

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ПЕНЗЫ
муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа № 11 г. Пензы с углубленным изучением
предметов гуманитарно-правового профиля
(МБОУ СОШ № 11 г. Пензы)

Экспериментальная установка двигателя внешнего сгорания
смешанного типа

Выполнил:

Кулишов Даниил,
ученик 10 «Б» класса

Научный руководитель:

Абросимова
Марина Алексеевна,
учитель физики

Пенза, 2023

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Двигатели внешнего сгорания	4
1.1. Тепловые двигатели внутреннего и внешнего сгорания.	4
1.2. История создания двигателя Стирлинга	5
1.3. Строение двигателя Стирлинга, принцип его работы и характеристики	6
1.4. Виды двигателей Стирлинга	8
Глава 2. Создание экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа в домашних условиях	10
2.1. Сборка двигателя внешнего сгорания.....	10
2.2. Расчёт себестоимости	10
2.3. Принцип работы экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа.	10
2.4. Характеристики экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа	12
2.5. Зависимость частоты вращения махового колеса от мощности спиртовой горелки.	13
Заключение.....	14
Список использованной литературы и интернет-ресурсы	14

Введение

В наше время каждый должен быть заинтересован в улучшении экологии Земли. Одним из главных факторов ухудшения экологии можно назвать большое количество вредных выбросов в атмосферу. Эту проблему можно было бы решить при помощи гениальной разработки Роберта Стирлинга под название двигатель Стирлинга. Этот двигатель не производит вредных выбросов в атмосферу и является экологически чистым. Данная тема стала для меня интересной, и я решил изучить это изобретение.

Актуальность

Ограниченные запасы углеводородного топлива и высокие цены на него заставляют инженеров искать замену двигателям внутреннего сгорания. Так российские изобретатели предлагают простые конструкции двигателей с внешним подводом теплоты, которые рассчитаны на любой вид топлива, даже на нагрев солнечными лучами. В наши дни вновь возник острый интерес к двигателям Стирлинга. Постоянно появляется информация о новых разработках и попытках наладить их массовое производство. Например, на голландской фирме "Филипс" построили несколько модификаций двигателя Стирлинга для большегрузных автомобилей.

Цель проекта:

Изготовление экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа.

Задачи проекта:

- 1) Изучить виды двигателей Стирлинга.
- 2) Ознакомиться с устройством двигателя внешнего сгорания.
- 3) Собрать экспериментальную установку двигателя внешнего сгорания смешанного типа своими руками.

Гипотеза: частота вращения махового колеса прямо пропорциональна мощности спиртовой горелки.

Объект исследования: двигатель внешнего сгорания смешанного типа.

Предмет исследования: КПД двигателя Стирлинга.

Методы исследования:

- 1) Эмпирические: наблюдение, проект, эксперимент, изучение литературных источников, самооценка.
- 2) Теоретические: моделирование, сравнение, обобщение, синтез, описание, систематизация.

Глава 1. Двигатели внешнего сгорания

1.1. Тепловые двигатели внутреннего и внешнего сгорания.

Двигатель — устройство, преобразующее какой-либо вид энергии в механическую работу. Термин «мотор» заимствован в первой половине XIX века из немецкого языка (нем. motor — «двигатель», от лат. mōtor — «приводящий в движение») и им называют преимущественно электрические двигатели и двигатели внутреннего сгорания.

Тепловые двигатели подразделяются на два вида: двигатель внутреннего сгорания и двигатель внешнего сгорания.

Оба двигателя — это типы тепловых двигателей, в которых в качестве основного источника энергии используется тепловая энергия, производимая путем сгорания. Проще говоря, оба этих типа машин преобразуют тепловую энергию в механическую работу в форме вращения вала, который впоследствии используется для питания любого механизма, от автомобилей до пассажирских самолетов.

Двигатель внутреннего сгорания — это тепловой двигатель, в котором процесс сгорания топлива, смешанного с окислителем, происходит в камере сгорания, которая является неотъемлемой частью контура потока рабочего тела.

Автомобильные выбросы загрязняют окружающую среду. У неисправной машины выхлоп канцерогенных веществ увеличивается в 3-4 раза. Все это поднимается в атмосферу, вызывая катаклизмы.

Выбросы стоят на первом месте по загрязнению атмосферных слоев. Это вызывает глобальное потепление, становится причиной кислотных дождей.

Газовые выхлопы стали причиной подтопления стран Запада в 2002 году. Были затоплены Франция, Германия, Чехословакия, Италия. Вызвали засуху и смог на территории центральной России.

Двигатель внешнего сгорания — это тепловой двигатель, в котором рабочая жидкость доводится до высокой температуры и давления за счет сгорания от внешнего источника тепла через стенку двигателя или теплообменник во внешнем источнике, и процесс сгорания происходит вне цикла потока рабочего тела. Двигатель Стирлинга не производит вредных выбросов в атмосферу и является экологически чистым.



