

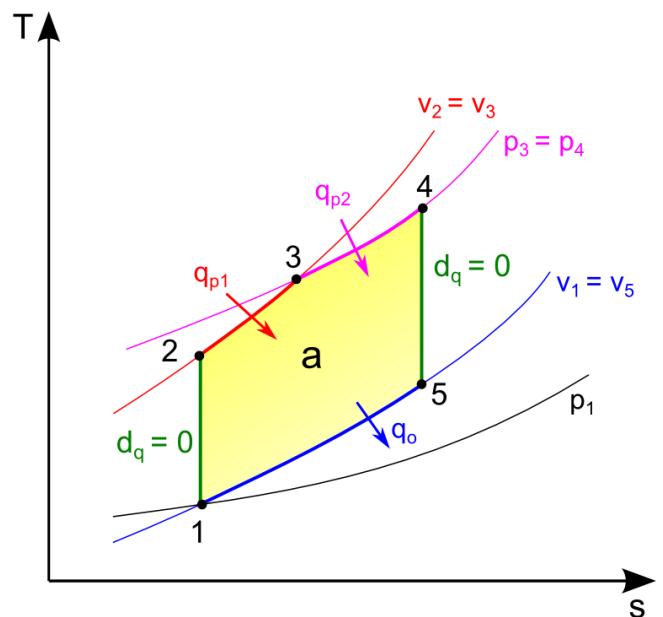
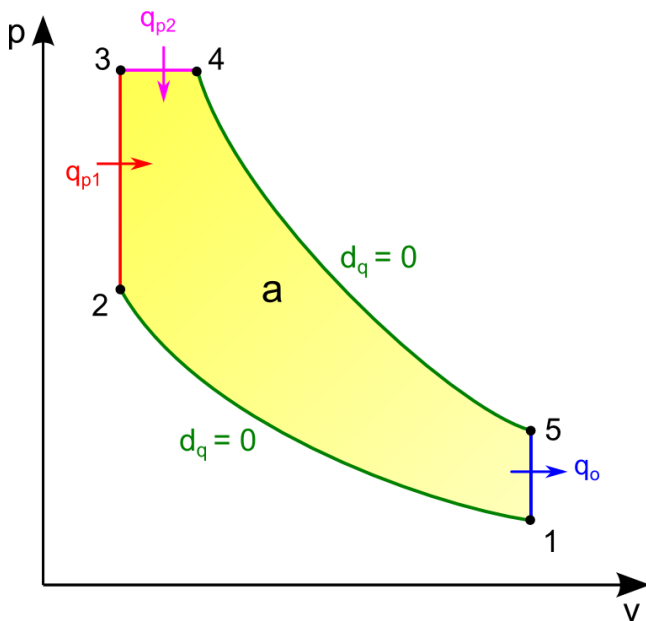
## SABATŮV CYKLUS

Pracovní látkou v porovnávacím smíšeném oběhu spalovacího motoru je vzduch. Počáteční tlak je  $0,981 \cdot 10^5$  Pa při teplotě  $30^\circ\text{C}$ . Kompresní poměr je 7, stupeň zvýšení tlaku 2 a stupeň plnění 1,2. Určete stavové veličiny v charakteristických bodech cyklu, přivedené a odvedené teplo, práci cyklu a termickou účinnost. Cyklus nakreslete v  $p$ - $v$  a  $T$ - $s$  diagramu.

$$\text{kompresní poměr: } \varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = 7$$

$$\text{stupeň zvýšení tlaku: } \psi = \frac{p_3}{p_2} = 2$$

$$\text{stupeň plnění: } \varphi = \frac{v_4}{v_3} = 1,2$$



- bod 1:

$$v_1 = v_5 = \frac{r \cdot T_1}{p_1} = \frac{287 \cdot 303,15}{0,981 \cdot 10^5} = 0,887 \text{ m}^3/\text{kg}$$

- bod 2:

$$v_2 = v_3 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,887}{7} = 0,127 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$p_1 \cdot v_1^\kappa = p_2 \cdot v_2^\kappa \Rightarrow p_2 = p_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^\kappa = 0,981 \cdot 10^5 \cdot 7^{1,4} = 14,96 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot v_2}{r} = \frac{14,96 \cdot 10^5 \cdot 0,127}{287} = 662 \text{ K} (t_2 \doteq 389^\circ\text{C})$$

- bod 3:

$$p_3 = p_4 = \psi \cdot p_2 = 2 \cdot 14,96 \cdot 10^5 = 29,92 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_3 = \frac{p_3 \cdot v_3}{r} = \frac{29,92 \cdot 10^5 \cdot 0,127}{287} = 1324 \text{ K} (t_3 \doteq 1051^\circ\text{C})$$

- bod 4:

$$v_4 = \varphi \cdot v_3 = 1,2 \cdot 0,127 = \mathbf{0,152 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$T_4 = \frac{p_4 \cdot v_4}{r} = \frac{29,92 \cdot 10^5 \cdot 0,152}{287} = \mathbf{1588,8 \text{ K}} \quad (t_4 \doteq \mathbf{1315,6^\circ\text{C}})$$

