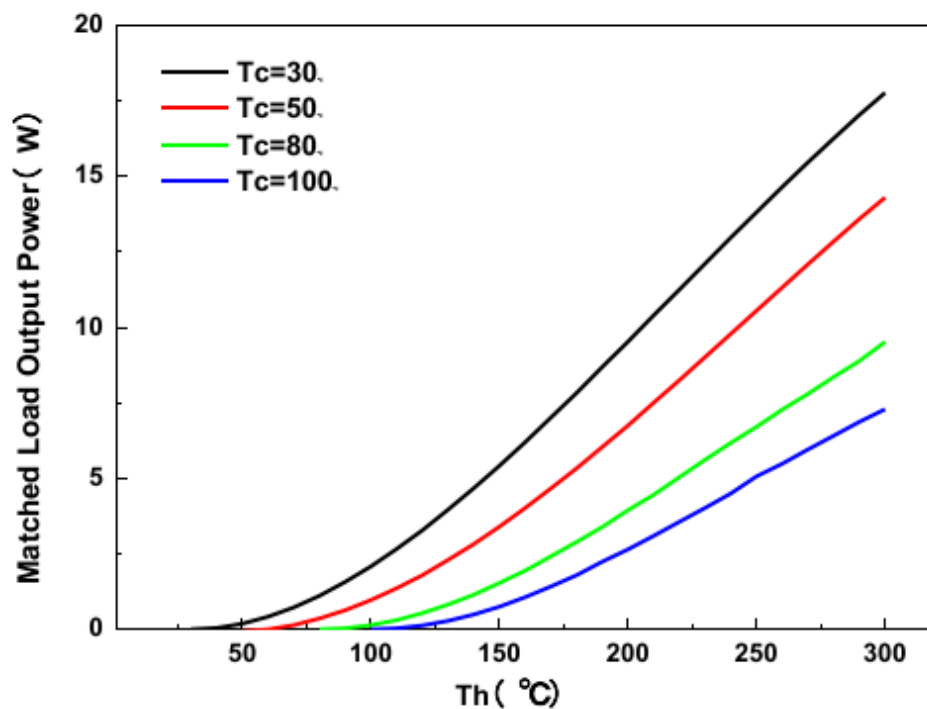


Рисунок 2.12 – График зависимости выходной мощности от разности температур между пластинами ТЭМ

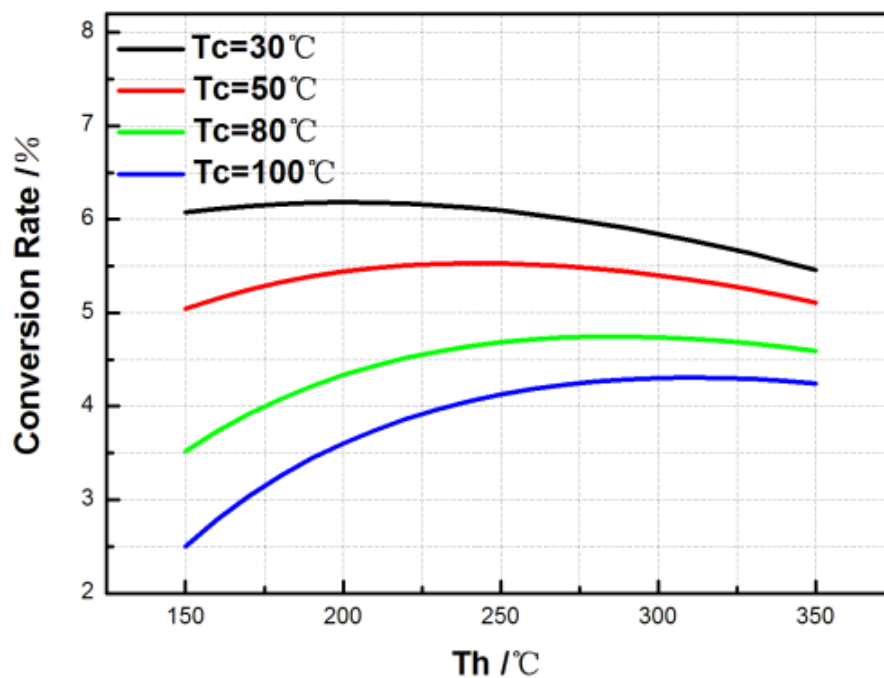


Рисунок 2.12 – График зависимости КПД от разности температур между пластинами ТЭМ

Термоэлектрические модули – это сложные устройства, и их применение сопряжено с рядом требований, невыполнение которых может привести к его деградации, снижению эффективности или выходу из строя.

