

Вездесущая энергия атмосферы

Обычно энергия атмосферы ассоциируется в нашем сознании с энергией воздушных потоков и с атмосферным электричеством. Но ветровая энергия и электрические заряды атмосферы – это лишь мелкая рябь на поверхности безбрежного воздушного океана нашей планеты. Воздух, сжатый земным тяготением, сам по себе, является гигантским аккумулятором энергии. Ведь не секрет, что сжатый в баллоне газ способен совершать полезную работу. Если учесть, что масса земной атмосферы составляет пять, умноженные на десять в пятнадцатой степени тонн ($5 \cdot 10^{15}$), то можно себе представить масштаб энергетической ёмкости весьма внушительного планетарного ресивера. Необходимо, всего лишь, подобрать ключи к столь необычному аккумулятору энергии, и тогда энергообеспечение жизненно важных процессов станет не сложнее, процесса дыхания.

А что по этому случаю думает академическая физика ?

Физика считает, что сама по себе потенциальная энергия, накопленная в массе какого-либо вещества, является доступной только тогда, когда мы располагаем разностью энергетических потенциалов. Например, разностью давления, или температуры, или перепадом высот, или перепадом электрического напряжения.

Без разности потенциалов аккумулярованная в веществе энергия находится, как бы, в запаянной консервной банке, из которой невозможно извлечь ни одного Джоуля энергии. Отсюда растут корни представления о мёртвой энергии Клазиуса.

По большому счёту, с атмосферой у нас именно такая ситуация, когда разность потенциалов, например, перепады атмосферного давления в большинстве районов компактного проживания людей большую часть времени пренебрежимо малы.

Мы сейчас не берём в расчёт лёгкий ветер и весенние грозы, поскольку это лишь едва заметные отклонения от равновесного состояния земной атмосферы.

Попробуем разобраться, что же собой представляет сжатый газ. На первый взгляд, это что-то вроде газовой пружины, которая мало чем отличается от обычной стальной пружины. Если задвинуть поршень в цилиндр, то газовая пружина сожмётся. Если выдвинуть поршень, пружина разожмётся и энергия, аккумулярованная при сжатии, высвободится при расширении.

Разве не то же самое происходит с обычной пружиной ?

Не то ! Точнее, не совсем то.

Когда мы сжимаем воздух в велосипедном насосе, то после нескольких качков мы можем почувствовать тепло в зоне выходного штуцера. Оказывается воздух при сжатии заметно нагревается. Но, быть может, причиной этому – потери на трение ? Ведь, если много раз сжать и разжать стальную пружину, то она тоже нагреется, и это тепло – просто потерянная (рассеянная) энергия.

С воздушной пружиной дело обстоит иначе. При сжатии воздух нагревается, а при расширении охлаждается. Например, если давление атмосферного воздуха увеличить вдвое (от 1 бар до 2 бар), то его температура повысится на 66 градусов. Правда, в велосипедном насосе мы не сразу это заметим, поскольку сжатый поршнем воздух поначалу большую часть тепла отдаст стенкам цилиндра. Но, с каждым последующим сжатием, отдача тепла от воздуха будет становиться всё меньше и меньше, и тогда мы явно почувствуем избыточное тепло сжатия. Это тепло – не потери на трение, это природное свойство газовой пружины. Прирост энергии сжатого газа можно рассчитать через выполненную работу сжатия, а можно рассчитать через прирост тепловой энергии газа.

Казалось бы, это разные виды энергии. Есть энергия упругой деформации газа, а есть его тепловая энергия. Но термодинамика утверждает, что это, всего лишь, разные проявления одной и той же (внутренней) энергии газа.

С позиций закона сохранения энергии (ЗСЭ), механическая энергия, затраченная на сжатие воздуха (газа), должна быть в точности равна приросту внутренней (тепловой) энергии сжатого воздуха (без учёта потерь):

$$\int P \cdot dV = \Delta T \cdot C \cdot \rho$$

А как обстоит дело на самом деле ?

