

Муниципальное общеобразовательное учреждение
«Средняя школа № 4 городского округа Стрежевой с углубленным изучением
отдельных предметов»

**Проект по теме
«Модель двигателя Стирлинга»**

Предмет: физика

Секция:

Вид работы: проектная

Автор: Абдуллоев Абдуазиз,
ученик 11а класса МОУ «СОШ №4»

Руководитель: Хомякова Галина Сергеевна,
учитель физики-математики МОУ «СОШ №4»

г. Стрежевой 2023 г.

Содержание

Введение	3
Глава 1. Анализ аналоговых проектов по теме	4
Глава 2. Анализ ресурсов и рисков проекта	5
Глава 3. Наличие поэтапного плана работы над проектом	7
Глава 4. Бюджетирование	8
Глава 5. Результаты проектирования	10
Выводы.....	13
Список источников и литературы	14
Приложение.....	15

Введение

При изучении тепловых явлений на уроках физик, при знакомстве с работой и устройством теплового двигателя внутреннего сгорания, я задумался, есть ли другие альтернативные двигатели, не изучаемые на уроках? Оказалось, что существует малоизвестный внешний двигатель – двигатель Стирлинга. Этот двигатель в школе программе физики не изучается, поэтому и действующих и схематических моделей данного двигателя нет.

Как оказалось, двигатель Стирлинга в наше время вообще не самое распространённое устройство, его увидеть в современном мире большая редкость, хотя его используют в некоторых сферах деятельности, таких как: в современных моделях подводных лодок, автомобильной технике, или даже на космических станциях. Двигатели Стирлинга могут конкурировать даже с дизельными двигателями. Двигатели могут устанавливаться на мини ТЭЦ или их энергией можно будет питать целый город. Когда запасы нефти будут заканчиваться, в будущем, за счёт своей практичности и высокого КПД двигателя производство и использование двигателя Стирлинга будет очень актуально. Таким образом, я считаю, что **тема моего проекта актуальна.**

Постановка проблемы проекта: отсутствие действующей модели двигателя Стирлинга в школе для изучения демонстрации на уроках физики.

Цель работы: создание действующей модели внешнего двигателя Стирлинга в домашних условиях.

Задачи:

1. изучить литературу по теме;
2. подобрать подходящий проект модели двигателя;
3. создать модель двигателя Стирлинга в домашних условиях
4. провести апробацию прибора.

Новизна проекта: проекты на данную тему не были реализованы в пределах г. Стрежевой и в пределах Томской области, что подтверждает его новизну и актуальность.

Прикладной характер исследования: созданная модель внешнего двигателя Стирлинга можно использовать при изучении термодинамики в 10 классах на уроках физики.

Глава 1. Анализ аналоговых проектов

Определившись с темой проекта, я изучил аналоговые проекты в сети Интернет (см. таблицу №1)

Таблица №1 Аналоговые проекты.

Название проекта,	Двигатель Стирлинга	Создание модели Стирлинга
Вид работы	исследовательская	проектно-исследовательская
ОУ	МБОУ Средняя школа № 18 Краснодарского края	АОУ СОШ №2, г. Алапаевск, Свердловская область,
Автор (ФИ, класс)	Угач Павел, 11а класс	Постников Дмитрий Сергеевич, 11 класс
Описание проекта	<p>Цель проекта: создание трёх моделей двигателя Стирлинга и апробация их работы в домашних условиях.</p> <p>Задачи проекта: Проанализировать материал на тему история создания двигателя Стирлинга. Используя информационные источники провести анализ моделей двигателя Стирлинга. Подобрать подходящий проект модели двигателя. Создать действующую модель двигателя Стирлинга в домашних условиях. В процессе работы были использованы следующие методы: Метод сбора информации: анализ научной литературы на тему история создания и принцип действия Двигателя Стирлинга. Метод обработки и анализа моделей двигателя Стирлинга. Экспериментальный метод: подбор модели Двигателя Стирлинга; сборка, запуск и тестирование готовой модели Двигателя Стирлинга. Наблюдение.</p> <p>Объект исследования: перспективность внешнего двигателя.</p> <p>Предмет исследования: модель двигателя Стирлинга.</p> <p>Я решил разобраться с данной проблемой, создав свою модель двигателя Стирлинга. По моему мнению, изучение возможности использования двигателя Стирлинга для работы стационарных энергетических систем и в производстве,</p>	<p>Исходя из актуальности работы мною была выдвинута проблема: возможно ли создать двигатель Стирлинга в лабораторных условиях? Выдвинута гипотеза: если получится создать двигатель Стирлинга в лабораторных условиях, то его можно будет использовать для демонстрации на уроках физики и как более экологически чистый источник питания по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. В соответствии с гипотезой поставлена цель работы: создать двигатель Стирлинга в лабораторных условиях. Сформулированы задачи: 1. Найти материалы для того чтобы сконструировать двигатель Стирлинга. 2. Собрать двигатель Стирлинга. 3. Провести опыты с двигателем Стирлинга. 4. Сделать выводы по проведенной работе. Объект исследования: двигатель Стирлинга. Предмет исследования:</p>