- Работа модулей сопряжена с использованием высоких температур.

Для отвода тепла должен быть установлен соответствующий радиатор. Иначе:

а) Перегрев горячей стороны более 320°C может привести к выходу из строя термоэлектрического модуля.

б) При высоких температурах кристаллы модуля деградируют, что приводит к снижению эффективности и срока службы.

- Необходим надёжный контакт модуля с радиатором охлаждения.
- Не допустим обратный ток с пульсациями более 5 процентов.
- Не допустимо нарушение герметичности модуля.
- Не допустимо превышение параметров максимального тока и напряжения.

В качестве энергопотребителя будут выступать две галогеновые лампы H4 DiamondVision – 12342DVS2 марки Philips (Рисунок 2.13) [15]



Рисунок 2.13 – Галогеновые лампы Philips H4 DiamondVision – 12342DVS2

Таблица 2.6 – Технические характеристики галогеновых ламп Philips H4 DiamondVision – 12342DVS2

Тип цоколя	H4
Цвет	Холодный белый
Цветовая температура, К	До 5000
Световой поток, Лм	950 ± 15%
Мощность, Вт	60/55
Напряжение, В	12

2.4.1 Расчет количества термоэлектрических модулей

Согласно графикам, представленным на рисунках 2.11 и 2.12, термоэлектрический модуль, при разности температур его сторон в 160°C, вырабатывает не менее 9 Вт электроэнергии при 1,5 А.

Энергопотребитель, представленный в виде двух галогеновых ламп Philips, потребляет 10 ампер при 12 вольтах постоянного тока.

Автоматический блок реле, работающий в режиме ожидания, будет потреблять 0,1 ампер. В совокупности, энергопотребление всей системы будет составлять 10,1 ампер.

Для получения нужной силы тока, необходимо воспользоваться правилом параллельного соединения проводников. Сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил токов в отдельных параллельно соединённых проводниках (формула 7).

$$I=I_1+I_2+\dots+I_n \quad (7)$$

$$I=1,5+1,5+1,5+1,5+1,5+1,5+1,5=10,5A$$

При параллельном соединении семи термоэлектрических модулей по 1,5 ампер, будет получена необходимая сила тока в 10,5 ампер.

Для получения необходимого напряжения, необходимо воспользоваться правилом последовательного соединения проводников. Полное напряжение в цепи при последовательном соединении равно сумме напряжений на отдельных участках цепи.

$$U=U_1+U_2+\dots+U_n \quad (8)$$

$$U=6+6=12 \text{ В}$$

По вычисленным параметрам определено, что для обеспечения питания двух галогеновых ламп, необходимо использовать по два последовательно соединенных модуля.

Для полноценного обеспечения питания ближнего света с галогеновыми лампами мы используем четырнадцать ТЭМ ТEG1-24111-6.0. Т.е. установка будет представлять каскад из семи термоэлектрических блоков, содержащих по два термоэлектрических модуля. Схема соединения представлена на рисунке 2.14.

