

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА

Обухов С.С.

г. Пермь, МБОУ «Гимназия № 17», 4 «А» класса

Руководители: Аксенова Н.В., г. Пермь, МБОУ «Гимназия № 17»,

учитель начальных классов высшей категории,

Почетный работник общего образования РФ

Кочнева Л.С., г. Пермь, МБОУ «Гимназия № 17»,

учитель физики высшей категории

Движение – это жизнь. С древнейших времен люди нуждались в силе, которая приводила бы в действие различные приспособления для облегчения ручного труда. Сегодня люди используют в своей жизни различные источники энергии: невозобновляемые и возобновляемые. Развитие альтернативных источников энергии необходимо для экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения негативного влияния на окружающую среду.

Меня заинтересовала тема двигателей, которые работают на альтернативных источниках энергии. В прошлом году предметом моего исследования были паровые двигатели. Я узнал историю происхождения этих двигателей, как они устроены, каков принцип их работы. Мною были сконструированы две модели лодочек с простейшими паровыми двигателями. Я решил продолжить узнавать новое в этой теме.

При изучении литературы мое внимание привлекла статья о двигателе Стирлинга. Большой интерес к нему со стороны науки вызван актуальностью вопросов ухудшения экологической обстановки, а также борьбы с шумом. Способность производить электричество из возобновляемых ресурсов делает двигатель Стирлинга машиной чистого будущего мира. Он интересен тем, что работает от разницы температур. Например, при помощи такого двигателя можно зарядить мобильный телефон от тепла человеческого тела или кружки кипятка; можно, используя разницу температур между колодезной водой и воздухом, снабдить электричеством загородный дом.

Я решил больше узнать об этом двигателе, выяснить, как он работает, где используется.

Я предположил, что если двигатели Стирлинга работают от разницы температур, то они будут работать как от тепла, так и от холода.

Цель работы: исследование принципа работы двигателя Стирлинга и его наглядная демонстрация на примере действующей модели.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. изучить историю появления двигателей;

2. узнать, как работает двигатель Стирлинга;

3. изготовить модель двигателя Стирлинга самостоятельно;

4. пронаблюдать, как работает двигатель от разницы температур;

Объект исследования: двигатель Стирлинга.

Предмет исследования: принцип и условия работы двигателя Стирлинга.

Для подтверждения гипотезы буду использовать следующие методы:

- эксперимент;
- моделирование;
- демонстрация работы двигателя;
- замеры оборотов двигателя;
- анализ полученных данных.

Виды двигателей

Самым первым двигателем было простое водяное колесо. На колесе крепились лопатки, оно опускалось в реку, и течение воды приводило его в движение. Прикрепив к колесу различные механизмы, люди выполняли всевозможные работы: орошали поля, мололи зерно, ковали металл.

Позднее были придуманы ветряные двигатели. К небольшому колесу крепились огромные деревянные крылья. Они вращались под действием ветра и приводили в движение мельничные жернова. Ветряные мельницы можно встретить и в наше время.

Ветряным и водяным двигателям не требуется топливо. Они очень экономичные. Их приводят в действие силы природы, от которых они и зависят. В этом их недостаток. (рис. 1)

В отличие от водяных и ветряных двигателей, их «наследники» - паровые двигатели, являются более независимыми. В паровой машине имеются печь и котел. Печь топится дровами и углем и нагревает котел с водой. Вода закипает и превращается в пар. Он и приводит в движение механизмы. Изо-

бретение парового двигателя способствовало развитию промышленности. Заработали паровые станки, паровозы, пароходы.

Однако паровая машина тоже имела недостаток: она была слишком велика и прожорлива. (рис. 2)

Изобретатели сконструировали новый двигатель. Топливо в нем сгорает не в печи, а внутри самого двигателя. Его так и назвали - двигатель внутреннего сгорания. Он экономичнее и сильнее, меньше и легче паровой машины, потому что не имеет котла. Двигатели внутреннего сгорания сейчас используются в автомобилях, самолетах, тепловозах, теплоходах и других машинах.

