

Тогда теплоемкости газовых смесей

$$c_m = \sum_{i=1}^n \mu c_i m_i; \quad (1.36)$$

$$c' = \sum_{i=1}^n c'_i r_i; \quad (1.37)$$

$$\mu c = \sum_{i=1}^n \mu c_i r_i. \quad (1.38)$$

1.1.4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

При подводе (отводе) тепла к газу (рабочему телу), а также при приложении к газу внешней работы он проходит ряд состояний. Причем, как было сказано выше, эти состояния определяются параметрами p , v , T , а связь между ними — характеристическим уравнением $pv = RT$. Такой переход газа из начального состояния в конечное называется *термодинамическим процессом* изменения его состояния.

В общем случае, если к газу (рабочему телу) подводится тепло, то изменяются все его основные параметры: p , v , T . Уравнение, показывающее связь между параметрами идеального газа, характеризует то состояние, когда по всей его массе одни и те же *давление* и *температура*, а значит, и *удельный объем*. Такое состояние газа называется *равновесным*.

Термодинамика изучает в первую очередь равновесные состояния и процессы, представляющие собой цепь последовательных и непрерывных переходов от одного состояния к другому. Такие процессы, в которых изменения давления и температуры успевали бы распространяться по всему объему газа, должны протекать бесконечно медленно.

При соблюдении перечисленных условий процесс изменения состояния газа обладает свойством обратимости, т. е. проведения в обратном направлении. Такие процессы получили название *обратимых*. Причем параметры со-



стояния процессов, проходящих в прямом и обратном направлениях, должны совпадать.

Все процессы, протекающие в тепловых двигателях, происходят при конечных значениях скоростей и разности температур, поэтому обладают всеми признаками необратимости.

Ввиду сложности явлений, происходящих в *необратимых* процессах, термодинамика в первую очередь изучает обратимые процессы, а перенесение результатов их изучения на необратимые процессы, как правило, осуществляется при помощи коэффициентов, полученных опытным путем.

Процессы в термодинамике изучаются двумя методами:

- *аналитическим*;
- *графическим*.

Последний метод ценен своей простотой и наглядностью. В нем в основном используются две системы координат — pv (рис. 1.1) и Ts (рис. 1.2).

Координаты pv применяются для вычисления работы газа. В процессе 1–2 (рис. 1.1) давление все время меняется, поэтому используется следующий прием. Весь процесс разбивается на n очень малых элементов Δv , в каждом из которых давление p_i принимается постоянным. Поршень в одном из этих элементов процесса проходит отрезок Δh . Если

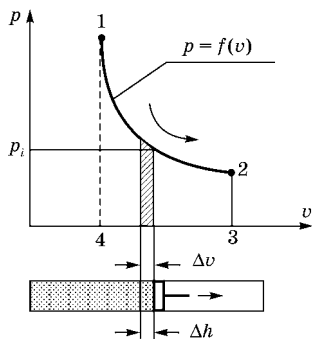


Рис. 1.1
Произвольный процесс изменения состояния газа в pv -координатах

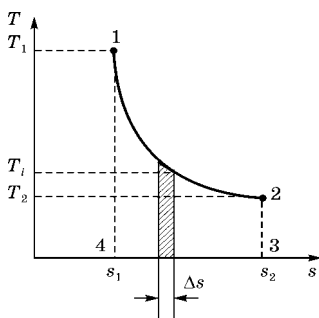


Рис. 1.2
Произвольный процесс изменения состояния газа в Ts -координатах

площадь поршня обозначим через f , то сила, действующая по нормали, будет равна $p_i \cdot f$, а элементарная работа Δl на Δh составит $\Delta l = p_i f \Delta h$. Произведение $f \Delta h$ есть объем, описанный поршнем на пути Δh , так что $\Delta l = p_i \Delta v$. Стоящее справа произведение соответствует площади заштрихованного на рис. 1.1 прямоугольника, следовательно, этой площадью измеряется работа.

Сумма всех n элементарных работ процесса 1–2:

$$l = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n p_i \Delta v. \quad (1.39)$$

Поэтому площадь 1–2–3–4–1 на рис. 1.1, образованная кривой процесса, осью абсцисс и крайними ординатами, измеряет работу расширения в процессе 1–2.

Как известно, пределом приведенной выше суммы, если $p = f(v)$, является интеграл

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv. \quad (1.40)$$

Графическое изображение процессов в p v -координатах наглядно иллюстрирует зависимость работы от пути процесса. Действительно, если процесс 1–2 пойдет по другой кривой, то и площадь под ней будет другая.

Рассмотрев произвольный процесс в T s -координатах, аналогично предыдущему анализу получим, что площадь 1–2–3–4–1 (рис. 1.2) измеряет количество тепла в процессе.

В термодинамике в зависимости от характера протекающих различаются следующие процессы:

- изохорный — процесс при постоянном объеме ($v = \text{const}$);
- изобарный — процесс при постоянном давлении ($p = \text{const}$);
- изотермический — процесс при постоянной температуре ($T = \text{const}$);
- адиабатный — процесс без теплообмена с внешней средой ($q = 0$);
- политропный — процесс обобщенный, в котором параметры изменяются согласно уравнению $p v^n = \text{const}$, где $(-\infty \leq n \leq +\infty)$.

