

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ КОМПРЕССОРА

Рассмотрим Pv -диаграмму для идеального поршневого компрессора (рис.2.1)

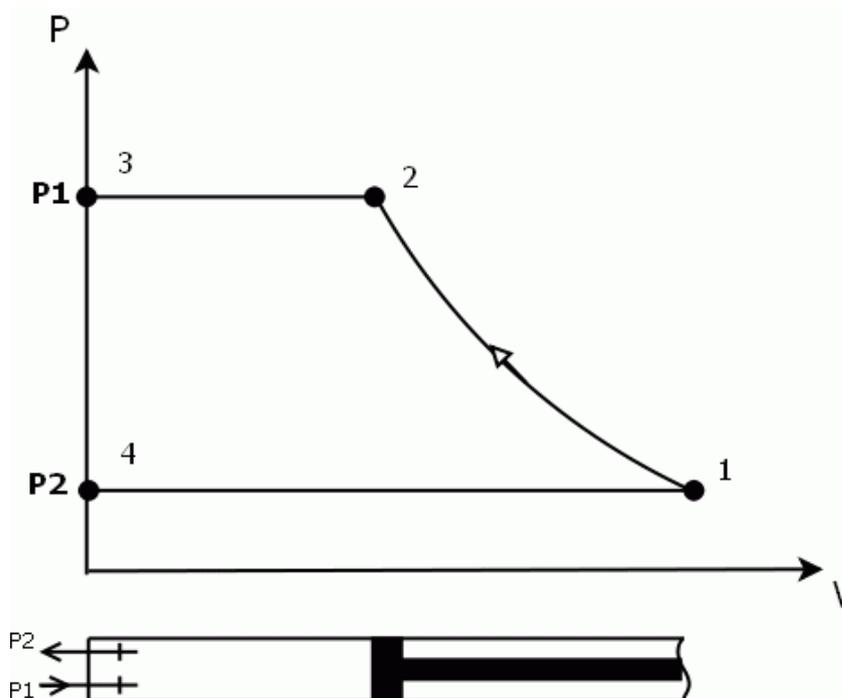


Рис.2.1 Pv -диаграмма идеального поршневого компрессора

При движении поршня слева направо давление газа в цилиндре становится меньше, чем P_1 и открывается впускной клапан и цилиндр заполняется газом, т. е. 4 – 1 соответствует всасыванию при $P_1 = const$.

При обратном движении поршня впускной клапан закрывается и газ сжимается по линии 1 – 2 до давления $P > P_2$. В результате открывается выпускной клапан и газ вытесняется поршнем в ресивер. Линия 3 – 4 соответствует нагнетанию сжатого газа при $P_2 = const$. Выпускной клапан закрывается и все повторяется. Линии 4 – 1 и 2 – 3 не являются термодинамическим процессом, т.к. состояние

рабочего тела в них остается неизменным, а меняется только его количество.

Процесс сжатия (соответствующий линии 1–2) может быть осуществлен по разному — он может быть изотермическим, адиабатным или политропным (рис.2.2)

