
Теоретические Основы теплотехники

лектор

Зиякаев Григорий Ракитович

Лекция 3

Содержание

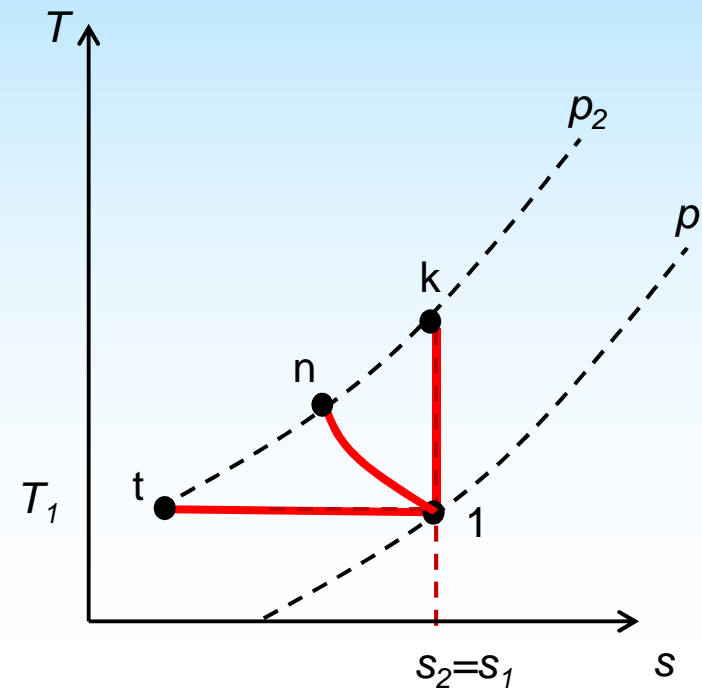
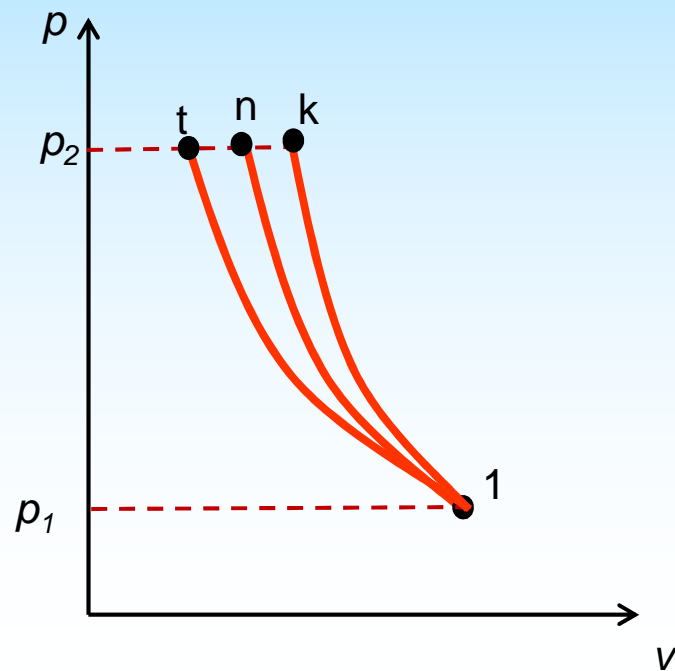
- Процессы компрессоров
- Дросселирование

Процессы компрессоров

Компрессоры применяют для сжатия газов и паров.

Сжатие может быть:

- Изотермическим
- Адиабатным
- Политропным



Процессы компрессоров

Изотермическое сжатие

Затрачиваемая на сжатие работа и отводимая теплота:

$$q_{отв} = l = R \cdot T_1 \cdot \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right), \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Конечная температура:

$$T_2 = T_1$$

Хотя, затрачиваемая работа на сжатие наименьшая, изотермическое сжатие в охлаждаемых компрессорах не применяют, т.к. это потребовало бы очень интенсивного охлаждения при бесконечно большой поверхности теплообмена.