Что значит, на самом деле, мы что же, будем ставить под сомнение важнейший из законов физики ? Нет, конечно, мы просто простыми вычислениями попробуем подтвердить незыблемость ЗСЭ.

В качестве примера рассмотрим сжатие воздуха в тонкостенном невесомом цилиндре, стенки которого не пропускают тепло (адиабатное сжатие). Пусть первоначальный объём цилиндра равен одному кубическому метру, а площадь поршня равна одному квадратному метру.

Мы в нашем виртуальном опыте поднимем давление воздуха на одну десятую долю: с 1 бара до 1,1 бар.

При таком небольшом сжатии воздух (по адиабате Пуассона) нагреется на 8,3 градуса. С учётом теплоемкости воздуха ($C = 717,5$ Дж/кг*град) и массы одного куба 1,16 кг, получаем прирост тепла воздуха в размере:

$$\Delta Q = \Delta T \cdot C \cdot \rho = 8,3 \cdot 717,5 \cdot 1,16 = 6908 \text{ Дж.}$$

Теперь приближенно оценим работу, приложенную к штоку поршня.

Ход поршня при сжатии кубометра воздуха до 1,1 бар составляет 66 мм (0,066 м) – по адиабате. Начальное усилие на штоке, естественно равно нулю ($F_n=0$), поскольку давление по обе стороны поршня одинаково. В конце фазы сжатия усилие на штоке (F_k) равно перепаду давления, умноженному на площадь поршня, которая у нас равна 1 кв.м:

$$F_k = 0,1 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ кв.м} = 1 \cdot 10^4 \text{ Ньютона.}$$

Средняя сила на штоке в ходе сжатия - $5 \cdot 10^3$ Н.

Отсюда, механическая работа сжатия:

$$A_{сж} = 0,066 \cdot 5 \cdot 10^3 = 330 \text{ Дж.}$$

Если считать не приближенно (по средней силе на штоке), а строго по кривой сжатия, то

$$A_{сж} = 320 \text{ Дж.}$$

Вот и началось интересное !

Прирост тепловой энергии, обеспеченный механической работой сжатия воздуха, оказался более, чем в 20 раз больше этой самой работы.

Газовая пружина запасла в себе энергии в 20 раз больше работы сжатия.

Ну, и как это понимать ?

Может быть, вкралась ошибка в расчёты ?

Да, нет ! Расчёты-то – простейшие.

Просто мы не заметили неявного участника нашего опыта по сжатию воздуха.

Этот неявный участник проделал львиную долю работы сжатия, оставшись в тени.

Смотрите, как интересно. Газовая термодинамика провозглашает равенство работы сжатия газа приросту внутренней энергии газа (Первое Начало термодинамики):

$$A_{сж} = \Delta Q \text{ или } \int P \cdot dV = \Delta T \cdot C \cdot \rho$$

Но, при этом процесс сжатия (в академической модели) происходит в вакууме. То есть, вокруг цилиндра с поршнем нет никакой атмосферы, а есть безвоздушное пространство с нулевым давлением.

Это обстоятельство принципиально меняет расклад сил!

Начальное усилие на штоке поршня уже не равно нулю, оно равно:

$$F_H = 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ кв.м} = 1 \cdot 10^5 \text{ Ньютона.}$$

Конечное усилие на штоке поршня равно:

$$F_H = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ кв.м} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Ньютона.}$$

Среднее усилие на штоке поршня равно:

$$F_H = 1,05 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ кв.м} = 1,05 \cdot 10^5 \text{ Ньютона.}$$

Перемещение поршня остаётся прежним

$$\Delta L = 66 \text{ мм (0,066 м).}$$

Соответственно, работа сжатия в вакууме приближённо равна:

$$A_{сж} = 0,066 \cdot 1,05 \cdot 10^5 = 6930 \text{ Дж.}$$

Если же считать не приближенно, а по адиабате

$$A_{сж} = (P_k V_k - P_H V_H) / (k-1)$$

то результат будет точно равен приросту тепловой энергии сжатого в цилиндре воздуха
(6908 Дж).