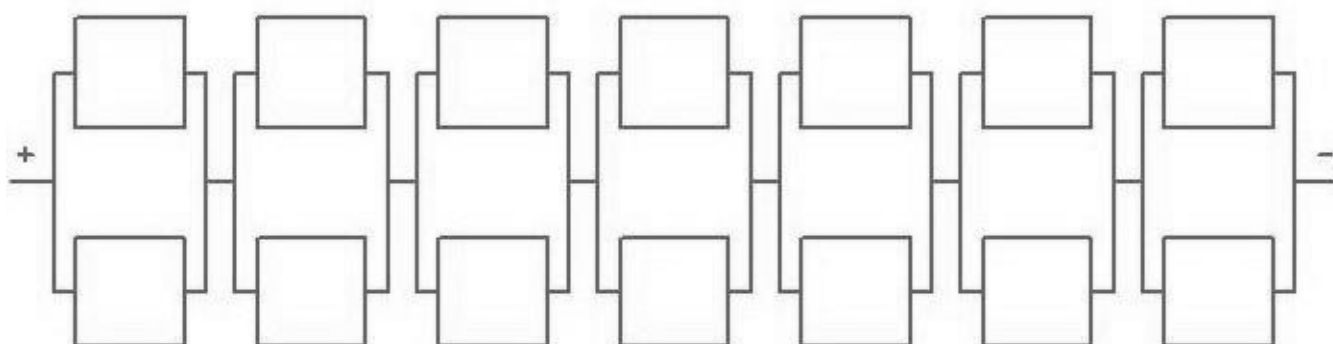


Рисунок 2.14 – Схема термоэлектрической установки

Данная установка будет занимать на переднем глушителе площадь 180x300 мм.

2.4.2 Расчёт радиатора охлаждения для термоэлектрической установки

Для стабильной работы термоэлектрической установки требуется выполнить расчёт параметров радиатора охлаждения. Необходимо определить параметры, которые дадут максимальную разницу температур холодной и горячей сторон установки.

Мощность тепловых потоков определяется из уравнений теплоотдачи и теплопроводности, следующих из закона Ньютона-Рихмана.

Мощность теплопередачи горячего теплового потока Q_1 , Вт.

$$Q_1 = \alpha * A * (T_{\Gamma} - T_1) \quad (9)$$

где α – коэффициент теплоотдачи горячей стороны, Вт/м²*К;

A – площади поверхности теплообмена горячей стороны, м²;

T_{Γ} – температура отработавших газов, К;

T_1 – температура стенки выхлопной трубы, К.

$$Q_1 = 46,5 * 0,003136 * (473 - 293) = 24,79 \text{ Вт}$$

Мощность теплопередачи термоэлектрического модуля равна 24,79 Вт.

Мощность теплопередачи холодного теплового Q_2 , Вт.

$$Q_2 = \alpha * A * (T_2 - T_{\text{возд}}) \quad (10)$$

где α – коэффициент теплоотдачи холодной стороны, Вт/м²*К;

A – площади поверхности теплообмена радиатора, м²;

T_2 – температура ребер радиатора, К;

$T_{\text{возд}}$ – температура окружающей среды, К.

$$Q_2 = 35 * 0,15 * (327 - 298) = 15,225 \text{ Вт}$$

При теоретическом коэффициенте полезного действия термоэлектрического генератора равном 5 процентов и рабочей разницы холодной и горячей сторон модуля в 170 °С, мощность теплопередачи холодного теплового потока будет равна 95% от мощности горячего теплового потока, поэтому она будет равна 23,5 Вт. Так как теоретический коэффициент полезного действия термоэлектрического модуля равный 5 процентов является максимальным и достигается только на промышленных образцах, будет обеспечен запас охлаждающей мощности для предотвращения перегрева и выхода модуля из строя.

Также стоит отметить, что ввиду конструкции радиатора, воздушный поток будет значительно уменьшать температуру, увеличивая отводящее тепло свойство радиатора.

При высоких параметрах мощности теплопередачи холодного теплового потока необходимо принудительное охлаждение термоэлектрического модуля с помощью вентилятора или системы водяного охлаждения. В противном случае, размеры стандартного радиатора воздушного охлаждения будут больше допустимого, так как термоэлектрическая установка располагается в ограниченном пространстве.

