

Динамический процесс с переменной массой в открытой системе

или

Вечный двигатель третьего рода

А. Ф. Спурре
spurre@list.ru

А Н Н О Т А Ц И Я

Автору хорошо известно, что одно лишь упоминание о вечном двигателе (ВД) в научной среде вызывает откровенное раздражение, и это понятно, поскольку идея создания ВД-1 (вечный двигатель первого рода), машины творящей энергию из ничего, однозначно является антинаучной, так как противоречит закону сохранения энергии. Идея создания ВД-2 (вечный двигатель второго рода) предполагает получение механической работы за счёт тепла окружающей среды, хотя и не противоречит закону сохранения энергии, но неосуществима в силу действия второго начала термодинамики (ВНТ). В настоящей статье приведены обоснование возможности и принципиальное решение вечного двигателя **третьего рода (ВД-3)**, не противоречащего ни закону сохранения энергии, ни ВНТ.

Чтобы дистанцироваться от ВД-2 и показать, что работа ВД-3 не противоречит ВНТ, необходимо рассмотреть, что конкретно запрещает ВНТ, а что находится за пределами его действия.

В замечательной книге Я. М. Гельфера «История и методология термодинамики и статистической физики» очень подробно представлен исторический обзор зарождения современной термодинамики, в том числе и её второго начала.

Теоретические основы термодинамики были изложены С. Карно в его основополагающей работе «Размышление о движущей силе огня», в которой сформулирована основная идея ВНТ, что для **работы тепловой машины и получения движущей силы непременно должна быть разница температур между нагревателем и холодильником и переход тепла от горячего к холодному телу.**

В тепловой машине КПД преобразования тепла в механическую работу всегда меньше единицы, и зависит от разности температур между нагревателем и холодильником.

1. Развивая идеи С. Карно и согласовывая их с принципом эквивалентности теплоты и работы, Р. Клаузиус формулирует положение, согласно которому *«теплота сама собой не может переходить от тела холодного к телу горячему»* [1, с.165]. В дальнейшем Клаузиус назвал это положение *тепловой аксиомой*, которая и является первой формулировкой второго начала термодинамики.

В. Томсон, на основании тепловой аксиомы Клаузиуса, выдвинул гипотезу о грядущей «тепловой смерти» Вселенной, однако эта гипотеза вызвала жаркую дискуссию между представителями идеалистической философии и материалистами. В итоге победили материалисты, аргументировав тем, что Вселенная представляет собой открытую систему, а ВНТ справедливо лишь для замкнутых систем, и после введения в термодинамику Р. Клаузиусом в 1865г. понятия энтропии, второе начало приобрело следующую формулировку.

2. «При всех происходящих в замкнутой системе тепловых процессах энтропия системы возрастает; максимально возможное значение энтропии замкнутой системы достигается в состоянии теплового равновесия» [2. с.192].

Замкнутая система представляет собой систему, в которой отсутствует обмен веществом, энергией и информацией с внешней средой.

Представление о замкнутой системе является идеализацией, поскольку экранировать любую систему от внешних воздействий одновременно на всех уровнях невозможно, например, от гравитационного поля, действующего на каждую систему и изменяющего её энергию.

Смысл второй формулировки ВНТ сводится к тому, что если в некоторой замкнутой системе существовала разница температур, то через некоторое время, например, в процессе теплообмена в системе установится температурное равновесие, т. е. максимум энтропии, то вернуть её в начальное состояние невозможно никакими процессами, происходящими в самой замкнутой системе.

Отметим, что закон возрастания энтропии в формулировке п. 2 справедлив для замкнутых систем и тепловых процессов, следовательно, на открытые системы и на не тепловые процессы он может и не распространяться.