В повседневной деятельности человеку чаще всего приходится сталкиваться с двигателями внутреннего сгорания. (рис. 3)

Но существует также особый класс энергетических установок, имеющих общее название двигателей внешнего сгорания. Когда для бурно развивающейся промышленности понадобились мощные и экономичные энергетические установки, конструкторы придумали замену взрывоопасным паровым двигателям. В двигателях внешнего сгорания процесс сжигания топлива и источник теплового воздействия отделены от рабочей установки. К данной категории обычно относят паровые и газовые турбины, а также двигатели Стирлинга. Первые модели подобных установок были сконструированы более двух веков назад и применялись на протяжении почти всего XIX столетия. Только через несколько десятков лет им на смену пришли двигатели внутреннего сгорания. Стоили они существенно дешевле, что и определило их широкое распространение.

Но сегодня конструкторы все пристальнее присматриваются к вышедшим из широкого употребления двигателям внешнего сгорания. Главное их достоинство состоит в том, что такие установки не нуждаются в хорошо очищенном и дорогом топливе и не наносят вред окружающей среде. [3]

Изучив историю возникновения двигателей, мы узнали, что люди всегда нуждались в двигательной силе. Прогресс не стоял на месте, и двигатели постоянно совершенствовались. Наиболее распространенные в настоящее время двигатели внутреннего сгорания имеют ряд существенных **недостатков**: их работа сопровождается шумом, они выделяют вредные отработавшие газы и потребляют много топлива. Сегодня конструкторы все чаще обращаются к новым технологиям и идеям, связанным с альтернативными источниками энергии. И здесь особенно интересны двигатели Стирлинга, которые имеют ряд преимуществ.

1.2. Двигатель Стирлинга и принцип его работы

Один из самых известных представителей семейства двигателей внешнего сгорания – машина Стирлинга. Она была придумана в 1816 году шотландским священником Робертом Стирлингом, неоднократно совершенствовалась, но впоследствии на долгое время была незаслуженно забыта. (рис.4)

Теперь же двигатель Стирлинга получил второе рождение. На сегодняшний день, он применяется во многих областях деятельности человека. Его используют как универсальный источник электроэнергии, в качестве насосов, в холодильных системах, на подводных лодках, на космических спутниках и др. Именно по этой причине, двигатель Стирлинга сейчас является универсальным устройством для выполнения любого рода задач. [2] (рис. 5)

Попробуем разобраться, что собой представляет двигатель Стирлинга, как он устроен и какой физический принцип лежит в основе его работы.

Двигатели Стирлинга работают от разницы температур. При низкой температуре идет сжатие воздуха, а при высокой – его расширение. У всех Стирлингов есть холодная и горячая сторона, в которых происходит нагрев и охлаждение воздуха. Воздух нагревается в горячей области, расширяясь, он толкает поршень и перемещается в холодную часть двигателя, где сжимается, после чего снова перемещается в горячую область двигателя, чтобы в очередной раз толкнуть поршень. Тепло к рабочему телу при этом подводится с внешней стороны, через стенку цилиндра. Эта особенность и дает право машине Стирлинга называться двигателем внешнего сгорания. [1] (рис. 6)

Двигатель, сделанный по принципу Стирлинга, обладает рядом полезных преимуществ. Они могут работать от любого перепада температур: например, между разными слоями в океане, от солнца, от угольной или дровяной печи и т. д. Преимуществом является и простота конструкции. Для постройки такого двигателя, необходим самый минимум систем. Он запускается самостоятельно и не нуждается в стартере. Простота конструкции позволяет Стирлингу обеспечить небывалый для других двигателей ресурс в десятки и сотни тысяч часов непрерывной работы. Еще одной важной особенностью таких двигателей является бесшумность работы. Так как в них отсутствуют выхлопы, то вся работа выполняется практически бесшумно. Преимуществом двигателя Стирлинга является и его экологичность. Внутри двигателя отсутствуют компоненты, которые могли бы

существенно загрязнять окружающую среду, чего не скажешь о двигателях внутреннего сгорания.

