

# Бестопливный тепловой двигатель с использованием возобновляемой энергии

В порядке дискуссии

**В.Ф. ЩЕРБАКОВ,**  
канд. техн. наук  
(МАДИ-ГТУ)

**Современные тепловые двигатели (в том числе двигатели внутреннего сгорания) созданы на основе использования знаний технической термодинамики, имеющей множество идеализаций: рабочее тело – идеальный газ, отсутствует учёт возможных процессов ассоциации и диссоциации молекул реальных газов, изменений агрегатных состояний рабочих тел в обратимом круговом цикле машины. Всё это привело к существующим реалиям – лишь 25–30% сжигаемого топлива создаёт полезную работу используемого термодинамического цикла, а остальное вызывает тепловое и химическое загрязнение атмосферы. Ярким примером проявления особых свойств рабочего тела в круговом процессе является существование в прошлом двигателя Стирлинга, работавшего при разнице температур (порядка 100°С) нагревателя и холодильника [1].**

К.Э. Циолковский высказал предположение, что можно организовать рабочий цикл теплового двигателя с периодическим изменением давления за счёт изменения агрегатного состояния рабочего тела в цикле [2]. Это предположение является своеобразным открытием в двигателестроении. На основании этого С.Н. Дунаевский, а затем Е.Г. Опарин разработали рабочие циклы тепловых двигателей, которые могут использовать низкопотенциальные источники тепла, в том числе тепло окружающей среды [3–4]. А количество этого тепла в атмосфере Земли огромно. Солнце – естественный термоядерный реактор и источник практически всех видов энергии на Земле, включая ископаемое топливо. Современная термодинамика не разра-

ботала эффективных методов использования низкопотенциальной солнечной энергии. Более того, использование такого вида энергии в тепловых установках по законам термодинамики неэффективно в целом. Природа не знает «великих» законов термодинамики и с успехом трансформирует 46% солнечной энергии в ветровую и гидравлическую энергию, которые используются человечеством уже несколько тысячелетий. Знания термодинамики не позволяют до сих пор получить те же результаты, которые были получены Стирлингом более 150 лет назад. Апологеты современной термодинамики пропагандируют главным образом низкоэффективные огневые технологии преобразования энергии в полезную работу, следствием которых являются ухудшение экологии и исчезновение ископаемых топлив на Земле.

П.К. Ощепков и Б. Скиннер так оценили количество солнечной энергии достигающей Землю: все энергетические потребности человечества не превышают 0,002% общего потока солнечной энергии, падающего на нашу планету [5–6]. «Ясно, что проблема энергии как ресурса – не в её общем возможном количестве, а скорее, в количествах, получаемых из источников, которые мы предпочитаем и в состоянии использовать в настоящее время в виду сложившихся традиций и отработанных технологий» [6]. Уместно также вспомнить выражение К.Э. Циолковского: «Только наше невежество заставляет пользоваться ископаемым топливом» [7].

Идеи К.Э. Циолковского достаточно хорошо иллюстрируются процессом, когда рабочим телом тепловой машины является не идеальный газ, а реальный в виде пара, масса которого во время кругового термодинамического цикла периодически меняется в результате синхронно совершающихся при этом двойных агрегатных переходов: пар – жидкость – пар, для этого рассмотрим диаграмму Ван-дер-Ваальса (рис. 1), отражающую термодинамические состояния указанного рабочего вещества в координатах объём – давление.

Известно, что при адиабатном расширении влажного пара вблизи линии насыщения (пра-

вая верхняя кривая) с уменьшением температуры пара происходит его конденсация, что приводит к повышению влажности пара [8] и, следовательно, к конденсации его части и уменьшению массы пара. При этом в результате отделения конденсата (жидкости) от пара с помощью сил гравитации и последующего адиабатного сжатия оставшейся части пара до первоначального давления процесса аналогичного расширения получим полезную разницу работ процессов (расширения и сжатия).

Рассмотрим данные термодинамические процессы в тепловой машине (рис. 2) с рабочим веществом в виде реального газа (например, ксенона массой 1 кг) с параметрами  $p_0$ ,  $V_0$  и  $T_0$  (см. рис. 1, точка 1). Температура окружающей среды [головки цилиндра 4 (см. рис. 2)]  $T_0$  равна или больше критической температуры для жидкого агрегатного состояния ксенона, т.е. в рабочей камере 5 (предположим) находится ксенон в газообразном виде со степенью сухости  $X = 1$ .