3. Однако существует другая формулировка ВНТ, которую В. Томсон сформулировал в виде принципа о невозможности создания такой машины, которая *«...путём охлаждения моря или земли производила бы механическую работу в любом количестве, вплоть до исчезновения теплоты моря и суши и, в конце концов, всего материального мира» [1. с.169].*

После прочтения такой формулировки хочется воскликнуть, И хорошо, что создание такой машины невозможно, поскольку это уже не машина, а какой-то монстр! Следует уточнить, что под термином «машины», Томсон имел в виду тепловые машины. Когда у В. Томсона спросили, на чём основано его утверждение, он ответил, что ему реализация такого процесса **«...интуитивно кажется невероятной...»**

Кроме интуитивного ощущения, создание такой машины противоречило бы известному закону диалектики *перехода количества в качество*. Поскольку в процессе работы такой машины должны происходить количественные изменения в окружающей среде в виде уменьшения её

температуры, что неизбежно приведёт к качественным изменениям, (к изменению агрегатных состояний рабочих тел как в самой машине, так и в окружающей среде: превращение газа в жидкость, жидкости в твёрдое тело и т. п.), и машина перестанет работать.

Так же возникают вопросы, какой смысл в бесконечном накоплении энергии, в чём её запастать и хранить? А если полученная машиной энергия не будет накапливаться (будет расходоваться), то она снова превратится в тепло, и говорить об исчезновении теплоты моря и суши не имеет смысла.

4. Впоследствии принцип Томсона был сформулирован несколько по-иному: *«В природе невозможен процесс, полный эффект которого состоял бы в охлаждении теплового резервуара и в эквивалентной механической работе»* [3. с.139].

Фактически исходная формулировка принципа Томсона и последующие его интерпретации утверждают одно и то же - в **открытой системе** невозможно организовать процесс получения механической работы за счёт тепла окружающей среды без исходного перепада температур.

В том, что принцип имеет несколько формулировок, нет ничего удивительного, но удивительно то, что в п. 2 принцип сформулирован для замкнутой системы, а в п. 3 и 4 для открытой системы.

Чтобы устранить существующее противоречие в формулировках второго начала термодинамики, необходимо действие закона в формулировке в п. 2, распространить на открытые системы, либо в формулировках в п. 3 и 4, действие закона ограничить рамками замкнутой системы.

Первый вариант не приемлем, поскольку это приводит к выводу о «тепловой смерти» Вселенной, поэтому остаётся только второй вариант (ограничить действие формулировки Томсона рамками замкнутой системы). Вместо слов *«В природе невозможен процесс...»* следует написать *«В замкнутой системе невозможен процесс...»*.

5. В. Освальд сформулировал второе начало термодинамики в виде тезиса *«...вечный двигатель второго рода невозможен...»* [1. с.169]. Тем самым как бы отождествил идею создания монотермической машины ВД-2, которая искусственно осуществляла бы круговорот энергии, подобный тому, который естественным образом происходит в природе, с антинаучной идеей ВД-1.

Поле того как на ВНТ был навешен ярлык «вечного двигателя второго рода», то высказывать какие-либо сомнения или иное мнение относительно ВНТ стало считаться неприличным.

6. В работах выдающегося теоретика Л. Д. Ландау сказано, что *«...Законы физики симметричны, естественно, что такая симметрия должна сохраняться и в основанной на классических законах статистике. Поэтому, если возможен какой-либо процесс, сопровождающийся возрастанием энтропии замкнутой макроскопической системы, то должен быть возможен и обратный процесс, при котором энтропия убывает. Вопрос о*

физических основаниях закона монотонного возрастания энтропии остается, таким образом, открытым...» [Теоретическая физика, Т. 5, часть 1].

Хотя сам Ландау и не показал, каким образом может быть организован обратный процесс, при котором энтропия убывает, а возможно он и не ставил перед собой такой задачи, тем не менее, сформулированный им тезис, как будет показано в настоящей работе, является верным.

Кроме этого, как Л. Д. Ландау, так и многие другие выдающиеся физики считали, что действие ВНТ на открытую систему не распространяется, поскольку в ней существуют и действуют переменные гравитационные поля.

Данное предположение учёных является необходимым условием для осуществления процесса в открытой макроскопической системе с убыванием энтропии.

7. Из проведённого краткого анализа формулировок ВНТ и истории их возникновения следует заключить, что в существующих формулировках ВНТ имеется несоответствие в части границ его применения.

Действие закона возрастания энтропии распространяется только на замкнутые системы. Окружающая среда является открытой системой, в которой естественным образом происходят процессы как с увеличением, так и с уменьшением энтропии, и совершается постоянный круговорот энергии при неизменной энтропии.

