

13. Газы

13.1 Газы и сжиженные вещества

Вещества могут находиться в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Жидкая и газообразная фазы имеют нечто общее, поскольку, находясь в этих состояниях вещества могут течь. Если дует ветер или работает вентилятор или фен, то происходит движение воздуха. Вода течет в реках и ручьях, а также в морях (морские течения) и при открытии водяного крана. Так как потоки веществ, находящихся в жидком и газообразном состояниях во многом аналогичны, мы объединим жидкости и газы в один общий класс веществ: они называются *текучими веществами*. Следовательно, текучие вещества являются противоположностью твердым веществам или твердым состояниям веществ.

С другой стороны, существуют твердые вещества, которые имеют много общих свойств с текучими веществами и которыми они отличаются только от газообразных веществ. Так, например, твердые и жидкие вещества, которые мы ранее рассматривали, имеют значительно более высокую плотность по сравнению с газами. Следовательно, можно также объединить вместе твердые и жидкие вещества в один общий класс веществ: они называются *конденсирующимися веществами*. Конденсирующиеся вещества являются противоположностью газам, рис. 13.1.

(Рис.13.1. Два класса из классификации веществ. (твердое состояние; жидкое состояние; газообразное состояние; текучие вещества; конденсирующиеся вещества))

Мы интересуемся в дальнейшем теми свойствами, которыми газы отличаются от конденсирующихся веществ.

Стремление к расширению

Выкачаем из стеклянного сосуда воздух и нальем туда немного воды, рис. 13.2. Вода падает вниз точно также, как она падает в сосуд, из которого воздух не откачан. Мы повторяем попытку, однако вместо воды мы вводим в сосуд воздух. Для того чтобы можно было видеть, куда движется воздух, мы воспользуемся дымом сигареты. (Видно, что для этого сигареты полезны.) Эти опыты показывают:

Газы заполняют все имеющееся в наличии пространство, а конденсирующиеся вещества нет.

(Рис. 13.2 Газы занимают все имеющееся в наличии пространство, а конденсирующиеся вещества нет. (к насосу; к насосу; сигарета))

При необходимости дать краткую формулировку, часто приходится делать упрощения. Выражения, написанные жирным шрифтом, представляют собой такие упрощения. Эти предложения справедливы в большинстве случаев, но не всегда. Например, вышеприведенная, написанная жирным шрифтом формула не может быть распространена на воздух, находящийся над поверхностью земли. Этот воздух предоставляется в распоряжение всего космического пространства. Несмотря на это, воздух не покидает землю. Почему нет?

Способность к взаимному проникновению

В цилиндрическом сосуде с перемещаемым поршнем находится

воздух. Наждем на поршень цилиндра так, чтобы произошло взаимное проникновение частиц воздуха, то есть, чтобы произошло «сжатие» воздуха, рис. 13.3а. Если вместо воздуха в цилиндре находится вода, рис. 13.3б, то практически невозможно реализовать сжатие. Вода является практически несжимаемой жидкостью. Если провести тщательный эксперимент, то можно заметить, что в незначительной степени вода сжимаема, но для большинства практических целей этим обстоятельством вполне можно пренебречь.

(Рис. 13.3. Газы (а) способны к взаимному проникновению, жидкости (б) и твердые вещества (с) почти нет.)

Если в цилиндр с водой дополнительно положить твердый предмет, рис. 13.3с, то нам не удастся сдвинуть поршень вниз, так как твердые вещества почти не обладают свойством взаимного проникновения частиц. Некоторые твердые тела производят такое впечатление, как будто их частицы обладают значительным взаимным проникновением, например, пенящиеся вещества. Однако в этом случае, взаимным проникновением обладают не сами твердые вещества, а только воздух, который находится в порах этих веществ.

Теперь мы можем наши наблюдения обобщить:

Газы обладают свойством взаимного проникновения, а конденсирующиеся вещества почти нет.

«Взаимное проникновение» означает, что объем определенного количества вещества может уменьшаться, в то время как масса этого вещества остается постоянной. Из формулы $\rho = m/V$ следует, что при взаимном проникновении плотность вещества возрастает. У веществ, обладающих

взаимным проникновением плотность растёт тогда, когда возрастает давление. У веществ, не обладающих этим свойством, повышение давления не приводит к изменению их плотности. Теперь мы можем обобщить эти рассуждения:

Плотность газов повышается при увеличении давления, а плотность конденсирующихся веществ почти не изменяется.

