

ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА

Студент гр.10601218 Кириченко Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Николаенко В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В 1816 году шотландец Роберт Стирлинг изобрел двигатель с внешним подводом теплоты. Широкого распространения изобретение в то время не получило – слишком сложной была конструкция по сравнению с паровой машиной и появившимися позже двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело, в виде газа или жидкости, движется в замкнутом объеме, разновидность двигателя внешнего сгорания. Основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела, с извлечением энергии из возникающего при этом изменения давления. Может работать не только от сжигания топлива, но и от любого источника тепла.

Основной принцип работы двигателя Стирлинга заключается в постоянно чередуемых нагревании и охлаждении рабочего тела в закрытом цилиндре. Обычно в роли рабочего тела выступает воздух, но также используются водород и гелий. В ряде опытных образцов испытывались фреоны, двуокись азота, сжиженный пропан-бутан и вода. В последнем случае вода остаётся в жидком состоянии на всех участках термодинамического цикла. Особенности «стирлинга» с жидким рабочим телом являются малые размеры, высокая удельная мощность и большие рабочие давления. Существует также «стирлинг» с двухфазным рабочим телом. Он тоже характеризуется высокой удельной мощностью, высоким рабочим давлением.

Из термодинамики известно, что давление, температура и объём идеального газа взаимосвязаны и следуют закону $PV = nRT$, где:

- p – давление газа;
- V – объём газа;
- n – количество газа;
- R – универсальная газовая постоянная;
- T – температура газа в кельвинах.

Это означает, что при нагревании газа его объём увеличивается, а при охлаждении – уменьшается. При нагревании газ совершает работу (например, толкает поршень) и охлаждается. Сжать охлажденный газ проще, чем удержать расширяющийся горячий (на сжатие холодного газа «расходуется» меньше работы, чем высвобождается работы при нагревании и расширении того же самого газа). Это свойство газов и лежит в основе работы двигателя Стирлинга.

Двигатель Стирлинга использует цикл Стирлинга, который по термодинамической эффективности не уступает циклу Карно, и даже обладает преимуществом. Дело в том, что цикл Карно состоит из мало отличающихся между собой изотерм и адиабат. Практическое воплощение этого цикла малоперспективно. Цикл Стирлинга позволил получить работающий на практике двигатель в приемлемых размерах.

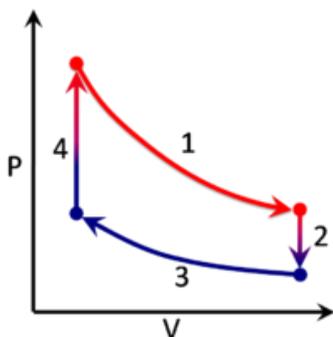


Рис. 1 – Диаграмма «давление-объём» идеализированного цикла Стирлинга

Цикл Стирлинга состоит из четырёх фаз и разделён двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику тепла. Таким образом, при переходе от тёплого источника к холодному источнику происходит расширение и сжатие газа, находящегося в цилиндре.

Нагрев и охлаждение рабочего тела (участки 4 и 2) производится вытеснителем. В идеале количество тепла, отдаваемое и отбираемое вытеснителем, одинаково. Полезная работа производится только за счёт изотерм, то есть зависит от разницы температур нагревателя и охладителя, как в цикле Карно.

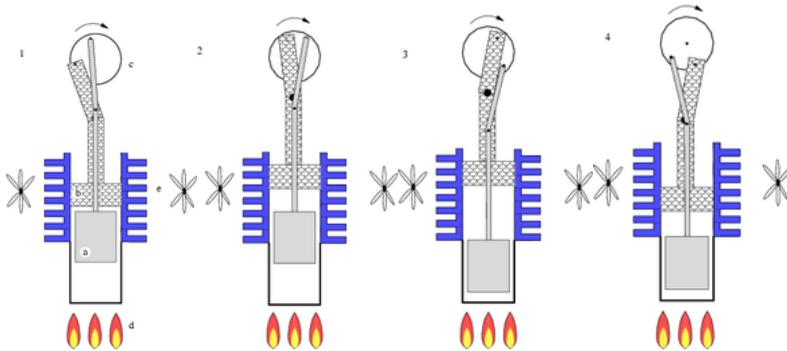


Рис. 2 – Этапы двигателя Стирлинга β -типа

Рабочий цикл двигателя Стирлинга β -типа:

1. Внешний источник тепла нагревает газ в нижней части теплообменного цилиндра. Создаваемое давление толкает рабочий поршень вверх.

2. Маховик толкает вытеснительный поршень вниз, тем самым перемещая разогретый воздух из нижней части в охлаждающую камеру.

3. Воздух остывает и сжимается, рабочий поршень опускается вниз.

4. Вытеснительный поршень поднимается вверх, тем самым перемещая охлаждённый воздух в нижнюю часть.

В машине Стирлинга движение рабочего поршня сдвинуто на 90° относительно движения поршня-вытеснителя. В зависимости от знака этого сдвига машина может быть двигателем или тепловым насосом. При сдвиге 0° машина не производит никакой полезной работы.

Литература

Васильев, Г.П. Руководство по применению насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Правительство Москвы Москомархитектура, ГУП «НИАЦ», 2001. – 66с.