Для получения механической работы за счёт тепла окружающей среды необходимо осуществить управляемый не тепловой процесс в открытой системе с использованием потенциальной энергии гравитационного поля.

Принципиальная схема устройства для реализации динамического управляемого процесса в открытой системе с использованием как искусственного, так и естественного поля тяжести представлена на рис. 1.

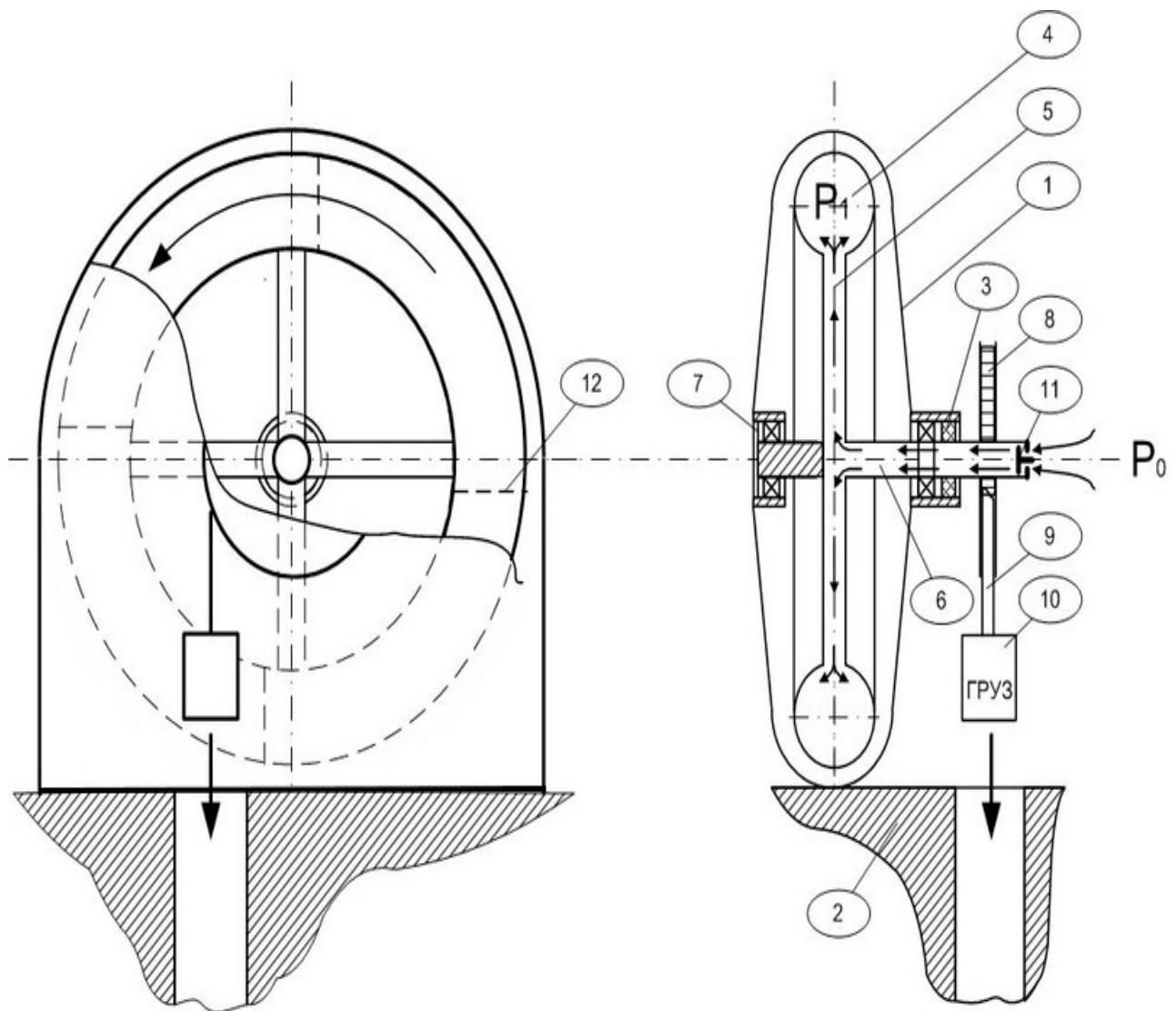


Рис. 1. Принципиальная схема устройства (реализация ВД-3)