Такое положение имеет интересные следствия. Например, плотность воды в озере практически не увеличивается с изменением глубины, несмотря на то, что давление воды с увеличением глубины возрастает. На любой глубине плотность воды практически одинакова и составляет примерно 1000 кг/м^3 . Совсем по другому ведет себя воздух над поверхностью земли. Давление воздуха с увеличением высоты над поверхностью земли уменьшается и, как следствие, уменьшается также и плотность воздуха. Поэтому при восхождении на гору дышать становится труднее.

Тепловое расширение

Газы и конденсирующиеся вещества по разному реагируют на передачу им энтропии.

При нагревании твердого тела его объем практически не изменяется. Тоже можно сказать и о жидкостях. Совершенно по другому обстоит дело у газов. Нагреем воздух, находящийся в открытом сверху сосуде, рис. 13.4а. При этом воздух расширяется и «вытекает» из горлышка сосуда. Так как воздух невидим, то невозможно увидеть его вытекание из сосуда. Однако, можно легко увидеть вытекающий из сосуда воздух с помощью простого устройства, представленного на рис. 13.4б

Газы расширяются при получении энтропии, а конденсирующиеся вещества почти не обладают такой способностью.

(Рис. 13.4. Газы расширяются при обеспечении их энтропией. Справа представлен эксперимент, с помощью которого вытекающий из сосуда воздух становится видимым.)

(Рис. 13.5. Воздушный шар с подогревом воздуха (к заданию 2))

Задания

1. Почему шины велосипедов наполняются воздухом? Почему они не наполняются водой?

2. На рис. 13.5 представлен воздушный шар с подогревом воздуха. Этот воздушный шар открыт снизу. Воздух в воздушном шаре нагревается с помощью газовой горелки. Почему воздушный шар поднимается вверх?

13.2 Тепловые свойства газов

В предыдущем разделе мы проводили сравнение между газами и конденсирующимися веществами. В данном разделе мы будем иметь дело только с газами. Принимая во внимание тепловое расширение, газы представляют значительно больший интерес по сравнению с конденсирующимися веществами.

Мы хотим еще раз рассмотреть поведение газа при обеспечении его энтропией. Для того чтобы предотвратить расширение газа, мы помещаем газ в закрытый со всех сторон сосуд так, чтобы объем газа не менялся, рис. 13.6. Манометр показывает, что во время подачи энтропии давление газа растет. Это наблюдение и последний вывод

предыдущего раздела можно объединить следующим образом:

Если обеспечивать газ энтропией при постоянном давлении, то объем этого газа увеличивается.

Если обеспечивать газ энтропией при постоянном объеме, то давление этого газа увеличивается.

(Рис. 13.6. Если обеспечивать газ энтропией при постоянном объеме, то растет его давление. (давление растет))

Следует указать, что в обоих рассмотренных случаях повышается температура газа.

Рассмотренные выше процессы можно описать символически, указывая на увеличение, уменьшение или постоянство для четырех величин - энтропии, температуры, объема и давления:

$$S \uparrow \quad T \uparrow \quad V \uparrow \quad p = \text{const} \quad (1)$$

$$S \uparrow \quad T \uparrow \quad V = \text{const} \quad p \uparrow \quad (2)$$

Произведем с помощью поршня сжатие находящегося в цилиндре воздуха и при этом будем измерять его температуру, рис. 13.7. Мы устанавливаем, что при сжатии воздуха его температура увеличивается. Как только мы перестаем сжимать воздух, его температура снова понижается.

(Рис. 13.7. При сжатии газа его температура увеличивается.)

Такое поведение воздуха в принципе понятно: При сжатии воздуха происходит и сжатие содержащейся в нем энтропии, которая в этом случае концентрируется в уменьшенном пространстве цилиндра. Большое количество энтропии в уменьшенном пространстве определяет также и более высокую температуру.

Если уменьшается объем газа, то увеличивается его температура.

