

СИЛЬФОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ. НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ.

А.В. Косарев, д.т.н., г.Оренбург

Аннотация

Рассмотрены два типа сильфонно-поршневых двигателей. В этих двигателях производится преобразование потенциальной энергии неравновесности в механическую энергию посредством конформации гармошки сильфона в условиях постоянного объёма несжимаемого рабочего тела. В тепловом сильфонно-поршневом двигателе потенциальная неравновесность вызвана подогревом постоянного объёма несжимаемой жидкости. В гидростатическом сильфонно-поршневом двигателе потенциальная неравновесность вызвана гидростатическим давлением столба жидкости.

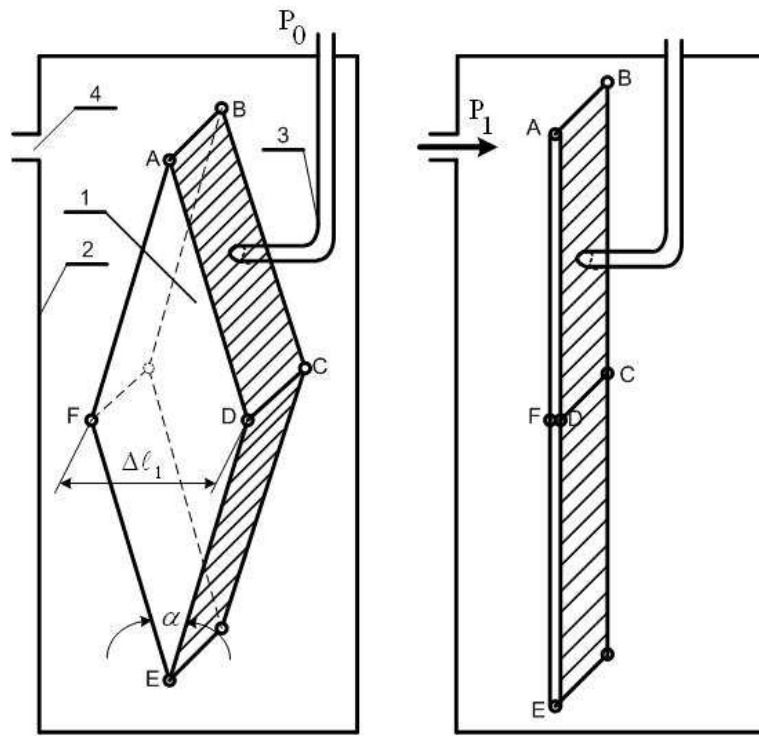
Вводная часть

В работе «Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред» [7] было предложено решение задачи механицистов 19-го века о выводе закона роста энтропии из динамики Ньютона и показаны рамки применимости теория Карно. Было показано, что самая большая потеря в современных тепловых машинах и основные проблемы современной теплоэнергетики связаны с использованием процесса расширения рабочего тела. Была представлена конструкция сильфонно-поршневого двигателя, в котором для преобразования тепловой неравновесности используется не процесс расширения рабочего тела, а конформация его рабочего органа, выполненного в форме сильфонной гармошки. В этих условиях объём рабочего тела при циклической работе двигателя остаётся постоянным и исключается работа расширения атмосферы на выхлопе тепловой машины, которая и является причиной компенсации за преобразование тепла в работу. Показана возможность работы такого двигателя на малых перепадах температур окружающей среды. В данной статье предложено новое конструктивное решение и обоснование работы теплового сильфонно-поршневого двигателя (ТСПД). Предлагается так же новое конструктивное решение гидростатического сильфонно-поршневого двигателя (ГСПД). В последнем движущие силы формируются потенциальной неравновесностью гидростатического столба.

1. Тепловой сильфонно-поршневой двигатель

Главным конструктивным элементом сильфонно – поршневого двигателя является сильфонная гармошка (сократительная цепочка), преобразующая потенциальную энергию объёмного сжатия в механическую работу. [6].

Для уяснения принципа работы сильфонно – поршневого двигателя рассмотрим работу сократительного элемента, изображённого на Рис.1. Сократительный элемент состоит из собственно сократительного элемента – 1, помещённого в сосуд 2. Сократительный элемент – 1 представляет собой призму с ромбическим основанием A-D-E-F и четырёх боковых граней (две из них на рисунке заштрихованы). Боковые грани изготовлены из жёстких пластин, способных воспринимать давление. Четыре боковые грани соединены между собой посредством осей (A-B, D-C и т.д.) и могут свободно вращаться по осям друг относительно друга. Два ромбических основания сократительной призмы напротив выполнены из гибкого материала (как например, полиэтилен), не препятствующего вращению боковых граней по осям, но способного выдерживать требуемое давление. Вся конструкция сократительной призмы выполнена герметичной. Внутренняя же полость сократительной призмы соединена с помощью гибкой трубки – 3 с атмосферой. Сократительная призма помещена в герметический сосуд, имеющий отверстие – 4. Сократительный элемент работает следующим образом. Рассмотрим Рис.1 слева. Здесь сократительная призма изображена во взведённом состоянии. Давление в полости сократительной призмы – 1 и в полости сосуда – 2 равно атмосферному - P_0 . Подаём в сосуд – 2 через отверстие – 4 газ или жидкость под давлением $P_1 > P_0$. Под воздействием объёмного сжатия сократительная призма начинает схлопываться и примет положение, изображённое на Рис.1 справа.



СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Рис.1

Вот этот элементарный акт сокращения и лежит в основе работы сильфонно – поршневого двигателя. При сокращении элемента совершается работа: $A_1 = F \cdot \Delta \ell = 2\Delta P \cdot \frac{S_{с.з.}^{бок}}{2} \cdot \frac{\Delta \ell_1}{2} \cos \alpha/2$ (1)

где: $\Delta P = P_1 - P_0$ - разность между давлением, подаваемым в сосуд и атмосферным давлением; $S_{с.з.}^{бок}$ - суммарная площадь четырёх боковых граней сократительного элемента; $\Delta \ell_1$ - расстояние между точками F и D на которое схлопывается сократительный элемент; α - острый угол ромбического основания сократительного элемента. По причинам, которые выяснятся ниже, принимаем этот угол по возможности минимальным. В (1) учтено, что при схлопывании сократительного элемента противоположные боковые грани движутся в направлении друг друга и проходят расстояние $\Delta \ell_1 / 2$, сила направленная по движению равна $F = \Delta P \cdot \frac{S_{с.з.}^{бок}}{2} \cdot \cos \alpha/2$. Уже

из процесса схлопывания сократительного элемента виден принципиально иной способ производства работы из энергии объёмного сжатия, который не сопровождается процессом расширения рабочего тела. Здесь и давление P_1 внутри сосуда содержащего сократительную призму и давление P_0 внутри сократительной призмы остаются постоянными при совершении работы. Изменяется только форма сократительной призмы. Нет процесса расширения.