Решением данной проблемы может быть изготовление корпуса термоэлектрической установки в виде радиатора из теплопроводящего материала или создание каскадных соединений термоэлектрических модулей. Способ создания каскадных соединений является рациональным, так как будет осуществлено несколько переходов мощности теплопередачи горячей стороны, что снизит мощность теплопередачи холодного потока и способствует уменьшению размеров радиатора. Но при низкой температуре выхлопных газов электрическая мощность, которая вырабатывается каскадом термоэлектрических модулей, будет ниже, чем при подключении одного модуля. Поэтому необходимо установить термоаккумулятор в виде пластины теплопроводящего металла.

При установке термоэлектрического модуля на поверхность выхлопной трубы автомобиля он будет прилегать в виде линии. Поэтому мощность теплового

потока выхлопных газов не в полной мере будет передаваться термоэлектрическому модулю. Для лучшего отведения тепла установим 9 радиаторов марки СІХІ. (Рисунок 2.15) [16]



Рисунок 2.15 – радиатор ребристый СІХІ HS 183-100

Таблица 2.7 – Технические характеристики радиатора HS 183-100

Параметр	Значение
Длина, мм	100
Ширина, мм	50
Высота, мм	17
Материал	Алюминий
Удельное тепловое сопротивление, дюйм*град/Вт	6,8

2.4.3 Применение буферного накопителя энергии

Буферный накопитель энергии, подключенный к термоэлектрической установке будет обеспечивать аккумуляцию энергии, когда энергия, поступающая с установки будет превышать потребляемую энергию, требуемую нашим потребителем.

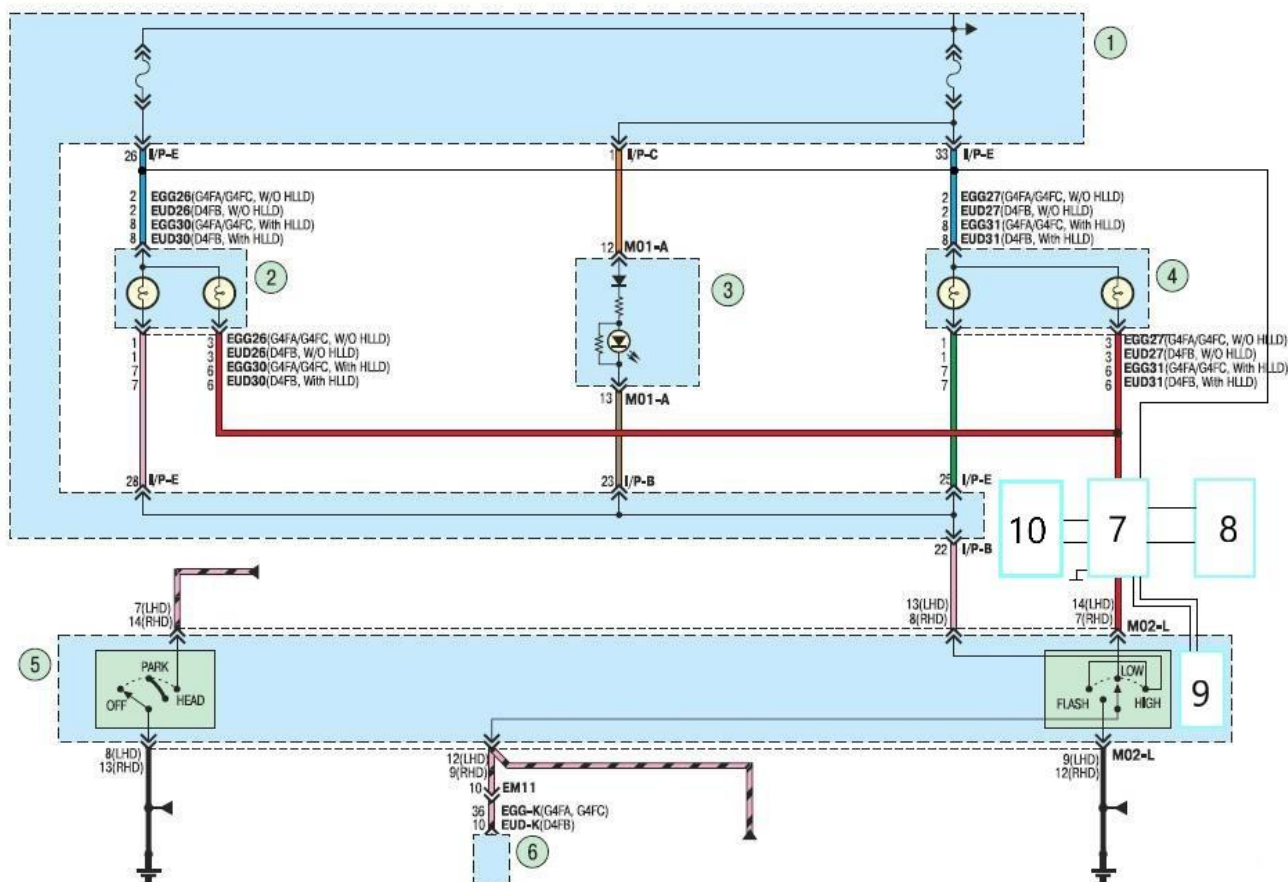
Такая модификация к установке, даст дополнительную экономию в топливе, т.к. даст дополнительную энергию, для питания электрической системы автомобиля.

