

ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАГНЕТАТЕЛЕЙ (КОМПРЕССОРОВ)

Основные расчетные соотношения, описывающие рабочие процессы в нагнетателях, базируются на первом начале термодинамики для потока рабочего тела и уравнении распределения потенциальной работы (работы по перемещению сплошных масс, паров, жидкостей, газов) из области одного давления в область другого давления. Все уравнения приводятся для 1 кг рабочего тела. Подробно эти положения были изучены в разделе «Термодинамические процессы» дисциплины «Теоретические основы теплотехники».

Первое начало термодинамики

$$\delta q = \delta q^* + \delta q^{**} = du + A \delta \ell = dh + A \delta w = C_v dt + A p d\vartheta = C_p dt - A \vartheta dP. \quad (1)$$

Работа нагнетателя представляет собой потенциальную работу – работу по перемещению сплошных масс из области одного давления в область другого давления. Для адиабатного процесса $A \delta w = -dh$ и разность энтальпий

$$w_{12} = -\int_1^2 \frac{1}{A} dh = \frac{1}{A} (h_1 - h_2), \quad (2)$$

$$h_1 - h_2 = C_{pm} (T_1 - T_2). \quad (2a)$$

Для компрессоров величина работы зависит от вида процесса и для наиболее общего случая политропного процесса вычисляется по формуле

$$\begin{aligned} w_{12} &= \frac{n}{n-1} P_1 \vartheta_1 \left[1 - \frac{P_2 \vartheta_2}{P_1 \vartheta_1} \right] = \frac{n}{n-1} (P_1 \vartheta_1 - P_2 \vartheta_2) = \frac{n}{n-1} P_1 \vartheta_1 [1 - \tau_{12}] = \frac{n}{n-1} P_1 \vartheta_1 \left[1 - \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = \\ &= \frac{n}{n-1} P_1 \vartheta_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = \frac{n}{n-1} kR(T_1 - T_2) = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]. \quad (3) \end{aligned}$$

Величина показателя политропы представляет собой соотношение работ

$$n = w_{12} / \ell_{12} = -\vartheta dP / P d\vartheta.$$

Для адиабатного процесса уравнение аналогично, только вместо показателя политропы в уравнение работ входит показатель адиабаты $n = k$.

Для изотермического процесса уравнение имеет вид

$$w_{12} = \ell_{12} = -\int_1^2 g dP = P_1 v_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = RT_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = RT_1 \ln \frac{g_2}{g_1}. \quad (4)$$

Как правило, исследование работы компрессоров осуществляется графически в $P-g$, $h-S$ и $T-S$ координатах. Соответственно работа сжатия имеет вид (рис. 1):

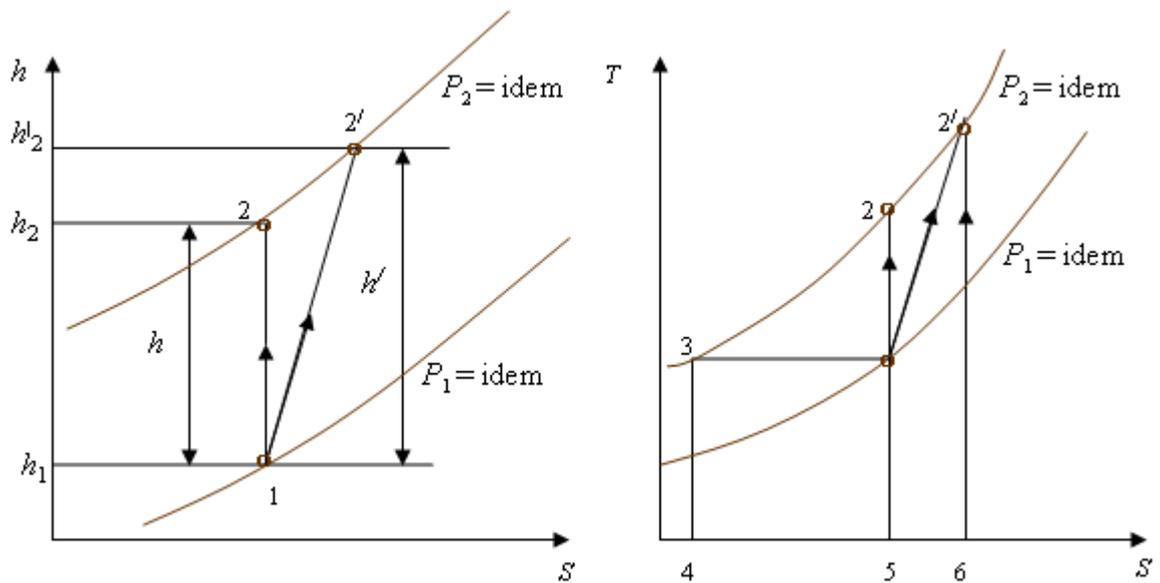


Рис. 1. Изображение процессов сжатия в компрессоре

В $h-S$ координатах величина h численно равна величине работы сжатия адиабатного процесса. Для реального процесса величина работы больше h' (процесс отклоняется вправо).

В $T-S$ координатах величина работы идеального процесса численно равна площади S_{12345} , а реального $S_{12'345}$. Дополнительно при решении задач необходимо иметь уравнение состояния идеального газа

$$Pg = RT \quad (5)$$

и уравнение процесса

$$Pg^n = \text{idem}, \quad (6)$$

Задача 1

Многоступенчатый компрессор без вредного пространства сжимает воздух от P_1 до P_2 . Соотношение давлений в одной ступени принимается в интервале 6–8.

Определить число ступеней Z_1 , мощность двигателя, если КПД компрессора $\eta_k = 0,7$, и расход охлаждающей воды, если её температура увеличивается на $15\text{ }^\circ\text{C}$. Начальная температура воздуха t_{61} , сжатие политропное n . Производительность $V\text{ м}^3/\text{ч}$ (значения величин приведены в табл. 1).

Таблица 1

№ п.п.	Давление $P \cdot 10^5\text{ Н/м}^2$		t_6	Показатель политропы	Производительность $V\text{ м}^3/\text{ч}$
	Начальное	Конечное			
1.	0,98	55	20	1,3	400
2.	0,98	60	15	1,2	450
3.	0,98	65	20	1,3	400
4.	0,98	70	25	1,2	300
5.	0,98	55	5	1,3	600
6.	0,98	60	10	1,2	500
7.	0,98	65	15	1,3	400
8.	0,98	70	20	1,2	300
9.	0,98	55	10	1,3	600
10.	0,98	60	25	1,2	500