Чтобы более наглядно представить процесс преобразования потенциальной энергии объёмного сжатия в механическую работу рассмотрим сократительную цепочку, изображённую на Рис.2. Сократительная цепочка (поршень) представляет собой много последовательно соединённых сократительных элементов, помещённых в общий сосуд (цилиндр). Один конец цепочки (на Рис.2 левый) свободен, другой (правый) прикреплён к стенке сосуда с помощью крепежа -2. Если подать в сосуд (цилиндр) через отверстие газ или жидкость под давлением $P_1 > P_0$, то каждый из сократительных элементов поршня начнёт схлопываться. По причине того, что цепочка правым концом жёстко закреплена к стенке сосуда, левый конец цепочки при её сокращении начнёт двигаться в правую сторону. При этом в процессе сокращения цепочки (поршня) будет совершаться работа, будет идти процесс преобразования потенциальной энергии давления в

механическую энергию. Работа сократительной цепочки равна сумме работ всех последовательно соединённых сократительных элементов. $A_{с.ц.} = A_1 \cdot n$ (2) где: n - количество последовательно соединённых сократительных элементов сократительной цепочки; A_1 - из (1), работа одного сократительного элемента.

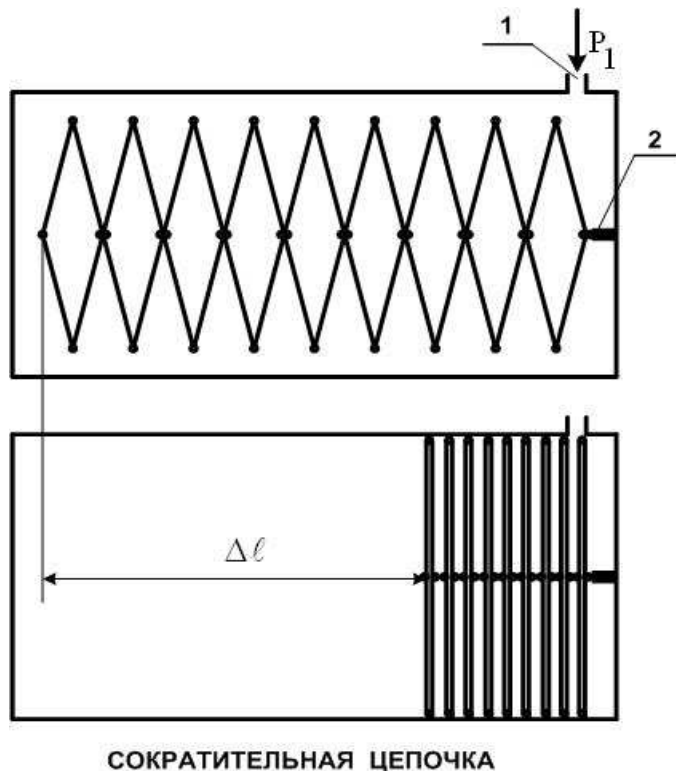


Рис.2

Чтобы на основе сократительной цепочки получить длительно работающий двигатель необходимо добиться цикличности действия сократительного эффекта цепочки.

Для этого согласуем работу двух сократительных цепочек таким образом, чтобы сокращение одной цепочки сопровождалось бы растяжением другой. Принципиальная конструктивная схема двигателя изображена на Рис.3.