Процессы компрессоров

Адиабатное сжатие

Затрачиваемая на сжатие работа и отводимая теплота:

$$l = \frac{k}{k-1} R (T_2 - T_1), \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$q_{\text{отв}} = 0$$

Конечная температура:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

Процессы компрессоров

Полиτροπное сжатие

Во всех охлаждаемых компрессорах применяется полиτροπное сжатие с показателем полиτροпы $1 < n < k$

Затрачиваемая на сжатие работа и отводимая теплота:

$$l = \frac{n}{n-1} R (T_2 - T_1), \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$q_{\text{отв}} = c_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 - T_1)$$

Конечная температура:

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

Процессы компрессоров

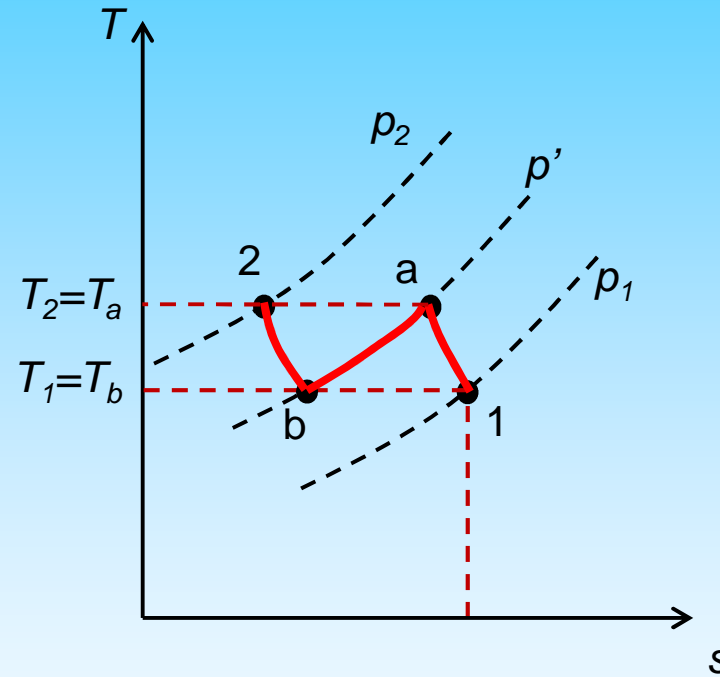
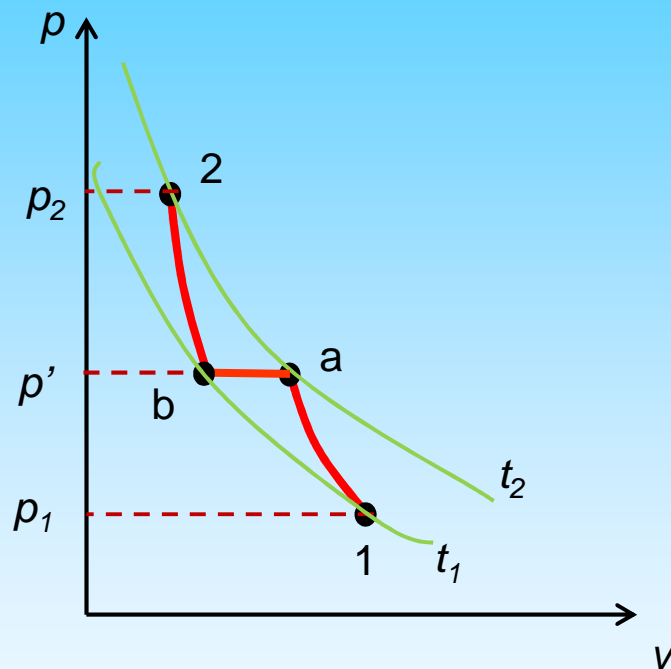
Многоступенчатое сжатие

Степень повышения давления в компрессоре

$$\beta = \frac{P_2}{P_1}$$

При $\beta > 10$ в компрессорах применяют многоступенчатое сжатие с охлаждением газа между ступенями в промежуточных охладителях (теплообменниках, охлаждаемых водой)

Процессы компрессоров



1-a, b-2 – процессы сжатия газа в 1й и 2й ступенях компрессора
a-b – процесс охлаждения газа в промежуточном охладителе

Процессы компрессоров

Степени повышения давления в компрессоре по ступеням

$$\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}}$$

Равенство степеней повышения давления в ступенях дает:

- одинаковую работу на каждую ступень
- одинаковую температуру газа на выходе каждой ступени
- одинаковую теплоту, отводимую в каждой ступени
- одинаковую теплоту, отводимую в каждом промежуточном охладителе

Расчет компрессора

Компрессор, производительностью V_1 , м³/час, состоящий из m ступеней, сжимает газ от давления P_1 до P_2 . Сжатие в ступенях происходит по политропе с показателем n . Промежуточное давление выбрано оптимально, а охлаждение во всех теплообменниках производится до начальной температуры T_1 , К. Охлаждающая вода, прокачиваемая через рубашки цилиндров и теплообменники, нагревается на $\Delta t = 13$ °С.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4