Рис.2. Двигатель внешнего сгорания



Рис.3. Двигатель Стирлинга

1.2. История создания двигателя Стирлинга

Двигатель Стирлинга — это тепловой двигатель, который приводится в действие циклическим сжатием и расширением воздуха или другого газа (рабочей жидкости) при различных температурах, что приводит к чистому преобразованию тепловой энергии в механическую работу.

Двигатель Стирлинга был впервые запатентован шотландским священником Робертом Стирлингом 27 сентября 1816 года (английский патент № 4081 1819).

Однако первые элементарные «двигатели горячего воздуха» были известны ещё в конце XVII века, задолго до Стирлинга. Достижением Стирлинга является добавление узла, который он назвал «эконом». Стирлинг разработал своё устройство из богоугодных соображений, поскольку паровые машины того времени часто взрывались, а его устройство было безопаснее.

В современной научной литературе этот узел называется «регенератор». Он увеличивает производительность двигателя, удерживая тепло в тёплой части двигателя, в то время как рабочее тело охлаждается. Этот процесс намного повышает эффективность системы. Чаще всего регенератор представляет собой камеру, заполненную проволокой, гранулами, гофрированной фольгой (гофры идут вдоль направления потока газа). Газ, проходя через наполнитель в одну сторону, отдаёт тепло регенератору, а при движении в другую сторону отбирает его. Регенератор может быть внешним по отношению к цилиндрам, а может быть размещён на поршне-вытеснителе в β - и γ -конфигурациях. В последнем случае размеры и вес машины оказываются меньше. Частично роль регенератора выполняет зазор между вытеснителем и стенками цилиндра (при длинном цилиндре надобность в таком устройстве вообще исчезает, но появляются значительные потери из-за вязкости газа). В α -стирлинге регенератор может быть только внешним. Он устанавливается последовательно с теплообменником, в котором происходит нагрев рабочего тела со стороны холодного поршня).

В 1843 году брат изобретателя Джеймс Стирлинг использовал этот двигатель на заводе, где он в то время работал инженером. В 1938 году фирма «Филипс» инвестировала в двигатель Стирлинга с мощностью более двухсот лошадиных сил и отдачей более 30 %. Двигатель Стирлинга имеет ряд преимуществ и был широко распространён в эпоху паровых машин.