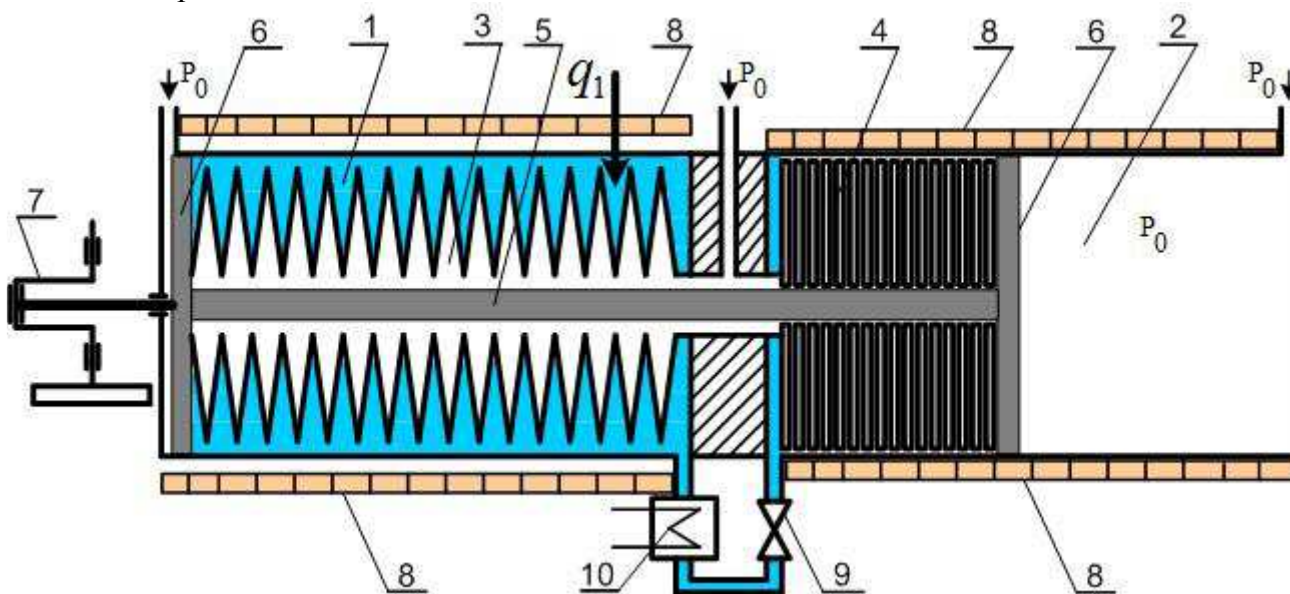


Рис. 3

Рисунок имеет следующие обозначения: 1 и 2 – рабочие цилиндры (сосуды). Поперечное сечение рабочих цилиндров может иметь любую удобную форму (круг, прямоугольник). Левый и правый цилиндры, расположенные на одной оси, разделены перегородкой (на Рис.3 обозначена штриховкой), к которой жёстко присоединяются сифонные поршни (сократительные цепочки) - 3 и 4. Для согласованной работы сифонных поршней (сократительных цепочек) разных цилиндров они соединены с помощью штока – 5. Длина штока такова, что когда одна сократительная цепочка (поршень), скажем левая, максимально растянута, то другая полностью сжата. Как на Рис. 3. Шток - 5 проходит через отверстие в разделительной перегородке. Через это же отверстие внутренние пространства сифонных поршней объединены в общее пространство. На подвижных концах рабочих поршней – 3 и 4 расположены компрессионные поршни – 6. Компрессионные поршни обеспечивают компрессию цилиндров в области сократительной цепочки. Левая сократительная цепочка соединена с кривошипно-шатунным механизмом – 7. Внутреннее пространство сифонных поршней соединено с атмосферой и всегда находится под атмосферным давлением. Пространство внутри цилиндров – 1 и 2 за пределами компрессионных поршней (сократительных цепочек) так же соединено с атмосферой и постоянно находится при атмосферном давлении. Пространства внутри цилиндров, отделённые компрессионными поршнями заполнены жидкостью. На рисунке - 3 обозначено голубым цветом. Пространства цилиндров заполненные жидкостью объединены с помощью коллектора. На перепускном коллекторе имеются охлаждающее устройство –10 и регулирующее устройство - 9. Перепускной коллектор соединён с цилиндрами таким образом, что рабочее тело (жидкость) поступает в область сифонной гармошки со стороны её неподвижного конца. Цилиндры – 1 и 2 на большей своей части постоянно тепло изолированы. Для этого они защищены подвижными теплоизоляционными покрытиями (кожухами) – 8. Кожуха по длине делятся на отдельные цилиндрические секции, состоящие из двух половинок, скорлуп, при сближении охватывающих цилиндр. В процессе работы двигателя теплоизоляционные скорлупы имеют возможность отодвигаться от стенок цилиндра и обеспечивать поток тепла q_1 (Рис.3) к рабочему телу цилиндра (жидкости) в зоне сифонного поршня.

Опишем принцип работы сифонно – поршневого двигателя изображённого на рисунке - 3.

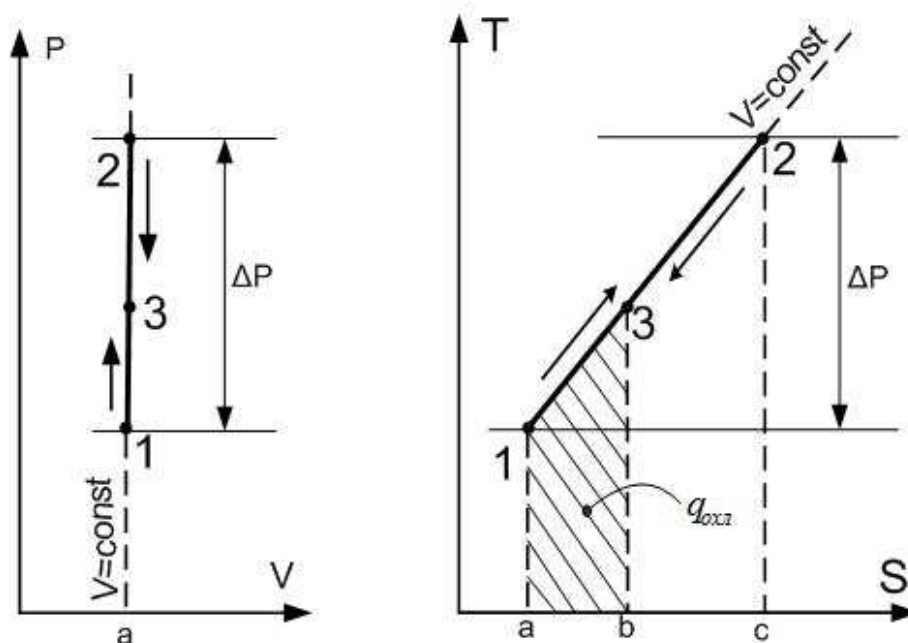


Рис.4

Описание рабочего цикла теплового двигателя начнём с положения изображённого на рисунке, когда сифонная гармошка левого цилиндра (на Рис.3 позиция 3) полностью растянута, а сократительная цепочка правого цилиндра (на Рис.3 позиция 4) полностью сжата. Съёмные

