

1. Metar kubni vazduha sabija se adijabatski. Ako su : $p_1=1$ bar ; $T_1=300$ K ; $p_2=12$ bar. Potrebno je naći :

- 1) Parametre stanja u tački 2,
- 2) Tehnički rad sabijanja.

$$V_1=1 \text{ m}^3$$

$$p_1=1 \text{ bar}$$

$$T_1=300 \text{ K}$$

$$p_2=12 \text{ bar}$$

1) Za adijabatsku promenu stanja važi: $p \cdot v^k = \text{const}$; $k = \frac{c_p}{c_v}$; $n=k$

$$p_1 \cdot v_1^k = p_2 \cdot v_2^k$$

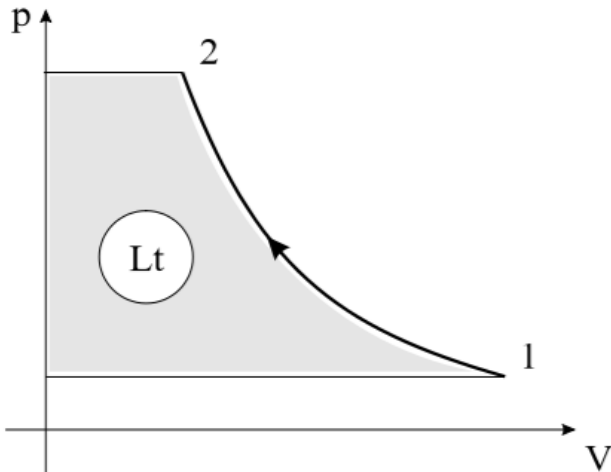
$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} = 1 \cdot \left(\frac{1}{12}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 0,1695 \text{ m}^3$$

Iz jednačine stanja za tačku 2 se dobija:

$$p_2 \cdot v_2 = R \cdot T_2 \rightarrow T_2 = \frac{p_2 \cdot v_2}{R} = \frac{12 \cdot 10^5 \cdot 0,1695}{287} = 610,2 \text{ K}$$

2) Za tehnički rad je merodavna promena pritiska tj.:

$$L_t = \int_{p_1}^{p_2} V(p) dp$$



U opštem slučaju za politropski proces je:

$$L_t = n \cdot L$$

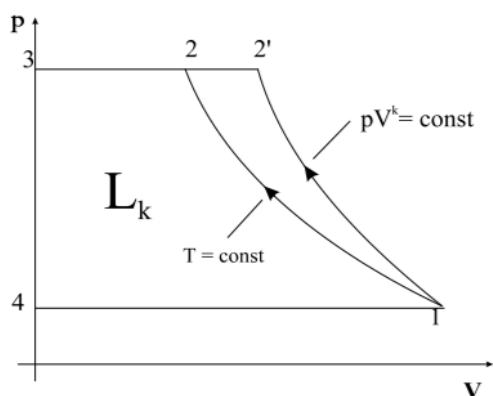
Zato, za adijabatsko sabijanje imamo:

$$L_t = k \cdot L = \frac{k}{k-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1,4}{1,4-1} (1 \cdot 10^5 \cdot 1 - 12 \cdot 10^5 \cdot 0,1695) = -3619 \cdot 10^5 \text{ J}$$

2. Klipni kompresor usisava vazduh ($R = 287 \text{ J/kgK}$) pritiska $p_1 = 1 \text{ bar}$ i temperature $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ i sabija ga do $p_2 = 6 \text{ bar}$. Ako je kapacitet kompresora $\dot{V} = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ odrediti:

- 1) Masu usisanog vazduha u toku 1 h,
- 2) Teorijsku snagu kompresora pri izotermnom i adijabatskom sabijanju pri kome je temperatura nakon sabijanja $t_2 = 240 \text{ }^\circ\text{C}$,
- 3) Potrošnju vode za hlađenje kod ciklusa sa izotermnim sabijanjem ako se ista zagreje za $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$,
- 4) Hod klipa u cilindru i zapreminu rezervoara ako je koeficijent punjenja $\lambda = 0.87$; prečnik cilindra $D = 120 \text{ mm}$, broj obrtaja $n = 400 \text{ }^\circ/\text{min}$.

$p_1 = 1 \text{ bar}$
 $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $p_2 = 6 \text{ bar}$
 $\dot{V} = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$
 $t_2 = 240 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\lambda = 0.87$
 $D = 120 \text{ mm}$
 $n = 400 \text{ }^\circ/\text{min}$.