Но идеальных механизмов не существует. Самым основным недостатком двигателя Стирлинга, является его громоздкость. Как и любой двигатель, он нуждается в охлаждении, а это сулит установкой большего количества радиаторов, что существенно увеличивает массу всей конструкции. [5]

Изучив литературу по теме «Двигатели Стирлинга», мы поняли основной принцип его работы. Он заключается в постоянно чередуемых температурах: нагревании и охлаждении. Двигатель имеет две пластины, между которыми находится воздух. При помощи нагрева или охлаждения одной из них создается разница температур. Воздух внутри то расширяется, то сжимается, совершая при этом работу. Также мы рассмотрели основные преимущества и недостатки двигателя Стирлинга и выяснили, что преимуществ гораздо больше.

Создание действующей модели двигателя Стирлинга

Двигатель Стирлинга можно изготовить в домашних условиях из подручных материалов. Интернет-ресурсы предлагают различные схемы сборки таких двигателей, с пошаговыми инструкциями, достаточно простыми в исполнении. [4] Однако собрать работающий двигатель Стирлинга оказалось непросто.

Сначала была создана первая модель двигателя Стирлинга. Для изготовления понадобились следующие материалы:

- консервная банка;
- металлическая крышка;
- небольшой кусок поролона;
- цилиндр от шприца;
- СД-диск;
- два болтика;
- скрепки;
- пакет;
- резинка;
- холодная сварка;
- силиконовый клей;
- Инструменты:
- кусачки;
- плоскогубцы;
- ножницы;
- паяльник;
- наждачная бумага;
- клеящий пистолет;

Далее следовали четко по инструкции, выполняя все предложенные интернетом действия.[5] Собрали корпус двигателя, внутрь поместили вытеснитель, прикрепили к нему шатун и вывели его наружу, корпус заклеили. Далее прикрепили цилиндр

для поршня, закрепили на нем мембрану, соединили с поршнем. Коленвал соединили с шатуном и поршнем, проделали края коленвала сквозь опоры и установили маховик. Модель готова к использованию. Нижнюю пластину двигателя нагрели. После этого двигатель должен был заработать. Но это не произошло. (рис. 7)

Проанализировав работу, были выявлены возможные ошибки, которые не позволяли двигателю работать:

- высокое трение;
- негерметичность конструкции;
- вытеснитель неплотно прилегал к стенкам банки, был слишком широк и тяжел.

Второй двигатель был собран с учетом всех ошибок. Вытеснитель сделали из бумаги, который плотно прилегал к стенкам двигателя. Особое внимание уделили герметичности конструкции, тщательно проклеили все стыки и отверстия в двигателе. Для устранения трения детали смазали машинным маслом. Этот двигатель завелся только от сильного нагревания. Работа двигателя происходила с затруднениями, очень медленно. Сохранилось высокое трение и неточность в расчетах, которые очень сложно учесть в домашних условиях. (рис. 8)

Работая над изготовлением действующей модели двигателя Стирлинга, мы столкнулись с трудностями. Первая сконструированная модель не заработала из-за многих ошибок, допущенных в процессе сборки. После их устранения вторая модель заработала, но с недостаточной мощностью. Основная причина – это высокое трение.

Демонстрация работы двигателя Стирлинга

Как работают двигатели Стирлинга можно увидеть из эксперимента.

Модель двигателя Стирлинга способна работать даже на небольшом перепаде температур. В комнате 20°C тепла. Модель не работает, потому что находится в тепловом равновесии.

В первой части эксперимента возьмем кружку с температурой воды 80°C и поставим на нее модель двигателя Стирлинга. Температура в комнате 20°C. Теперь, получив перепад температур в 60°C, двигатель должен заработать. Так и происходит.