теплоизоляционные скорлупы – 8 прижаты к поверхности цилиндров (как на правом цилиндре). Подвод тепла от внешнего источника к рабочему телу (жидкости) цилиндров в этом случае исключается. Отметим принципиально важный момент. Объем рабочего тела (жидкости) двигателя в обоих цилиндрах суммарно всегда постоянен. Давление рабочего тела в цилиндрах перед запуском двигателя равны параметрам внешней среды. Давление внутри полостей сильфонных поршней всегда равно атмосферному, так как они соединены с атмосферой. Состояние рабочего тела в данный момент характеризуется в P-V и на T-S диаграмме точкой – 1 (Рис.4). На Рис.4 изображён термодинамический цикл сильфонно-поршневого двигателя. В этот момент теплоизоляционные пластины - 8 на первом (левом) цилиндре открываются. Теплоизоляционные скорлупы отодвигаются от поверхности обечайки цилиндра -1. (см. Рис.3). В этом состоянии обеспечена теплопередача от внешнего источника тепла к рабочему телу первого цилиндра. Теплоизоляционные скорлупы на втором цилиндре, напротив плотно облегают поверхность обечайки цилиндра. Тем самым передача тепла от внешнего источника тепла к рабочему телу цилиндра - 2 не возможна. Подводимое тепло к первому цилиндру вызывает повышение давления его рабочего тела (жидкости), находящегося при постоянном объёме в области сократительной цепочки (имеется в виду удельный объём) до точки 2 (Рис.4). Подвод тепла к постоянному объёму несжимаемой жидкости приводит к резкому увеличению давления. Так нагрев воды при постоянном объёме на 1°С приводит к увеличению давления на 5-ть атмосфер. [3]. Этот эффект и используется для изменения формы (у нас сжатия) сильфонного поршня и совершения работы. При этом давление внутри сильфонных поршней – 3 и 4 первого и второго цилиндров не изменяется, так как их внутренние полости соединены с атмосферой. В результате создаётся перепад давлений по сторонам сократительных элементов поршня первого цилиндра. Этот перепад давлений между точками 2 и 1 (Рис.4) определяется внешней нагрузкой на валу машины. Как только давление в точке 2 (Рис.4) достигнет величины достаточной для преодоления внешней нагрузки, то сократительная цепочка первого цилиндра начинает сжиматься, возникает тяговое усилие, которое через шток - 5 и ползун передаётся на кривошипно – шатунный механизм - 7. Происходит преобразование энергии теплового потока подводимого к рабочему телу первого цилиндра в механическую энергию на коленчатом валу. При сжатии сократительной цепочки (сильфонного поршня) состояние рабочего тела в первом цилиндре не меняется и определяется точкой 2 на Рис.4. Сжатие левого сильфонного поршня – 3 приводит к тому, что через воздействие штока – 5, растягивается правый сильфонный поршень – 4. При этом жидкость из левого цилиндра перегоняется через перепускной коллектор в освобождающееся при растяжении пространство правого цилиндра.

Таким образом, рабочее тело в цилиндрах, перетекая, постоянно находятся при постоянном объёме. По мере сжатия сильфонного поршня – 3 левого цилиндра, последовательно закрываются (прижимается к цилиндру) теплоизоляционные скорлупы - 8 цилиндра - 1. Это необходимо для того что бы тепло подводилось только к области рабочего тела (жидкости) сильфонного поршня. При полном сжатии левого сильфонного поршня все теплоизоляционные скорлупы прижаты в поверхности левого цилиндра. В этот момент сильфонный поршень – 4 правого цилиндра – 2 полностью растянут. Открываются все теплоизоляционные скорлупы на цилиндре – 2. Начинается подвод тепла к рабочему телу цилиндра – 2, происходит сжатие правого сильфонного поршня – 4. Далее все процессы протекают в той же последовательности, что и описаны выше, но от цилиндра – 2 к цилиндру – 1. Цикл замкнулся.

В конструкции сильфонного поршня необходимо предусмотреть механическое устройство, не позволяющее отдельным сократительным элементам растягиваться на величину большую допустимой (допустимо установленной конструктором). Это может привести к поломке. Если общее растяжение лимитируется штоком - 5, то предельный угол α должен лимитироваться упомянутым механическим устройством.

Переток жидкого рабочего тела между цилиндрами регулируется регулятором - 9. Его задача с одной стороны поддерживать в рабочей зоне постоянное рабочее давление (соответствующее точке 2 (Рис.4)), с другой обеспечить выход жидкости из зоны сокращения сильфонного поршня. Если расход через регулятор будет больше требуемого, то давление распространится на весь

объём рабочего тела в обоих цилиндрах, и сильфонные поршни обоих цилиндров будут сокращаться одновременно, уравнивая друг друга. Результирующего сокращения не будет. Если расход через регулятор будет меньше требуемого, то потенциальная энергия давления рабочей зоны будет в значительной мере расходоваться на дросселирование рабочего тела при вытеснении его в не рабочую зону. Видимо управление данным двигателем наиболее эффективно будет осуществляться через управляющую информационную систему (контроллер). Все параметры работы двигателя - и нагрузка на валу, и параметры рабочего тела, и положение теплоизоляционных скорлуп и работа охладителя - 10 должны собираться на контроллер, анализироваться и выдаваться соответствующие команды.

Мощность рассматриваемого двигателя определяется мощностью теплового потока q_1 , подводимого к рабочей зоне сократительной цепочки. Величина теплового потока q_1 определяется в соответствии с основной формулой теплопередачи: $q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t$ (3); где: q_1 – тепло, переданное к первому цилиндру за период сжатия его сократительной цепочки; k – коэффициент теплопередачи; S – теплопередающая поверхность рабочего цилиндра, равная площади не покрытой теплоизолирующими скорлупами – 8 рабочего цилиндра; Δt – теплоперепад между внешним источником тепла и рабочим телом первого цилиндра, имеющим температуру t_2 в точке 2 (Рис. 4). Величина q_1 , а следовательно и мощность двигателя в процессе сжатия меняется. От максимальной в начале процесса сжатия, когда площадь теплопередачи максимальна, до нуля при полном сжатии сильфонного поршня и закрытии теплоизолирующими скорлупами поверхности цилиндра. Эти колебания мощности как и в поршневых ДВС компенсируются мощностью периодически накапливаемой в маховике коленчатого вала.

Парных рабочих цилиндров в описываемом тепловом двигателе может быть сколь угодно в зависимости от требуемой мощности и прочих конструктивных условий. Самой различной может быть и пространственная компоновка цилиндров.

В конструкции двигателя теплоизоляционные кожуха на цилиндрах можно изготовить не в виде множества последовательно прижимаемых скорлуп, а в виде единого цилиндра, разделённого вдоль оси на две скорлупы. Такой теплоизоляционный кожух будет надвигаться на подогреваемый цилиндр по мере укорочения сильфонного поршня. Для обеспечения теплообмена кожух раздвигается на две половинки и отводится от рабочего цилиндра. Сильфонно поршневой двигатель может работать как на всех видах органического топлива так и на ядерном топливе. Может работать на естественных перепадах температур возобновляемых источников. Самым существенным для конструкции сильфонно - поршневого двигателя является то, что рабочее тело в цилиндрах, перетекая, постоянно находится при постоянном объёме. Это принципиальный момент. Рабочее тело в процессе преобразования тепловой энергии в работу не изменяет своего объёма и, следовательно, исключается необходимость расширения атмосферы в процессе работы двигателя, исключается компенсация.