Символически это выглядит следующим образом:

$$S = \text{const} \quad T \uparrow \quad V \downarrow \quad p \uparrow \quad (3)$$

Выражения (1) - (3) описывают три различных процесса, которые могут происходить с газами. Представленные предложения могут быть записаны и в ином виде. Например, изменение предложения (1) выглядит следующим образом:

$$S \downarrow \quad T \downarrow \quad V \downarrow \quad p = \text{const}$$

В каждом из процессов (1) - (3) на постоянном уровне поддерживаются разные величины, в первом выражении - давление, во втором - объем, в третьем - энтропия. Мы пропустили только один процесс, в котором остается постоянной температура. Такой процесс легко реализовать. Это происходит в том случае, если газ, рис. 13.7, очень медленно сжимать, рис. 13.8. Давление как раз и является причиной повышения температуры. Однако, если мы будем проводить этот процесс медленно, то температура воздуха будет успевать выравниваться с температурой окружающей среды. При этом энтропия газа вытекает в окружающую среду. В конце этого процесса в воздухе будет меньше энтропии, чем ее было раньше. Символически это может быть выражено следующим образом:

$$S \downarrow \quad T = \text{const} \quad V \downarrow \quad p \uparrow \quad (4)$$

Строчка (4) также представляет интерес, так как она согласуется с опытом, который мы приобрели раньше: Чем больше объем, занимаемый веществом (при постоянной массе и постоянной температуре), тем больше энтропии содержит это вещество. Такое поведение вещества нам уже встречалось при фазовом превращении

жидкое \rightarrow газообразное: газ (большой объем) содержит при той же самой температуре больше энтропии чем жидкость (малый объем).

(Рис. 13.8. Если вдвигать поршень в цилиндр очень медленно, то энтропия будет вытекать из газа.)

(Рис. 13.9. Символическое представление четырех процессов. В каждом из этих процессов одна из четырех величин S , T , V и p остается постоянной. (константа))

На рис. 13.9 вместе собраны четыре процесса (1) - (4) с различными вариациями изменений величин энтропии, температуры, объема и давления.

Задания

1. Здесь используются: Плотно закрывающаяся бутылка, миска с горячей водой и миска с холодной водой (вместо мисок можно также использовать обе части раковины для мытья посуды).

a) Воздух в открытой бутылке охлаждается с помощью холодной воды. Бутылка закрывается и помещается целиком в горячую воду. Запор бутылки немного приоткрывается. Объясни, что произойдет?

b) Воздух в открытой бутылке подогревается с помощью горячей воды. Бутылка закрывается и помещается целиком в холодную воду. Запор бутылки немного приоткрывается. Объясни, что произойдет?

2. В двух сосудах находится одинаковое количество одного газа при одинаковой температуре. Обоим газам подается одинаковое количество энтропии. В

одном сосуде объем газа постоянен, а в другом постоянно его давление. Будут ли одинаковыми изменения температуры газов в обоих сосудах. Если они будут различными, то в каком из сосудов температурные изменения больше? Растет ли температура или понижается? Обоснуйте ответы на поставленные вопросы!

3. Как можно добиться того, чтобы температура газа уменьшалась, несмотря на то, что этому газу поставляется энтропия?

13.3 Принцип действия тепловых двигателей

Мы видели в разделе 11.4, что в тепловом двигателе энтропия переходит с высокой температуры на низкую и при этом энтропия «приводит в действие» какой-либо механизм также, как это реализует вода, приводя в действие водяную турбину.

Как сделать, чтобы при переходе энтропии с высокой температуры на низкую производилась полезная работа?

Никакой проблемы нет, если осуществляется переход энтропии с высокой температуры на низкую без приведения какого-либо механизма в действие. Это происходит уже самостоятельно: Энтропия просто «переходит» с высокой температуры на низкую при перемещении носителя энтропии по тепловой магистрали (см. также раздел 11.3). Энергия, которая могла бы перезагрузиться на полезный носитель, например, на импульс вращения, полностью без реализации полезной работы уходит вместе с созданной энтропией в окружающую среду. Следовательно, энергия энтропии полезной работы не произвела.

Как перевести энтропию с высокой температуры на низкую, не создавая дополнительной энтропии? С тех пор, когда мы узнали тепловые свойства газов, эта проблема перестала представлять для нас какие-либо сложности. На рис. 13.10 показано, как это можно реализовать.

(Рис. 13.10. Принцип действия теплового двигателя. (а) Энтропия подводится к сжатому газу. (б) Газ расширяется. При этом снижается его температура и он отдает энергию. (с) Энтропия снова отдается на низкой температуре. (высокая температура; расширение; низкая температура))

Сначала энтропией обеспечивается сжатый газ, а затем газу предоставляется возможность расширяться. В соответствии со строкой (3b) на рис. 13.9 температура при этом понижается и одновременно поршень выталкивается наружу. Энергия, которую отдает энтропия, уходит вместе со стержнем поршня, например на кривошип, который приводит во вращение какой-либо вал.

В тепловом двигателе газ должен расширяться. При этом понижается давление и температура газа: он отдает энергию.