Проведём адиабатное расширение газообразного ксенона по кривой 1–2 за счёт, например предварительной раскрутки стартёром. При этом рабочее вещество при расширении охлаждается, и степень сухости ксенона уменьшится в конце процесса расширения (в связи с падением давления), например, до  $X = 0,5$ , т.е. 50% газообразного ксенона конденсируется в его жидкое агрегатное состояние, и под действием сил гравитации жидкая фаза оседает и поступает в специальное углубление в головке поршня 3. После перемещения поршня из верхней мёртвой точки в нижнюю инерция вращения маховика 1 посредством шатуна 2 заставит перемещаться поршень 3 вверх, совершая адиабатное сжатие оставшейся части газообразного ксенона. При этом сжимается уже 0,5 кг рабочего вещества, и следовательно, работа, затрачиваемая на процесс сжатия до первоначального давления  $p_0$ , оказывается меньше, чем при расширении 1 кг газа. При подходе к верхней мёртвой точке жидкая агрегатная часть ксенона, располагаемая в углублении поршня 3 с помощью плунжера с форсунками 6 распыляется на стенки в рабочей камере 5, и нагревается от стенок цилиндра и его головки до температуры  $T_0$ . При этом конденсат ксенона испаряется по изотерме 4–1. При адиабатном сжатии 0,5 кг газообразного ксенона последний нагревается также до температуры  $T_0$ , поэтому рабочее вещество принимает первоначальные параметры  $p_0$ ,  $V_0$ ,  $T_0$ ,  $X = 1$  и начинается новый круговой цикл работы двигателя.

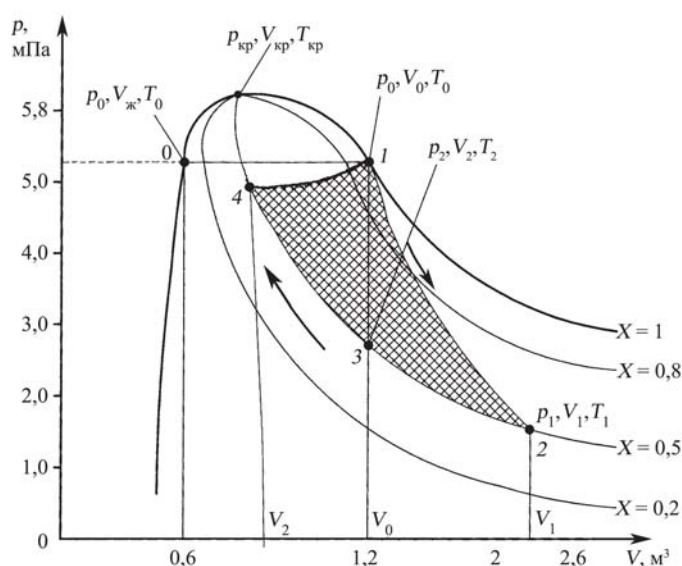


Рис. 1. Диаграмма фазового перехода между жидкостью и паром для 1 кг ксенона [11]

Заштрихованная площадь 4–1–2–3–4 характеризует полезную работу цикла. Расширение газообразного ксенона массой 1 кг происходит от степени его сухости  $X = 1$  до  $X = 0,5$ , а сжатие оставшейся части газа (рабочего вещества) массой 0,5 кг соответственно от степени сухости  $X = 0,5$ . Работа процесса сжатия меньше работы процесса расширения рабочего вещества, при этом следует отметить, что работа на подъём жидкой фракции рабочего вещества в поршне и на распыление его форсунками незначительна.

Рассмотренный замкнутый термодинамический цикл состоит из адиабаты расширения газообразного ксенона с переменной массой, изменяющейся от 1 до 0,5 кг, адиабаты сжатия оставшейся части газа с постоянной массой, равной 0,5 кг и одной изотермы, так как процесс испарения конденсата происходит при постоянной температуре  $T_0$  головки цилиндра. Такой цикл позволяет получить полезную работу от одного источника нагрева — цилиндра тепловой машины (окружающей среды), так как при использовании в качестве рабочего вещества газа ксенона с критической температурой 16,55°C и критическим давлением 5,83 МПа в данном термодинамическом цикле отпадает надобность специального нагревателя, поскольку двигатель может функционировать, используя тепло окружающей среды.

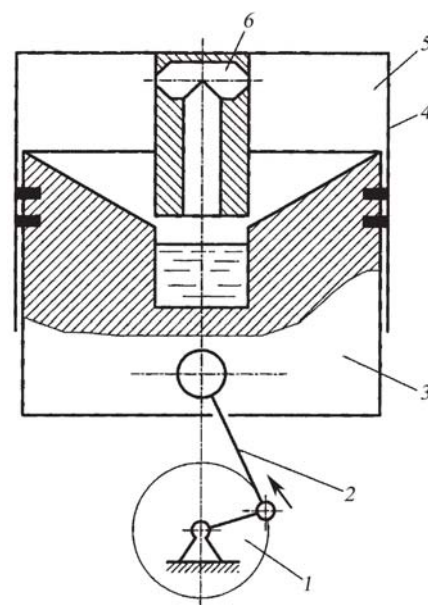


Рис. 2. Тепловая машина

### Выводы

1. Имеются теоретические предпосылки создания экологически чистого теплового двигателя, использующего низкопотенциальное тепло окружающей среды.