1-2 - Kompresija (sabijanje)

2-3 - Izduvavanje komprimovanog vazduha

3-4 - U 3 se zatvara izduvni ventili, a u 4 otvara usisni ventil

4-1 - Usisavanje vazduha

1) U toku 1 h kompresor usisa :

$$p_1 \dot{V} = \dot{m} R T_1 \rightarrow \dot{m} = \frac{p_1 \dot{V}}{R T_1} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1200}{287 \cdot 293} = 1427 \text{ kg/h}$$

2) Rad sabijanja 1kg vazduha pri izotermnom procesu :

$$l_i = R T_1 \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right) = 287 \cdot 293 \cdot \ln \frac{1}{6} = -150671 \text{ J/kg} = -150,67 \text{ kJ/kg}$$

a pri adijabatskom procesu:

$$l_a = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) = \frac{287}{1,4-1} (293 - 513) = -157850 \text{ J/kg} = -157,85 \text{ kJ/kg}$$

Snaga kompresora u jednom i drugom slučaju je :

$$P_i = \dot{m} \cdot |l_i| = \frac{1427}{3600} \cdot 150,67 = 59,7 \text{ kW}$$

$$P_a = \dot{m} \cdot |l_a| = \frac{1427}{3600} \cdot 157,85 = 62,6 \text{ kW}$$

3) Potrošnja vode za hlađenje biće:

$$\dot{Q} = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m}_w = \frac{\dot{Q}}{c_w \cdot \Delta T}$$

$$\dot{Q} = m \cdot |l_i| = 1427 \cdot 150,67 = 215006 \text{ kJ/h}$$

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{Q}}{c_w \cdot \Delta T} = \frac{215006}{4,186 \cdot 10} = 5131,4 \text{ kg/h}$$

4) Hod klipa u cilindru biće:

$$\dot{V} = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \lambda \cdot s \cdot n \rightarrow s = \frac{4 \dot{V}}{D^2 \pi \cdot \lambda \cdot n} = \frac{4 \cdot 1200}{0,12^2 \pi \cdot 0,87 \cdot 400 \cdot 60} = 0,085 \text{ m} = 8,5 \text{ cm}$$

Zapreminu rezervoara pri broju uključivanja i isključivanja pogonskog elektromotora maksimalno 15 puta na čas računa se kao:

$$V = 0,9 \cdot \dot{V} = 0,9 \cdot \frac{1200}{60} = 18 \text{ m}^3$$

3. Dvostepeni klipni kompresor usisava vazduh pritiska $p_1 = 1 \text{ bar}$ i temperature $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ i sabija ga u prvom stepenu do $p_2 = 8 \text{ bar}$, a potom u drugom do $p_3 = 12 \text{ bar}$. Kapacitet kompresora je $\dot{V} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ odrediti:

- 1) Nacrtati p-V dijagram ciklusa kompresora
- 2) Masu usisanog vazduha u toku 3 h rada
- 3) Naći odnos jediničnih radova kod prvog i drugog stepena izoternskog sabijanja

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

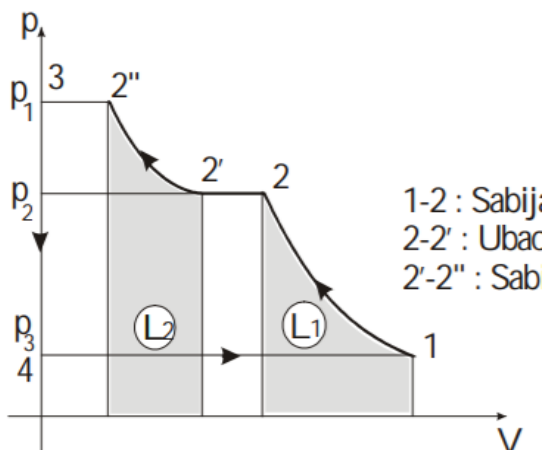
$$t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_2 = 8 \text{ bar}$$

$$p_3 = 12 \text{ bar}$$

$$\dot{V} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\tau = 3 \text{ h}$$



1-2 - Sabijanje u I stepenu

2-2' - Ubacivanje u II stepen

2'-2'' - Sabijanje u II stepen

1-2 : Sabiji
2-2' : Ubac
2'-2'' : Sab

2) U toku 3 h kompresor usisa :

$$p_1 \dot{V} = \dot{m}RT_1 \rightarrow \dot{m} = \frac{p_1 \dot{V}}{RT_1} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1000}{287 \cdot 288} = 1209,8 \text{ kg/h}$$

$$m = \dot{m} \cdot \tau = 1209,8 \cdot 3 = 3629,5 \text{ kg}$$

3) Rad sabijanja vazduha pri sabijanju u I stepenu izotermnog sabijanja :

$$l_I = RT_1 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = 287 \cdot 288 \cdot \ln\frac{1}{8} = -171878,3 \text{ J/kg}$$

a u II stepenu izotermnog sabijanja :

$$l_{II} = RT_2 \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right)$$

Temperatura T_2 računa se iz jednačine stanja za tačku 2:

$$p_2 \dot{V} = \dot{m}RT_2 \rightarrow T_2 = \frac{p_2 \dot{V}}{\dot{m}R} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 1000}{1209,8 \cdot 287} = 2304 \text{ K}$$

$$l_{II} = RT_2 \ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) = 287 \cdot 2304 \cdot \ln\frac{8}{12} = -27230,2 \text{ J/kg}$$