Таблица 4

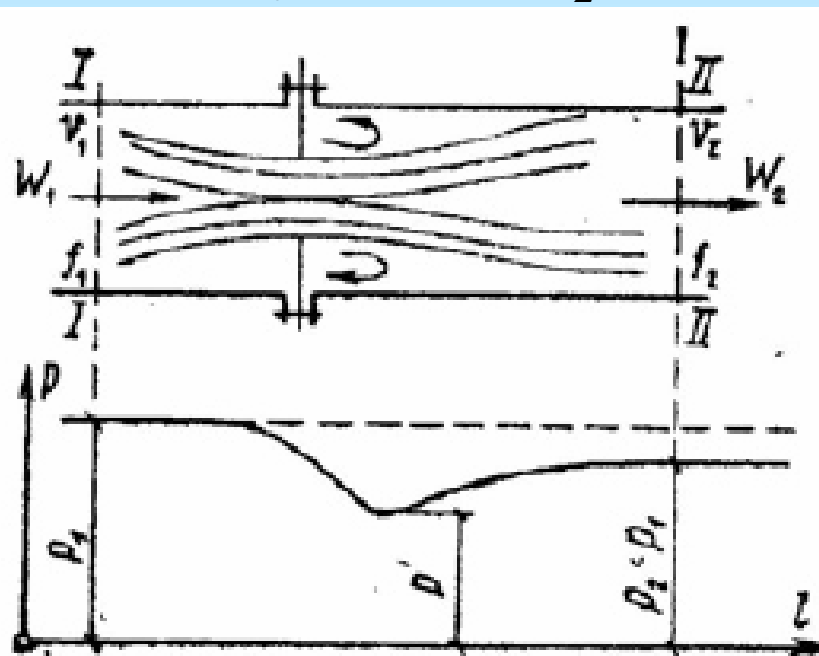
Последняя цифра шифра	Газ	μ , кг/кмоль	V_1 м ³ /час	n	m , число ступеней	Предпоследняя цифра шифра	P_1 , МПа	T_1 , К	P_2 , МПа
0	гелий He	4	3000	1,35	3	0	0,12	293	1,92
1	воздух	29	3500	1,28	2	1	0,2	311	3,2
2	азот N ₂	28	4000	1,35	4	2	0,08	272	1,28
3	углекисл. газ CO ₂	44	5000	1,2	3	3	0,14	423	2,24
4	водород H ₂	2	2000	1,21	2	4	0,50	372	8,0
5	кислород O ₂	32	4000	1,31	4	5	0,24	324	3,84
6	окись углерода CO	28	5000	1,25	3	6	0,16	401	2,56
7	метан CH ₄	16	3500	1,19	2	7	0,06	346	0,96
8	азот N ₂	28	6000	1,3	4	8	3	293	48
9	гелий He	4	2500	1,4	3	9	0,04	311	0,64

Найти общую мощность, затрачиваемую на сжатие в компрессоре, и расход охлаждающей воды. Сравнить найденную мощность с мощностью, которая затрачивается на сжатие в одноступенчатом компрессоре с процессом сжатия по политропе с тем же показателем n . Теплоемкость в расчетах считать постоянной. Перед расчетом изобразить принципиальную схему компрессора, а также процессы сжатия изобразить в p - v и T - s – диаграммах.

Дросселирование

Дросселированием адиабатный необратимый процесс, при котором пар или газ переходит с высокого давления на низкое без совершения внешней работы и без подвода или отвода теплоты.

Такое явление происходит в трубопроводе, где имеется место сужения проходного канала. При таком сужении, вследствие сопротивлений, давление за местом сужения - p_2 , всегда меньше давления перед ним - p_1 .



Дросселирование

При дросселировании энтальпия не меняется

$$h_2 = h_1$$

Таким образом, при дросселировании:

- Давление уменьшается $p_2 < p_1$
- Энтальпия не изменяется $h_1 = h_2$
- Удельный объем увеличивается $v_2 > v_1$
- Энтропия увеличивается $s_2 > s_1$

- Температура **идеального газа** не изменяется.
- Температура **реального газа** может увеличиваться, уменьшаться и оставаться неизменной
- Температура **пара** уменьшается всегда