Во второй части эксперимента используем эту же модель Стирлинга. Даем ей остыть и прийти в тепловое равновесие. Затем на верхнюю панель двигателя положим кусочки льда, то есть охладим ее до 0°C. Снизу двигатель отбирает тепло у комнатного воздуха с температурой 20°C. Сверху имеем 0°C. Разница составит 20°C. Двигатель вновь заработал.

Эксперимент доказал, что двигатель Стирлинга работает как от тепла, так и от холода. (рис. 9)

Проводя эксперимент, мы заметили, что меняя условия, двигатель работает с разной скоростью. Нам стало интересно, какое количество оборотов совершает двигатель при разных условиях?

Используя метки и секундомер, мы сосчитали количество оборотов за 10 секунд при разных условиях. В случае с горячей водой, скорость была выше, чем со льдом. Тогда мы решили увеличить температурную разницу. Теперь внизу двигателя горячая вода, а сверху лед. Получили разницу в 80°C. Замерили частоту оборотов и сравнили с предыдущими показателями. С наибольшей температурной разницей скорость была выше всех. Значит, чем больше разница температур, тем двигатель работает быстрее. Все данные были занесены в таблицу. (табл. 1)

Проанализировав данные, полученные в ходе эксперимента, можно сделать выводы:

- двигатель Стирлинга заработает, как только появится температурная разница между пластинами. Можно нагреть нижнюю пластину или охладить верхнюю. Наша гипотеза доказана: двигатель может работать как от тепла, так и от холода. Отметим, что двигатель будет работать даже при небольшой разнице температур;

- также мы выявили, что чем больше разница температур, тем выше скорость оборотов двигателя.

