

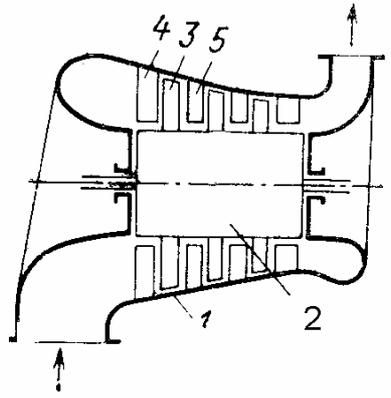
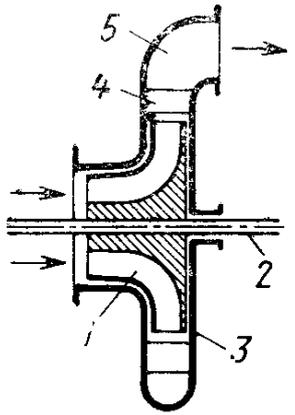
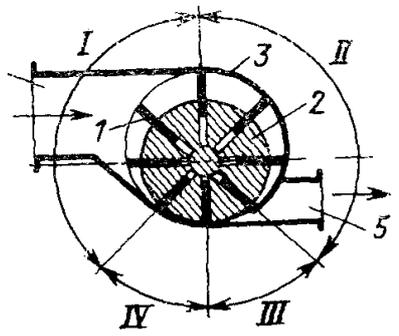
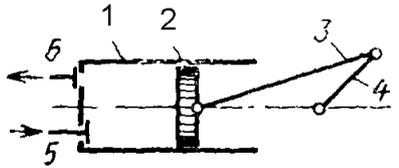
## Назначение и типы компрессоров

Компрессорами называются машины, предназначенные для сжатия воздуха, других газов и паров.

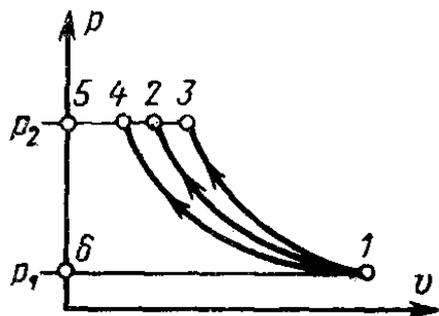
По принципу действия: *объемные* и *лопаточные*.

В объемных компрессорах рабочее тело сжимается механическим путем за счет сближения ограничивающих стенок; в лопаточных компрессорах рабочему телу сообщается за счет вращения ротора значительная скорость, а затем кинетическая энергия потока преобразуется в потенциальную (таким образом давление рабочего тела становится выше).

объемные компрессоры: *поршневые* и *ротацонные*,  
лопаточные компрессоры: *центробежные* и *осевые*.

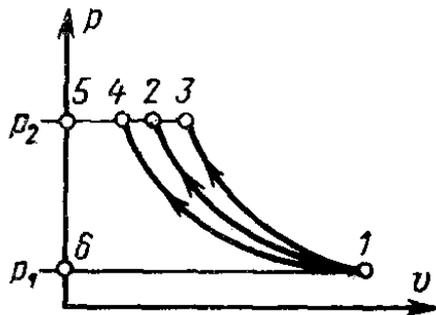


# Термодинамический анализ работы компрессора



В идеальном компрессоре происходит процесс политропного сжатия рабочего тела, изображаемый в  $pJ$ -диаграмме линией 1-2, причем техническая работа  $I_m$ , затрачиваемая на сжатие, является величиной отрицательной и изображается площадью 1-2-5-6-1.

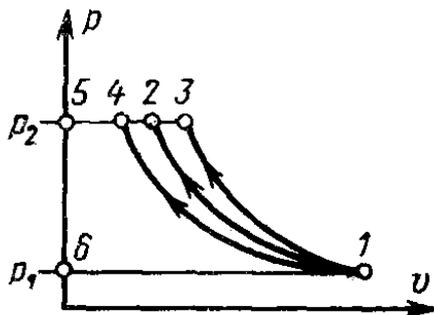
Идеализируя условия протекания рабочего процесса, можно представить себе два крайних случая.