В оболочке 1 на неподвижной опоре 2 создаётся вакуум (сохранение вакуума обеспечивает уплотнение 3). Внутри оболочки находится полый тор 4, полость которого через каналы 5 и полый вал 6 сообщается с атмосферой. Подшипники 7 обеспечивают свободное вращение вала и установленного на нём тора 4. На конце вала 6 жёстко закреплён барабан 8 с лентой 9, к которой крепится груз 10. Полый вал 6 снабжён клапаном 11, отделяющий полость тора от атмосферы. Полость тора разделена на отсеки перегородками 12. Груз 10 может свободно опускаться в отверстие опоры 2 (например, в виде достаточно протяжённой вертикальной шахты)

Рассмотрим два варианта действия устройства. Вариант первый, при закрытом клапане 11.

Для приведения устройства в действие необходимо освободить груз 10 от фиксатора, удерживающего груз в исходном положении (на рис. фиксатор не

показан). Груз опускается в вертикальную шахту (глубина шахты не менее длины ленты 9, намотанной на барабан 8). При опускании груза его потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию вращения тора 4 и находящегося внутри него газа.

Предположим, что устройство является идеальным механизмом, в котором полностью отсутствуют потери на трение.

При достижении грузом 10 нижней точки, согласно закону сохранения энергии, правомерна зависимость:

$$W = M \cdot g \cdot h = \frac{J \cdot \omega^2}{2} = \frac{1}{2} \left(R^2 + \frac{3}{4} r^2 \right) \cdot (m_T + m_G) \cdot \omega^2, \quad (1)$$

где: W – потенциальная энергия груза, M – масса груза, g – ускорение свободного падения, h – глубина шахты, J – момент инерции тора и находящегося в нём газа, ω – угловая скорость тора, R – средний радиус тора, r – радиус сечения тора, m_T – масса тора, m_G – масса газа в торе.

После достижения грузом нижней точки начнётся обратный процесс перехода кинетической энергии вращательного движения тора с газом в потенциальную энергию груза, и система вернётся в исходное положение (цикл будет повторяться до принудительной остановки устройства).

При опускании груза (увеличении угловой скорости вращения тора) газ в торе перераспределяется (давление газа повышается к периферии тора и понижается в центре), причём, согласно имеющемуся в статистической физике доказательству, температура газа при этом не меняется [4, с.280], и при подъёме груза произойдёт обратный процесс перераспределения газа в торе.

Рассмотрим второй вариант процесса преобразования потенциальной энергии в кинетическую энергию для этого же идеального механизма, но при открытом клапане 11.

В процессе раскрутки тора находящийся внутри газ приобретает угловую скорость тора и распределяется с уплотнением к периферии тора согласно известной зависимости Максвелла-Больцмана. В центре тора возникает разрежение, и газ из атмосферы через клапан 11, полый вал 6 и каналы 5 поступает в полость тора 4.

Следует отметить, что потенциальная энергия опускающегося груза 10 не расходуется на всасывание газа, газ поступает в тор 4 под действием силы гравитационного поля Земли. Потенциальная энергия груза 10 преобразуется исключительно в кинетическую энергию вращательного движения тора 4 и поступающего в него газа.

Процесс увеличения массы газа продолжается до момента достижения грузом нижней точки, в котором справедливо равенство:

$$W = \frac{1}{2} \left(R^2 + \frac{3}{4} r^2 \right) \cdot (m_t + m_e + m) \cdot \omega_1^2, \quad (2)$$

где: m – дополнительная масса газа, поступившего в тор 4 во время его раскрутки, ω_1 - угловая скорость тора 4 в момент достижения грузом 10 нижнего положения.

Значения потенциальной энергии W в равенствах (1) и (2) равны, следовательно, можно приравнять друг другу и правые их части. Но, в связи с увеличением массы газа в торе, момент инерции в равенстве (2) больше, чем в равенстве (1), следовательно, угловая скорость ω_1 в равенстве (2) меньше угловой скорости ω в равенстве (1).

При достижении грузом нижнего положения клапан 11 автоматически закрывается и начинается обратный процесс перехода кинетической энергии вращательного движения тора и массы поступившего в него газа в потенциальную энергию подъёма груза. Поскольку механизм предполагается идеальным, то груз вернётся в исходное положение, но при этом конечное состояние системы будет отличаться от начального состояния.