	является крайне важным вопросом в сфере энергоснабжения. Гипотезой моей работы явилось предположение, что я изготовлю в домашних условиях действующую модель двигателя Стирлинга.	свойства двигателя Стирлинга.
--	--	-------------------------------

Я сделал вывод, что большинство найденных проектов были исследовательские или проектно-исследовательская. В пределах г. Стрежевого данных работ нет, что подтверждает новизну и актуальность моего проекта.

Глава 2. Анализ ресурсов и рисков проекта

Работая над проектом, я провел анализ ресурсов (см. таблицу №2) и рисков (см. таблицу №3) проекта.

Таблица № 2. Анализ ресурсов проекта.

№	Наименование ресурса	Формы предъявления	Наличие
Информационные ресурсы			
1	Система сбора информации для проекта	Сеть Интернет	Постоянно
Организационные ресурсы			
2	Педагоги школы	Педагоги МОУ «СОШ №4»	Постоянно
Нормативно-правовые			
3	Конституция РФ ст. 27, ст. 44, ст.71 Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации". Статья 27 Всеобщей декларации прав человека Инструкция по технике безопасности при работе с электроприборами. Устав школы от 17.02.2015.	Работа в рамках данных закона	Постоянно
Кадровые ресурсы			
4	Проектировщик и руководители проекта	Консультация	По плану

			работы
Материально-технические ресурсы			
5	Собственная комната	Компьютер	По плану
		Подручный материал для изготовления модели двигателя	По плану

Таблица № 3. Анализ рисков проекта.

Сильные стороны	Слабые стороны
Уникальность. Информативность. Новизна.	Модель может не заработать. Условия инженерной задачи могут быть не выполнены
Возможности	Угрозы
Распространение информации по теме через уроки физики, представление на выставках по НТТ. Развитие данной темы в дальнейшем.	Некачественная информация. Болезнь автора или руководителя. Лень Нехватка времени

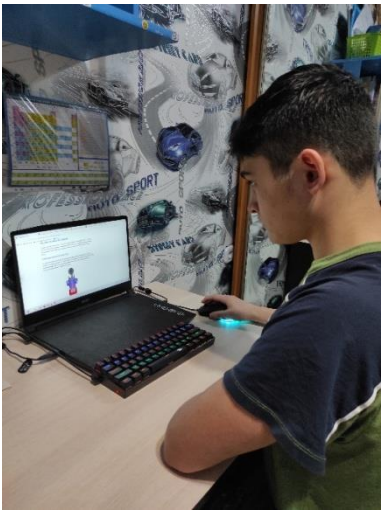

Анализируя ресурсы и риски проекта, я пришел к выводу, что при большом усердии и старании можно самостоятельно сделать модель двигателя Стирлинга из подручных материалов в домашних условиях.


Глава 3. Наличие поэтапного плана работы над проектом

Для реализации проекта был составлен план работы (см. таблицу № 4)

Таблица № 4. План работы над проектом.

