

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшеклассников
по политехническим дисциплинам для учащихся 9-11 классов

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение

«Лобановская средняя школа»

физика

Двигатель Стирлинга. Создание рабочей модели

Чуприн Роман

МАОУ «Лобановская средняя школа»,

9 класс

Руководитель –

Муромцева Ирина Анатольевна

учитель физики

МАОУ «Лобановская средняя школа»,

с.Лобаново, Пермский район

ЛОБАНОВО – 2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. ЧТО ТАКОЕ ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА	
1.1. Роберт Стирлинг изобретатель ли?.....	4
1.2. Двигатель Стирлинга.....	5
1.3. Преимущества и недостатки двигателя.....	7
1.4. Очерк о развитии двигателя Стирлинга.....	8
1.5. Области применения.....	12
ГЛАВА II. СОЗДАНИЕ СОБСТВЕННОЙ МОДЕЛИ.....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	18
СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	19

ВВЕДЕНИЕ

Все, даже дети знают, что такое двигатель и для чего он нужен, но мало кто задумывается как, же работают двигатели и на какие категории их делят. На самом же деле, это необходимо знать, ведь двигатели - это всем известная нам энергия, а без неё нельзя представить нашу нынешнюю жизнь. Поэтому в данном исследовательском проекте предлагаем изучить принцип работы одного из таких двигателей - Двигателя Стирлинга.

Предмет исследования

Предметом исследования является двигатель Стирлинга, который в свою очередь относится к двигателям внутреннего сгорания.

Цель работы

Изучение модели двигателя Стирлинга и создания его в домашних условиях.

Задачи

1. Использовать информацию из источников, узнать о двигателе Стирлинга, его истории, строении.
2. Отобрать нужную информацию и поместить в данный исследовательский проект.
3. Разобраться в принципе работы двигателя.
4. Узнать, можно ли сделать двигатель Стирлинга в домашних условиях.
5. Придумать свою собственную модель двигателя Стирлинга, либо найти способы её создания в интернете.
6. Создать двигатель в домашних условиях.

Методы исследования: изучение и анализ работы двигателя, создание рабочей модели, опыт.

Гипотеза: изучая работу двигателя Стирлинга, можем предположить, что возможно создать подобный двигатель в домашних условиях.

ГЛАВА I. ЧТО ТАКОЕ ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА

1.1. Роберт Стирлинг изобретатель ли?

Двигатель Стирлинга – это машина, которая преобразует тепловую энергию в механическую, за счёт циклического сжатия и расширения воздуха. [1]

Роберт Стирлинг – шотландский священник, создатель двигателя Стирлинга. (Рис.1) Увидев как трудно работать рабочим с тепловым двигателем, он решает улучшить строение данного двигателя, чтобы он стал более безопасным. До этого двигатели взрывались и могли нанести вред из-за горячего пара. Так 27 сентября 1816 года был запатентован двигатель Стирлинга, который получился гораздо более безопасным, теперь двигатель не может взорваться из-за того, что давление в усовершенствованном двигателе меньше, а также данный двигатель теперь не мог причинить ожоги паром. Таким образом, обычный священник внёс огромный вклад в развитие двигателестроения.

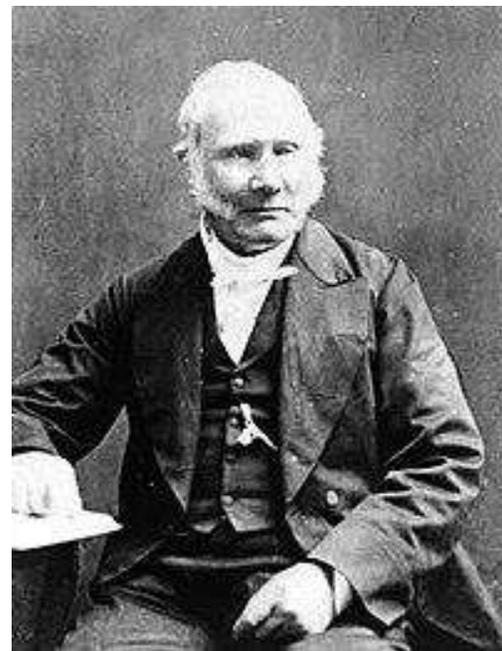


Рис.1

Двигатель Стирлинга на данный момент настолько востребован, что было создано новое направление в двигателестроении, стирлингостроение. На территории России, где отсутствует централизованное энергоснабжение, а это 2/3 территорий России, используют также двигатели Стирлинга, также создаются микро-ТЭС на основе данного двигателя, для районов где слишком дорого, либо же невозможно подавать электричество. Также данный двигатель используется в подводных лодках, в космических спутниках и даже в холодильниках.[3]