Это является основополагающей идеей всех тепловых двигателей. Существует огромное множество различных технических реализаций этой идеи: Паровая поршневая машина, паровая турбина, двигатель внутреннего сгорания, турбореактивный двигатель и другие.

Мы рассмотрим более подробно два из этих видов машин: во-первых паровую поршневую машину, так как в прошлом она играла очень важную роль; и во-вторых двигатель внутреннего сгорания, так как большинство

автомашин приводится в действие этим двигателем.

Паровая поршневая машина

Самая большая проблема при создании машины, которая работает по этому принципу, рис. 13.10, состоит в том, чтобы *быстро* ввести энтропию в машину и также быстро ее вывести из машины. Нельзя, чтобы энтропия втекала через тепловую магистраль в рабочий цилиндр, рис. 13.10. Этот процесс происходит слишком медленно. Мы уже знаем одну хитрость, посредством которой можно энтропию, полученную в одном месте, очень быстро получить в другом месте: посредством конвекции. Это и реализуется в паровой поршневой машине.

Газ нагревают вне цилиндра, а затем вместе с его энтропией вводят в цилиндр. В цилиндре газ расширяется и одновременно отдает энергию поршню. Затем, газ вместе с его энтропией снова выводится из цилиндра.

Подробно процесс, происходящий в паровой поршневой машине, представлен на рис. 13.11. В качестве рабочего газа в этой машине используется водяной пар. Пар создается в котле, а затем производится его *дополнительный разогрев*. *Управляющий золотник* реализует ввод и вывод пара в цилиндр и из него. Вначале работы поршень находится у левой стенки цилиндра, рис. 13.11a. Слева в левую часть цилиндра втекает горячий свежий пар. После того как поршень переместился немного вправо, рис. 13.11b, золотник закрывает впускное отверстие для пара. Вошедший в левую часть цилиндра пар продолжает перемещать поршень вправо, при этом пар расширяется, его давление и температура уменьшаются. Далее поршень достигает правого конечного поворотного пункта, рис.

13.11c, и начинает двигаться обратно. Тем временем золотник открывает отверстие для вывода пара. Расширенный и охлажденный пар вместе с его энтропией выбрасывается в окружающую среду.

(Рис. 13.11. Паровая поршневая машина, находящаяся в трех различных положениях. (впуск пара; выпуск пара; закрыт; выпуск пара; выпуск пара; впуск пара))

Аналогичный процесс реализуется и на правой стороне поршня. При этом поршень движется справа налево.

Различные части такой паровой машины, которые имеются у паровоза, рис. 13.12, хорошо известны.

(Рис.13.12. Паровоз (паровой котел; цилиндр))

Двигатель внутреннего сгорания

Хитрость, примененная для того, чтобы быстро получить энтропию в цилиндре, заключается в создании энтропии в самом цилиндре, а именно путем сжигания в цилиндре смеси, состоящей из паров бензина и воздуха. Такое сгорание сопровождается взрывом, то есть протекает очень быстро.

Следовательно, необходимо прежде всего наполнить цилиндр горючей смесью бензина и воздуха, причем тогда, когда поршень движется от верхней части цилиндра вниз. Это происходит вследствие того, что двигатель совершает оборот до тех пор, пока не сработает топливный насос.

Каждую половину оборота коленчатого вала называют *тактом*. Загрузка двигателя и сжатие длятся два такта: Во время *всасывающего такта* производится всасывание смеси бензина и воздуха в цилиндр, рис.13.13a. Во время *компрессионного такта* поршень

идет вверх, производя сжатие смеси бензина и воздуха, рис. 13.13b. Теперь поршень находится в верхней мертвой точке и цилиндр подготовлен к работе, рис. 13.13c. С помощью электрической искры, которую создает свеча зажигания, производится воспламенение горючей смеси (смесь бензина и воздуха). Смесь сжигается практически мгновенно. При сгорании создается энтропия, температура и давление очень сильно увеличиваются. Горячий газ давит на поршень, который теперь идет вниз. При этом температура и давление уменьшаются. Этот такт называется *рабочим тактом*, рис.13.13d. Затем, при *выхлопном такте* выхлопные газы вместе с их энтропией выталкиваются в окружающую среду. То есть производится выхлоп, рис.13.13e.