Этап	Содержание деятельности	Ожидаемый результат	Сроки	Фото
------	-------------------------	---------------------	-------	------

<p>Организа ционный</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить литературу по данной теме 2. Изучить виды двигателей и их схемы 3. выбрать схему двигателя, подготовить материал 	<p>Полученны е знания помогут мне правильно собрать модель двигателя</p>	<p>с 01.12.22 по 31.01.23</p>	 <p>Рисунок № 1. Изучение литературы</p>
<p>Практиче ский</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сборка модели двигателя 2. Испытание работы двигателя 	<p>Создание действующ ей модели двигателя Стирлинга</p>	<p>с 01.02.23 по 28.02.23</p>	 <p>Рисунок № 2. Создание модели двигателя</p>

Контроль но- оценочны й	1. Защита проекта на школьной конференции. 2. Репортаж о проекте на «СТВ»	Путевка на городскую конференц ию	28.02.23		Рисунок № 3. Защита проекта.
----------------------------------	---	--	----------	---	---------------------------------

Глава 4. Бюджетирование.

Для создания действующей модели двигателя Стирлинга необходимы различные материалы. Исходя из этого, рассчитал смету (см. таблицу №5) и бюджет (см. таблицу №6) проекта.

Таблица № 5. Смета проекта.

№ п/п	Наименование материала	Источни к поступле ния	Единица измерения	Количе ство материа ла	Стоимост ь единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Алюминиевая банка (0,5л)	собственн ые средства	штука	3	40	120
2	Картон А4	собственн ые средства	штука	1	8	8
3	2х рублёвая монета	собственн ые средства	штука	1	2	2

4	Рыболовная леска	собственные средства	штука	1	250	250
5	Фольга	собственные средства	штука	1	80	80
6	Пластиковая карта	собственные средства	штука	1	0	0
7	Колпачок из-под клея-карандаша	собственные средства	штука	1	0	0
8	Деревянная линейка 30см	собственные средства	штука	1	35	35
9	Баночка из-под краски гуашь	собственные средства	штука	1	0	0
10	Трубка (шланг) силиконовая диаметром 5мм	собственные средства	штука	1	295	295
11	Медицинская перчатка	собственные средства	штука	1	3,5	3,5
12	Пластмассовая крышечка	собственные средства	штука	2	0	0
13	Пластмассовая шайба	собственные средства	штука	1	0	0
14	Латунная клемма	собственные средства	штука	1	13,5	13,5
15	Алюминиевая проволока диаметром 3мм	собственные средства	метр	1	58	58

16	Скрепка	собственн ые средства	штука	2	2	4
17	Колпачок от шприца (шприц)	собственн ые средства	штуки	8	20	160
18	Пластилин	собственн ые средства	штука	1	200	200
Итого:						1229 руб.

Таблица № 6. Бюджет проекта.

№ п/п	Наименование статьи	Источник поступлени я	Единица измерени я	Кол-во	План, руб.	Факт, руб.
1	Доходы (премия, стипендия, карманные деньги, выигрыш в лотерею, з/п, спонсорские/ партнерские средства, др.)	собственны е средства	рубль	1000	1000	1000
2	Расходы (оплата необходимых платежей, труда, аренды, услуг (транспортные, дизайнерские, командировочные, др.), товаров, Интернета и пр.)	Интернет	руб/месяц	520	520	520
		Алюминиев ая банка (0,5л)	штука	1	40	400

3	Экономия	Алюминиевая банка (0,5л)	штука	2	40	80
		Картон А4	штука	1	8	8
		2х рублёвая монета	штука	1	2	2
		Рыболовная леска	штука	1	250	250
		Фольга	штука	1	80	80
		Пластиковая карта	штука	1	0	0
		Колпачок из-под клея-карандаша	штука	1	0	0
		Деревянная линейка 30см	штука	1	35	35
		Баночка из-под краски гуашь	штука	1	0	0
		Трубка (шланг) силиконовая диаметром 5мм	штука	1	295	295
		Медицинская перчатка	штука	1	3,5	3,5
		Пластмассовая крышечка	штука	2	0	0
Пластмассовая шайба	штука	1	0	0		

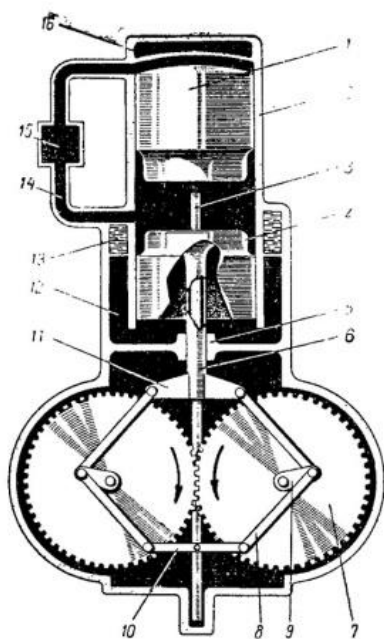
		Латунная клемма	штука	1	13,5	13,5
		Алюминиевая проволока диаметром 3мм	метр	1	58	58
		Скрепка	штука	2	2	4
		Колпачок от шприца (шприц)	штуки	8	20	160
		Пластилин	штука	1	200	200
ИТОГО						1229 руб.