Приложения

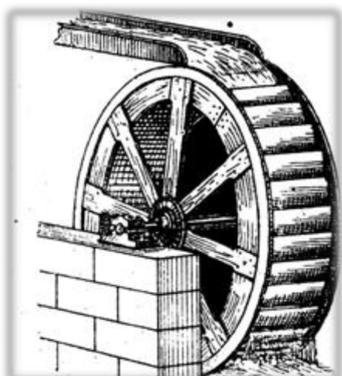


Рис. 1. Ветряные и водяные двигатели

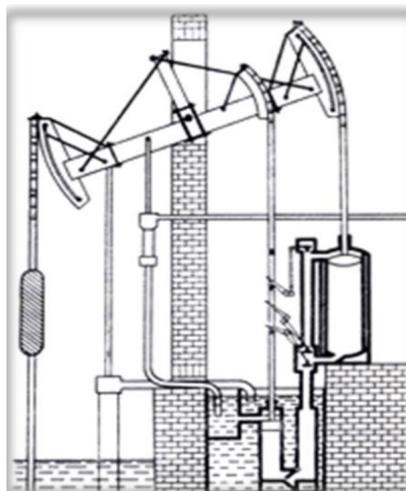


Рис. 2. Паровые двигатели



Рис. 3. Двигатель внутреннего сгорания

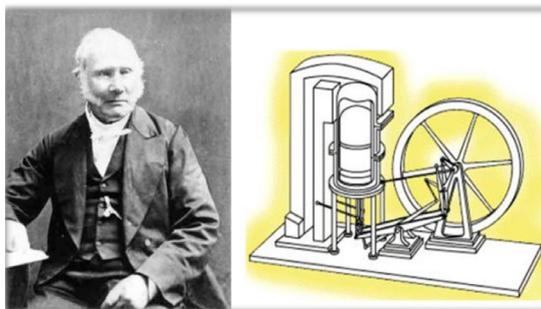


Рис. 4. Роберт Стирлинг и двигатель внешнего сгорания



Рис. 5. Подводная лодка и космический спутник

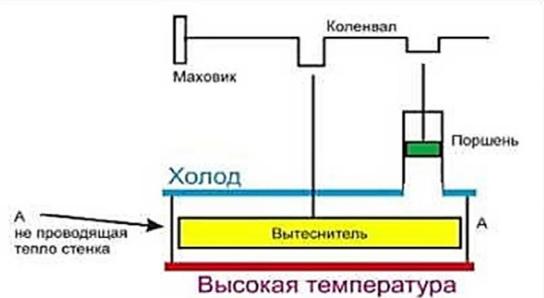


Рис. 6. Устройство двигателя Стирлинга



Рис. 7. Изготовление первой модели двигателя Стирлинга



Рис. 8. Изготовление второй модели двигателя Стирлинга

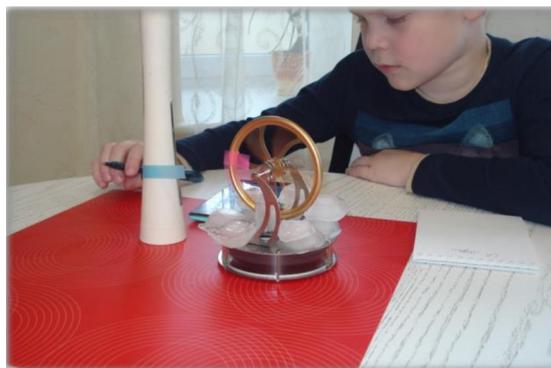


Рис. 9. Демонстрация работы двигателя Стирлинга

Зависимость количества оборотов от условий среды

Условия	Темп-ра горячей пластины	Темп-ра холодной пластины	Разница темп-р	Кол-во оборотов за 10 с	Кол-во оборотов за 1 мин
Лед	20°	0°	20°	18	108
Горячая вода	80°	20°	60°	24	144
Лед + горячая вода	80°	0°	80°	33	198

Заключение

Работая над данной темой, я узнал, что существуют двигатели внешнего сгорания. К ним относится двигатель Стирлинга. Я изучил историю происхождения данных двигателей, узнал, кто их изобрел, как они устроены и где их применяют.

В процессе работы я самостоятельно сконструировал две модели двигателя Стирлинга. Для этого я ознакомился с чертежами, изучил технологию изготовления таких моделей, просмотрел видео-уроки. Первая модель двигателя не заработала. Были выявлены ошибки в ее конструкции. Вторая модель была усовершенствована с учетом

всех ошибок. Двигатель заработал, но с малой скоростью. Мешало сильное трение, которое и стало основной проблемой в конструировании.

Моя гипотеза подтвердилась. Экспериментальным путем я доказал, что двигатель будет работать как от тепла, так и от холода. Также я выявил, что чем больше разница температур, тем двигатель работает быстрее.

Очень заинтересовался данной темой. Считаю, что она интересна и актуальна, перспективна в современной науке, так как двигатель имеет больше преимуществ, чем недостатков, экологически чист, достаточно прост в изготовлении.

Планирую продолжить конструировать двигатели, добиваться, чтобы они работали. В будущем хотелось бы не только сконструировать действующую модель, но и найти ей практическое применение.

В настоящее время двигатели Стирлинга – это редкость. Но постепенно они вновь входят в нашу жизнь. На сегодняшний день

они используются во многих отраслях деятельности человека. В будущем они могут устанавливаться на мини ТЭЦ или их энергией можно будет питать целый город, а когда запасы нефти будут заканчиваться, из-за своей практичности и высокой работоспособности они смогут конкурировать с дизельными двигателями.

Список литературы

1. Белецкий И. Видео-уроки. Интернет-сайт;
2. Галилео. Эксперимент. Двигатель Стирлинга. Интернет-сайт;
3. Двигатель Роберта Стирлинга. Интернет-сайт;
4. Зубков Б.В., Чумаков С.В. Энциклопедический словарь юного техника, Издательство: Педагогика, Москва, 1988;
5. От теории к практике. Физика в игрушках. Интернет-сайт;
6. Ридер Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга, Издательство: Мир, Москва, 1986;
7. Уокер Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга, Издательство: Энергия, Москва, 1978