

энергомашиностроение.

6

Лекция №10 Политропный процесс

- Особенности политропного процесса.
- Уравнения политропного процесса.
- Обобщающее значение политропного процесса.
- Соотношения между основными характеристиками политропных процессов.
- Способы определения показателя политропы. Построение политропы.

Особенности политропного процесса

Процессы, в которых доля теплоты, идущая на изменение внутренней энергии, в течение всего процесса остается постоянной, носят название политропных.

$$a = \frac{\Delta u}{q} = \text{const} \quad (1)$$

$$b = \frac{l}{q} = \text{const} \quad (2)$$

$$a + b = 1$$

$$a = \frac{du}{dq} = \frac{c_v dT}{dq} \quad (3)$$

$$dq = \frac{c_v}{a} dT = cdT$$

Уравнение политропного процесса

$$cdT = c_v dT + pdv \quad (4)$$

$$cdT = c_p dT - vdp \quad (5)$$

$$(c - c_v)dT = pdv$$

$$(c - c_p)dT = -vdp$$

$$\frac{c - c_p}{c - c_v} = -\frac{vdp}{pdv} = \frac{l_0}{l} = n$$

$$\frac{c - c_p}{c - c_v} \cdot \frac{dv}{v} + \frac{dp}{p} = 0 \quad (6)$$

Отношение $\frac{c - c_p}{c - c_v}$ обозначается буквой n и называют **показателем политропы**.

$$n \ln v + \ln p = \text{const}$$

$$p v^n = \text{const} \quad (7)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{n-1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (8)$$