2. Низкопотенциальная тепловая энергия, достигающая Земли от Солнца в тысячи (по исследованиям Шпильрайна в 20000 [9]) раз больше общих энергетических потребностей всего человечества. А технология парникового эффекта (изменение отражательной способности Земли) позволит в будущем регулировать потребляемое количество этой энергии. Следовательно, это — неисчерпаемый источник низкопотенциальной энергии.

3. Тепло самопроизвольно переходит от более нагретого тела холодному, т.е. съём тепловой энергии можно производить в любой точке Земли и в связи с этим исключается необходимость централизованного получения электроэнергии, а следовательно, иметь крупные централизованные электростанции и распределительные электросети.

4. Для любой температуры окружающей среды можно подобрать соответствующее рабочее тело. «В природе нет холода, есть только тепло», — Циолковский К.Э. (так температура кипения азота минус 196°С и, следовательно, использование азота в качестве рабочего вещества позволит использовать тепловую энергию даже при таких аномально низких температурах окружающей среды).

5. Имеется возможность создания не только бестопливного двигателя, но и бесшумного, так как в данном случае отсутствует выхлоп рабочего тела под избыточным давлением.

6. Существовавший в прошлом, до безраздельного царствования термодинамики, двигатель Стирлинга также использовал в своём рабочем цикле периодические изменения параметров рабочего тела в результате процессов ассоциации и диссоциации молекул рабочего вещества, что в принципе отвергает термодинамика. Академик Б.С. Стечкин наперекор этому факту полагал, что в закрытых термодинамических процессах (т.е. в случае постоянного циркулирования одного и того же вещества в рабочих камерах двигателя) «...Сам Бог велел что-то делать с рабочим телом» — т.е. использовать специально подобранные вещества.

7. Необходимо критически переосмыслить исследования Н.С. Карно, второе начало термодинамики, в частности формулировку М. Планка «Невозможно построить периодически действующую машину, вся деятельность которой сводится к поднятию тяжести и охлаждению резервуара» [10].

8. Термический КПД теплового двигателя близок к 1, так как для её работы нет необходимости использования холодильника. Следовательно, тепловая энергия как и электрическая, имеет наивысшее значение эксергии (максимальной работы, совершаемой термодинамической системой), а отсутствие потребности в локальных источниках (электрической) энергии делает тепловую энергию предпочтительной.

9. Использование подобного двигателя в транспортных средствах в противоположность существующему положению будет улучшать экологию Земли за счёт уменьшения накопившегося теплового загрязнения.

10. Современная термодинамика — определённый тормоз развития тепловых двигателей будущего.

11. Использование подобной технологии позволит использовать вторичное тепло в большинстве технологических и производственных процессов. В частности, использование подобного двигателя в цикле охлаждения современных ТЭЦ позволит с одной стороны повысить их общий КПД, а с другой стороны — исключить из облика города громоздкие градирни и другие сооружения, создающие тепловое загрязнение атмосферы.

### Список литературы

1. Щербakov В.Ф. Технология Р. Стирлинга. Сб. науч. тр. и инж. разработок шестой спец. выставки «Изделия и технологии двойного назначения. Конверсия ОПК. Москва. Русская выставочная компания «Эксподизайн», 2005. С. 145–155.
2. Циолковский К.Э. Второе начало термодинамики. Калуга, типография С.А. Семенова, 1914. Изд. второе: Ж.Р.Ф.М. 1991. № 1. С. 22–39.
3. Пат. № 2101521 RU от 01.09.1995. Основной индекс по МПК F02B75/02. Способ преобразования в механическую работу всего тепла, получаемого рабочим телом теплового двигателя от окружающей среды и устройство для его осуществления / Дунаевский С.Н.
4. Опарин Е.Г. К.Э. Циолковский о втором начале термодинамики // Русская Мысль. 1991. № 1–12. С. 85–99.
5. Опарин Е.Г. Физические основы бестопливной энергетики (ограниченность второго начала термодинамики). М.: Едиториал УРСС, 2003. 136 с.
6. Скиннер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов. /Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 264 с.
7. Циолковский К.Э. Будущее Земли и человечества. Издание автора, Калуга. 1928.
8. Кирилин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика. Изд. второе. М.: Энергия, 1974. 310 с.
9. Стирикович М.А., Шпильрайн Э.Э. Энергетика. Проблемы и перспективы. М.: Энергия, 1981. 192 с.
10. Планк М. Термодинамика. ГИЗ Л.-М., 1925. 97 с.
11. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей М.: Наука. 1972.

СДМ

3