Рис.4. Роберт Стирлинг

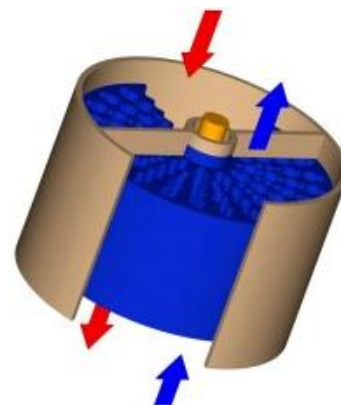


Рис.5. Регенератор



Рис.6. Джеймс Стирлинг

1.3. Строение двигателя Стирлинга, принцип его работы и характеристики

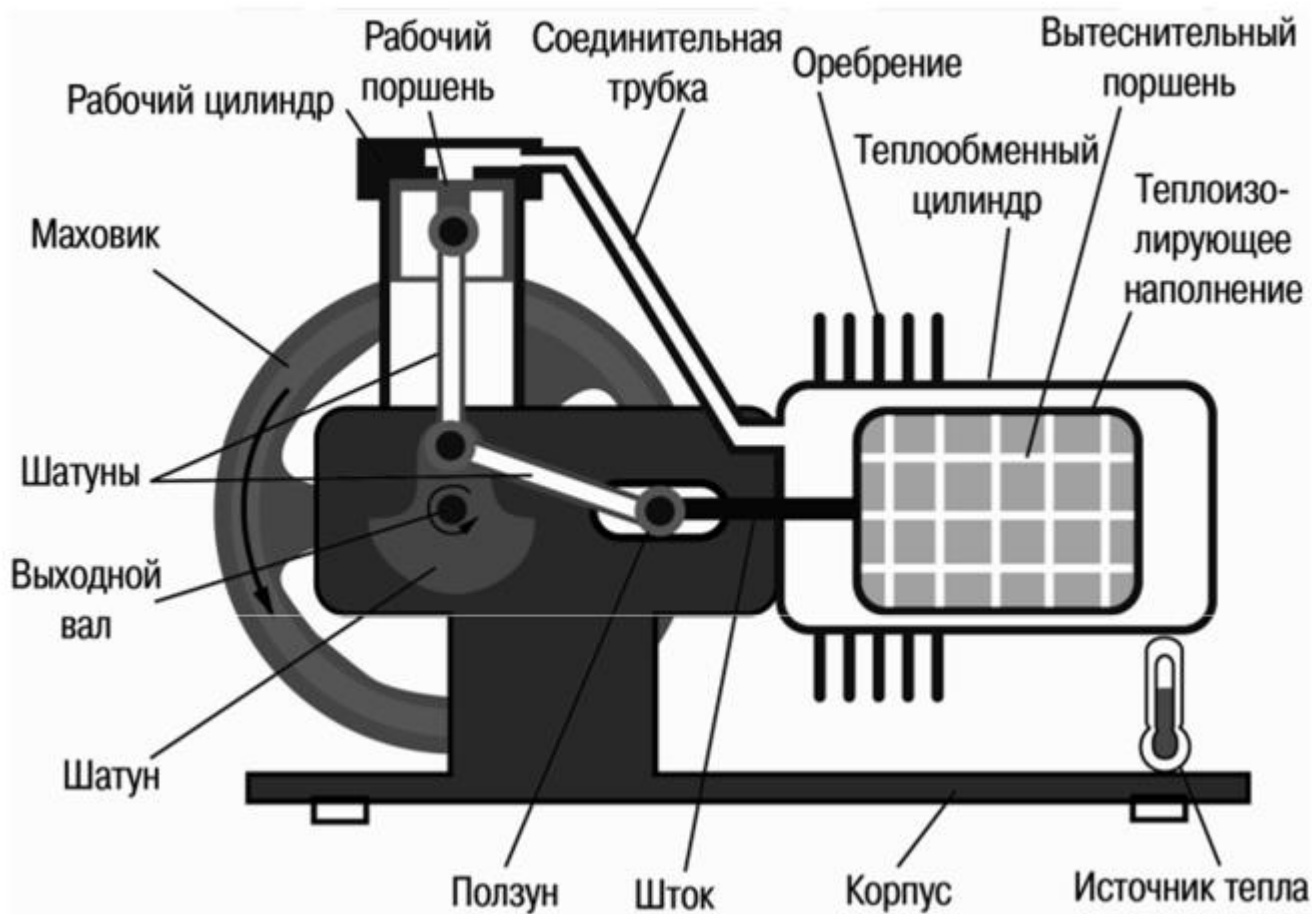


Рис.7. Составляющие двигателя Стирлинга

Принцип работы двигателя Стирлинга:

1) Первый этап.

Происходит нагрев воздуха (или другого газа) в основании цилиндра. Разогретый внутри его воздух создает давление, которое заставляет рабочий поршень двигаться вверх. Вытеснительный поршень имеет одну важную особенность – неплотное прилегание к стенкам цилиндра.

2) Второй этап.

Приведенный в действие маховик (благодаря ему работа обоих поршней строго синхронизирована) с помощью толкающей штанги «отправляет» вытеснительный поршень вниз, который в свою очередь выдавливает разогретый воздух вверх в охлаждающую камеру.

3) Третий этап.

В камере воздух остывает и сжимается, давая возможность рабочему поршню опуститься вниз.

4) Четвертый этап.

Вытеснительный поршень движется вверх, одновременно выталкивая охлажденный воздух в основание цилиндра, после чего цикл возобновляется.

Двигатели внешнего сгорания работают по циклу Карно:

Пусть тепловая машина состоит из нагревателя с температурой T_H , холодильника с температурой T_X и рабочего тела.

1. *Изотермическое расширение.* В начале процесса рабочее тело имеет температуру T_H , то есть температуру нагревателя. Затем тело приводится в контакт с нагревателем, который изотермически (при постоянной температуре) передаёт ему количество теплоты Q_H . При этом объём рабочего тела увеличивается, оно совершает механическую работу, а его энтропия возрастает.

2. *Адиабатическое расширение.* Рабочее тело отсоединяется от нагревателя и продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой. При этом температура тела уменьшается до температуры холодильника T_X , тело совершает механическую работу, а энтропия остаётся постоянной.

3. *Изотермическое сжатие.* Рабочее тело, имеющее температуру T_X , приводится в контакт с холодильником и начинает изотермически сжиматься под действием внешней силы, отдавая холодильнику количество теплоты Q_X . Над телом совершается работа, его энтропия уменьшается.

4. *Адиабатическое сжатие.* Рабочее тело отсоединяется от холодильника и сжимается под действием внешней силы без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура увеличивается до температуры нагревателя, над телом совершается работа, его энтропия остаётся постоянной.

Из-за разницы в площадях поверхности роторов возникает результирующая сила $F = \Delta p(S_B - S_m)$, где Δp - разность давлений в ветвях высокого и низкого давлений; S_B - рабочая площадь большого ротора; S_m - рабочая площадь малого ротора. Эта сила вращает вал с роторами, и рабочее тело непрерывно циркулирует, последовательно проходя через всю систему. Полезный рабочий объём двигателя равен разности объёмов двух цилиндров.