$$dl = p dv$$

$$l = \int_1^2 p dv$$

$$p = \frac{\text{const}}{v^n}$$

$$l = \text{const} \int_1^2 \frac{dv}{v^n}$$

$$l = \frac{\text{const}}{1-n} (v_2^{1-n} - v_1^{1-n}) \quad (9)$$

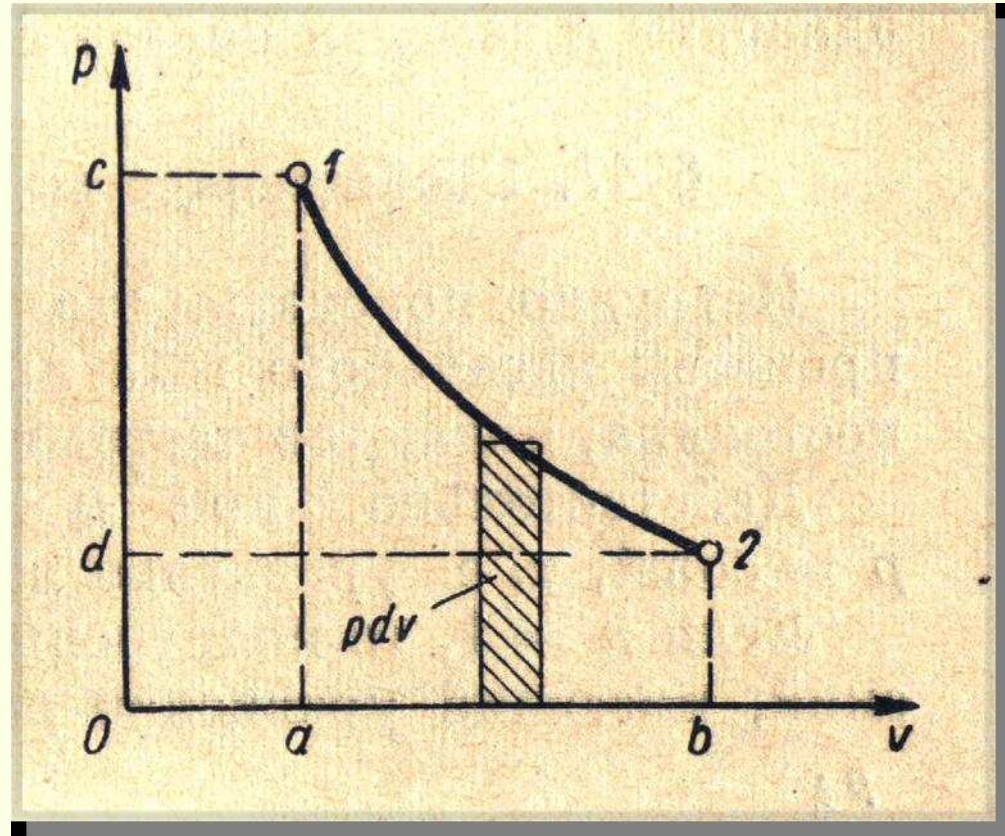


Рис. 1. Определение работы политропного процесса

$$\text{const} = p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$$

$$l = \frac{1}{1-n} (p_2 v_2^n v_2^{1-n} - p_1 v_1^n v_1^{1-n}) = \frac{1}{1-n} (p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

$$l = \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) \quad (10)$$

$$l = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left(1 - \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1}\right) \quad (11)$$