В результате для реализации проекта необходимо потратить **1229 рублей**. Благодаря экономии общая сумма затрат составила **560 рублей**. Экономия составила **669 рублей**, так как большая часть оборудования была в наличии. Потратился только на услуги Интернет и 1 жестяную банку.

Глава 5. Результаты проектирования

5.1. Описание работы двигателя Стирлинга

Еще в 1816 г. шотландский священник и ученый Роберт Стирлинг запатентовал двигатель, в котором топливо и воздух, поступающие в зону горения, никогда не попадают внутрь цилиндра. Они, сгорая, лишь нагревают находящийся в нем рабочий газ. Это и дало основание назвать изобретение Стирлинга двигателем внешнего сгорания (см. рисунок № 4).



1 — поршень-вытеснитель; 2 — цилиндр; 3 — шток; 4 — рабочий поршень; 5 — уплотнение; 6 — полый шток; 7 — шестерня; 8 — шатун; 9 — коленчатый вал; 10 — коромысло нижнее; 11 — коромысло верхнее; 12 — буферная емкость; 13 — холодильник; 14 — трубопровод; 15 — регенератор; 16 — подогреватель.

Рисунок № 4. Устройство двигателя Стирлинга

Двигатель Стирлинга относится к классу двигателей с внешним подводом теплоты (ДВПТ). Это машина, которая работает по замкнутому термодинамическому циклу. Из термодинамики известно, что давление, температура и объем газа взаимосвязаны по закону: $PV=nRT$ (см. рисунок № 5).

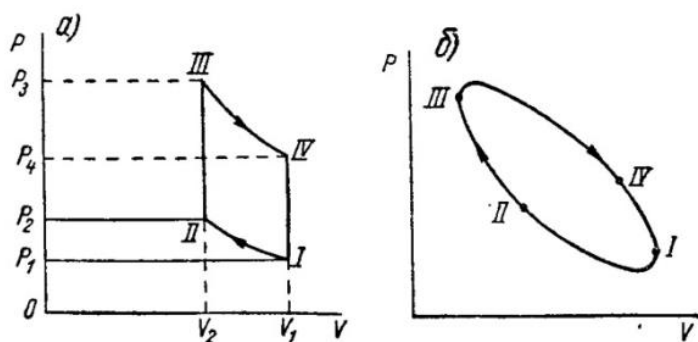
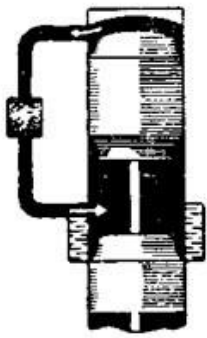
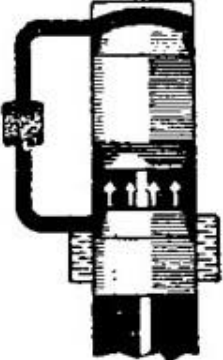
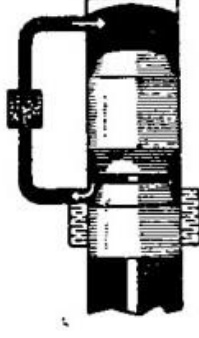
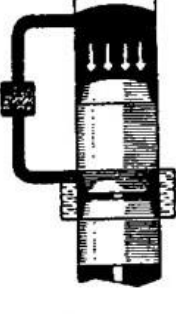


Рис. 3. $V-P$ — диаграммы двигателя Стирлинга: а — теоретического цикла; б — действительного цикла.

Рисунок № 5. Диаграмма двигателя Стирлинга

Принцип работы двигателя Стирлинга заключается в постоянно чередующихся циклах нагрева и охлаждения газа в закрытом цилиндре. При нагреве газ расширяется и двигает рабочий поршень. Этот поршень опускается, толкает шатун и поворачивает маховик. Одновременно изменяется положение так называемого вытеснительного поршня, который перемещает газ из нагретой в холодную зону. Газ остывает и создает обратное усилие на рабочий поршень (см. таблицу № 7.)