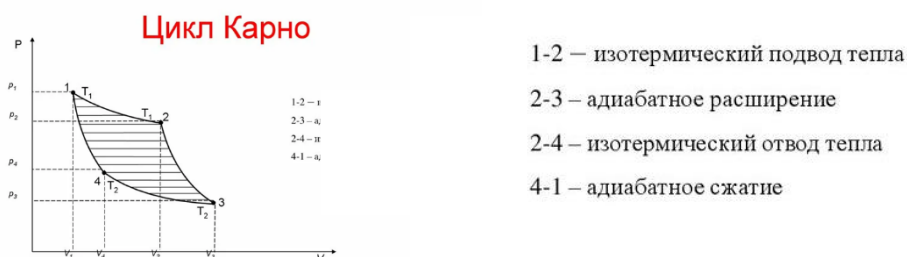


Рис.8. Цикл Карно

Таблица КПД цикла Стирлинга (Карно)															
		Т холодильника, °С													
Нагр. нагревателя, °С	0	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	-30	-200	-273
0	0,00												10,98	73,22	99,95
6	2,15	0,00											12,90	73,80	99,95
20	6,82	4,78	3,41	0,00									17,06	75,05	99,95
36	11,64	9,70	8,41	5,18	1,94										
60	18,01	16,21	15,01	12,01	9,00	6,00	3,00	0,00					27,01	78,04	99,95
80	22,65	20,95	19,82	16,99	14,16	11,33	8,49	5,66	2,83	0,00			31,15	79,29	99,96
100	26,80	25,19	24,12	21,44	18,76	16,08	13,40	10,72	8,04	5,36	2,68	0,00	34,84	80,40	99,96
150	35,45	34,03	33,09	30,72	28,36	26,00	23,63	21,27	18,91	16,54	14,18	11,82	42,54	82,71	99,96
200	42,27	41,00	40,16	38,04	35,93	33,82	31,70	29,59	27,48	25,36	23,25	21,13	48,61	84,54	99,97
250	47,79	46,64	45,88	43,96	42,05	40,14	38,23	36,32	34,41	32,50	30,58	28,67	53,52	86,02	99,97
300	52,34	51,30	50,60	48,85	47,11	45,36	43,62	41,87	40,13	38,38	36,64	34,89	57,58	87,24	99,97
350	56,17	55,20	54,56	52,96	51,35	49,75	48,14	46,54	44,93	43,33	41,72	40,12	60,98	88,26	99,98
400	59,42	58,53	57,94	56,45	54,97	53,48	51,99	50,51	49,02	47,54	46,05	44,57	63,88	89,13	99,98
450	62,23	61,40	60,84	59,46	58,08	56,70	55,31	53,93	52,55	51,17	49,78	48,40	66,38	89,88	99,98
500	64,67	63,89	63,38	62,08	60,79	59,50	58,20	56,91	55,62	54,32	53,03	51,74	68,55	90,54	99,98
550	66,82	66,09	65,60	64,39	63,17	61,96	60,74	59,53	58,31	57,10	55,88	54,67	70,46	91,11	99,98
600	68,72	68,03	67,57	66,43	65,28	64,14	62,99	61,85	60,70	59,55	58,41	57,26	72,15	91,62	99,98
650	70,41	69,76	69,33	68,24	67,16	66,08	64,99	63,91	62,83	61,75	60,66	59,58	73,66	92,08	99,98
700	71,93	71,31	70,90	69,88	68,85	67,82	66,79	65,77	64,74	63,71	62,68	61,66	75,01	92,48	99,98
750	73,30	72,72	72,33	71,35	70,37	69,39	68,42	67,44	66,46	65,48	64,51	63,53	76,24	92,85	99,99
800	74,55	73,99	73,62	72,68	71,75	70,82	69,89	68,96	68,02	67,09	66,16	65,23	77,34	93,18	99,99
815	74,90	74,35	73,98	73,06	72,14	71,22	70,30	69,38	68,46	67,55	66,63	65,71	77,65	93,28	99,99

Рис.9. КПД реальных установок

КПД двигателя внешнего сгорания зависит от температуры нагревателя и температуры холодильника.

1.4. Виды двигателей Стирлинга

Существует несколько видов моторов Стирлинга, отличающихся по своей конструкции:

1. Альфа-стирлинг;
2. Бета-стирлинг;
3. Гамма-стирлинг;
4. Роторный-стирлинг.

Альфа-стирлинг

Конструктивно состоит из двух цилиндров. На один из цилиндров установлен охлаждающей радиатор. Второй край этого цилиндра подвергается нагреву. В каждой рабочей камере установлен отдельный поршень. Передача усилия от поршневой группы осуществляется на коленчатый вал. Коленчатый вал с поршнем и вытеснителем соединены шарнирно.

Бета-стирлинг

В конструкцию входит одна рабочая камера. Она одновременно подвергается нагреву и охлаждению. Нагреву подвергается один край рабочей камеры, охлаждению – второй. Под действием изменения давления воздуха или газа, находящегося в рабочей камере, перемещается поршень.

Гамма-стирлинг

Отличием конструкции являются два рабочих цилиндра отдельно стоящие друг от друга. Одна рабочая камера постоянно подвергается нагреву. На нее устанавливают радиатор охлаждения. Вторая камера постоянно охлажденная.

Роторный-стирлинг

Отличается отсутствием кривошипно-шатунного механизма. Это уменьшает габаритно массовые параметры силового агрегата. Конструкция роторного двигателя позволяет улучшить герметичность рабочей камеры.