В первом случае стенки компрессора идеально теплонепроницаемы. Тогда процесс сжатия будет адиабатным и техническая работа в  $pJ$ -диаграмме изобразится площадью 1-3-5-6-1, а если считать  $w_1 = w_2$ ,  $l_T = i_1 - i_2$ .

При сжатии воздуха рабочее тело можно считать идеальным газом  
Тогда

$$\begin{aligned}
 l_T &= i_1 - i_2 = u_1 - u_2 + (p_1 J_1 - p_2 J_2) = \\
 &= \frac{1}{k-1} (p_1 J_1 - p_2 J_2) + (p_1 J_1 - p_2 J_2) = \frac{k}{k-1} (p_1 J_1 - p_2 J_2)
 \end{aligned}$$



В другом случае стенки компрессора идеально теплопроводны, и температура потока остается постоянной. Тогда процесс сжатия будет изотермическим, а техническая работа в  $pJ$ -диаграмме изобразится площадью 1-4-5-6-1, и может быть найдена из выражения технической работы потока:

$$l_T = i_1 - i_2 + q$$

Для изотермического процесса идеального газа  $i_1 = i_2$ , следовательно,

$$l_T = q = RT \ln \frac{J_2}{J_1}$$

Рассмотрение  $pJ$ -диаграммы показывает, что затрата технической работы при адиабатном сжатии будет наибольшей, а при изотермическом сжатии получается наименьшей. Этим определяется техническая целесообразность устройства охлаждения стенок компрессора.

Однако практически осуществить отвод тепла, чтобы процесс был изотермическим, невозможно. Поэтому более реальным является процесс политропного сжатия, при котором кривая процесса сжатия располагается между адиабатой и изотермой, т. е. показатель политропы  $1 < n < k$ .

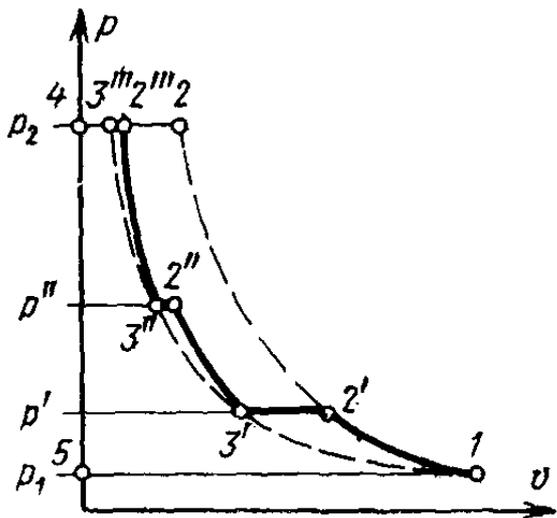
Техническая работа, затрачиваемая на привод компрессора

$$l_T = \frac{n}{n-1} (p_1 J_1 - p_2 J_2)$$

Многоступенчатое сжатие

Политропное сжатие, как и адиабатное, сопровождается повышением температуры. Этим устанавливается предел повышения давления, поскольку при больших степенях сжатия конечная температура получается недопустимо высокой.

Поэтому при необходимости получения высокого давления компрессоры выполняются многоступенчатыми, причем после каждой ступени рабочее тело поступает в холодильник, где охлаждается при постоянном давлении до исходной температуры.



Из  $pJ$ -диаграммы, в которой в качестве примера изображен рабочий процесс трехступенчатого компрессора, видно, что промежуточное охлаждение рабочего тела существенно уменьшает затрату технической работы (пл.  $1-2'-3'-2''-3''-2'''-4-5-1 < \text{пл. } 1-2-4-5-1$ ) и приближает процесс сжатия к изотермическому (линии  $1-3'-3''-3'''$ ).

- 1-2 – политропное сжатие;
- 1-3''' – изотермическое сжатие.