Таблица № 7. Рабочий цикл двигателя Стирлинга

<p>Название такта, рисунок</p>	<p>1 такт – охлаждение</p> <p style="text-align: center;">a)</p> 	<p>2 такт – сжатие</p> <p style="text-align: center;">b)</p> 	<p>3 такт – нагревание</p> <p style="text-align: center;">b)</p> 	<p>4 такт – расширение, рабочий ход</p> <p style="text-align: center;">c)</p> 
<p>Описание процесса</p>	<p>Внешний источник тепла нагревает газ в нижней части теплообменного цилиндра. Создаваемое давление толкает рабочий поршень вверх (обратите внимание, что вытеснительный поршень неплотно прилегает к стенкам).</p>	<p>Маховик толкает вытеснительный поршень вниз, тем самым перемещая разогретый воздух из нижней части в охлаждающую камеру.</p>	<p>Воздух остывает и сжимается, поршень опускается вниз.</p>	<p>Вытеснительный поршень поднимается вверх, тем самым перемещая охлажденный воздух в нижнюю часть. И цикл повторяется.</p>

Для большей наглядности я привел схему работы двигателя Стирлинга (см. рисунок № 6).

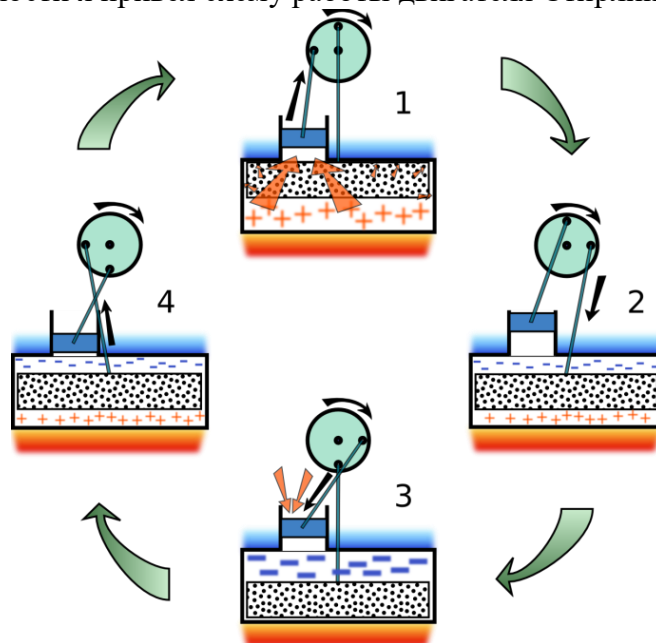


Рисунок № 6. Схема работы двигателя Стирлинга.

5.2. Создание модели двигателя Стирлинга.

Изучив схему работы двигателя и определившись с материалами, приступил к созданию модели двигателя (см. рис № 7 - 20).