$$l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2) \quad (12)$$

$$l = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (13)$$

$$l = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1}\right] \quad (14)$$

$$l = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad (15)_5$$

Обобщающее значение политропного процесса

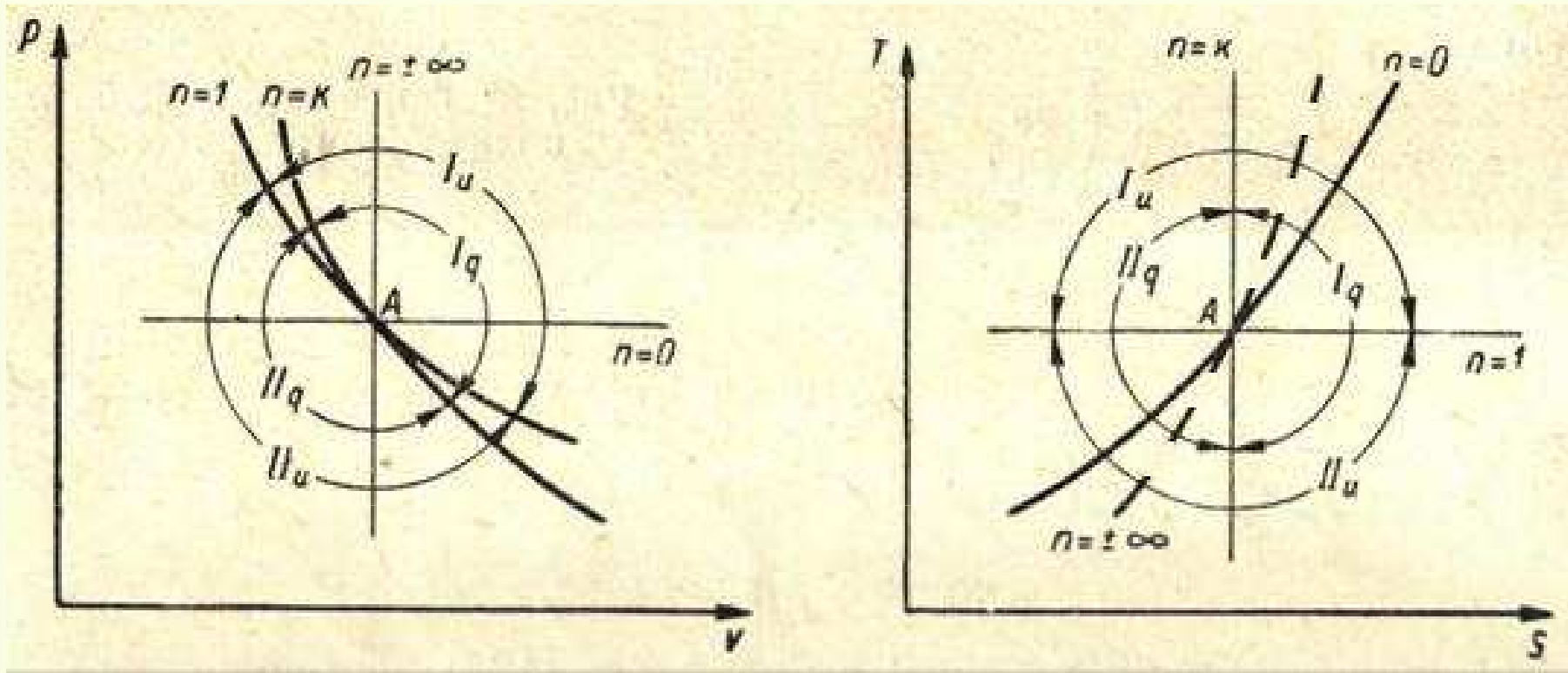


Рис. 2. Изображение простейших процессов

Адиабата делит координатные плоскости обеих систем координат на две области:

Iq — область, лежащая в системе Vp выше адиабаты и в системе sT вправо от нее, характеризуется тем, что все процессы, линии которых выходят из точки A и заканчиваются в этой области, протекают с подводом теплоты;

IIq — область, лежащая ниже адиабаты в системе Vp и влево от нее в системе sT , представляет собой область, в которой процессы протекают с отводом теплоты.

Изотерма аналогично делит координатные плоскости на две области:

Iu — область, в которой процессы протекают с увеличением внутренней энергии;

IIu — область процессов, протекающих с уменьшением внутренней энергии.

Соотношения между основными характеристиками политропных процессов

Теплоёмкость.