(Рис.13.13. Двигатель внутреннего сгорания, находящийся в пяти различных точках своего рабочего цикла. (всасывающий такт; компрессионный такт; зажигание; рабочий такт; выхлопной такт; вентиль; впуск; свеча зажигания; вентиль; загрузка двигателя смесью бензина и воздуха; выхлоп)

Такой одноцилиндровый двигатель работает, как это ясно из рис. 13.13, только четвертую часть времени, а именно, во время рабочего такта. Остальные три такта двигатель вращается за счет маховика. Двигатель внутреннего сгорания работает «более плавно», если он имеет большее число цилиндров, в которых рабочие циклы совершаются последовательно один за другим. Большинство автомобильных двигателей имеют четыре цилиндра. Когда такой двигатель работает, в каждый момент времени в одном из цилиндров совершается рабочий такт.

К двигателю внутреннего сгорания относится ряд вспомогательных устройств:

- карбюратор, в котором пары бензина смешиваются с воздухом;
- бензиновый насос, который подает бензин из бензинового бака в карбюратор;
- катушка зажигания и прерыватель, которые создают высокое электрическое напряжение для искры зажигания;
- распределитель зажигания, подающий высокое напряжение на свечу зажигания в тот цилиндр, в котором в данный момент времени происходит рабочий такт.

Задания

1. Представь себе, что «рабочей субстанцией» в тепловом двигателе был бы не газ, а какая-либо жидкость. Функционировал бы такой двигатель? Обоснуй это!
2. Двигатель Дизель выполнен совершенно аналогично обычному двигателю внутреннего сгорания, но с одним отличием: он не имеет свеч зажигания. Смесь горючего вещества и воздуха воспламеняется сама по себе. Каким образом это происходит?
3. Вместо того чтобы закрыть доступ пара в цилиндр паровой поршневой машины, после того как поршень прошел небольшой отрезок пути вправо, можно оставить этот доступ открытым до тех пор, пока поршень не дойдет вправо до конца. Для паровозов такой режим эксплуатации возможен. Этот режим использовался для реализации начала движения и при подъемах в горы. Какой недостаток имеет этот режим эксплуатации?

13.4 Почему воздух, находящийся над поверхностью земли с возрастанием высоты над поверхностью земли становится холоднее?

На высокой горе холоднее, чем в долине. Чем выше гора по отношению к уровню моря, тем ниже становится температура воздуха. Каждые сто метров увеличения высоты приводят к снижению температуры примерно на 1°C . Часто командир самолета объявляет о производящей большое впечатление низкой по величине температуре за бортом самолета. Если самолет летит на высоте 10 000 м, температура за бортом составляет примерно -55°C .

Как можно объяснить такую низкую температуру? Не должна ли разница температур вверху и внизу выравниваться? Как нам уже известно, энтропия течет от мест с более высокой температурой в места с более низкой температурой. Однако для этого процесса имеется препятствие. Энтропия течет только в том случае, если сопротивление ее потоку не слишком велико. А воздух с точки зрения тепловых процессов представляет собой очень хороший изоляционный материал. Несколько миллиметров воздуха, заключенного между оконными двойными стеклами, очень хорошо сохраняют тепло в доме. Между верхней и нижней частями земной атмосферы мы имеем слой воздуха, толщина которого измеряется километрами. Поэтому выравнивание температур между верхом и низом земной атмосферы практически невозможно.

Почему же существует эта температурная разница и как она получается? Для ответа на этот вопрос мы должны использовать наши знания о тепловых свойствах газов. Воздух земной атмосферы находится в постоянном движении. Вследствие чего это происходит мы увидим в следующих

разделах. Сейчас представим себе просто, что кто-то постоянно перемешивает воздух.

Понаблюдаем за определенной воображаемой порцией воздуха, которая движется перпендикулярно вниз. Так как давление при этом возрастает, то эта порция воздуха сжимается. А так как содержание энтропии этой порции воздуха остается постоянным, ее температура согласно строке (3а) на рис. 13.9 увеличивается.

С другой порцией воздуха, которая движется перпендикулярно вверх, происходит все с точностью наоборот: ее температура падает.

Воздух в пакете, имеющий определенное содержание энтропии, изменяет свою температуру при перемещениях вверх и вниз. Чем выше, тем меньше температура, чем ниже, тем выше температура. Каждой высоте соответствует своя определенная температура воздуха.

13.5 Тепловая конвекция

Теплый воздух поднимается вверх: это известно всем. Однако, почему? Объяснение будет легким после того, как мы стали экспертами в области тепловых свойств газов. Рассмотрим батарею центрального отопления. Воздух вблизи батареи разогрет и распространяется по всему помещению (см. раздел 13.2). Вследствие того, что плотность этого воздуха меньше плотности остального неразогретого воздуха, разогретый воздух подымается вверх (см. раздел 4.8, в котором представлено достаточное разъяснение этого процесса).

