

1.1. Основные понятия термодинамики

Совокупность тел, могущих энергетически взаимодействовать между собой и с телами, оставшимися за границами, выделяющими эту совокупность, называется *термодинамической системой*. Характер взаимодействия ее с окружающими телами определяется условиями, наложенными на границы. Если через границы не происходит обмена веществом, то говорят о *закрытой термодинамической системе*. *Открытая термодинамическая система* такой обмен предполагает. Закрытая система, имеющая границы, не допускающие ее взаимодействия с окружающими телами, является *изолированной системой*.

Состояние системы, в котором ее свойства не изменяются во времени, называется *равновесным состоянием*. В настоящем курсе в качестве термодинамической системы часто будет рассматриваться *рабочее тело* – вещество, посредством которого осуществляются рабочие процессы теплоэнергетических установок. Такие системы обладают многими свойствами, которые не являются независимыми друг от друга. Термодинамика устанавливает, что равновесное состояние термомеханической системы в общем случае однозначно определяется заданием двух ее параметров, в качестве которых могут быть приняты любые термодинамические свойства. Всякое другое термодинамическое свойство системы будет определено заданием этих параметров. Математическое выражение такой зависимости называется *уравнением состояния*. Например, аналитическая зависимость между температурой, давлением и удельным объемом называется *термическим уравнением состояния*. Его можно представить в виде $v = f(p, T)$ или $p = f(v, T)$

Величина, значение которой определяется состоянием системы, независимо от того каким путем пришла система в это состояние, называется *функцией состояния*. Поскольку для задания состояния системы необходимо указать два параметра, такую функцию можно представить как

$$z = f(x, y) \quad (1.1)$$

где z – любая функция состояния; x, y – параметры системы. Ее приращение является полным дифференциалом

$$dz = (\partial z / \partial x)_y dx + (\partial z / \partial y)_x dy, \quad (1.2)$$

а вторые перекрестные производные одинаковы

$$(\partial^2 z / \partial x \partial y) = (\partial^2 z / \partial y \partial x) \quad (1.3)$$

Изменение функции состояния при переходе от состояния 1 к состоянию 2 (рис. 1.1) может быть вычислено как

$$\int_1^2 dz(x, y) = z_2(x_2, y_2) - z_1(x_1, y_1) \quad (1.4)$$

Отсюда следует, что, если система посредством ряда переходов возвращается в исходное состояние – совершает цикл, то изменение функции состояния равно нулю

$$\oint dz(x, y) = 0 \quad (1.5)$$

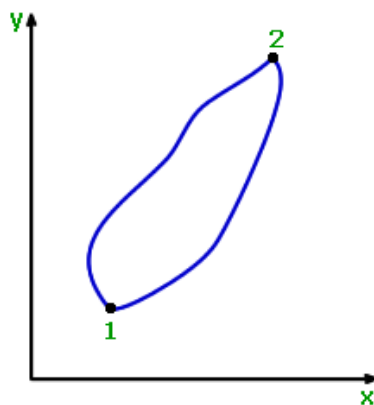


Рис. 1.1

Если параметры системы не остаются неизменными во времени, то говорят, что система совершает процесс. При этом система может энергетически взаимодействовать с телами, находящимися за ее пределами. Количественная мера передаваемого в каком-либо процессе через границы системы упорядоченного движения называется *работой*, сам такой вид обмена энергией также называется работой. Количественная мера передаваемого в каком-либо процессе через границы системы неупорядоченного движения называется *теплотой*, а процесс передачи энергии такого движения называется теплообменом. Подчеркнем, что теплота и работа существуют только при наличии процесса и их величина зависит от того, как протекает процесс. Поэтому и теплота и работа являются *функциями процесса*. Приращение их не является полным дифференциалом и для них не применимы все приведенные выше аналитические соотношения. Однако, для простоты написания последующих уравнений мы будем применять для обозначения бесконечно малых приращений этих величин знак d , то есть писать dL и dQ , понимая всю условность такого обозначения

Для теплоты и работы в технической термодинамике принято следующее правило знаков: теплота считается положительной, когда она подводится к системе, и отрицательной при отводе ее от системы (Рис. 1.2). Работу же считают положительной, если она совершается системой (т.е. отводится), и отрицательной, если совершается над системой (т.е. затрачивается)

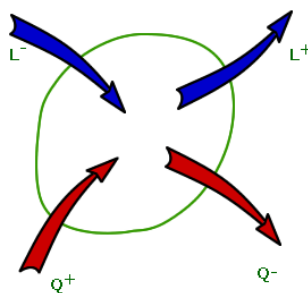


Рис. 1.2

По характеру протекания различают процессы равновесные (квазистатические) и неравновесные. *Равновесный процесс* осуществляется при равенстве сил, действующих на границы системы со стороны системы, и внешних сил и представляет собой бесконечную последовательность равновесных состояний системы. Процесс, не удовлетворяющий этим условиям, является неравновесным. Поскольку равновесное состояние определяется двумя параметрами, то равновесный процесс может быть представлен линией в термодинамических диаграммах (Рис. 1.3)

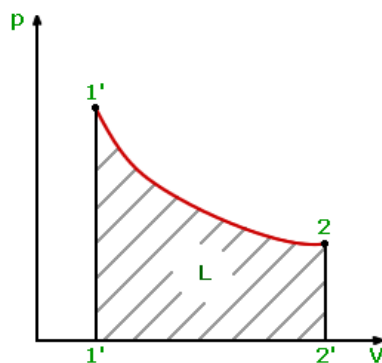


Рис. 1.3

Из того, что теплота и работа являются функциями процесса, следует, что, если посредством ряда процессов осуществить цикл, то ни теплота, ни работа, суммарные за цикл, не будут равны нулю. На этом-то и основано действие всех тепловых машин

Понятие равновесного процесса есть некоторая абстракция, однако только такие процессы можно анализировать методами термодинамики. Получаемые при этом идеализированные энергетические характеристики (значения теплоты и работы) являются наилучшими, а отклонения от них в реальных процессах учитываются при помощи различных эмпирических коэффициентов.