$$c = \frac{c_v}{a} \quad (16)$$

$$c = \frac{nc_v - c_p}{n-1} \quad (17)$$

$$c = c_v \frac{n-k}{n-1} \quad (18)$$

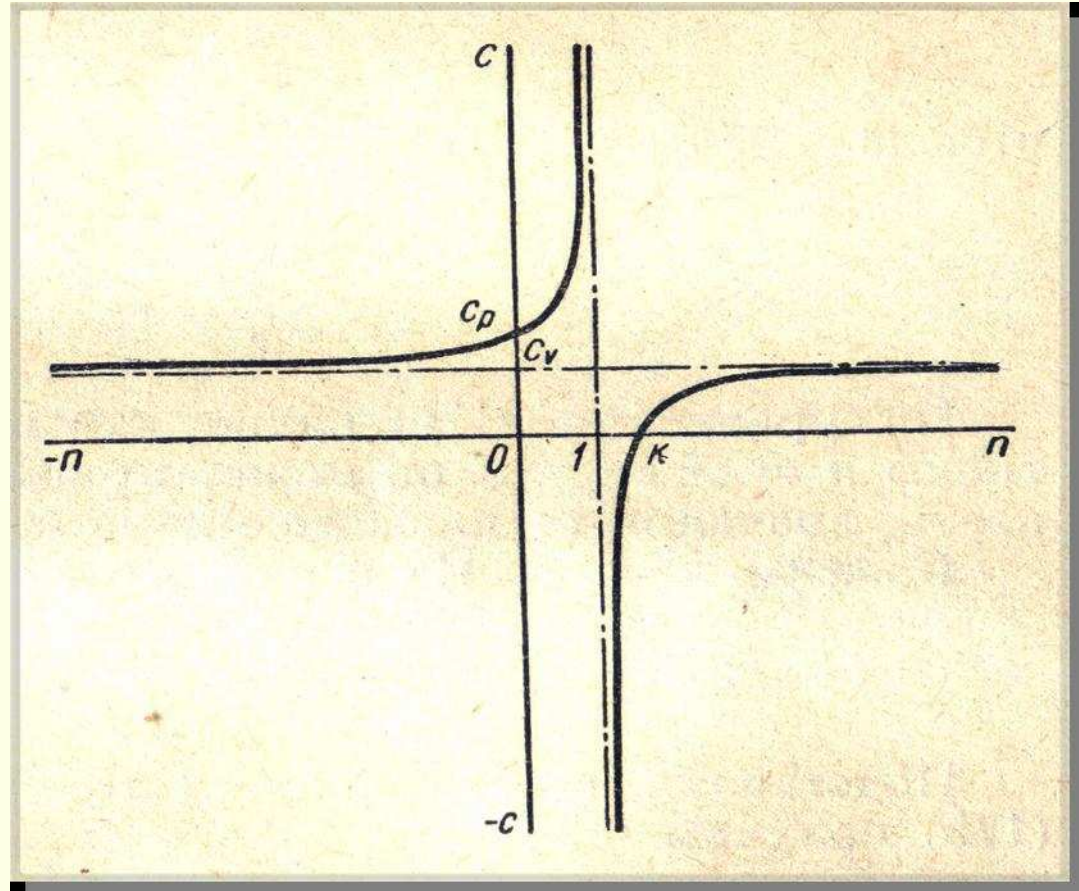


Рис. 3. График теплоёмкости политропного процесса в зависимости от показателя политропы

Показатель политропы.

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v} \quad n = \frac{\frac{c}{c_v} - \frac{c_p}{c_v}}{\frac{c}{c_v} - 1} \quad (19)$$

$$\frac{c}{c_v} = \frac{1}{a} \quad \frac{c_p}{c_v} = k$$

$$n = \frac{\frac{1}{a} - k}{\frac{1}{a} - 1} = \frac{1 - ak}{1 - a} \quad (20)$$

Коэффициент a

$$a = \frac{c_v}{c} \quad (21)$$

$$a = \frac{n-1}{n-k} \quad (22)$$

$$q = \Delta u + l$$

$$q = \frac{\Delta u}{a}$$

$$\frac{\Delta u}{a} = \Delta u + l; \Delta u = l \frac{a}{a-1} \quad (23)$$

$$q = l \frac{1}{a-1} \quad (24)$$

$$l = (a-1)q \quad (25)$$

$$\Delta u = aq \quad (26)$$

$$l = \frac{a-1}{a} \Delta u \quad (27)$$

$$q = \frac{1}{a} \Delta u \quad (28)$$

Способы определения показателя политропы. Построение политропы

Первый способ (рис. 1): $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$

$$\lg p_1 + n \lg v_1 = \lg p_2 + n \lg v_2$$

$$n(\lg v_1 - \lg v_2) = \lg p_2 - \lg p_1$$

$$n \lg \frac{v_1}{v_2} = \lg \frac{p_2}{p_1}$$

$$n = \frac{\lg \frac{p_2}{p_1}}{\lg \frac{v_1}{v_2}}$$

(29)

Второй способ (рис. 1):

$$n = \frac{\text{пл.}c12d}{\text{пл.}a12b}$$

$$l_0 = \text{пл.}Oc1a + \text{пл.}a12b - \text{пл.}Od2b =$$

$$= p_1 v_1 + \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) - p_2 v_2 = (p_1 v_1 - p_2 v_2) +$$

$$+ \frac{1}{1-n} (p_1 v_1 - p_2 v_2) = \frac{n}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2)$$