Кто же усовершенствует двигатель Стирлинга сейчас, ведь создатель умер? На данный момент, усовершенствованием двигателя Стирлинга занимается компания Philips, которая ещё с 1938 года пытается всячески улучшить его и это у них получается. Выпущена уже целая серия двигателей Стирлинга, а последний двигатель обладает КПД 43,5%, что больше КПД современного бензинового двигателя на 13,5%. А вскоре предполагают увеличение КПД до 60%, в связи с освоением жаропрочной керамики и других новых материалов[4]

1.2. Двигатель Стирлинга

Узнав историю создания двигателя, и его востребованность в настоящее время, мы должны узнать строение данного двигателя.

Прежде чем узнать какие виды бывают двигателя Стирлинга нужно узнать основные составные части двигателя.

Составные части двигателя

Регенератор - это устройство, в котором теплый и холодный теплоносители (воздух) попеременно контактируют с одной и той же поверхностью. [2]

Поршень — основная деталь поршневых двигателей внутреннего сгорания, служащая для преобразования энергии. [2]

Вытеснительный поршень — поднимается вверх, тем самым перемещая охлаждённый воздух в нижнюю часть. И цикл повторяется. [2]

Виды двигателя Стирлинга:

Обычно двигатель Стирлинга подразделяется на три вида:

α-Стирлинг: (Рис. 2) содержит два отдельных силовых поршня в отдельных

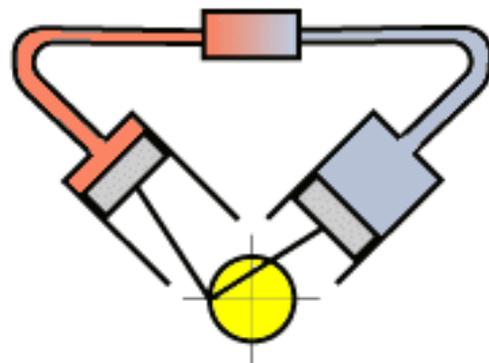


Рис. 2

цилиндрах, один — горячий, другой — холодный. Цилиндр с горячим поршнем находится в теплообменнике с более высокой температурой, с холодным — в более холодном. У данного вида двигателя отношение мощности к объёму достаточно велико, но, к сожалению, высокая температура «горячего» поршня создаёт определённые технические трудности. *Регенератор* находится между горячей частью соединительной трубки и холодной. [2]

β -Стирлинг: цилиндр всего один, горячий с одного конца и холодный с другого. Внутри цилиндра движутся поршень и вытеснитель, разделяющий горячую и холодную полости. Газ перекачивается из холодной части цилиндра в горячую, через регенератор. (Рис.3) [2]

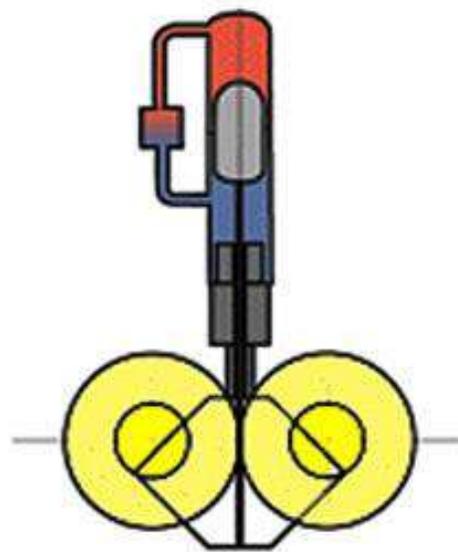


Рис.3

γ -Стирлинг — тоже есть поршень и вытеснитель, но при этом два цилиндра — один холодный, а второй горячий с одного конца и холодный с другого (там движется вытеснитель) (Рис. 4) [2]

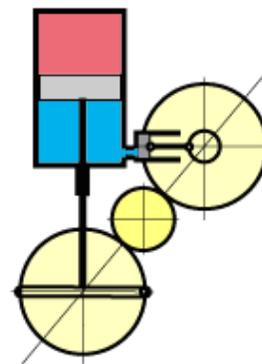


Рис.4

1.3. Преимущества и недостатки двигателя

У данного двигателя много преимуществ, но все они покрываются существенными недостатками. Давайте же рассмотрим их подробнее.