В данной установке рекомендуется использовать Li-ion аккумуляторы, так как КПД их заряд-разряда среди аккумуляторов наиболее велико и достигает 90%. Рекомендуется использовать li-ion аккумуляторы с встроенной защитой от избыточного заряда, для повышения надёжности работы всей системы.

Один из вариантов расположения буферного накопителя энергии – это установка его рядом с блоком реле термоэлектрической установки. Такое расположение аккумулятора даст возможность покрывать энергопотребление блок-фар автомобиля в период простоя.

Для оснащения автомобиля термоэлектрической установкой с буферным накопителем необходимо внести изменения в заводскую проводку, к примеру, автомобиля Hyundai Solaris, как это показано на рисунке 2.16. [13] Для этого осуществляется врезка блока реле 7 между лампами ближнего света фар 2,4 и подрулевого выключателя 5. Работа блока реле 7 будет осуществляться в автоматическом режиме, который начинает работу при включении тумблера 9. Электрическая схема термоэлектрической установки работает следующим образом. При включении тумблера 9, блок реле 7 анализирует силу тока, которая поступает от термоэлектрической установки 8. Если термоэлектрический генератор 8 вырабатывает достаточное количество тока, которое необходимо для питания системы ближнего света фар, блок реле 7 отключает питание от штатного аккумулятора или генератора. Если количество тока избыточно для питания системы ближнего

света фар, то избыточная энергия питает буферный накопитель энергии 10. Таким образом, система ближнего света фар питается напрямую от термоэлектрической установки. А в случае недостаточного тока, может ограниченное количество времени работать от буферного накопителя энергии. Время работы будет определяться объёмом буферного накопителя энергии.



- 1 – монтажный блок в салоне автомобиля;
- 2 – лампы ближнего и дальнего света левой фары;
- 3 – комбинация приборов;
- 4 – лампы ближнего и дальнего света правой фары;
- 5 – подрулевой переключатель наружного освещения и указателей поворота;
- 6 – электронный блок управления двигателем;
- 7 – блок реле термоэлектрической установки;
- 8 – термоэлектрическая установка;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.047.00 ПЗ

Лист

56

- 9 – тумблер активации блока реле;
- 10 – буферный накопитель энергии.

Рисунок 2.16 – Модернизированная электрическая схема блока фар с буферным накопителем энергии автомобиля Hyundai Solaris

Вывод по 2 главе: размещенная термоэлектрическая установка обеспечит рекуперацию энергии, способную обеспечить энергией, как минимум питание для ближнего света автомобиля. Для большей эффективности установки, можно использовать буферный накопитель энергии. Рекомендуется использовать li-ion аккумуляторы так как их КПД заряд-разряда достигает 90%. При использовании термоэлектрического генератора на высоких скоростях, будет происходить аккумуляция энергии, а также последующая её отдача на нужды потребителей электрической системы автомобиля.