Тепловой сильфонно - поршневой двигатель позволяет снять противоречие между теоретической термодинамикой и экспериментальной биофизикой, выявленное в середине прошлого века. [8]. В мышечной клетке в качестве рабочего тела используется биологический раствор, состоящий на 90% из воды и являющийся не сжимаемой жидкостью, объём которой не меняется. В процессах преобразования тепла в работу мышечная клетка не производит расширения атмосферы, не производит работу против сил гравитации. Выше изложенное показывает, что между теорией Карно и живой природой нет противоречия. Они работают на разных принципах. Другое дело, что с разной эффективностью. Человек выбрал тупиковую ветвь технологической эволюции, в отличие от живой природы. Теория Карно применима только в частном случае, когда используется процесс расширения рабочего тела и то с оговорками [7]. Природа в процессе биологической эволюции нашла более разумный способ преобразования тепла в работу. Человек же изначально, со времён древнегреческого инженера Герона Александрийского стал использовать процесс расширения, обрекая себя на не разрешимые проблемы.

1.1. Устранение вредного перетока тепла при циклической работе

При работе сифонно-поршневого двигателя проявляется существенно вредный момент. Происходит передача тепла из рабочей зоны цилиндра (область занятая сократительной цепочкой), где происходит преобразование тепла в механическую работу, в нерабочую зону при циклическом перемещении рабочего тела. Это не допустимо, так как подогрев рабочего тела вне рабочей зоны приводит к возникновению перепада давлений и на не работающий сифон (элементы не работающей сократительной цепочки). Тем самым будет возникать вредная сила против производства полезной работы. С целью исключения данного вредного эффекта, рабочее тело, перед поступлением в рабочую зону второго цилиндра охлаждается в охладителях -10 до температуры точки - 1 (Рис.4). Это в свою очередь снижает КПД двигателя.

Покажем, что доля тепловой энергии отведенной в охладителях - 10 из цикла для поддержания постоянной температуры рабочего тела в точке 1 (Рис. 4), может быть очень малой в сравнении с тепловой энергией подведенной в цикл и превращённой в механическую энергию на коленчатом валу. Выше величина теплового потока q_1 , подводимого к первому цилиндру, определена в соответствии с основной формулой теплопередачи: $q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t$; (4). Эта величина расходуется на совершение механической работы и частично отводится в охладитель - 10.

$q_1 = A_{с.ц.} + q_{охл.} = const$ (5); где: $A_{с.ц.}$ - работа, механическая энергия, полученная на коленчатом валу при сжатии сократительной цепочки (сифонного поршня) - 3; $q_{охл.}$ - тепло, отведенное из цикла при охлаждении выдавливаемого из цилиндра рабочего тела в охладителе - 10, для поддержания постоянства температуры в точке цикла -1 (Рис. 4).

Величина работы производимой первым цилиндром при сжатии сифонного поршня – 3 равна: $A_{с.ц.} = \Delta P \cdot S_{с.н.} \cdot \ell$; (6). В (6): $A_{с.ц.}$ - работа, произведённая в первом цилиндре в процессе сжатия его сифонного поршня – 3; ΔP - перепад давлений между подогреваемым в первом цилиндре рабочим телом и атмосферным давлением внутри сифонного поршня – 3; $S_{с.н.}$ - площадь поверхности сифонного поршня (площадь гармошки). Площадь гармошки равна площади единичной гармошки умноженной на число единичных гармошек; ℓ - длина, на которую сокращается при сжатии сифонный поршень, обеспечивая тяговое усилие.

При заданной длине рабочего цилиндра площадь поверхности сифонного поршня $S_{с.н.}$ можно изменять в очень широких пределах, изменяя число единичных гармошек сифона. Из (6) видно, что если увеличивать площадь поверхности сифонного поршня, то при постоянном тепловом потоке в рабочий цилиндр и постоянной работе сжатия сифонного поршня будет уменьшаться перепад давлений между внешней и внутренней сторонами сифона. Это перепад давлений между точками 2 и 1. Перепад давлений между точками 2 и 1 зависит от перепада температур между этими точками и наоборот. $\Delta P = f(\Delta t) = f(t_2 - t_1)$; Снижение перепада давлений приведёт в снижению перепада температур. На Рис. 4 точка - 2 перейдёт в точку -3.

Отводимое в охладителе – 10 тепло, согласно (5) снижает полезную работу. Поэтому встаёт задача снижения $q_{охл.}$. Для этого увеличиваем число сократительных элементов сократительной цепочки до возможно большего количества на единицу длины цилиндров. Это приведёт к увеличению силы сокращения действующую на увеличившуюся площадь сифонной гармошки. Чтобы оставить силу неизменной необходимо снизить перепад давлений между внешней и внутренней сторонами сифона, а значит снизить температуру подводимого тепла. Снизить температуру рабочего тела в точке - 2 до точки 3 (Рис.4). Таким образом при той же мощности двигателя через охладитель - 10 будет проходить тоже массовое количество жидкости, но при меньшей температуре. Это снизит непроизводительные потери тепла $q_{охл.}$ в охладителе - 10. Охлаждаемое тепло, отводимое в охладителе, снижается до площадки а-1-3-б. (Рис.4). Чем больше сократительных элементов будет в сократительной цепочке, тем сильнее будет охлаждаться рабочее тело, вытесняемое из области сократительной цепочки. Точка 3 будет стремиться к точке 1, а площадка а-1-3-б к нулю.