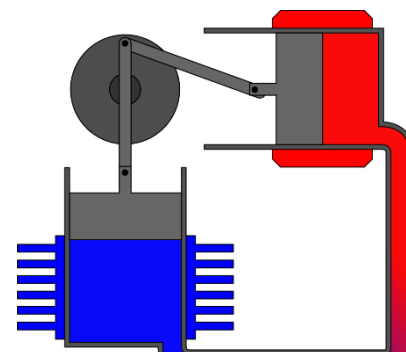


Рис.10. Альфа-стирлинг

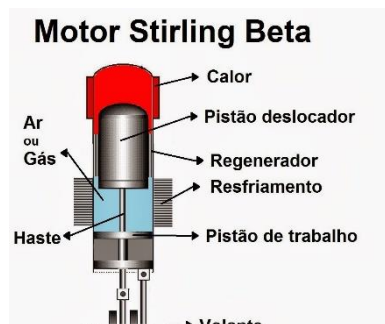


Рис.11. Бета-стирлинг

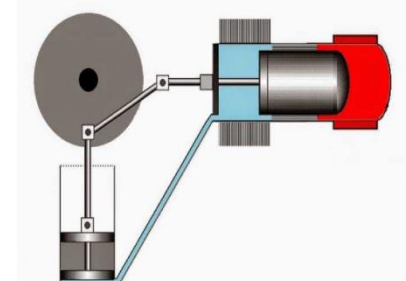


Рис.12. Гамма-стирлинг

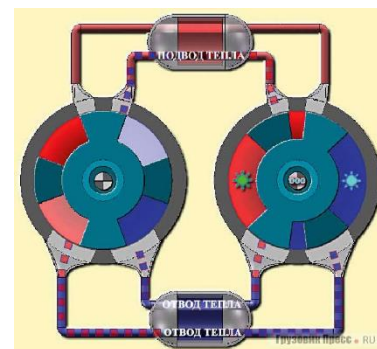


Рис.13. Роторный-Стирлинг

1.5. Применение современных двигателей внешнего сгорания

- Универсальные источники электроэнергии

Двигатели Стирлинга могут применяться для превращения в электроэнергию любой теплоты. На них возлагают надежды по созданию солнечных электроустановок. Их применяют в качестве автономных генераторов для туристов. Некоторые предприятия выпускают генераторы, которые работают от конфорки газовой печи.

- Насосы

Эффективность систем отопления или охлаждения возрастает, если в контуре установлен насос принудительной подачи теплоносителя. «Стирлинг» для перекачки жидкостей может быть гораздо проще привычной схемы «двигатель-насос». В двигателе Стирлинга вместо 12 рабочего поршня может использоваться перекачиваемая жидкость, которая одновременно служит для охлаждения рабочего тела. Насос на основе Двигателя Стирлинга может служить для накачки воды в ирригационные каналы посредством солнечного тепла, для подачи горячей воды от солнечного коллектора в дом (в системах отопления тепло аккумулятор стараются установить, как можно ниже, чтобы вода шла в радиаторы самотёком). Стирлинг-насос может использоваться для перекачки химических реагентов, поскольку герметичен.

- Тепловые насосы

Тепловые насосы позволяют экономить на отоплении. Принцип действия тот же, что у кондиционера (кондиционер — это тот же тепловой насос), только кондиционер обычно охлаждает помещение, нагревая окружающее пространство, а тепловой насос, как правило, обогревает помещение, охлаждая наружный воздух, воду из скважины или другой источник низко потенциального тепла. Обычно используются тепло насосы, приводимые в движение электричеством. Устройство, в котором совмещены Двигатель Стирлинга и тепловой насос Стирлинга, делает ситуацию более благоприятной. Двигатель Стирлинга отдаёт в систему отопления бросовое тепло от «холодного» цилиндра, а полученная механическая энергия используется для подкачки дополнительного тепла, которое забирается из окружающей среды.

- Холодильная техника

Почти все холодильники используют те же тепловые насосы. Применительно к системам охлаждения их судьба оказалась более счастливой. Ряд производителей бытовых холодильников собирается установить на свои модели «Стирлинги». Они будут обладать большей экономичностью, а в качестве рабочего тела будут использовать обычный воздух.

- Аккумуляторы энергии

Можно запасать с его помощью энергию, используя в качестве источника тепла тепло аккумуляторы на расплавах солей. Такие аккумуляторы превосходят по запасу энергии химические аккумуляторы и дешевле их. Используя для регулировки мощности изменение фазного угла между поршнями, можно аккумулировать механическую энергию, тормозя двигателем. В этом случае двигатель превращается в тепловой насос.

- Солнечные электростанции

Двигатель Стирлинга может использоваться для преобразования солнечной энергии в электрическую. Для этого двигатель Стирлинга устанавливается в фокус параболического зеркала, (похожего по форме на спутниковую антенну) таким образом, чтобы область нагрева была постоянно освещена. Параболический отражатель управляется по двум 14 координатам при слежении за солнцем. Энергия солнца фокусируется на небольшой площади. Зеркала отражают около 92 % падающего на них солнечного излучения. В качестве рабочего тела двигателя Стирлинга используется, как правило, водород, или гелий.