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Правила по охране труда на производстве являются отраслевым нормативным документом, действие которого распространяются на предприятия, независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности.

Правила по охране труда устанавливают на территории РФ требования по охране труда, обязательные для исполнения в сельском хозяйстве при выполнении отдельных видов работ, при эксплуатации оборудования, подвижного состава, производственных территорий и помещений.

Правила определяют так же меры направленные на предупреждение воздействия опасных и вредных производственных факторов на работников. На предприятии, помимо правил по охране труда, должны выполняться требования, установленные в нормативных актах ГОСКОРТЕХНАДЗОРА, ГОСКОМСАНЭПИДНАДЗОРА, ГОСЭНЕРГОНАДЗОРА и других органов, осуществляющих государственный и общественный надзор.

Правила по охране труда разработаны в соответствии с основами законодательства РФ об охране труда и другими нормативами и правовыми актами по охране труда.

3.1 Организационные требования

1 Официальным документ, который определяет требования безопасности: ГОСТ 12.2.003-91.

2 Ответственность за безопасные условия труда возлагается на преподавателя.

3 Надзор и контроль за выполнением требований безопасности осуществляют:

государственный – Гостехнадзор;

административный – преподаватель;

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				

общественный – заведующий лабораторией.

4 Обучение обслуживающего персонала безопасным приемам труда по ГОСТ 12.0.004-90.

5 Требуемая спецодежда: костюм х/б, срок носки 12 месяцев;

рукавицы комбинированные, срок носки 3 месяца.

6 Медицинский осмотр 1 раз в год.

Технические средства защиты

1 Защитное заземление.

2 Диэлектрический коврик или решетка для ног.

3 Ограждения Деталей с высокой температурой.

4 Блокировочные устройства – электрические концевые выключатели.

Требования производственной санитарии

1 Официальным документом, регламентирующим условия труда на рабочем месте, является ГОСТ 12.1.005 - 88;

2 Микроклимат:

температура – +20°С;

относительная влажность – 60 процентов;

скорость воздуха – 0,1 м/сек;

3 Состояние воздушной среды:

концентрация пыли – 4 мг/м;

окись углерода – 20 мг/м.

4 Освещенность искусственная – 100 лк.

5 Шум по ГОСТ 12.1.003-83 не более 80 дБА.

6 Вибрация по ГОСТ 12.1.012-90 не более 119 Дб.

Требования пожарной безопасности

1 Ответственность за обеспечение требования пожарной безопасности возлагается на преподавателя.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.04.7.00 ПЗ					

- 2 Категория работ по пожарной безопасности – В.
- 3 Огнегасительное вещество – углекислый газ (СО), огнетушитель ОУ – 5.

Требования эргономики

- 1 Рабочая поза — стоя.
- 2 Категория работ по тяжести — вторая.
- 3 Вид органов управления — кнопки, реостаты, щупы.
- 4 Расположение органов управления соответствует ГОСТ 12.2064 - 81.
- 5 Усилие на органы управления:
 - кнопки — 10 Н;
 - реостаты — 10 Н;
 - щупы — 10 Н.

Выводы по 3 главе:

1 Техника безопасности крайне важна при эксплуатации и обслуживании термоэлектрической установки. Пренебрежение ТБ может привести к тяжёлым последствиям.

2 Соблюдение правил хранения и обслуживания поможет предотвратить возникновение различных повреждений, а также продлить срок работы установки.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Для обеспечения 1 кВт/ч генератор автомобиля потребляет около 0,35 литров топлива. В автомобиле Hyundai Solaris стоит генератор LG 08L4 (Рисунок 4.1)



Рисунок 4.1 – генератор LG 08L4

Таблица 4.1 – технические характеристики генератора LG 08L4

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, В	14,6
Максимальный выпрямленный ток, А	90
Мощность, Вт	1314
1500 оборотах ротора генератора, А	35
3000 оборотах ротора генератора, А	70
5000 оборотах ротора генератора, А	90
Регулятор напряжения, тип	цифровой

Экономия энергии не менее 110 Вт/ч, которую вырабатывает термоэлектрический генератор позволяет сэкономить не менее 0,03 литра топлива в час. А на скорости выше 60 км/ч – 0,06 литра топлива в час.