Преимущества	Недостатки
1.«Всеядность» двигателя	1.Громоздкость
2.Простая конструкция	2.Материалоёмкость
3.Продолжительная работоспособность	3.Требует высокое давление
4.Экономичность	4.Проводимость тепла
5.Экологичность	

Преимущества:

1. «Всеядность» данного двигателя подразумевается тем, что данная машина может работать почти от любых перепадов температур (даже от солнца).
2. Конструкция данного двигателя очень проста и не требует никаких дополнительных механизмов. Двигатель запускается самостоятельно.
3. Благодаря продуманной конструкции, данный двигатель может обеспечить непрерывную работу в сотни тысяч часов.
4. Как уже было сказано, данный двигатель работает почти от любых перепадов температур, а это значит что при утилизации тепловой энергии, особенно с небольшой разницей в температуре, двигатель Стирлинга оказывается одним из самых эффективных, а порой даёт даже больший КПД, чем тепловые машины на пару.
5. Данный двигатель, не имеет выхлопа из цилиндров, а это значит, что он гораздо экологичнее в использовании, по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. Также в двигателе используются экологичные источники тепла, что несомненно также является огромным плюсом по сравнению с двигателем внутреннего сгорания.

Недостатки:

1. У двигателя Стирлинга нет выхода под выхлопы из цилиндра, это говорит о том, что данному двигателю по сравнению с двигателем внутреннего сгорания требуется удвоенная производительность радиаторов. Ведь теплу некуда уходить. Это говорит о том, что за счёт увеличения производительности радиаторов, последует и увеличение механизма в размерах.
2. В ходе первого недостатка сразу всплывает следующий, это материалоемкость, помимо того, что двигатель в ходе увеличения своих размеров будет требовать больше материалов, ещё и сам двигатель требует достаточно дорогие термостойкие сплавы и цветные металлы. Также требуется высокотехнологическое оборудование.
3. Для получения характеристик сравнимых с двигателем внутреннего сгорания, требуется применять высокое давление.
4. Огромным недостатком является то, что тепло проводится к телу не непосредственно, а с помощью стенок теплообменника. Стенки же в свою очередь имеют ограниченную теплопроводность, из-за чего КПД оказывается меньше. Также из-за этого материал стенок требует дорогостоящие материалы.

1.4. Развитие двигателя Стирлинга

Роберт Стирлинг постоянно совершенствовал свой двигатель, работающий на подогретом воздухе. К 1908 г. двигатель Стирлинга был уже настолько усовершенствован, что по обе стороны Атлантического океана широко использовались регенератор и принцип двойного действия в нем. Обсуждение возможных областей применения и перспектив этого двигателя регулярно проводилось в известных журналах, таких, как «труды института инженеров-механиков». С середины XIX в. и до начала первой мировой войны воздушно-тепловые двигатели, как с разомкнутым, так и с замкнутым циклов

имели значительный коммерческий успех, удовлетворяя технические потребности человечества в чрезвычайно широком диапазоне. От энергетических установок на судах до приводов швейных машин, насосов и агрегатов для подачи воздуха в церковные органы. Эта последняя область применения была, пожалуй, первым случаем, когда основанием для применения двигателя была бесшумность его работы.

Еще в 1908 г. была предложена солнечная установка для привода водяного насоса с помощью двигателя Стирлинга. Популярность водяных насосов подтверждалась наличием в фирменных каталогах рекомендаций, подписанных такими известными личностями, как король Эдуард VII. Но, несмотря на этот успех, к 20-м годам нашего века интерес к двигателям Стирлинга угас.

И вновь внимание совершенствованию двигателей Стирлинга начинает уделяться с 1938г. Одной из фирм, проводивших исследования в области совершенствования двигателей была фирма «Филипс».

1937-1938 гг. фирма «Филипс» проявляет интерес к двигателям с замкнутым циклом, работающим на подогретом воздухе и предназначенным для электрогенераторов малой мощности.

С 1938 по 1947 годы создано несколько опытных образцов двигателей с лучшими характеристиками по сравнению с двигателями 30-х годов.