При сжатии в вакууме у нас не было никаких неявных помощников, поэтому работа сжатия, приложенная к штоку поршня, оказалась равна полной работе сжатия, которая, в свою очередь, равна приросту тепловой энергии воздуха...

Как вы уже понимаете, неявным помощником в первом варианте нашего виртуального опыта оказалась **атмосфера Земли**.

В реальных условиях (на поверхности Земли) Первое начало термодинамики выглядит, применительно к сжатию газа, иначе, чем это представлено в академической физике:

$$A_{сж} + A_{атм} = \Delta Q$$

При малых степенях сжатия незаметная для глаз работа атмосферы может многократно превышать механическую работу сжатия, а прирост тепла может многократно превышать механическую работу, в полном согласии с ЗСЭ.

Равновесная по давлению и по температуре и, казалось бы, пассивная атмосфера способна активно включаться в работу, отдавая часть своей гигантской энергии.

В приведённом нами примере тепло сжатия в 21,5 раза превысило механическую работу сжатия. Это уже кажется чудом, но если мы дадим сжатому воздуху остыть, полезно используя всё тепло, появившееся в ходе сжатия, то давление в цилиндре вовсе не упадёт до давления атмосферы. Понижение давления при остывании газа подчиняется закону Гей-Люссака $PV = \text{const}$. Воздух, при остывании на 8,3 градуса, потеряет в давлении ~ 3%.

Остывший сжатый воздух, при расширении в атмосферу, способен совершить работу расширения, и вернуть половину энергии, затраченной на его первоначальное сжатие. С учётом этой рекуперации затраченной энергии, коэффициент преобразования механической работы в тепло достигает уже 40 единиц. Другими словами, на каждый вложенный Джоуль механической энергии мы можем получить 39 Джоулей бонусной энергии от равновесной атмосферы.

Стало быть, запрет академической физики на извлечение энергии из внешней среды с одинаковым энергетическим потенциалом легко обходится, при условии умелого *провоцирования* внешней среды на активное участие в динамических процессах.

Особо хочется коснуться табу на академический запрет превышения КПД порога в 100 %.

Коэффициент полезного действия, по сути своей означает отношение полезной энергии, полученной на выходе из технического устройства, к энергии, затраченной на его функционирование.

Отношение *полученной* к *затраченной*. Это в корне отличается от отношения энергии *на выходе* устройства к энергии *на входе* в устройство (академическое определение КПД).

С инженерной точки зрения, важнейшим критерием энергетической эффективности технической системы является соотношение полученного результата к затраченным усилиям.

Если в процессе выполнения своих целевых функций техническое устройство беззатратно использует внешние источники энергии, то это повышает эффективность устройства, повышает его КПД, который может превышать порог в 100 % в разы и даже в десятки раз.

В данной статье мы рассмотрели самый наипростейший способ вовлечения энергии внешней среды (земной атмосферы) в технологические процессы, направленные на генерацию тепловой энергии низкого потенциала. На этом конкретном примере демонстрируется сама возможность успешного заимствования энергии, рассеянной во внешней среде и лишённой заметной разницы потенциалов.

Разумеется – это не единственный способ успешного заимствования энергии внешней среды. Помимо сверх единичной генерации тепловой энергии, может быть осуществлена сверх единичная генерация энергии передвижения (тяговая мощность), а также другие варианты полезного использования энергии, равномерно рассеянной в воздушном океане планеты Земля.

Заметив напоследок, что любое полезное использование энергии как правило завершается её рассеиванием в окружающем нас пространстве. При этом большая часть рассеянной энергии поглощается земной атмосферой. Таким образом, заимствование энергии, атмосферы, завершается её возвращением обратно в атмосферу. В этом круговороте энергии земная атмосфера выполняет роль неистощимого и вездесущего аккумулятора, доступного в любое время и в любом месте земного шара.

Автор: Игорь Юрьевич Куликов