Очевидно, что увеличение массы газа в торе приводит к пропорциональному увеличению его плотности и давления, а, следовательно, и к пропорциональному увеличению внутренней энергии газа в торе при неизменной его температуре. Следует уточнить, что увеличение внутренней энергии газа в торе эквивалентно уменьшению потенциальной энергии атмосферы.

Таким образом, в результате управляемого динамического процесса с переменной массой в гравитационном поле Земли и при создании более сильного центробежного поля, макроскопическая система переходит в неравновесное состояние с изменением энтропии в сторону её убывания.

На этом цикл процесса не завершается. Чтобы вернуть систему в исходное состояние, необходимо выпустить избыточную массу газа m , находящегося в торе, в атмосферу. Здесь возможны два варианта. Первый - открыть клапан 11 и бездарно (без получения работы) просто выпустить газ в атмосферу. И второй вариант - можно осуществить изотермический или адиабатический процессы расширения газа и получить потенциальную энергию, например, в виде поднятого груза.

Очевидно, что потенциальная энергия груза будет эквивалентна уменьшению тепла окружающей среды при изотермическом процессе расширения газа. Либо уменьшению внутренней энергии газа в торе при адиабатическом процессе, но и в этом случае после теплообмена между газом и окружающей средой, потенциальная энергия также будет эквивалентна уменьшению тепла окружающей среды.

Располагая запасом потенциальной энергии можно совершить *полезную работу*, например, отчеканить денежные монеты. Можно, конечно, не

преобразовывать внутреннюю энергию газа в потенциальную энергию, а напрямую направить сжатый газ в пневмомолот и совершить ту же полезную работу. В процессе совершения полезной работы энтропия системы будет возрастать, поскольку вся полученная потенциальная энергия вновь преобразуется в тепло окружающей среды. На этом цикл преобразования энергии в открытой системе завершается, и система возвращается в исходное состояние.

Рассмотренный процесс выглядит настолько простым, что вызывает удивление, почему он до сих пор не описан в классической физике. Особенно при имеющихся выводах о необходимости существования подобных процессов (см. п.6).

Напомним первый вывод Л.Д. Ландау: *«Законы физики симметричны, ... Поэтому если возможен какой-либо процесс, сопровождающийся возрастанием энтропии замкнутой макроскопической системы, то должен быть возможен и обратный процесс, при котором энтропия убывает...»* (отметим, что говорится не о термодинамическом процессе, а о процессах в общем).

Рассмотренный процесс подтверждает тезис Ландау и показывает, каким образом можно осуществить обратный процесс, при котором энтропия макроскопической системы может уменьшаться.

Подтверждается справедливость и второго тезиса о том, что действие ВНТ на открытую систему не распространяется, поскольку в ней существуют и действуют переменные гравитационные поля. Процесс происходит не только с использованием потенциальной энергии гравитационного поля, но и при создании дополнительного центробежного поля тяжести.

Полный цикл рассмотренного процесса состоит из двух процессов. В первой части цикла осуществляется процесс с убыванием энтропии, а во второй части с возрастанием энтропии, при завершении полного цикла энтропия макроскопической системы остаётся неизменной.

Первый процесс цикла с убыванием энтропии происходит при постоянной температуре и без переноса тепла, поэтому этот процесс не противоречит ВНТ, поскольку не является **термодинамическим**. А каким же? Возможно, этот процесс можно назвать **энергодинамическим**, так как в процессе происходит преобразование только потенциальной энергии в кинетическую энергию, и обратно.

После теоретического обоснования, интересно оценить процесс с точки зрения его практической целесообразности.

В качестве примера приведём результаты упрощённого количественного расчёта при конкретных конструктивных параметрах установки и для двух видов газа (воздуха и ксенона), поступающих в тор.

Исходные данные.

Средний радиус тора $R_1 = 4$ м;

радиус сечения тора $r_c = 1$ м;

толщина стенки тора $t = 10$ мм;

материала - дюралюминий с удельной плотностью $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
 площадь тора $S = 4\pi^2 R r_c = 158 \text{ м}^2$;
 масса тора $m_T = S t \rho = 4,26 \cdot 10^3 \text{ кг}$;
 объём тора $V = 2\pi^2 R r = 79 \text{ м}^3$;
 конечная угловая скорость $\omega = 60 \text{ рад/с}$ (предельно допустимая скорость вращения из расчёта тора на разрыв).