$$l_0 = nl$$

$$n = \frac{l_0}{l} \tag{30}$$

Графический способ

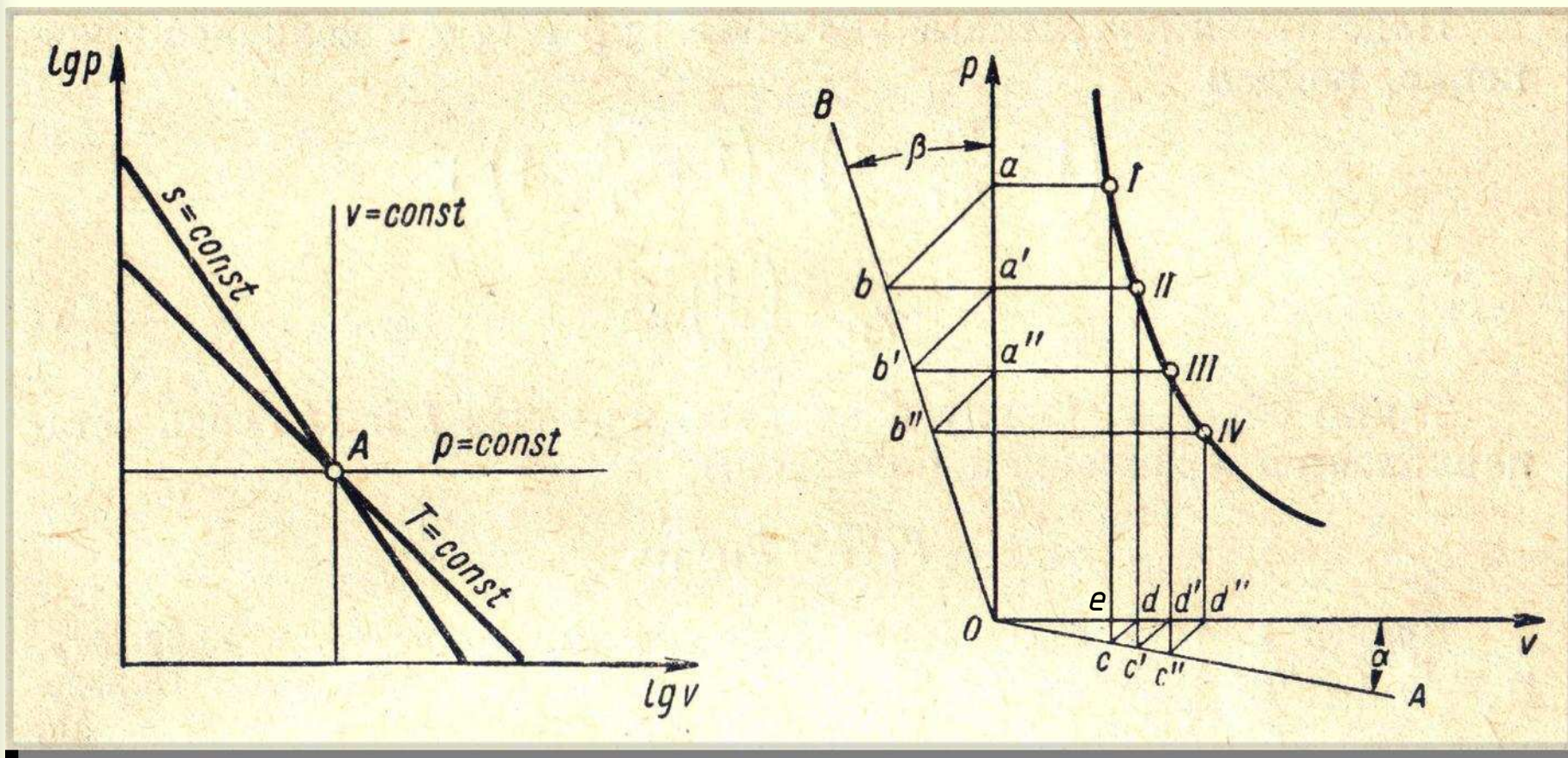


Рис. 4. Простейшие процессы в логарифмических координатах

Рис. 5. Построение политропы

$$\lg p + n \lg v = \text{const}$$

$$p_1 v_1^n = p v^n$$

$$(1 + \operatorname{tg} \beta) = (1 + \operatorname{tg} \alpha)^n$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{ba'}{Oa'}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{ec}{Oc}; \quad ba' = a'a; \quad ce = ed;$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a'a}{Oa}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{de}{Oc};$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{p_I - p_{II}}{p_{II}} = \frac{p_I}{p_{II}} - 1; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{II} - v_I}{v_I} = \frac{v_{II}}{v_I} - 1$$

$$\left(1 + \frac{p_I}{p_{II}} - 1\right) = \left(1 + \frac{v_{II}}{v_I} - 1\right)^n$$

$$\frac{p_I}{p_{II}} = \left(\frac{v_{II}}{v_I}\right)^n; \quad p_I v_I^n = p_{II} v_{II}^n$$

Контрольные вопросы

- Особенности политропного процесса
- Уравнения политропного процесса
- Обобщающее значение политропного процесса
- Соотношения между основными характеристиками политропных процессов
- Способы определения показателя политропы. Построение политропы
- Влияние показателя политропы на характер протекания политропного процесса на «V-P» диаграмме
- Построение политропы