А вот с 1948 по 1953 год внимание переключается на холодильные машины. Выясняется, что применение газов с малыми молекулярными массами улучшает рабочие характеристики. Тем не менее, продолжается исследование и разработка Двигателей – источников механической энергии как простого, так и двойного действия, Интерес к ним проявляют фирмы «Форд» (США) и «Дженерал моторс». Резкий скачок в разработке двигателя Стирлинга был сделан в 1953 г., когда Мейер изобрел ромбический привод, что позволило использовать более высокие рабочие давления. Развитие конструкций

двигателей - источников механической энергии и холодильных машин пошло различными путями.

В течение 1954-1958 годов было построено и испытано много двигателей с ромбическим приводом, при этом в двигателе 1-365 с водородом в качестве рабочего тела среднее давление цикла достигло 14 МПа. С использованием газа при высоких давлениях возникла проблема надежности уплотнений. Чугунные поршневые кольца не подходили из-за значительной утечки масла. Уплотнения сальникового типа для картера также оказались неподходящими. Было разработано уплотнение поршня с плотной посадкой. Поршень изготавливался с нанесенными на нем кольцевыми слоями сплава олова, свинца и сернистого молибдена. Затем поршень при сильном охлаждении вставлялся в цилиндр. В 1957 году «Дженерал моторс» вновь проявляет интерес к Двигателю Стирлинга и работам фирмы «Филипс». И в ноябре 1958 года между ними заключается соглашение по предоставлению лицензии сроком на 10 лет.

В 1958 по 1962 годы «Филипс» продолжает работу над двигателем 1-98 с ромбическим приводом. Было построено свыше 30 вариантов этого двигателя.

В этот период времени были намечены три основных области применения двигателей Стирлинга, в которых фирма «Дженерал моторс» намеревалась проводить дальнейшую работу: подвесной мотор для судов, генератор для спутников, работающий на солнечной энергии, и компактный генератор ГПУ (англ. GPU-Ground Power Unit) для работы в полевых условиях для армии США. Другие возможные области применения включали силовые установки для речных и каботажных морских судов, подводных лодок и железнодорожного транспорта.

Первым двигателем, который испытывался фирмой «Дженерал моторс», был одноцилиндровый двигатель мощностью 23 кВт с плотной посадкой поршня в цилиндре.

1963-1968 гг. Изобретение ромбического привода и уплотнения типа «скатывающийся чулок», а также усовершенствования процесса сгорания, теплообменников и систем регулирования позволили приступить к созданию более мощных двигателей. «Филипс» и «Дженерал моторс» провели исследования и построили двигатели мощностью 200 кВт, которые использовались на морских судах, автобусах, в военно-морских силах США.

Продолжались работы и над двигателем простого действия, которые интенсивно вела фирма «Дженерал моторс». Они построили и провели испытания двигателя PD67 для спутника. В 1964 г. на автомобиле марки «Калвер» был испытан двигатель Стирлинга мощностью 23 кВт, тепловая энергия, для которого поступала от теплового аккумулятора энергии на основе окиси алюминия. В этот же период были начаты исследования свободнопоршневых двигателей и двигателей с жидкими поршнями. Были созданы и испытаны с разной степенью успеха опытные образцы таких двигателей. Работы по свободнопоршневым двигателям проводились в различных институтах США.

1968-1978 гг. - это период интенсивных исследований, однако, без крупных достижений. Работа над автомобильным двигателем Стирлинга не прекратилась, и ее продолжали фирмы «Форд» и «Филипс» в соответствии с соглашением, подписанным в 1972г. Шведская фирма «Юнайтед Стирлинг» также совершенствовала свои автомобильные двигатели, предназначенные для тяжелых грузовиков и автобусов. Объединение MAN-MWM не раскрыло предполагаемую область применения своих двигателей, однако, предполагалось, что эти двигатели предназначены для военно-морских судов.

К концу рассматриваемого периода были достигнуты значительные успехи в разработке двигателя Стирлинга, работающего на жидком природном топливе и предназначенного для использования на легковых и грузовых автомобилях.

Успешные испытания двигателей серии Р фирмы «Юнайтед Стирлинг», в которых использовался U-образный кривошипный привод Рикардо, вызвали интерес многих фирм. Помимо автомобильного транспорта были рассмотрены другие области применения, такие, как электрические генераторы, использующие солнечную энергию, установки для подводных лодок и дистанционно управляемые стационарные электрогенераторы, работающие не на жидком топливе.