Глава 2. Создание экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа в домашних условиях

2.1. Сборка двигателя внешнего сгорания

1. Изготовление деревянной основы.
2. Создание цилиндра, регенератора и заглушки.
3. Изготовление и притирка герметизирующей втулки.
4. Создание охлаждающего цилиндра.
5. Соединение охлаждающего цилиндра и регенератора.
6. Закрепление охлаждающего цилиндра на деревянную основу.
7. Герметизация сантехнического крана.
8. Изготовление верхней надстройки.
9. Соединение верхней надстройки и водяной рубашки.
10. Изготовление рабочего поршня.
11. Соединение и герметизация рабочего поршня и соединительных труб от регенератора.
12. Изготовление коленвала.
13. Соединение штока регенератора и коленвала.
14. Изготовление махового колеса.
15. Закрепление махового колеса на коленвале.
16. Соединение коленвала и рабочего поршня.



Рис. 14. Двигатель внешнего сгорания.

2.2. Расчёт себестоимости

Компонент	Количество (шт.)	Цена (руб.)
Доска деревянная	1	100
Железная банка (1л)	1	210
Алюминиевая банка (0,33л)	2	160
Алюминиевая банка (0,5л)	1	60
Баллон из-под освежителя воздуха	1	140
Стальная вата	1	70
Спицы велосипедные	3	60
Латунные соединители контактов	6	150
Система для капельниц	1	40
Холодная сварка	1	130
Жаростойкий силиконовый герметик	1	170
Сантехнический кран	1	250
Шар воздушный	1	30
Клей момент	2	60
Итого		1630

2.3. Принцип работы экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа.

Я решил создать экспериментальную установку двигателя внешнего сгорания. Изучив виды и принцип работы двигателя Стирлинга, я выделил основные составляющие:

- основа, на которой будет закреплена экспериментальная установка;
- регенератор (это устройство, которое используется для восстановления энергии в производственных процессах. Оно позволяет повторно использовать тепловую энергию, которая обычно теряется при нагревании или охлаждении воздуха, жидкостей или газов.);
- охлаждающий цилиндр;
- поршень;
- коленвал.

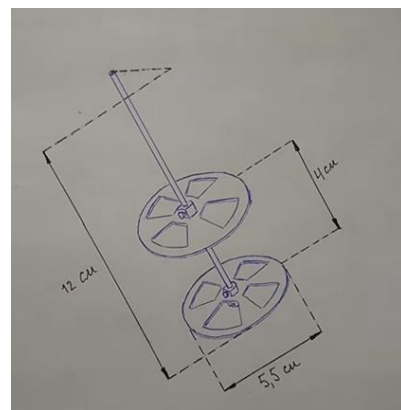


Схема 1. Схема регенератора.

Основу я решил делать из дерева так как дерево имеет малую теплопроводность (В среднем она составляет 0,16—0,30 Вт/ (м °С))

Для создания регенератора я сделал жестяные заглушки, между которыми будет закреплена стальная вата. Так же в заглушках пробил отверстия для свободного прохождения воздуха.

Для того чтобы весь воздух оставался внутри цилиндра при движении регенератора я сделал герметизирующую втулку. Для создания герметизирующей втулки была взята пластиковая карта, из которой я вырезал квадрат размерами 2 на 2. После путем рассверливания и притирки втулки к штоку регенератора я добился минимального трения, а также изолирования данной системы от выхода воздуха.

Охлаждающий цилиндр сделан из жестяной банки объемом 1 литр. Нужен для охлаждения горячего воздуха, проходящего через верхнюю часть регенератора.

Излишний объем воздуха поступает из регенератора в поршень, тем самым выталкивая его. В виде поршня я решил использовать жестяную банку, наверху которой закреплен резиновый шарик. Поступивший в поршень воздух повышает давление, за счет чего поршень приводится в движение.

Для изготовления коленвала мне было необходимо замерить амплитуду хода поршня. На схеме номер 2 знаком вопроса показана амплитуда хода поршня, так как именно на это расстояние будер подниматься поршень.



Рис. 15. Регенератора.



Рис.16. Герметизирующая втулка



Схема 2. Коленвал



Рис.17. Замер амплитуды хода поршня.

Коленвал соединен с регенератором и поршнем. При прокрутке коленвала приводится в действие регенератор. После в действие приводится поршень.

Верхняя надстройка сделана из алюминиевой банки объемом 0,5л. На ней закреплен коленвал и маховое колесо.



Рис. 18. Деревянная основа



Рис. 19. Регенератор.

