

Изучение термодинамики в школе сложно сопроводить экспериментом. Одна из немногих возможностей – демонстрация тепловых двигателей, в качестве которых используются модели двигателей внутреннего сгорания (бензиновый или дизельный), либо парового.

Главная цель демонстраций – показать, каким образом работает тепловая машина, концентрируя внимание на ключевых моментах: наличие рабочего тела и замкнутого цикла, подвод тепла, совершение работы, охлаждение. Фактически, все эти моменты невозможно продемонстрировать на используемых моделях. Рабочее тело в двигателях внутреннего сгорания меняется химически в процессе горения, а затем выбрасывается в атмосферу, затрудняя объяснение замкнутости цикла; процесс передачи тепла ненагляден, а процесс охлаждения практически отсутствует (выброс отработанного рабочего тела в атмосферу сложно соотнести с охлаждением двигателя). Указанные модели демонстрируют, скорее, не работу тепловой машины, а принцип работы двигателя, не зря большинство таких моделей снабжено кривошипно-шатунным механизмом, работа которого не имеет отношения к термодинамическим процессам.

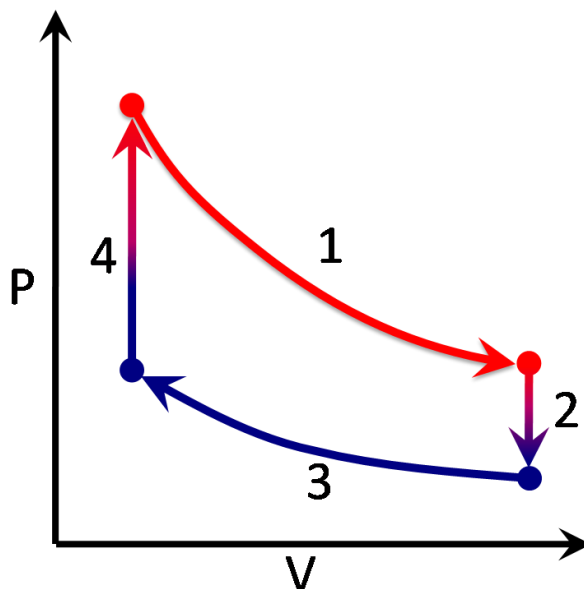
К другим существенным недостаткам подобных демонстраций можно отнести графики циклов рабочего тела этих двигателей, которые радикально отличаются от графика цикла Карно. Демонстрация же призвана, в том числе, показать принцип работы идеальной тепловой машины по циклу Карно.

Решить большую часть указанных проблем позволяет использование рабочей модели тепловой машины, работающей по циклу Стирлинга.



Главная конструктивная особенность двигателя Стирлинга – наличие вытеснителя – специального поршня, который в определенных фазах цикла перегоняет рабочее тело от нагревателя к холодильнику. Принцип работы двигателя очень прост: у двигателя есть две части, горячая и холодная. Рабочее тело (обычно это воздух) нагревается от горячей части и, расширяясь, толкает рабочий поршень, затем вытеснитель перегоняет рабочее тело к холодной части, и оно, сжимаясь, возвращает поршень вниз. Завершается цикл перемещением вытеснителя, возвращая рабочее тело к нагревателю.

Рабочий цикл двигателя состоит из двух изотерм (расширение-сжатие) и двух изохор (движение вытеснителя), напоминая цикл Карно, в котором адиабаты заменены близкими им (в координатах P-V) изохорами.



Даже простая демонстрация работы двигателя не оставляет равнодушным никого из учащихся. Для работы двигателя достаточно чашки горячей воды, на которую он помещается. На таком источнике тепла двигатель способен работать 20-30 минут. Поместив же на верхнюю часть двигателя (холодильник) снег или лед, можно наблюдать существенное увеличение мощности двигателя.

Такой двигатель позволяет предельно четко показать все особенности работы тепловой машины:

- рабочим телом является воздух, который не выбрасывается в атмосферу;
- работает по реальному замкнутому циклу;
- процессы нагрева и охлаждения очень наглядны и даже разнесены в пространстве;
- демонстрируется необходимость как нагревателя, так и холодильника;
- зависимость полезной работы от разности температур холодильника и нагревателя;
- график рабочего цикла очень напоминает график цикла Карно, давая возможность преподавателю связать в процессе объяснения несколько абстрактную часть описания работы идеальной машины с ее технической реализацией;
- согласно расчетам (которые можно произвести на дополнительных занятиях) КПД такого цикла, такой же, как и у цикла Карно

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$$

К достоинствам демонстрации двигателя можно отнести и то, что запущенный в обратном направлении он превращается в холодильную

машину, что невозможно для двигателя внутреннего сгорания. Это позволяет в процессе демонстрации еще раз обсудить вопросы второго начала термодинамики.

Работа с двигателем Стирлинга на уроке также позволяет учителю затронуть экологические проблемы с разных аспектов: загрязнение окружающей среды (рабочее тело не расходуется), бесшумность работы, относительно высокий для теплового двигателя КПД (до 30%).

Кроме вышеперечисленных, огромным достоинством двигателя Стирлинга является возможность его самостоятельной сборки учащимися во внеурочное время. Многочисленные инструкции по сборке выложены в интернете, большинство из них позволяют собрать двигатель из простых подручных материалов.