Работы над свободнопоршневым двигателем в этот период достигли такого уровня развития, что стало возможным приступить к коммерческому выпуску двигателей. Были предприняты работы по совершенствованию двигателя с целью использования его на Индийском субконтиненте. Изучались также возможности использования «сухой» модификации этого двигателя, работающего на угле.

с 1978 года основное направление работ переключилось с двигателя с качающей шайбой на энергосиловую установку Р-40 с U-образным кривошипным приводом. Интенсивность исследований, связанных с двигателем Стирлинга, с 1978 г. возросла примерно в 10 раз, однако все усилия были направлены в основном на доводку существующих конструкций, а не на разработку новых. Нельзя, конечно, утверждать, что работа над новыми конструкциями вообще не велась. Но направление работ во всех областях в большей степени ориентировалось на создание промышленных образцов двигателей, поскольку почти все программы ориентированы на определенную область применения двигателя Стирлинга.

4.5. Области применения

Двигатель Стирлинга можно использовать во всех областях, где требуется преобразование тепловой энергии в механическую. В самом деле, почти нельзя назвать ни одной сколько-нибудь серьёзной области потенциального применения двигателя Стирлинга, в которой уже не было бы предпринято

попытки его использования или, по крайней мере, такая возможность не изучалась. При этом нельзя выделить каких-то необычных областей применения, поскольку во всех случаях имеются альтернативные источники механической энергии аналогичного назначения. По рабочим характеристикам или приспособленности альтернативные установки могут уступать двигателю Стирлинга, однако нет оснований утверждать, что двигатель Стирлинга – это единственно подходящий источник механической энергии для данной области применения, хотя было бы трудно, например, представить паровую турбину или дизельный двигатель в качестве привода искусственного сердца. Развитие двигателей Стирлинга, как и других источников механической энергии, стимулировалось, как правило, техническими и социально-экономическими требованиями времени. Так, например, о возможности использования двигателя Стирлинга на автомобиле особенно не задумывались до 1962г., когда общество начало испытывать беспокойство по поводу загрязнения окружающей среды, и только в 70- годах, в условиях энергетического кризиса, влияние которого ощущается еще и сейчас, в программы совершенствования автомобильных двигателей Стирлинга начали вкладывать значительные средства.

Первоначально предполагавшееся фирмой «Филипс» применение двигателей Стирлинга в качестве составной части портативных электрогенераторов не состоялось из-за быстрого совершенствования других устройств, предназначенных для той же цели, однако в настоящее время под воздействием экономических факторов эта область применения вновь привлекает внимание. Области применения, в которых двигатель Стирлинга использовался в XIX веке и был, в конечном счете, вытеснен, теперь изучаются вновь. Поэтому нецелесообразно перечислять отдельные случаи применения двигателя Стирлинга в хронологической последовательности.[6]

Вывод:

Разобравшись в истории Роберта Стирлинга, мы поняли, что это по-настоящему гениальный изобретатель, его творение не только использовалось в его время, но и по сей день востребовано. Двигатель Стирлинга можно использовать во всех областях, где требуется преобразование тепловой энергии в механическую. Но не бывает изобретений без минусов, у этого двигателя, конечно, они тоже есть, минусы данного двигателя в зависимости от условий даже могут перекрывать все плюсы, но при нормальных условиях, преимуществ больше.

ГЛАВА II. СОЗДАНИЕ СОБСТВЕННОЙ МОДЕЛИ

Узнав историю, где используется, и какой принцип работы двигателя Стирлинга, подошёл последний этап создание собственной модели.

Начался поиск в интернете информации касающейся создания модели из материалов, которые могли быть в каждом доме, либо же, их можно было бы легко купить.

1. Для того, чтобы в домашних условиях сделать своими руками двигатель, нам потребуется обычная железная банка, высотой 8-9 см и шириной 8 см.



