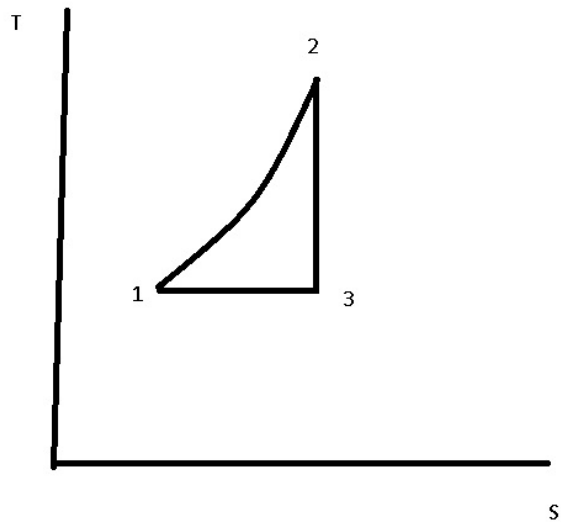
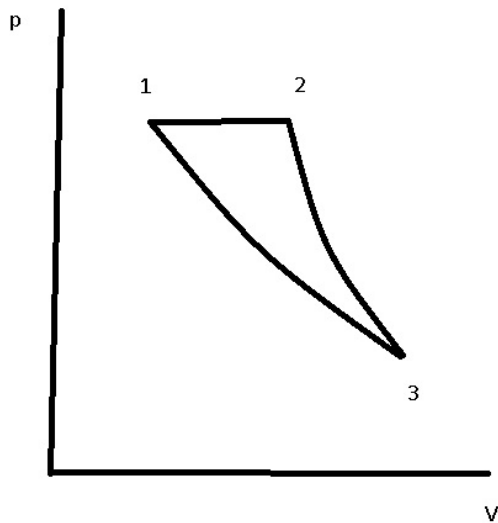


Obieg cieplny silnika składa się kolejno z: izobary ekspansji 1-2, izentropy i izotermy. Parametry punktu 1 są następujące: 20 bar, 600 K. Ciśnienie w punkcie 3 jest równe 3 bary. Czynnikiem roboczym jest 0,2 kg dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> (44). Obliczyć: ciepło doprowadzone do obiegu i wyprowadzone z obiegu, pracę ekspansji i pracę kompresji obiegu oraz sprawność termiczną obiegu. Obieg przedstawić na wykresach p-V oraz T-s.

## ROZWIĄZANIE



$$p_1 = 20 \text{ bar}$$

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

$$p_2 = p_1$$

$$p_3 = 3 \text{ bar}$$

$$T_3 = T_1$$

$$m = 0,2 \text{ kg}$$

Indywidualna stała gazowa CO<sub>2</sub>

$$R = \frac{(MR)}{M} = \frac{8314}{44} = 189,0 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Ciepło właściwe przy stałej objętości CO<sub>2</sub>

$$c_v = \frac{R}{\kappa - 1} = \frac{189,0}{1,33 - 1} = 572,6 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu CO<sub>2</sub>

$$c_p = \kappa c_v = 1,33 \cdot 572,6 = 751,5 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Temperatura końca przemiany izobarycznej (punkt 2 na wykresach) zostanie wyznaczona z równania izentropy 2-3

$$\frac{T_2}{T_3} = \left( \frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$$

$$T_2 = \left( \frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} T_3 = \left( \frac{20}{3} \right)^{\frac{1,33 - 1}{1,33}} \cdot 600 = 960,7 [K]$$

Ciepło doprowadzone do obiegu to ciepło ekspansji izobarycznej 1-2

$$Q_d = Q_{1-2} = mc_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_{1-2} = 0,2 \cdot 761,5 \cdot (960,7 - 600) = 54,94 \cdot 10^3 [J] \quad \left[ \cancel{kg} \cdot \frac{J}{\cancel{kg} \cdot \cancel{K}} \cdot \cancel{K} = J \right]$$

Ciepło wyprowadzone z obiegu to ciepło kompresji izotermicznej 3-1

$$Q_w = Q_{3-1} = L_{3-1} = mRT_3 \ln \left( \frac{p_3}{p_1} \right) = 0,2 \cdot 189,0 \cdot 600 \cdot \ln \left( \frac{3}{20} \right) = -43,02 \cdot 10^3 [J]$$

Praca ekspansji obiegu to suma prac ekspansji izobarycznej 1-2 oraz ekspansji izentropowej 2-3

$$L_{eks} = L_{1-2} + L_{2-3}$$

$$L_{1-2} = p_1 (V_2 - V_1)$$

$$L_{1-2} = mR(T_2 - T_1) = 0,2 \cdot 189,0 \cdot (960,7 - 600) = 13,63 \cdot 10^3 [J]$$

$$L_{2-3} = \frac{mRT_2}{\kappa - 1} \left[ 1 - \left( \frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]$$

$$L_{2-3} = mc_v (T_2 - T_3) = 0,2 \cdot 572,6 \cdot (960,7 - 600) = 41,31 \cdot 10^3 [J]$$

$$L_{eks} = 13,63 + 41,31 = 59,94 [kJ]$$

Praca kompresji obiegu to praca kompresji izotermicznej

$$L_{kom} = L_{3-1} = mRT_3 \ln \left( \frac{p_3}{p_1} \right) = 0,2 \cdot 189,0 \cdot \ln \left( \frac{3}{20} \right) = -43,02 \cdot 10^3 [J]$$

Praca obiegu

$$L_{ob} = Q_d - |Q_w| = 54,94 - 43,02 = 11,92 [kJ]$$

$$L_{ob} = L_{eks} - |L_{kom}| = 59,94 - 43,02 = 11,92 [kJ]$$

Sprawność termiczna obiegu

$$\eta_t = \frac{L_{ob}}{Q_d} = \frac{11,92}{54,94} = 0,217$$

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_w}{Q_d} = 1 - \frac{43,02}{54,94} = 0,217$$