Odnos jediničnih radova kod prvog i drugog stepena izotermnog sabijanja je:

$$\frac{l_I}{l_{II}} = \frac{-171878,3}{-27230,2} = 6,31$$

4. Metar kubni vazduha sabija se adijabatski u dvostepenom kompresoru sa međustepenim hladnjakom. Ako su: $p_1=1$ bar; $T_1=300$ K; $p_2=p_3=6$ bar; $T_3=T_1$; $p_4=12$ bar; $\rho_1=1,29$ kg/m³; $c_p=1$ kJ/kgK

Potrebno je:

- 1) Predstaviti promene vazduha u p-V dijagramu
- 2) Izračunati ukupan tehnički rad sabijanja
- 3) Izračunati odvedenu količinu toplote u međuhlađenju

$$V_1=1 \text{ m}^3$$

$$p_1=1 \text{ bar}$$

$$T_1=300 \text{ K}$$

$$p_2=p_3=6 \text{ bar}$$

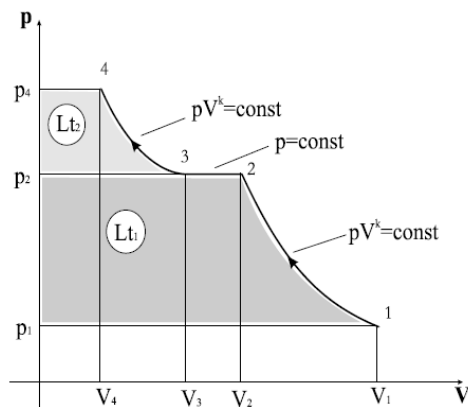
$$T_3=T_1$$

$$p_4=12 \text{ bar}$$

$$\rho_1=1,29 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p=1 \text{ kJ/kgK}$$

1)



2) Za adijabatsku promenu stanja važi: $p \cdot v^k = \text{const}$; $k = \frac{c_p}{c_v}$; $n=k$

$$p_1 \cdot v_1^k = p_2 \cdot v_2^k$$
$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} = 1 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 0,278 \text{ m}^3$$

Iz jednačina stanja za tačke 1 i 2 se dobija:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2 \cdot v_2}{p_1 \cdot v_1} = 300 \cdot \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 0,278}{6 \cdot 10^5 \cdot 1} = 500 \text{ K}$$

Tehnički rad za prvi stepen sabijanja:

$$L_{t1} = \frac{k}{k-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1,4}{1,4-1} (1 \cdot 10^5 \cdot 1 - 6 \cdot 10^5 \cdot 0,278) = -233,8 \text{ kJ}$$

Iz jednačina stanja za tačke 1 i 3 se dobija:

$$\frac{p_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{p_3 \cdot v_3}{T_3}$$

i uslova $T_1 = T_3$:

$$v_3 = \frac{p_1 \cdot v_1}{p_3} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 0,278}{6 \cdot 10^5} = 0,0463 \text{ m}^3$$

Za adijabatsku promenu stanja važi: $p \cdot v^k = \text{const}$; $k = \frac{c_p}{c_v}$; $n=k$

$$p_3 \cdot v_3^k = p_4 \cdot v_4^k$$
$$v_4 = v_3 \cdot \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{\frac{1}{k}} = 0,0463 \cdot \left(\frac{6}{12}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 0,02822 \text{ m}^3$$

Tehnički rad za drugi stepen sabijanja:

$$L_{t2} = \frac{k}{k-1} (p_3 V_3 - p_4 V_4) = \frac{1,4}{1,4-1} (6 \cdot 10^5 \cdot 0,0463 - 12 \cdot 10^5 \cdot 0,02822) = -21,3 \text{ kJ}$$

Ukupan tehnički rad biće:

$$L_t = L_{t1} + L_{t2} = -233,8 + (-21,3) = -256,1 \text{ kJ}$$

3) Odvedena količina toplote u međuhlađenju

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_3 - T_2)$$

$$m = \rho_1 \cdot V_1 = 1,29 \cdot 1 = 1,29 \text{ kg}$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_3 - T_2) = 1,29 \cdot 1 \cdot (300 - 500) = -285 \text{ kJ}$$