1. Маховое колесо
2. Поршень
3. Деревянная основа
4. Спиртовая горелка
5. Охлаждающий цилиндр
6. Верхняя надстройка
7. Сантехнический кран
8. Регенератор
9. Коленвал
10. Шток регенератора

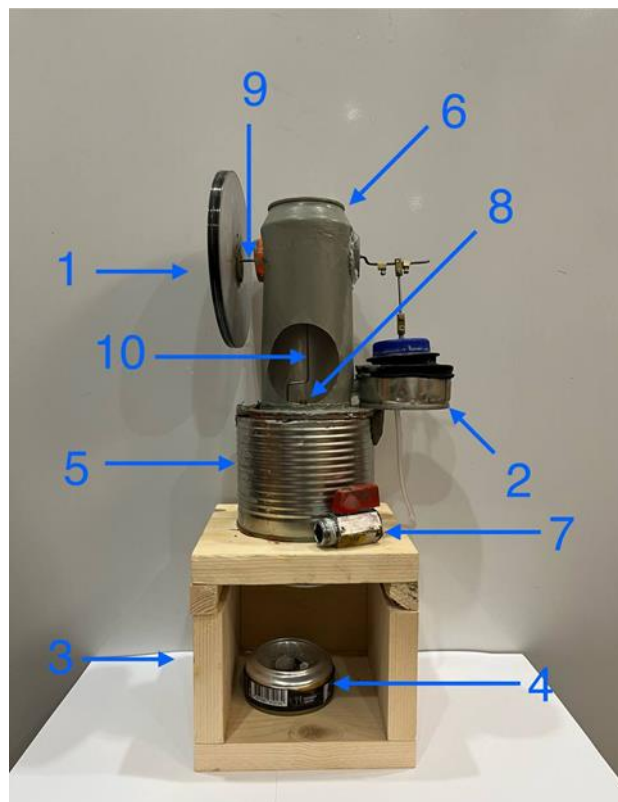


Рис. 20. Экспериментальная установка двигателя внешнего сгорания

2.4. Характеристики экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа

$$T = t^0 + 273K \quad \eta = (T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}) / T_{\text{нагр}}$$

$$\eta = \frac{393 - 298}{393} = 0,242 = 24,2\%$$

D, м	V, м ³	T _н , К	ν, Гц	η	T _х , К
0,115	0,001	393	1,32	0,242	298

Таблица №1. Характеристики экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания.

2.5. Зависимость частоты вращения махового колеса от мощности спиртовой горелки.

$P = \frac{Q}{\tau}$ - мощность спиртовой горелки.

τ - время

$Q = qm = q\rho V$ - количество теплоты, выделяемое спиртовой горелкой.

$Q_1 = Q_2 = Q$ (количество теплоты равно во всех случаях так как масса спирта везде была одинакова.)

$P_1 = \frac{Q}{\tau_1} = \frac{q \cdot \rho \cdot v}{\tau_1} = 2,9 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} * 0,79 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 0,000003 \text{м}^3 / 340 \text{с} = 0,202 \text{ Вт}$ - мощность спиртовой горелки в первом случае.

$P_2 = \frac{Q}{\tau_2} = \frac{q \cdot \rho \cdot v}{\tau_2} = 2,9 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} * 0,79 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 0,000003 \text{м}^3 / 755 \text{с} = 0,091 \text{ Вт}$ Мощность спиртовой горелки во втором случае.

$\nu = \frac{N}{t}$ - частота вращения махового колеса.

$\nu_1 = \frac{p_1}{t_1} = \frac{30 \text{Вт}}{10,62 \text{с}} = 2,824 \text{ Гц}$ - частота вращения махового колеса в первом случае.

$\nu_2 = \frac{p_2}{t_2} = \frac{20 \text{Вт}}{13,63 \text{с}} = 1,467 \text{ Гц}$ - частота вращения махового колеса во втором случае.