Можно сделать вывод, что термоэлектрическая установка способна обеспечить работоспособность системы освещения ближнего света фар.

Потребления бензина на холостом ходу автомобиля:

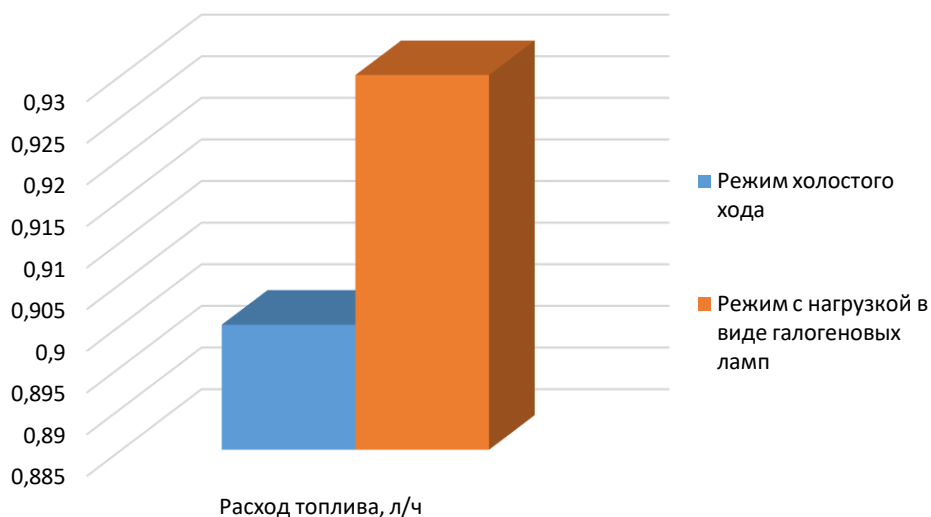


Рисунок 4.2 – часовой расход топлива на холостом ходу и с нагрузкой

В смешанном режиме езды Hyundai Solaris потребляет 6,6 л/100км. [17]

Среднестатистический автомобиль проезжает 25000 километров за год.

Произведём расчёт количества топлива, которое будет израсходовано автомобилем в течении года.

$$Q_1 = A * B, \quad (11)$$

где A – количество сотен километров, проезжаемое в год;

B – расход топлива в смешанном режиме езды.

$$Q_1 = 250 * 6,6 = 1650 \text{ л}$$

Произведём расчёт количества топлива, которое будет израсходовано автомобилем в течении года с установленной на нём термоэлектрической установкой.

$$Q_2 = 250 * 6,54 = 1635 \text{ л}$$

Годовая экономия топлива при использовании термоэлектрического генератора, принимая среднюю цену 1 литра топлива 41,6 рублей (С), составит:

$$\Delta Q = 1650 - 1635 = 15 \text{ л}$$

$$\mathcal{E}_r = \Delta Q * C = 15 * 41,6 = 624 \text{ рубля}$$

Вывод по 4 главе: термоэлектрический генератор, установленный на автомобиль, позволяет сэкономить 15 литров топлива в год. Экономический эффект будет равен 624 рублям.

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было сделано следующее: проведен анализ существующих термоэлектрических установок, были проведены расчёты термоэлектрической установки и её охлаждения, рекомендована установка буферного накопителя и произведено технико-экономическое обоснование установки термоэлектрических модулей на автомобиль, а также разработаны мероприятия по соблюдению техники безопасности.

Основной целью данной выпускной квалификационной работы является снижение затрат на горюче-смазочные материалы с целью повышения топливной экономичности.

Рассматривая технико-экономические показатели, можно сделать вывод, что, несмотря на низкий коэффициент полезного действия термоэлектрической установки, достигается снижение затрат на горюче-смазочные материалы, что показывает экономическую целесообразность модернизации автомобиля данной установкой.