Минимальная затрата технической работы на весь процесс сжатия толучается при одинаковом отношении давлений для всех ступеней:

$$\frac{p_{cm}''}{p_{cm}'} = m \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$$

где  $p_{cm}'$ ,  $p_{cm}''$  – давление соответственно перед каждой ступенью компрессора и за ней;

$p_1$  и  $p_2$  – давление соответственно перед компрессором и за ним;

$m$  – число ступеней.

Расход мощности на привод компрессора

Если задана массовая производительность компрессора  $G$ , кг/сек, то теоретическая мощность, затрачиваемая на его привод:

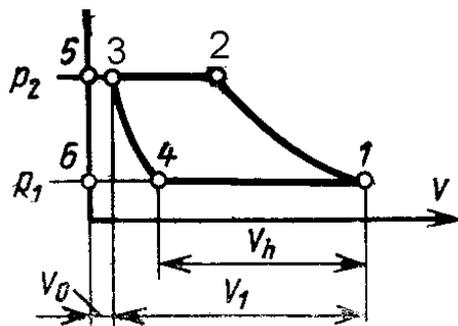
$$N = G \cdot l_T, \text{ кВт}$$

где  $l_T$  – техническая работа, кДж/кг.

Если задается объемная производительность компрессора  $L$ , м<sup>3</sup>/сек, относимая к начальным параметрам рабочего тела  $p_1$  и  $T_1$ , то сначала определяют массовый расход рабочего тела

$$G = \frac{p_1 L_1}{RT_1}, \text{ кг/сек}$$

Индикаторная диаграмма поршневого компрессора

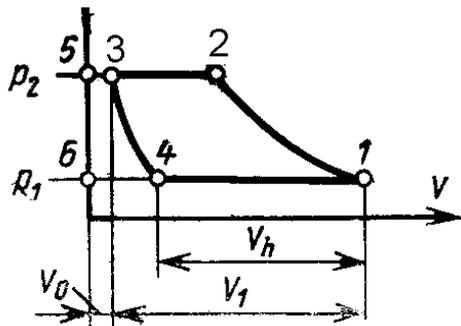


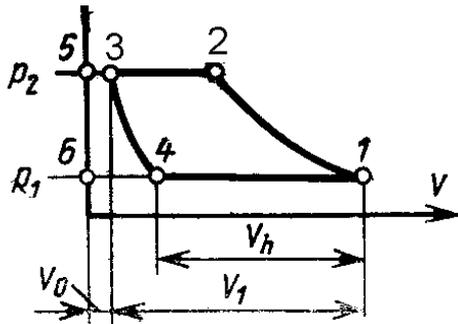
Зависимость между давлением рабочего тела в цилиндре поршневого компрессора и занимаемым им в данный момент объемом, называется *индикаторной диаграммой*.

В реальном компрессоре поршень никогда не доходит вплотную к крышке цилиндра, – всегда остается зазор, которому соответствует остаточный объем  $V_0$ , называемый *вредным пространством*. В результате этого в процессе 2-3 не весь газ выталкивается из цилиндра, часть его остается и при обратном ходе поршня расширяется по линии 3-4, а всасывание начинается лишь от точки 4.

В связи с этим производительность компрессора уменьшается.

Действительно, хотя рабочий объем цилиндра, заключенный между крайними положениями поршня, равен  $V_1$  объем всасываемого газа (т.е. полезный объем цилиндра) составляет лишь  $V_h$ .





Отношение  $h_{об} = V_h / V_1$  является называется *объемным к.п.д.* компрессора. Чем выше конечное давление, тем меньший объем занимает газ в конце сжатия, а в пределе, когда конечный объем газа уменьшается до  $V$  производительность компрессора становится равной нулю. В этом случае находящийся в компрессоре газ просто сжимается во вредном тространстве, а при расширении опять заполняет весь цилиндр.

Исходя из этих соображений, а также учитывая недопустимость повышения температуры в конце сжатия выше  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  из-за возможного воспламенения смазки, повышение давления сверх 7-кратного в одноступенчатых поршневых компрессорах не допускается.