Рис.21. Измерение температуры

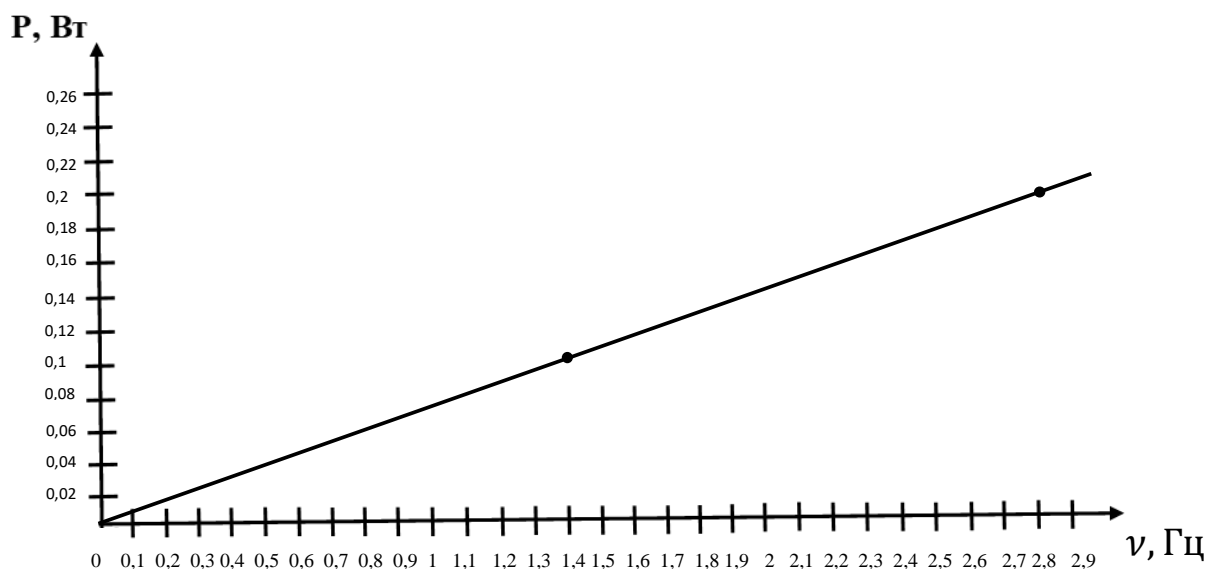


График №1. Зависимость мощности спиртовой горелки от частоты вращения махового колеса.

Заключение

Автомобильные выбросы загрязняют окружающую среду. У неисправной машины выхлоп канцерогенных веществ увеличивается в 3-4 раза. Все это поднимается в атмосферу, вызывая катаклизмы.

Двигатель Стирлинга не производит вредных выбросов в атмосферу и является экологически чистым.

В этой работе я рассказал о создании своего собственного двигателя внешнего сгорания. Для этого я ознакомился с устройством двигателей внешнего и внутреннего сгорания и их видами. Изучил строение Двигателя Стирлинга, принцип его работы, виды Стирлингов, применение двигателя Стирлинга. Создал двигатель внешнего сгорания, проанализировал недостатки и преимущества экспериментальной установки изучил его особенности, а также характеристики. Установил зависимость частоты вращения махового колеса от мощности спиртовой горелки. Данная модель будет применяться на уроках физики для демонстрации преобразования тепловой энергии в механическую.

Список использованной литературы и интернет-ресурсы

1. Уокер Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга. Пер. с англ.: — М.: Энергия, 1978.— 152 с., ил. 85 к.
2. Довгялло А. И. Основы моделирования рабочего процесса свободнопоршневого двигателя Стирлинга: учебное пособие / А.И. Довгялло, С.О. Некрасова, А.Ю. Пулькина. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 112 с.: ил.
3. В.Н. Даниличев, С.И. Ефимов, В.А. Звонов, М.Г. Круглов, А.Г. Шувалов Двигатели Стирлинга. Под ред. М.Г. Круглова. «Машиностроение», 1977
4. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/dvigatel-stirlinga/>
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель Стирлинга\](https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_Стирлинга)
6. <https://www.techcult.ru/technics/10458-dvigatel-stirlinga>
7. <https://djvu.online/file/K74fRZn0ugl03>
8. <https://physicstoys.narod.ru/page/literatyra.html>
9. <https://gildiam.ru/Portals/0/doc/literature/Stirling.pdf>

Рецензия

на научно-исследовательскую ученическую работу
«Экспериментальная установка двигателя внешнего сгорания смешанного
типа»

учащегося 10 «Б» класса МБОУ средней школы № 11 г. Пензы
Кулишова Даниила

Работа посвящена исследованию возможностей собранного автором двигателя внешнего сгорания.

В настоящей работе рассмотрена проблема изучения рациональных способов использования двигателей Стирлинга, которая указывает на актуальность проводимых автором исследований.

Научно-исследовательская работа имеет четкую структуру: введение, основная часть, заключение, список литературы, приложение. Работа написана грамотным научным языком. В введении Кулишов Даниил объяснил актуальность работы, четко сформулировал цель, задачи, выдвинул гипотезу о пропорциональности частоты вращения махового колеса мощности спиртовой горелки. Введение содержательно и емко. В результате четкого определения цели работы в изложении основной части обнаруживается логика, последовательность. В первой части приведены теоретические сведения, необходимые для пояснения экспериментов второй части содержания работы. Точно описаны виды и принципы двигателей внешнего сгорания. Представлен расчет параметров. Во второй главе автор подробно описывает принцип работы экспериментальной установки двигателя внешнего сгорания смешанного типа.

Внесенный в тему и содержание работы элемент занимательности при показе опыта способствует более пристальному вниманию обучающихся к демонстрации, к умению применять уже имеющиеся знания к анализу проявления основных физических законов.

Несомненно, автор работы – Кулишов Даниил - при разработке, постановке экспериментов и при написании работы проявил качества старательного и грамотного экспериментатора. Его работа «Экспериментальная установка двигателя внешнего сгорания смешанного типа» заслуживает отличной оценки.

Учитель физики высшей категории
МБОУ СОШ №11 г. Пензы

М.А. Абросимова

Подпись Абросимовой М.А. заверено.
Директор МБОУ СОШ №11 г. Пензы
04.12.2023г.



С.И. Шибирева