Поднимаясь вверх, разогретый воздух постепенно отдает все больше и больше энтропии более холодному окружающему воздуху, а также

предметам, находящимся в комнате, и снова при этом охлаждается. Причем плотность нашего воздуха опять увеличивается и он замещается свежим разогретым поднимающимся вверх воздухом: наш воздух опять течет вниз и замещает там теплый поднимающийся вверх воздух. Короче говоря, возникает круговорот воздуха, рис. 13.14. Такой постоянно действующий процесс перемещения воздуха называется *тепловой конвекцией*.

Тепловая конвекция является причиной многочисленных процессов перемещения энтропии в природе и технике. Один пример такого процесса мы только что обсудили: благодаря тепловой конвекции энтропия, отдаваемая батареей центрального отопления, распространяется по всей комнате.

(Рис. 13.14. Поток тепловой конвекции в отапливаемой комнате. (окно; батарея центрального отопления))

Важную роль тепловая конвекция играет также и при возникновении ветра. Некоторые процессы, связанные с возникновением ветров, представляют собой очень сложные процессы. В других случаях в основе образования ветров лежит просто тепловая конвекция.

Возьмем для примера *морской ветер*. Морским называется ветер, который в течение всего дня дует с моря на побережье. Вследствие солнечного излучения температура земли на побережье сильно возрастает, при этом температура морской воды значительно ниже (так как энтропия распространяется в воде на значительно большую глубину). Воздух над побережьем расширяется, его плотность уменьшается и он поднимается вверх, рис. 13.15. От моря, над которым воздух не расширяется, он перемещается в направлении берега. На высоте

нескольких сот метров воздух от берега перемещается обратно к морю, чтобы снова опуститься к нему. Разогретая солнцем поверхность земли соответствует батарее центрального отопления с точки зрения конвекционных потоков в примере, который мы рассматривали ранее.

(Рис. 13.15. Берег сильно разогрет солнцем, море разогрето очень слабо. При этом возникает конвекционный поток. (берег; море))

Разность температур, приводящая к различному разогреву воздуха над землей и над водой, образуется не только между берегом и морем, но и в других местах земной поверхности. Когда в одном месте земли теплее, чем в окружении этого теплого места, возникает поток воздуха вверх, а в холодных местах возникает поток воздуха вниз.

Восходящие ветры, которые возникают над теплыми местами (так называемые восходящие потоки) часто используются птицами и планеристами для подъема.

Пассатные ветры (пассаты) являются также примером тепловых конвекционных потоков, рис. 13.16. В экваториальных районах воздух очень сильно разогревается. Он подымается вверх и перемещается на высоте на юг и на север, то есть в области, в которых холоднее, чем на экваторе. В области 30-ти градусов широты (севернее и южнее экватора) этот воздух опускается вниз и снова течет к экватору. Процесс течения воздуха по низу к экватору носит название пассата.

(Рис. 13.16. К возникновению пассатов. (пассат; пассат; север; экватор; юг))

Мы хотим рассмотреть тепловую конвекцию еще и с другой точки зрения. Воздух получает энтропию на довольно

небольшой высоте и затем поднимается вверх. При движении воздуха вверх его температура понижается, так как уменьшается его плотность. Поднимаясь, воздух отдает все больше и больше энтропии до тех пор, пока он имеет более высокую температуру, чем его окружение. Однако, этот воздух теперь отдает свою энтропию при более низкой температуре, чем та температура, при которой он эту энтропию принимал.

Таким образом, с воздухом происходит тоже, что и с рабочей смесью в тепловом двигателе: прием энтропии при высокой температуре, а ее отдача при низкой. Следовательно, каждый поток тепловой конвекции можно рассматривать как тепловой двигатель. При этом, однако, никакой вал во вращение не приводится, а движется только воздух.

Наконец, можно также в некоторых случаях извлечь энергию из движения воздуха: на ветряных мельницах, в ветряных турбинах и на парусных судах с успехом используется энергия ветра. От конвекционного потока в комнате можно взять, например, энергию для рождественской трещотки.

Задания

1. Жидкости расширяются при обеспечении их энтропией очень незначительно. Однако, даже это незначительное расширение является достаточным для того, чтобы приводить в движение потоки тепловой конвекции. Назови пример. В какой точке жидкость обеспечивается энтропией, в какой точке она отдает энтропию?
2. Почему пламя свечи от фитиля идет вверх, а почему не вниз?