Запишем количество тепла, передаваемого из рабочей зоны цилиндра в нерабочую зону при сжатии сальфонного поршня и которое необходимо отводить из цикла для поддержания постоянства температуры в точке 1. $q_{охл.} = m \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1)$; (7). В (7) m - масса рабочего тела, вытесненная из рабочей зоны в нерабочую при сжатии сальфонного поршня (сократительной цепочки). Эта величина для конкретной конструкции постоянна; c_v - массовая теплоёмкость рабочего тела при постоянном объёме; $(t_2 - t_1)$ - перепад температур между точками 2 и 1, между температурой рабочего тела в рабочей зоне сальфона и температурой рабочего тела вне рабочей зоны после охлаждения в охладителе – 10 (Рис. 3). Эта величина при увеличении числа гармошек сальфона, как показано выше, уменьшается и в пределе стремится к нулю. А это означает согласно (7), что при снижении перепада температур в охладителе снижается и $q_{охл.}$, тепло, отводимое из цикла. С учётом сказанного КПД сальфонно-поршневого двигателя в этих условиях возрастает, стремясь к 1 при стремлении $q_{охл.}$ к нулю. $\eta_t = \frac{q_1 - q_{охл.}}{q_1} \rightarrow 1$ при $q_{охл.} \rightarrow 0$;

Потери от охлаждения рабочего тела в сальфонно-поршневом двигателе $q_{охл.}$ (7) не носят столь принципиально неизбежного характера как потери тепла q_2 в теории Карно для циклов с процессами расширения. Потери от охлаждения в сальфонно-поршневом двигателе как показано выше могут быть снижены до сколь угодно малой величины. Отметим, что относительный КПД, связанный с трением и другими техническими потерями остаётся на уровне сегодняшних двигателей.

1.2. Обоснование работоспособности теплового сальфонно - поршневого двигателя

Представим некоторые обоснования работоспособности предлагаемого двигателя. Так как двигатель использует совершенно новый термодинамический принцип преобразования тепла в работу и на данный момент нет действующих моделей, то это вызывает естественное сомнение в его работоспособности.

а). Совокупность сил и их результирующая.

На боковые поверхности каждого сократительного элемента сократительной цепочки действуют силы, приводящие к схлопыванию сократительного элемента и при этом производящие полезную работу. Силы направлены навстречу друг другу, но они в процессе схлопывания сократительного элемента не уравновешены. Равновесие наступает только в момент полного сокращения. Причём все эти силы с точки зрения производства работы направлены по направлению движения и поэтому складываются. И только сила давления, действующая на компрессионный поршень - 6, направлена против перемещения и должна вычитаться из совокупности сил, действующих на сократительные элементы. Причём чем больше сократительных элементов в сократительной цепочке, тем незначительнее влияние силы противодействия на компрессионный поршень и тем значительнее результирующая сила, воздействующая через шток - 5 и ползун на коленчатый вал. Силы трения так же направлены против движения. Но они незначительны в сравнении с силами давления. И наконец на ползун и шток - 5 действует сила внешней нагрузки, для преодоления которой и предназначен двигатель.

Составим баланс сил в двигателе: $F_{дв} = F_{в.н.} + F_{к.п.} + F_{тр}$; (8). В (8) $F_{дв}$ - движущая сила развиваемая двигателем в процессе сокращения сальфонного поршня; $F_{в.н.}$ - сила внешней нагрузки, для преодоления которой и предназначен двигатель; $F_{к.п.}$ - сила давления на компрессионный поршень; $F_{тр}$ - сила трения.

При выполнении условия (8) наступает равновесное состояние сил и движения не происходит. Для движения необходимо выполнение условия, при котором $F_{дв}$ - движущая сила развиваемая двигателем в процессе сокращения сальфонного поршня была бы больше совокупности сил в правой части равенства (8). $F_{дв} > F_{в.н.} + F_{к.п.} + F_{тр}$; (9). Для выполнения этого условия необходимо подогревать рабочую жидкость несколько выше чем в точке - 2 (Рис.4).

Мы видим, что с точки зрения совокупности сил, возникающих при работе сальфонно-поршневого двигателя, двигатель работоспособен.

б). Баланс энергии.

Составим баланс энергетических потоков в ТСПД: $q_1 = A_{с.ц.} + q_{охл.} = const$ (10). В (10) - $q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t$ - тепловой поток, подведенный в цикл; $A_{с.ц.} = \Delta P \cdot S_{с.л.} \cdot \ell = F_{дв} \cdot \ell$ - работа совершаемая при сокращении сильфонного поршня. Эта работа частично тратится на силы трения. Отсюда полезная работа на валу двигателя несколько снижается. $q_{охл.}$ - тепло отведенное в охладителе - 10, может быть сделано сколь угодно малым.

Обратим внимание и на такой момент. Работа, совершаемая компрессионным поршнем, производится против действующих на него сил. Может показаться, что совершаемая компрессионным поршнем работа снижает полезное использование энергии теплового потока. Но это не так. Совершаемая компрессионным поршнем работа повышает потенциальную энергию рабочего тела. А в процессе сокращения сократительной цепочки параметры рабочего тела остаются неизменными, соответствующими точке -2 на T-S диаграмме (Рис.4). Следовательно, потенциальная энергия, получаемая в процессе перемещения компрессионного поршня, не накапливается в рабочем теле в области сократительной цепочки, а тут же преобразуется в сократительной цепочке в работу на коленчатом валу.

Таким образом, анализ сил и энергетических потоков двигателя говорит в пользу его работоспособности.

в). Ещё одним убедительным доказательством работоспособности сильфонно-поршневого двигателя является жизнедеятельность клеточной органеллы митохондрии и сократительная активность саркомера мышечной клетки. [1, 8]. Эти биологические структуры используют тот же термодинамический принцип преобразования тепла в работу, что и сильфонно-поршневой двигатель.

2. Гидростатический сильфонно-поршневой двигатель

При работе над ТСПД возникла мысль использовать для создания перепада давления по сторонам сильфонной гармошки давление гидростатического столба. Объем жидкости в цилиндре не подогревается, а соединяется с гидростолбом. При этом возникает тот же эффект перепада давлений, приводящий к сокращению сильфонной гармошки, что и в ТСПД. Конструкция гидростатического сильфонно - поршневого двигателя (ГСПД) изображена на рисунке - 5 ниже. Конструкция ГСПД во многом совпадает с конструкцией ТСПД и имеет упрощения. Так в ГСПД отпадает необходимость в теплоизоляционных кожухах - 8 (Рис.3), так как отсутствует периодический подвод тепла в цилиндры. Отсутствует вредный переток тепла между цилиндрами и следовательно отсутствует охладитель - 10 (Рис.3). Функции же регулятора - 10 (Рис.3) усложняются и более ответственны. На этом остановимся ниже.