Расчёт давления газа в полости тора производится по уравнению Максвелла – Больцмана.

$$P_z = \frac{NkT}{V} \cdot \frac{\frac{mR^2\omega^2}{2kT}}{1 - e^{-\frac{mR^2\omega^2}{2kT}}} \cdot e^{-\frac{m\omega^2 z^2}{2kT}}, \quad (1)$$

где: P_z – давление газа в полости тора на расстоянии z от периферии тора к его центру ($z = 0$ на периферии тора, $z = R_1 + r$ в центре тора).

N – число молекул в единице объёма;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{град}^{-1}$ – постоянная Больцмана;

$T = 273 \text{ К}$ – температура газа;

$V = 1 \text{ м}^3$ – единичный объём;

$m = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ – масса молекулы воздуха;

$\omega = 60 \text{ рад/с}$ - конечная (максимальная) угловая скорость вращения тора..

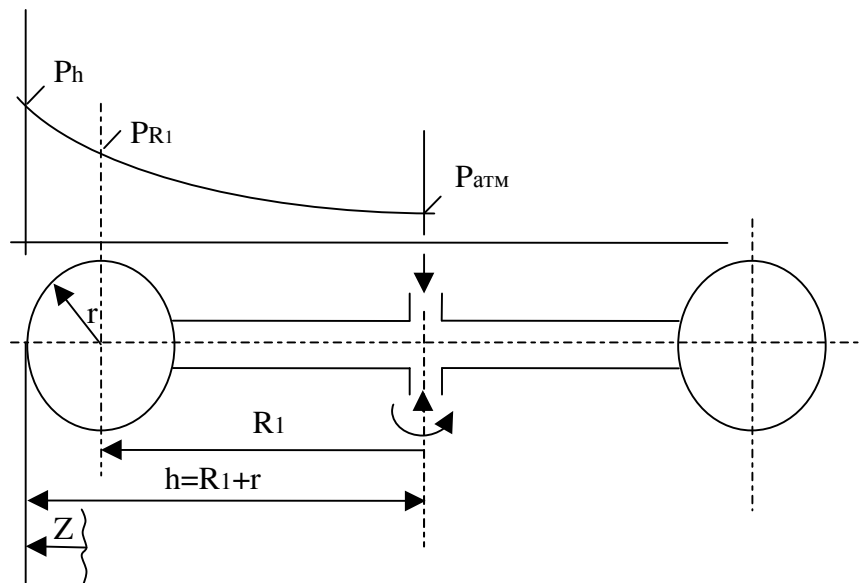


Рис. 2

Чтобы определить давление газа P_{R1} (рис. 2), вначале из уравнения (1)

определяется значение $\frac{NkT}{V}$ при $P_z = P_0$, где $P_0 = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ – давление газа в центре тора, равное атмосферному, $z = R_1 + r = 4+1=5\text{ м}$, и $R = h = 5\text{ м}$.

Можно рассчитать $\frac{mR^2 \omega^2}{2kT} = \frac{4.65 \cdot 10^{-26} \cdot 5^2 \cdot 60^2}{2 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 273} = 0,555$ и, подставив в (1),

$$1,03 \cdot 10^5 = \frac{NkT}{V} \frac{0,555}{1 - e^{-0,555}}, \quad \text{получаем } \frac{NkT}{V} = 1,382 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Температуру газа $T=273\text{ К}$ можно считать постоянной величиной, поскольку изменение температуры стенки тора и поступившего в него газа в процессе его поступления в полость тора (согласно расчёту, составляет приблизительно $1,3^\circ\text{С}$).

