

### Теоретическая справка

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.

### Метод исследования т/д процессов.

Как сказано выше первый закон т/д устанавливает взаимосвязь между количеством теплоты, внутренней энергией и работой. При этом, количество теплоты подводимое к телу или отводимое от тела зависит от характера процесса.

К основным т/д процессам относятся: изохорный, изотермический, изобарный и адиабатный.

Для всех этих процессов устанавливается общий метод исследования, который заключается в следующем:

- выводится уравнение процесса кривой P $\nu$  и TS – диаграммах;
- устанавливается зависимость между основными параметрами рабочего тела в начале и конце процесса;
- определяется изменение внутренней энергии по формуле, справедливой для всех процессов идеального газа:

$$\Delta u = c_{vm}|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{vm}|_0^{t_1} \cdot t_1. \quad (4.1)$$

или при постоянной теплоемкости  $\Delta U = m \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1)$ ; (4.2)

вычисляется работа:  $L = P \cdot (V_2 - V_1)$ ; (4.3)

определяется количество теплоты, участвующее в процессе:

$$q = c_x \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.4)$$

определяется изменение энтальпии по формуле, справедливой для всех процессов идеального газа:

$$\Delta i = (i_2 - i_1) = c_{pm}|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{pm}|_0^{t_1} \cdot t_1, \quad (4.5)$$

или при постоянной теплоемкости:  $\Delta i = c_p \cdot (t_2 - t_1)$ ; (4.6)

определяется изменение энтропии:

$$\Delta s = c_v \cdot \ln(T_2/T_1) + R \cdot \ln(\nu_2/\nu_1); \quad (4.7)$$

$$\Delta s = c_p \cdot \ln(T_2/T_1) - R \cdot \ln(P_2/P_1); \quad (4.8)$$

$$\Delta s = c_v \cdot \ln(T_2/T_1) + c_p \cdot \ln(\nu_2/\nu_1). \quad (4.9)$$

Все процессы рассматриваются как обратимые.

### Изопроцессы идеального газа.

1). Изохорный процесс (Рис.4.1).

$$\nu = \text{Const}, \nu_2 = \nu_1. \quad (4.10)$$

Уравнение состояния процесса:

$$P_2 / P_1 = T_2 / T_1. \quad (4.11)$$

Так как  $v_2 = v_1$ , то  $l = 0$  и уравнение 1-го закона т/д имеет вид:

$$q = \Delta u = c_v \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.12)$$

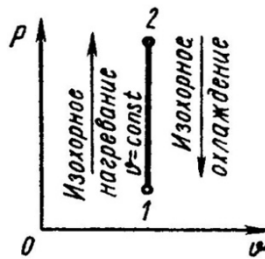


Рис. 4.1. Изохорный процесс

2). Изобарный процесс (Рис.4.2).

$$P = \text{Const}, \quad P_2 = P_1$$

Уравнение состояния процесса:

$$v_2 / v_1 = T_2 / T_1, \quad (4.13)$$

Работа этого процесса:

$$l = P \cdot (v_2 - v_1). \quad (4.14)$$

Уравнение 1-го закона т/д имеет вид:

$$q = \Delta u + l = c_p \cdot (t_2 - t_1); \quad (4.15)$$

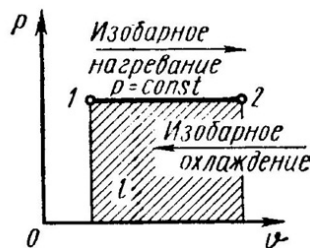


Рис. 4.2. Изобарный процесс идеального газа

3). Изотермический процесс (Рис.4.3).

$$T = \text{Const}, \quad T_2 = T_1$$

Уравнение состояния:

$$P_1 / P_2 = v_2 / v_1, \quad (4.16)$$

Так как  $T_2 = T_1$ , то  $\Delta u = 0$  и уравнение 1-го закона т/д будет иметь вид:

$$q = l = R \cdot T \cdot \ln(v_2 / v_1), \quad (4.17)$$

$$\text{или } q = l = R \cdot T \cdot \ln(P_1 / P_2), \quad (4.18)$$

где  $R = R_\eta / \eta$  – газовая постоянная [Дж/(кг·К)].