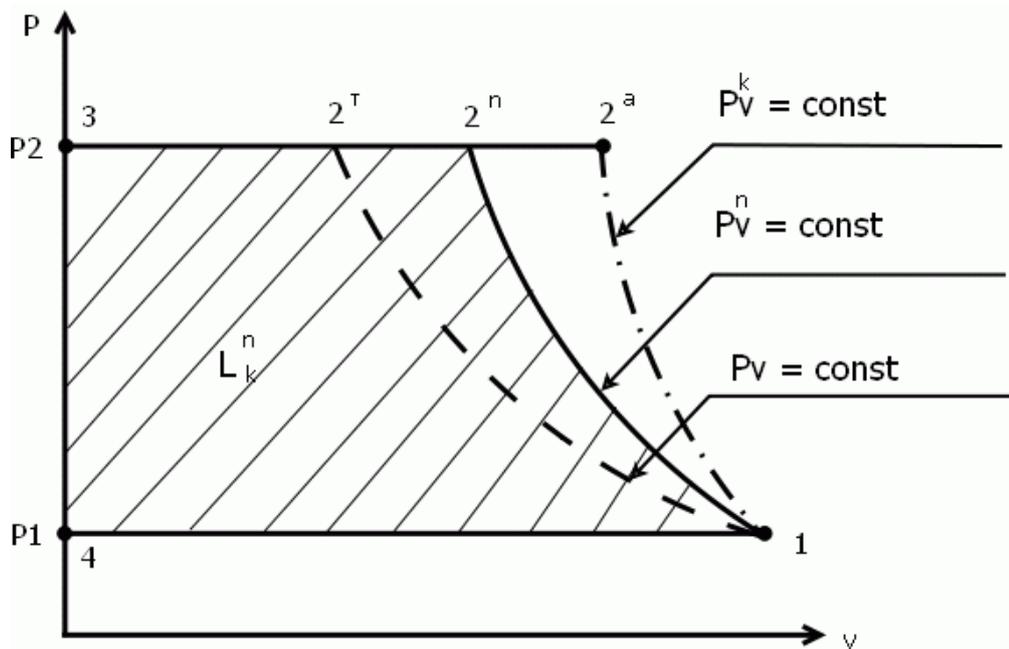


Рис.2.2 Pv -диаграмма сжатия в идеальном компрессоре

Как следует из Pv - диаграммы при изотермическом сжатии работа компрессора наименьшая, а при адиабатном сжатии – наибольшая.

Работа l_k , затрачиваемая на сжатие 1 кг газа в компрессоре, графически изображается площадью 1-2-3-4-1 и определяется как алгебраическая сумма трех работ:

– работы, затраченной на сжатие 1 кг газа

$$l_{1-2} = \int_{v_1}^{v_2} P dv \text{ или площадь } 1-2-v_2-v_1;$$

– работы выталкивания $l_{2-3} = P_2 v_2$ или площадь 2-3-0- v_2 ,

– работы всасывания $l_{4-1} = P_1 v_1$ или
 площадь 4-1- v_1-0 .

$$l_k = l_{1-2} + l_{2-3} - l_{4-1} = \int_{v_1}^{v_2} P dv + P_2 v_2 - P_1 v_1$$

Работа компрессора зависит от характера процесса сжатия. При политропном сжатии получим выражение для работы компрессора, учитывая что

$$l_{1-2} = \int_{v_1}^{v_2} P dv = -\frac{1}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2)$$

$$\begin{aligned} l_k &= -\frac{1}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2) - (P_1 v_1 - P_2 v_2) \\ &= (P_1 v_1 - P_2 v_2) \cdot \left(-\frac{1}{n-1} - 1\right) \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} l_k &= -\frac{1}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2) = \frac{n}{n-1} (P_2 v_2 - P_1 v_1) \\ &= \frac{n}{n-1} P_1 v_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \end{aligned}$$

Окончательно:

$$l_k = \frac{n}{n-1} P_1 v_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)$$

т.е. при политропном сжатии работа компрессора в n раз больше работы политропного сжатия

$$l_k = n l_{n \text{ сж}}$$

при адиабатном сжатии работа компрессора в k работы адиабатного сжатия

$$L_a = \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

при изотермическом процессе работа компрессора равна работе изотермического сжатия

$$L_a = \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

В действительности в компрессор поступает не 1 кг, а m кг/с газа. Тогда теоретическая мощность привода компрессора определится из уравнения

$$N_0 = m \frac{n}{n-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right], \text{ Вт,}$$

или

$$N_0 = \frac{n}{n-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right], \text{ Вт,}$$

где $V_1, \text{ м}^3 / \text{ с}$ – производительность компрессора.

Действительная мощность привода компрессора

$$N_d = \frac{N_0}{\eta_k \cdot 1000}, \text{ кВт,}$$

где η_k – эффективный КПД компрессора. Из рассмотренного выше следует, что минимальные затраты энергии на привод компрессора возможны при изотермическом процессе сжатия в нем. В соответствии с 1-ым законом термодинамики, в изотермическом процессе от сжимаемого газа должна отводиться теплота, эквивалентная затрачиваемой работе, чтобы температура оставалась неизменной.

Приближение процесса сжатия в компрессоре к изотермическому имеет не только термодинамическое, но и эксплуатационное значение. При сжатии по адиабате (без охлаждения) или политропе в конце сжатия повышается температура газа, что может вызвать возгорание смазки и соответствующие неполадки. Поэтому компрессор, как правило, имеет систему охлаждения. Особенно это актуально при высокой степени повышении давления.

Стремление приблизить процесс сжатия к изотермическому привело к созданию многоступенчатых компрессоров. Сжатие в них осуществляется последовательно в несколько ступеней и с промежуточным изобарным охлаждением газа после каждой ступени до начальной температуры. В этом случае в целом процесс сжатия с увеличением числа ступеней все больше приближается к изотермическому.