Определяем давление газа P_{R1} при $z = r = 1\text{ м}$, и $R = R_1 = 4\text{ м}$.

$$\frac{mR^2 \omega^2}{2kT} = \frac{4.65 \cdot 10^{-26} \cdot 4^2 \cdot 60^2}{2 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 273} = 0,355, \quad \frac{mz^2 \omega^2}{2kT} = \frac{4.65 \cdot 10^{-26} \cdot 1^2 \cdot 60^2}{2 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 273} = 0,0222.$$

Подставив в (1)

$$P_{R1} = 1,382 \cdot 10^5 \frac{0,355}{1 - e^{-0,355}} e^{-0,0222}, \quad \text{получаем } P_{R1} = 1,6 \text{ Н/м}^2.$$

Располагаемая работа изотермического процесса равна:

$$L_{из} = P_{R1} V \ln \frac{P_{R1}}{P_0} = 1,6 \cdot 10^5 \cdot 79 \ln \frac{1,6 \cdot 10^5}{1,03 \cdot 10^5} \approx 5,57 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Располагаемая работа при адиабатическом расширении (для воздуха показатель адиабаты $n = 1.4$):

$$L_{ад} = \frac{P_{R1} V}{n-1} \left[\left(\frac{P_{R1}}{P_0} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 79}{1,4-1} \left[\left(\frac{1,6 \cdot 10^5}{1,03 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 4,23 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

На практике располагаемую работу в процессе расширения газа можно определить как среднее значение $L_{ср}$ работы в изотермическом и адиабатическом процессах:

$$L_{ср} = \frac{L_{из} + L_{ад}}{2} = 4,9 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Необходимый запас потенциальной энергии W_B для раскрутки тора массой $m_T=4,26 \cdot 10^3$ кг и находящегося в нём воздуха массой $m_B=V \rho P_R = 163$ кг до заданной угловой скорости $\omega=60$ рад/с:

$$W_B = E = \frac{J \omega^2}{2} = \frac{(m_T + m_B) \cdot \left(R_1^2 + \frac{3}{4} r^2 \right) \cdot \omega^2}{2} = 1,33 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

Определим потери на трение.

В подшипниках качения коэффициент трения $K = 0,001 - 0,002$, принимаем $K = 0,0015$. Потери на трение $\Pi_{тр}$ при опускании и подъёме груза:

$$\Pi_{тр} = K \cdot P \cdot \pi \cdot d \cdot n \approx 10^5 \text{ Дж,}$$

где: $P = 1,33 \cdot 10^5$ Н – вес груза, $d = 0,2$ м – внутренний диаметр подшипника, $n = 800$ – число оборотов вала за один цикл.

Потери Π_B , связанные с сопротивлением воздуха при движении груза, можно определить по упрощённой формуле;

$$\Pi_B = F \cdot 2h = f \cdot v^2 \cdot s \cdot 2h = 7 \cdot 10^4 \text{ Дж,}$$

где: F – сила сопротивления воздуха при движении груза, $h = 1000$ м – длина пути (длина ленты), $f = 0,98 \text{ Нс}^2/\text{м}^4$ – коэффициент для воздуха, $v = 6$ м/с – скорость движения груза, $s=1$ м² – площадь сечения груза перпендикулярная направлению его движения.

С учётом неучтённых других потерь, например, на поддержание вакуума в оболочке 1, удвоим величину расчётных потерь, тогда общие потери $\Pi_{общ.}$ равны: $\Pi_{общ.} = 2 (\Pi_{тр} + \Pi_B) = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$

Если средняя располагаемая работа $L_{cp}=4,9 \cdot 10^6$ Дж, то, в этом случае, она оказывается почти в 12,4 раз больше общих потерь.

Много это или мало не имеет принципиального значения главное, чтобы общие потери в процессе не были равными или больше располагаемой работы, только в этом случае процесс не имеет практического смысла.

Если использовать не воздух, а более тяжёлый газ ксенон, масса молекулы которого в 4,5 раза больше массы молекулы воздуха (техническое решение выглядит не сложно, газ должен находиться в герметичной и эластичной оболочке, соединённой с полостью тора), то эффективность процесса и его мощность резко возрастают.