Рисунок № 7, 8. Изготовление цилиндра



Рисунок № 9. Изготовление заглушки для цилиндра

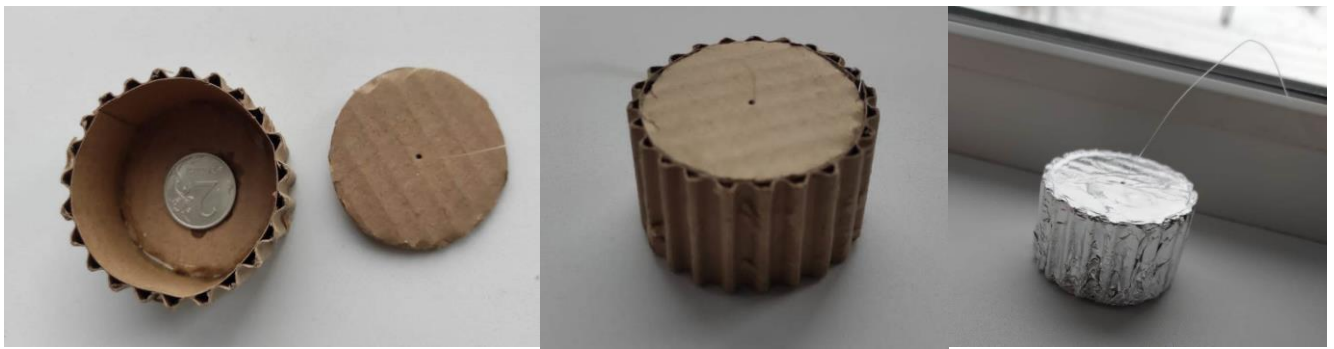


Рисунок № 10,11,12. Изготовление вытеснителя



Рисунок № 11,12,13. Изготовление поршневой основы и самого поршня



Рисунок 14, 15. Изготовление коленчатого вала и махового колеса

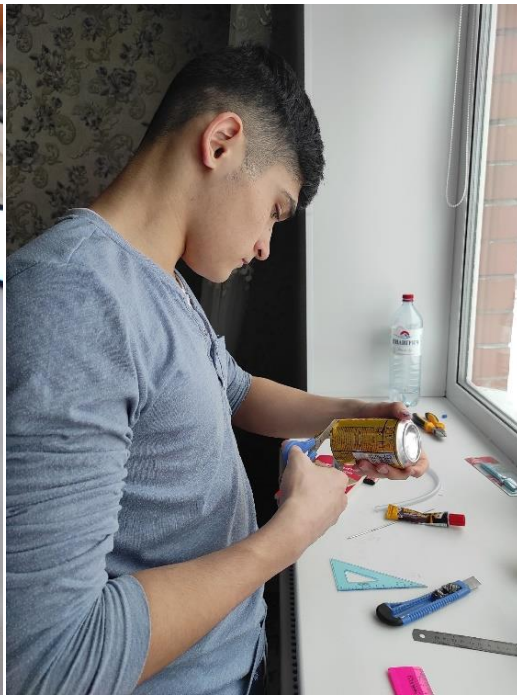


Рисунок № 16,17 Изготовление коленчатого вала и махового колеса

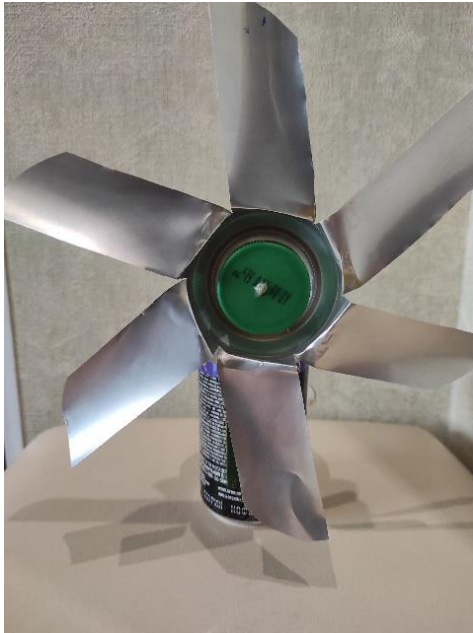


Рисунок № 18,19,20. Сборка всех деталей в единый механизм.