Рассмотрим конструкцию ГСПД, изображённую на рисунке - 5 и принцип его работы. Рисунок имеет следующие обозначения: 1 и 2 – рабочие цилиндры (сосуды). Поперечное сечение рабочих цилиндров может иметь любую удобную форму (круг, прямоугольник). Левый и правый цилиндры, расположенные на одной оси, разделены перегородкой (на Рис.5 обозначена штриховкой), к которой жёстко присоединяются сильфонные поршни (сократительные цепочки) - 3 и 4. Для согласованной работы сильфонных поршней (сократительных цепочек) разных цилиндров они соединены с помощью штока – 5. Длина штока такова, что когда одна сократительная цепочка (поршень), скажем левая, максимально растянута, то другая полностью сжата. Как на Рис. 5. Шток - 5 проходит через отверстие в разделительной перегородке. Через это же отверстие внутренние пространства сильфонных поршней объединены в общее пространство. На подвижных концах рабочих поршней – 3 и 4 расположены компрессионные поршни – 6. Компрессионные поршни обеспечивают компрессию цилиндров в области сократительной цепочки. Левая сократительная цепочка соединена с кривошипно-шатунным механизмом – 7. Внутреннее пространство сильфонных поршней соединено с атмосферой и всегда находится под атмосферным давлением. Пространство внутри цилиндров – 1 и 2 за пределами компрессионных поршней (сократительных цепочек) так же соединено с атмосферой и постоянно находится при атмосферном давлении. Пространства внутри цилиндров, отделённые компрессионными

поршнями заполнены жидкостью. На рисунке - 5 обозначено голубым цветом. Пространства цилиндров заполненные жидкостью объединены с помощью коллектора. На перепускном коллекторе имеется регулирующее устройство - 9. Перепускной коллектор соединён с цилиндрами таким образом, что рабочее тело (жидкость) поступает в область сильфонной гармошки со стороны её неподвижного конца.

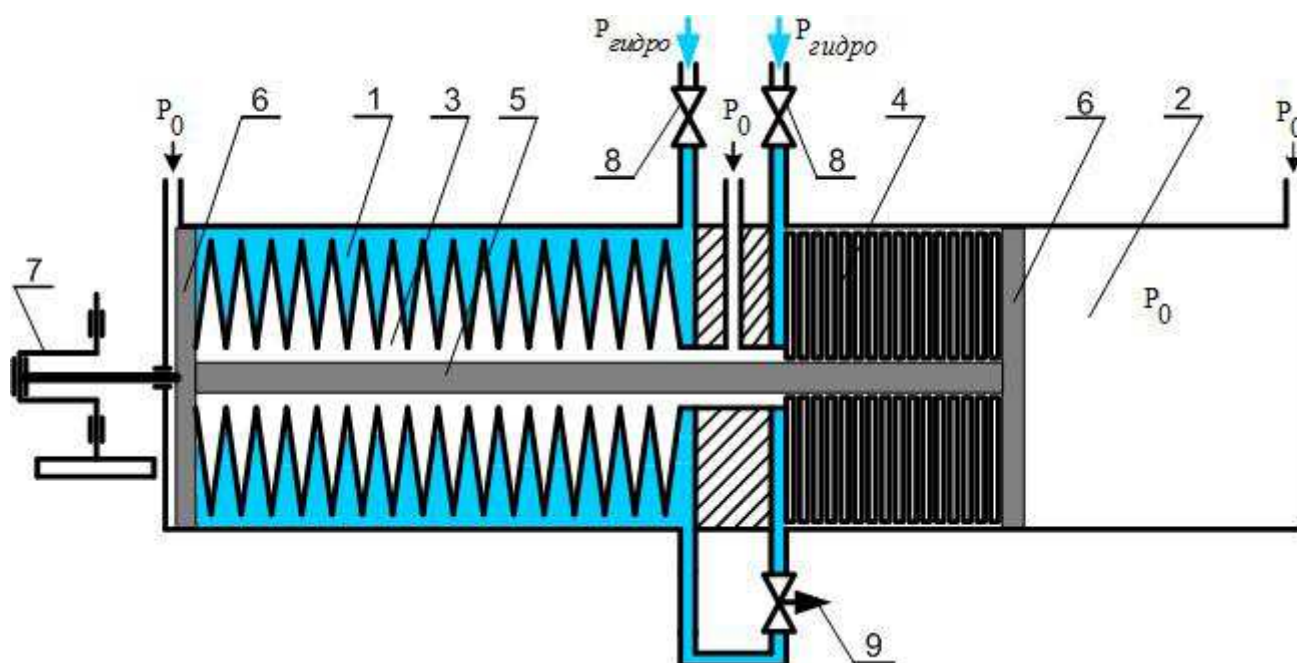


Рис. 5.

Работа гидростатического СПД во многом совпадает с работой теплового СПД и описание будет во многом повторяться. Начнём описание с положения изображённого на рисунке, когда сильфонная гармошка левого цилиндра (на Рис.5 позиция 3) полностью растянута, а сократительная цепочка правого цилиндра (на Рис.5 позиция 4) полностью сжата. Запорные устройства - 8, соединяющие полости цилиндров с гидростолбом, закрыты. Отметим принципиально важный момент. Объём занимаемый рабочим телом (жидкостью) двигателя в обоих цилиндрах суммарно всегда постоянен. Давление рабочего тела в цилиндрах перед запуском двигателя равны параметрам внешней среды. Давление внутри полостей сильфонных поршней всегда равно атмосферному, так как они соединены с атмосферой. В этот момент запорное устройство - 8 на первом (левом) цилиндре открываются. В этом состоянии в первом цилиндре повышается давления его рабочего тела (жидкости), находящегося при постоянном объёме (имеется в виду удельный объём) в области сократительной цепочки. Этот эффект и используется для изменения формы (у нас сжатия) сильфонного поршня и совершения работы. При этом давление внутри сильфонных поршней - 3 и 4 первого и второго цилиндров не изменяется, так как их внутренние полости соединены с атмосферой. В результате создаётся перепад давлений по сторонам сократительных элементов поршня первого цилиндра. Этот перепад давлений определяется внешней нагрузкой на валу машины. Как только давление достигнет величины достаточной для преодоления внешней нагрузки, то сократительная цепочка первого цилиндра начинает сжиматься, возникает тяговое усилие, которое через шток -5 и ползун передаётся на кривошипно - шатунный механизм - 7. Происходит преобразование потенциальной энергии гидростолба подводимого к рабочему телу первого цилиндра в механическую энергию на коленчатом валу. Сжатие левого сильфонного поршня - 3 приводит к тому, что через воздействие штока - 5, растягивается правый сильфонный поршень - 4. При этом жидкость из левого цилиндра перегоняется через перепускной коллектор в освобождающееся при растяжении пространство правого цилиндра. При полном сжатии левого сильфонного поршня запорное устройство - 8 на левом цилиндре закрывается. В этот момент сильфонный поршень - 4 правого цилиндра - 2

полностью растянут. Открывается запорное устройство - 8 правого цилиндра. Происходит сжатие правого сильфонного поршня – 4. Далее все процессы протекают в той же последовательности, что и описаны выше, но от цилиндра – 2 к цилиндру – 1. Цикл замкнулся.