Для повышения эффективности термоэлектрической установки необходимы дальнейшие исследования.

Годовой экономический эффект от модернизации составляет 624 рублей в год.

					<i>13.03.02.2019.04.7.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Особенности работы двигателей skyactiv [электронный ресурс]. - режим доступа : <http://autolirika.ru/teoriya/dvigatel-skyactiv.html>
- 2 Энергосберегающие масла - что это? [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <https://mirsmazok.ru/>
- 3 Присадка к смазочному маслу и композиция смазочного масла: МПК8 C10M 135/18, C10M 159/18, C07F 11/00, C10N 30/06, C10N 10/06 (2006.01) / Кобаяси Идзуми, Ханьюда Киёси, Аихара Ёсихико; № 2016102747; заявл. 17.10.2018; опубл. 17.10.2018, 17.10.
- 4 Анализ возможности повышения эффективности ДВС за счёт использования энергии выхлопных газов. / Шабанов А.А. Журнал автомобильных инженеров. 2017. № 3 (104). С. 26-29.
- 5 Термоэлектрический генератор: МПК8 H01L 35/00 / А.В. Зеленцов, А.Я. Клочков, А.М. Левин; № 2012130441/28 17.07.2012;
- 6 Термоэлектрический генератор в выпускной системе отработавших газов двигателя внутреннего сгорания: Пат. 2 606 300 Рос. Федерация. МПК8 F01N 5/02, H01L 35/30, H01L 35/34 (2006.01) / Г.А. Артюнян, А.О. Басов, А.С. Осипков, Д.О. Онищенко, В.М. Башков, Р.А. Сафонов; № 2015157113; заявл. 30.12.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
- 7 Глушитель-очиститель-электрогенератор для отработавших газов: Пат. 2 601 075 Рос. Федерация. МПК8 F01N 5/02, F01N 1/10, F01N 3/08, F02G 5/02 (2006.01) / В.С. Ежов; № 2015126391/06; заявл. 01.07.2015; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30.
- 8 Глушитель-генератор для двигателя внутреннего сгорания: МПК7 F01N5/02 / Карнаухов Н.Н., Закирзаков Г.Г., Мерданов Шахбуба

					<i>13.03.02.2019.047.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>65</i>

Магомед Керимович, Иванов А.А., Райшев Д.В., Сидоров С.А.; № 2002101530/06; заявл. 14.01.2002; опубл. 10.10.2003, Бюл. № 28.

- 9 Термоэлектрические источники альтернативного электропитания. Шостаковский П. / Компоненты и технологии. 2010. №12 (113). С. 131-138.
- 10 Электрические нагрузки автомобиля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/akkumulyator-generator-starter/elektricheskie-nagruzki-avtomobilya/>
- 11 Потребители электроэнергии. Сведения об электронных системах [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/akkumulyator-generator-starter/potrebiteli-elektroenergii-svedeniya-ob-e-lektronny-h-sistemah/>
- 12 Постановление от 10 мая 2010 г. N 316 о внесении изменений в постановление совета министров - правительства российской федерации от 23 октября 1993 Г. N 1090 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_100385/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/
- 13 Электросхемы Hyundai Solaris [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://carpedia.club/Elektroskhemy-Hyundai-Solaris/>
- 14 TEG1-24111-6.0 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://teg-power.ca/product/teg1-24111-6-0-2/>
- 15 Галогеновые лампы Philips H4 DiamondVision – 12342DVS2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.philips.ru/c-p/12342DVS2/diamondvision-halogen/>
- 16 HS 183-100, радиатор алюминиевый 100x50x17 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=41552#card-param/>

17 Hyundai Solaris [Электронный ресурс]. - Режим доступа:
<https://hyundai-reginas.ru/NewSolaris/>

18 СТО ЮУрГУ 17-2008 Стандарт организации. Учебные рефераты.
Общие требования к построению, содержанию и оформлению / со-
ставители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.А. Смолко, Л.В.
Винокурова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 40 с.

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2019.047.00 ПЗ				