Аналогичный расчёт для ксенона по тем же формулам, с заменой массы молекулы воздуха на массу молекулы ксенона $m_k= 2,09 \cdot 10^{-25}$ кг, массу воздуха на массу ксенона, и замена показателя адиабаты $n=1,4$ на $n = 1,68$, получим;

$$P_{R1}^k = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ - давление газа в полости тора;}$$

$$L_{из}^k = 1,417 \cdot 10^8 \text{ Дж - располагаемая работа изотермического процесса;}$$

$$L_{ад}^k = 1,3 \cdot 10^8 \text{ Дж - располагаемая работа адиабатического процесса;}$$

$$L_{cp}^k \approx 1,36 \cdot 10^8 \text{ Дж - средняя располагаемая работа;}$$

Масса ксенона m_k в полости тора при $P_{R1}^k = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ равна $3,9 \cdot 10^3 \text{ кг}$, поэтому потенциальная энергия W_k для приданию тору такой же угловой скорости $\omega = 60 \text{ рад/с}$, будет равна:

$$W_k = 2,46 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

$$\Pi_{mp}^k = 1,85 \cdot 10^5 \text{ Дж} - \text{потери на трение в подшипниках.}$$

$$\Pi_{общ}^k = 2 \cdot (\Pi_{mp}^k + \Pi_B) = 5,1 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

В этом случае при средней располагаемой работе $L_{cp}^k = 1,36 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ общие потери составляют 0,38% от располагаемой работы.

Рассмотрим процесс с воздухом и ксеноном с точки зрения их эффективности.

Разность между средней располагаемой работой L_{cp} и общими потерями $\Pi_{общ}$ равна эффективной работе $L_{эф}$. Отношение эффективной работы к необходимому запасу потенциальной энергии W , назовём коэффициентом эффективности процесса $K_{эф}$.

$$\text{Для воздуха } K_{эф} = \frac{L_{эф} \cdot 100\%}{W_с} = \frac{(L_{cp} - \Pi_{общ}) \cdot 100\%}{W_с} = 3,43\% .$$

Коэффициент эффективности процесса с использованием воздуха примерно такой, как КПД первых паровозов, но без сжигания дров и угля.

Для процесса с использованием ксенона $K_{эф}^k = 55\%$, это означает, что при совершении одного цикла, т. е. после опускания груза и возвращения его в исходное положение, за счёт увеличения внутренней энергии газа в торе можно получить механическую работу равную $L_{эф} = 1,355 \cdot 10^8 \text{ Дж}$, что составляет 55% от потенциальной энергии груза. Увеличение внутренней энергии газа в торе эквивалентно уменьшению потенциальной энергии атмосферы.

Ориентировочно расчётное время цикла раскрутки и торможения тора порядка 10 минут, отсюда мощность процесса при $L_{эф} = 1,355 \cdot 10^8 \text{ Дж}$, составит примерно 225 кВт.

Заключение

1. В настоящей статье рассмотрен пример процесса с убыванием энтропии и изложены общие теоретические обоснования. Очевидно, что данный процесс требует более глубокого теоретического исследования, осмысления и обобщения, и может стать темой научной диссертации для молодых физиков теоретиков.

2. Приведённые в статье принципиальное конструктивное решение устройства и количественные расчёты показывают, что практическая реализация ВД-3 является вполне реальной и технически выполнимой задачей.

3. Ответ на вопрос об экономической целесообразности практического использования ВД-3 может быть получен только после проведения соответствующих экспериментальных исследований процесса. Если окажется, что стоимость электроэнергии полученной на ВД-3 окажется ниже стоимости солнечной электроэнергии, то, вполне вероятно, что ВД-3 может стать основой бестопливной энергетики будущего. И хотелось бы надеяться, что Россия, являясь топливдобывающей державой, не окажется в положении догоняющей, как это не раз случалось с Российскими научными достижениями.

4. Если у читателей возникнут какие-либо вопросы, то автор постарается на них ответить. Сомнения и возражения необходимо формулировать чётко и аргументировано, подтверждая их ссылками на официальные источники информации. Реплики типа «Этого не может потому, что не может быть никогда», не рассматриваются.

Использованные источники

1. Гельфер, Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М.: Высшая школа, 1981. – 536 с.

2. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. Издательство «Наука», 1965. – 384 с.

3. Карякин Н. И., Быстров К. Н., Киреев П. С. Краткий справочник по физике. Издательство «Высшая школа», 1964. – 574 с.

4. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. - Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. — 5-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 544 с. - ISBN 5-9221-0601-5.

Автор, Спурре Александр Феликсович.

Адрес электронной почты, spurre@list.ru