Переток жидкого рабочего тела между цилиндрами регулируется регулятором - 9. Его задача с одной стороны поддерживать в рабочей зоне постоянное рабочее давление, с другой обеспечить выход жидкости из зоны сокращения сильфонного поршня. Если расход через регулятор будет больше требуемого, то давление распространится на весь объём рабочего тела в обоих цилиндрах, и сильфонные поршни обоих цилиндров будут сокращаться одновременно, уравнивая друг друга. Результирующего сокращения не будет. Если расход через регулятор будет меньше требуемого, то потенциальная энергия давления рабочей зоны будет в значительной мере расходоваться на дросселирование рабочего тела при вытеснении его в не рабочую зону. То есть основная задача та же, что и у регулятора ТСПД. Но для регулятора ГСПД появляется и существенно новый момент, усложняющий его задачу. Если для ТСПД важным показателем

является величина $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ - изменение давления, приходящееся на единицу изменения

температуры при постоянном объёме тела (тепловое напряжение). В этом случае возникает вредный переток тепла между цилиндрами, который устраняется с помощью охладителя - 10

(Рис.3). Для ГСПД важным показателем является величина $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ - изменение объёма тела,

приходящееся на единицу изменения давления, испытываемого телом при постоянной температуре (сжимаемость). [5]. В этой ситуации проявляется другой вредный момент. Когда постоянный объём жидкости левого цилиндра ставится под повышенное гидростатическое давление, то имеющийся в цилиндре объём жидкости сжимается в соответствии с коэффициентом сжимаемости. Коэффициент сжимаемости жидкости величина малая. Так для воды при температуре 15°C коэффициент сжимаемости равен $1,5 \cdot 10^{-4}$. [5]. То есть объём наличной жидкости уменьшится примерно на одну десятитысячную. Физический же объём цилиндра остаётся постоянным. Следовательно для полного заполнения объёма цилиндра при повышенном давлении в цилиндр из гидростолба поступит дополнительный объём жидкости, равный примерно одной десятитысячной имеющегося объёма и массы. Это малый дополнительный объём (масса) жидкости соответствующие коэффициенту сжатия. При перемещении жидкости из левого цилиндра в правый, при сокращении сильфонного поршня, регулятор - 9 должен отвести из потока эту дополнительную массу жидкости. В противном случае большая масса жидкости при пониженном давлении в правом цилиндре не поместится. То есть перед регулятором 9 стоит задача не только обеспечить переток жидкости при сохранении постоянного давления в левом цилиндре, но и обеспечить расчётное (у нас атмосферное) давление в правом цилиндре при перетоке рабочего тела. Все функции контроля и управления сосредотачиваются в управляющей системе (контроллере). Кинематическая схема при столь тонкой настройке процесса перетока видимо не справится. В процессе работы ГСПД отводимое регулятором количество жидкости необходимо возвращать в ёмкость гидростатического столба. На это потребуется определённая работа. Но эта работа будет составлять пренебрежимо малую часть в сравнении с полезной работой совершаемой гидростатическим СПД.

3. Согласование с законом сохранения и превращения энергии

Может показаться, что предложенные технические устройства противоречат закону сохранения и превращения энергии. Однако противоречия нет. В этих двигателях неравновесность потенциальной энергии, градиент которой создаёт движущие силы в устройствах, существует в окружающей природе и восстанавливается при её срабатывании. Так температурная неравновесность, присутствующая в природе и используемая в тепловом сильфонно-поршневом двигателе, восстанавливается потоками энергии идущими от Солнца. Гидростатическая неравновесность, используемая гидростатическим сильфонно-поршневым двигателем, восстанавливается гравитационным полем Земли. В предложенных устройствах объединены

хорошо известные наблюдаемые эффекты: конформация сифонной гармошки при перепаде давлений и перепад давлений возникающий при подогреве постоянного объёма несжимаемой жидкости или перепад давлений гидростатического столба.

Заключения

В предложенных устройствах объединены хорошо известные наблюдаемые эффекты: конформация сифонной гармошки при перепаде давлений и перепад давлений возникающий при подогреве постоянного объёма несжимаемой жидкости или перепад давлений гидростатического столба.

За многие годы я так и не нашёл принципиальных препятствий для работоспособности предложенных выше сифонных двигателей. Но я инженер и мои представления основаны на реализме и прагматизме. До реализации в материале сомнения остаются.

Литература

1. Антонов В.Ф. и др. Биофизика. - М.: “Владос”, 2003г., 288с.
2. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: “Высшая школа”, 1991г., 376с.
3. Вукалович М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара. - М.: “Машиностроение”, 1967г., 160с.
4. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М.: “Высшая школа”, 1969г. - 476с.
5. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. – М:“Наука”, 1976г., 480с.
6. Косарев А.В. Патент на полезную модель №68067 Тепловой двигатель (варианты). Бюл. №31 от 10.11.2007г.
7. Косарев А.В. Монография “Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред”. Издание второе, переработанное и дополненное. - Из-во: LAMBERT Academic Publishing, г. Саарбрюккен, Германия, 2013г., 354с. Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001f/3700-ks.pdf>
8. Косарев А.В. Монография “Векторные потоки и диссипативные структуры живой природы”. - Из-во: LAMBERT Academic Publishing RU, 2017г., 341с.
Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0001/005d/2522-ks.pdf>
9. Эткин В.А. Термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1991г., 168с.