- bod 5:

$$p_5 = p_4 \left( \frac{v_4}{v_5} \right)^\kappa = 29,92 \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{0,152}{0,887} \right)^{1,4} = \mathbf{2,49 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$T_5 = T_4 \left( \frac{p_4}{p_5} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = 1588,8 \cdot \left( \frac{29,92}{2,49} \right)^{\frac{-0,4}{1,4}} = \mathbf{780,8 \text{ K}} \quad (t_5 \doteq \mathbf{507,7^\circ\text{C}})$$

- celkové přivedené teplo

$$q_p = q_{p1} + q_{p2}$$

$$dq = du + da = c_v \cdot dT + p \cdot dv$$

$$q_{p1}(v = \text{konst.}) = c_v \cdot (T_3 - T_2) = \frac{r}{\kappa - 1} \cdot (T_3 - T_2) = \frac{287}{1,4 - 1} (1324 - 662) \doteq \mathbf{475 \text{ kJ/kg}}$$

$$dq = dh + da_t = c_p \cdot dT - v \cdot dp$$

$$q_{p2}(p = \text{konst.}) = c_p \cdot (T_4 - T_3) = \frac{\kappa \cdot r}{\kappa - 1} \cdot (T_4 - T_3) = \frac{1,4 \cdot 287}{1,4 - 1} (1588,8 - 1324) \doteq \mathbf{266 \text{ kJ/kg}}$$

$$q_p = q_{p1} + q_{p2} = 475 + 266 = \mathbf{741 \text{ kJ/kg}}$$

- odvedené teplo

$$q_o(v = \text{konst.}) = c_v \cdot (T_1 - T_5) = \frac{r}{\kappa - 1} \cdot (T_1 - T_5) = \frac{287}{1,4 - 1} (303,15 - 780,8) \doteq \mathbf{-342,7 \text{ kJ/kg}}$$

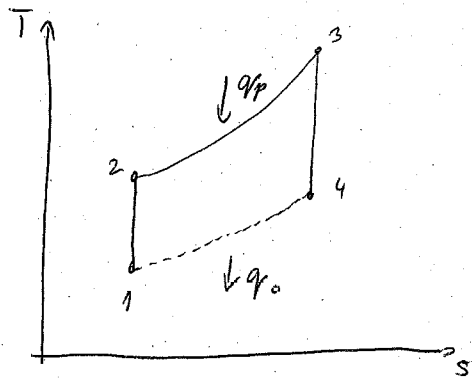
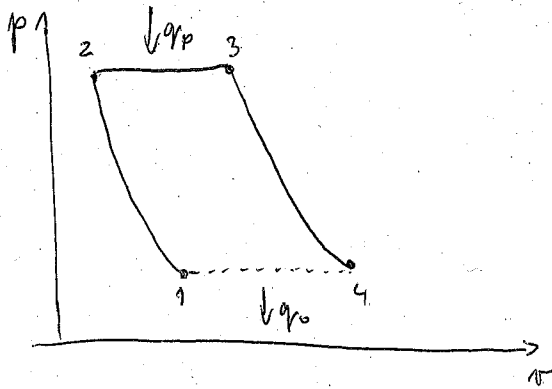
- práce cyklu

$$a = q_p - |q_o| = 741 - 342,7 = \mathbf{398,3 \text{ kJ/kg}}$$

- tepelná účinnost

$$\eta_t = 1 - \frac{|q_o|}{q_p} = 1 - \frac{342,7}{741} = \mathbf{0,54}$$

Ideální oběh plynové turbíny pracuje s přívodem a odvodem tepla při konstantním tlaku. Maximální teplota před turbínou je  $600^\circ\text{C}$  a teplota v sání kompresorem je  $20^\circ\text{C}$ . Stupně zvýšení tlaku je 6. Vypočítejte přívodní a odvodní teplo, konečný výkon pro oběhový množství  $1\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  a termickou účinnost. Nakreslete  $p$ - $v$  a  $T$ - $s$  diagramy.



$$t_3 = 600 [^\circ\text{C}]$$

$$t_1 = 20 [^\circ\text{C}]$$

$$\pi = \frac{p_2}{p_1} = 6$$

$$\dot{m} = 1 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$q_p = c_p \cdot (T_3 - T_2) = \frac{\kappa \cdot r}{\kappa - 1} (873,15 - 489,12) = \boxed{385758} \text{ [J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} = 293,15 \cdot 6^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} = 489,12 \text{ [K]}$$

$$q_o = c_p \cdot (T_4 - T_1) = \frac{\kappa \cdot r}{\kappa - 1} (523,31 - 293,15) = 231195 \text{ [J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}$$

$$T_4 = T_3 \left( \frac{p_4}{p_3} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} = 873,15 \cdot \left( \frac{1}{\pi} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} = 523,31 \text{ [K]}$$

$$a = q_p - q_o = \underline{\underline{154563 \text{ [J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}}}$$

$$P = \dot{m} a = 154.563 \text{ [W]}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{a}{q_p} = \frac{154563}{385758} = 0,40 = \underline{\underline{40\%}}$$