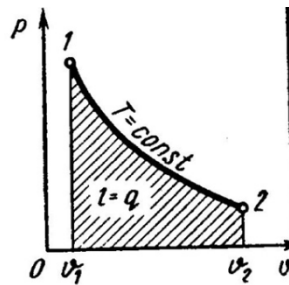


Рис. 4.3. Изотермический процесс идеального газа

#### 4). Адиабатный процесс (Рис.4.4).

В данном процессе не подводится и не отводится тепло, т.е.  $q = 0$ .

Уравнение состояния:

$$P \cdot v^\lambda = \text{Const}, \quad (4.19)$$

где  $\lambda = c_p / c_v$  – показатель адиабаты.

Уравнение 1-го закона т/д будет иметь вид:

$$l = -\Delta u = -c_v \cdot (t_2 - t_1) = c_v \cdot (t_1 - t_2), \quad (4.20)$$

или

$$l = R \cdot (T_1 - T_2) / (\lambda - 1); \quad (4.21)$$

$$l = R \cdot T_1 \cdot [1 - (v_1 / v_2)^{\lambda-1}] / (\lambda - 1); \quad (4.22)$$

$$l = R \cdot T_2 \cdot [1 - (P_2 / P_1)^{(\lambda-1)/\lambda}] / (\lambda - 1). \quad (4.23)$$

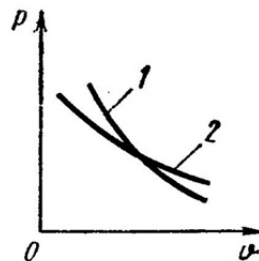


Рис. 4.4. Взаимное расположение адиабаты и изотермы идеального газа в  $p$ -,  $v$ -диаграмме

#### Политропный процесс.

Политропным процессом называется процесс, все состояния которого удовлетворяются условию:

$$P \cdot v^n = \text{Const}, \quad (4.24)$$

где  $n$  – показатель политропы, постоянная для данного процесса.

Изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный процессы являются частными случаями политропного процесса (Рис.4.5):

при  $n = \pm \infty$   $v = \text{Const}$ , (изохорный),

$n = 0$   $P = \text{Const}$ , (изобарный),

$n = 1$   $T = \text{Const}$ , (изотермический),

$n = \lambda$   $P \cdot v = \text{Const}$ , (адиабатный).

Работа политропного процесса определяется аналогично как при адиабатном процессе:

$$l = R \cdot (T_1 - T_2) / (n - 1); \quad (4.25)$$

$$l = R \cdot T_1 \cdot [1 - (v_1 / v_2)^{n-1}] / (n - 1); \quad (4.26)$$

$$l = R \cdot T_2 \cdot [1 - (P_2 / P_1)^{(n-1)/n}] / (n - 1). \quad (4.27)$$

Теплота процесса:

$$q = c_n \cdot (T_2 - T_1), \quad (4.28)$$

где  $c_n = c_v \cdot (n - \lambda) / (n - 1)$  – массовая теплоемкость (4.29) политропного процесса.

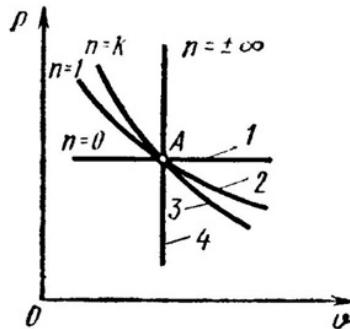


Рис. 4.5. Политропные процессы идеального газа:  
 1 – изобара, 2 – изотерма, 3 – адиабата, 4 – изохора

### ЗАДАНИЕ

1. Прочитать теоретическую справку
2. Составить краткий конспект, выполнив его в тетради.
3. Фото прислать на эл. почту.

**Выполненную работу прислать по адресу:**

**[vasilijj-korabelnikov@rambler.ru](mailto:vasilijj-korabelnikov@rambler.ru)**