Рис.5

2. Далее из бумаги сделали поршень, по высоте меньше на 2 см и ширине 7 мм. Так чтобы бумажный поршень свободно помещался в банку. К поршню сверху посередине прикрепили леску. (Рис.5)

3. Для этого взяли полиэтиленовую крышку, сделав маленькое отверстие посередине, просунули леску от поршня. Крышку положили сверху на банку и герметично приклеили. Проверили это, поднимая за леску, внутри банки поршень свободно передвигается. (Рис.6)



Рис.6

4. Далее, взяв пластмассовую крышку от бутылки, кусок полиэтиленового пакета и колпачок от ручки, склеим колпачок с пленкой. В крышке от бутылки сделали отверстие, плёнку с колпачком опустили в пробку и герметично зафиксировали края плёнки с внешней стороны пробки, так чтобы колпачок с плёнкой поднимался выше пробки. К колпачку прикрепили кусок проволоки. (Рис.7)



Рис.7

5. Пробку герметично приклеили к крышке железной банки на 2 см в сторону от центра. (Рис.8)

6. После этого сделали коленчатый вал из жесткой проволоки и прикрепили к нему конец лески и кусок проволоки от поршня и колпачка. На конец коленчатого вала прикрепили диск. (Рис.9)

Итоговая работа (Рис.10)



Рис.8

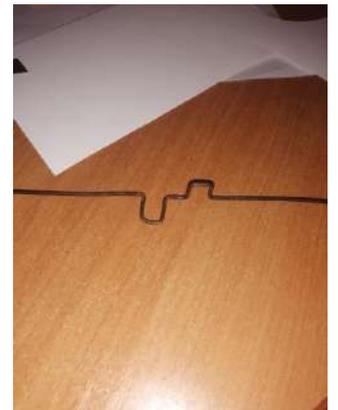


Рис.9



Рис.10

Модель готова, так как же она работает? Для работы двигателя нужно несколько кусков льда и нагревательный элемент. Лёд кладём на крышку железной банки, снизу нагревательный элемент. Сверху воздух в банке охлаждается (сжимается), а снизу нагревается (расширяется) при этом поршень движется, передавая усилие с помощью лески и проволоки на коленчатый вал.

Результатом работы является полностью рабочий двигатель Стирлинга, сделанный в домашних условиях. Также к данному проекту приложено видео, в котором наглядно показана работа модели.

Вывод:

Хоть и не получилось придумать собственную модель двигателя, за то получилось сделать модель на основе работ других людей в интернете. Данная модель является полностью рабочей, но эта модель не предназначена для целенаправленного использования его как двигателя, во-первых, данная модель является учебной. Во-вторых, КПД данного двигателя будет настолько мал по сравнению с настоящим, что его использование просто не рационально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведя итог по двигателю Стирлинга, объяснив, что такое двигатель Стирлинга, поняли, как он используется в нашей жизни, узнали его преимущества и недостатки.

Именно на основе двигателя Стирлинга можно увидеть, что есть механизмы, которые даже через сотню лет не устаревают, а даже наоборот, всё больше становятся востребованными, но идеальных механизмов не бывает, у каждого есть свои минусы, но хоть недостатки данного двигателя значительны, это не отменяет его повсеместного использования. Особым плюсом данного двигателя является его экологичность, особенно в настоящее время, когда экология мира очень страдает. Но благодаря такой компании, как Philips, в ближайшем будущем все минусы будут сведены к нулю, уже сейчас компания принесла огромное значение в развитие стирлингостроения.

Во втором этапе работы даже получилось создать собственную модель, хотя и основы её конструкции были позаимствованы из интернета. Также объяснили все этапы создания двигателя, и теперь каждый, кто ознакомился с данным исследовательским проектом, может сделать собственную модель двигателя Стирлинга. Данный двигатель можно применить в кабинете физики, чтобы дети могли наглядно увидеть принцип работы двигателя. Также к данному двигателю можно подключить какие-то простые механизмы, например насос. Так мы доказали, что модель Стирлинга действительно можно сделать дома и служить она может не только учебной, но и рабочей моделью. Выдвинутая нами гипотеза подтверждена, цель достигнута.

СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://ruwiki.press/es/Motor_Stirling
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0
3. <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5430>
4. <https://mashintop.ru/articles.php?id=3240>
5. <https://www.google.com/search?q=%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C+%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0&oq=%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C+%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0&aqs=chrome.0.69i59l4j0i512l2j69i60j69i61.2872j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
6. <https://www.km.ru/referats/47E77B0045294C42BFC8D917F1B53F80>

ПРИЛОЖЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Все материалы этапов создания, а также пример работы приложены к данному файлу в папке «Приложенные материалы».