Готовая модель двигателя Стирлинга

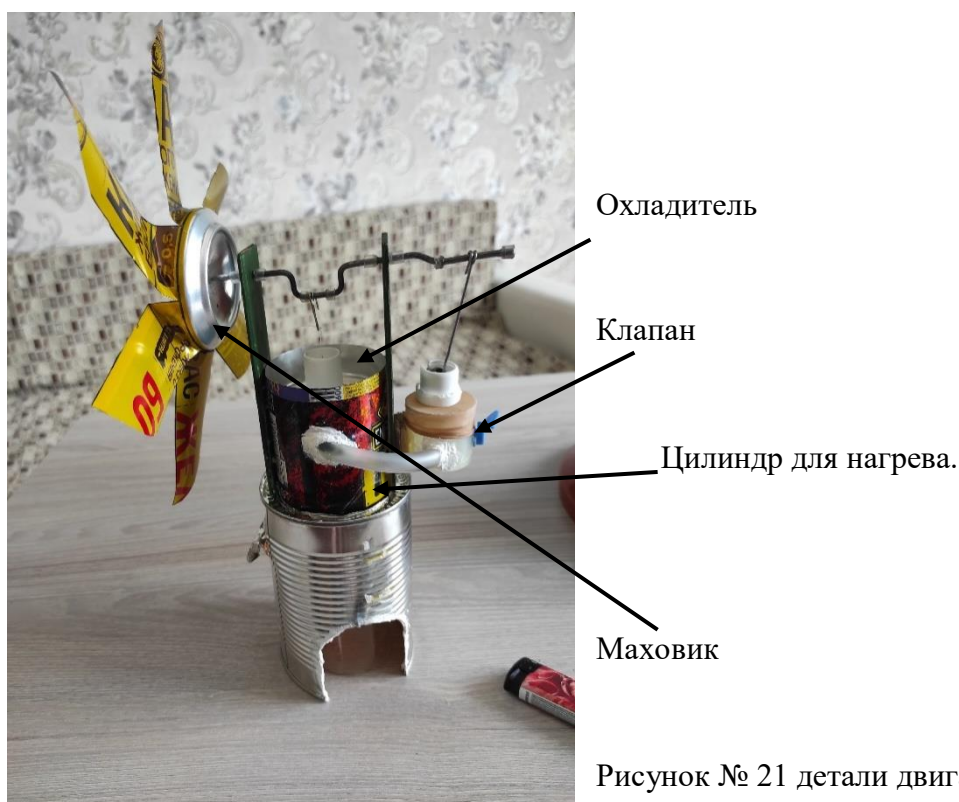
5.3. Объяснение работы двигателя.

Основные функции частей модели двигателя Стирлинга:

1. Цилиндр выполняет функцию сосуда, по которому будет перемещаться рабочее тело.
2. Заглушка для цилиндра нужна для герметизации цилиндра.
3. Вытеснитель нужен для того, чтобы перемещать рабочее тело под воздействием разных температур сверху и снизу от вытеснителя.
4. Поршневая основа и поршень – это силовая часть двигателя. Их функция заключается в использовании энергии расширения газа с передачей действия на привод двигателя. Затем газ сжимается, обеспечивая повторный цикл.
5. Функция коленчатого вала заключается в том, что он передает энергию выработанную двигателем Стирлинга на маховое колесо, и оно приходит в движение.
6. Маховое колесо в данном случае будет играть роль вентилятора.

Для запуска данного двигателя нужно:

1. заполнить охладитель водой,
2. открыть клапан, установить двигатель на огонь,
3. закрыть синий клапан, дать время для нагрева,
4. даем легкий импульс на маховик, чтобы запустить двигатель.



5.4. Тестирование прибора.

Для проверки работы двигателя, выполнили запуск по плану выше и сняли видео (см. рисунок № 22)



Рисунок № 22. QR код с ссылкой на видео

Ссылка на видео «Запуск и работа двигателя Стирлинга»:
<https://youtube.com/shorts/foA-cD3cAzQ?feature=share>

Ссылка на репортаж ТРК «СТВ» — Telegram от 16.03.2023 г.:
https://t.me/stv_strezh/425

Выводы

В ходе проектной деятельности были получены знания о работе и устройстве двигателя Стирлинга и его применении.

В результате цель моего проекта достигнута – я создал действующую модель двигателя Стирлинга.

Для реализации цели были решены следующие задачи:

1. изучил литературу по теме;
2. подобрал подходящий проект модели двигателя;
3. создал модель двигателя Стирлинга в домашних условиях
4. провел апробацию прибора.

Список источников литературы

1. «Двигатели Стирлинга» / Г.Ридер, Ч.Хупер, «Мир» М. 1986г
2. Двигатели внешнего сгорания. «Знание», М., 1967г. Смирнов Г. В.
3. Учебник «Физики 10 класса» / Громов СВ, Родина Н.А., М.: Просвещение, 2005 г.
4. http://www.barque.ru/engine/1969/stirling_external_combustion_engine - Двигатель внешнего сгорания Стирлинга (8.12.22)
5. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/dvigatel-stirlinga/> - Двигатель Стирлинга. Виды и конструкции. Устройство и работа (19.12.22)
6. <https://auto-gl.ru/dvigatel-vneshnego-sgoraniya-stirlinga-ustroystvo-principy-raboty-i-3-modifikacii/> - Двигатель внешнего сгорания Стирлинга: устройство, принципы работы и 3 модификации. (10.01.23)