

## ZADANIA Z PODSTAW TERMODYNAMIKI

### LISTA NR 5

#### PODSTAWOWE PRAWA I WZORY

1) Bilans energii obiegu termodynamicznego

$$Q_d - |Q_w| = L_{ob} \quad (1)$$

gdzie

$Q_d$  ciepło dostarczone, J

$Q_w$  ciepło wyprowadzone, J

$L_{ob}$  praca obiegu, J

2) Sprawność termiczna obiegu prawobieźnego (silnikowego)

$$\eta_t = \frac{L_{ob}}{Q_d} = \frac{Q_d - |Q_w|}{Q_d} = 1 - \frac{|Q_w|}{Q_d} \quad (2)$$

#### ZADANIA

1. Jeden kg tlenku węgla CO realizuje obieg teoretyczny utworzony przez ciąg przemian: 1-2 izochora, 2-3 izoterma, 3-1 izobara. Mając dane  $T_1 = 400$  K,  $p_3 = 0,2$  MPa,  $v_3 = 5v_2$  oblicz sprawność teoretyczną obiegu i porównaj ją ze sprawnością obiegu Carnota zrealizowanego w zakresie maksymalnej i minimalnej temperatury obiegu. **Odp:  $\eta_t = 0,224$ ,  $\eta_c = 0,8$ .**

2. Jeden kg azotu  $N_2$  realizuje obieg składający się z przemian: 1-2 izentropa, 2-3 izobara, 3-1 politropa. Mając dane:  $p_1 = 90$  kPa,  $T_1 = 300$  K,  $T_2 = 900$  K,  $T_3 = 1900$  K oblicz sprawność teoretyczną obiegu. **Odp:  $\eta_t = 0,35$ .**

3. Jeden kg wodoru  $H_2$  realizuje obieg Carnota. Najniższa temperatura obiegu wynosi  $T_{II} = T_3 = T_4 = 300$  K, zaś najwyższa  $T_I = T_1 = T_2 = 800$  K. Najwyższe ciśnienie w obiegu ma wartość  $p_1 = 5$  MPa, najniższe zaś  $p_3 = 100$  kPa. Obliczyć: a) parametry w charakterystycznych punktach obiegu, b) sprawność  $\eta_c$ , pracę obiegu  $l_{ob}$ , ciepło doprowadzone  $q_d$  oraz wyprowadzone  $q_w$ . **Odp: a)  $v_1 = 0,66$  m<sup>3</sup>/kg,  $p_2 = 3,1$  MPa,  $v_2 = 1,06$  m<sup>3</sup>/kg,  $v_3 = 12,4$  m<sup>3</sup>/kg,  $p_4 = 0,17$  MPa,  $v_4 = 7,28$  m<sup>3</sup>/kg, b)  $\eta_c = 0,625$ ,  $l_{ob} = 978$  kJ/kg,  $q_d = 1,56$  MJ/kg,  $q_w = 586$  kJ/kg.**

4. Dwuatomowy gaz doskonały podlega obiegowi prawobieźnemu składającemu się z trzech następujących przemian: izobary 1-2, izochory 2-3 i przemiany 3-1, której obrazem w układzie p - V jest odcinek linii prostej. Parametry gazu w poszczególnych punktach obiegu wynoszą:  $p_1 = 100$  kPa,  $V_1 = 2$  m<sup>3</sup>,  $p_3 = 200$  kPa,  $T_3 = 600$  K,  $V_3 = 1$  m<sup>3</sup>. Obliczyć: a) sprawność obiegu  $\eta_t$ , b) pracę obiegu  $L_{ob}$ . **Odp: a)  $\eta_t = 0,125$ , b)  $L_{ob} = 50$  kJ.**

5. Silnik cieplny pracuje według obiegu Lenoira składającego się z izentropy 1-2, izobary 2-3 i izochory 3-1. Czynnikiem obiegowym jest dwuatomowy gaz doskonały, którego skrajne temperatury mają wartości:  $T_1 = 1973$  K,  $T_3 = 288$  K. Strumień ciepła pobieranego przez silnik wynosi 50 kW. Obliczyć: a) temperaturę  $T_2$ , stosunek ciśnień  $p_1/p_2$  oraz stosunek objętości właściwych  $v_2/v_1$ , b) sprawność termiczną obiegu  $\eta_t$ , c) moc silnika N. **Odp : a)  $T_2 = 1139$  K,  $p_1/p_2 = 6,85$ ,  $v_2/v_1 = 3,96$ , b)  $\eta_t = 0,293$ , c)  $N = 14,65$  kW.**

6. Silnik pracuje według obiegu Otto, dla którego  $T_1 = 373$  K,  $p_1 = 0,1$  MPa,  $\varepsilon = V_1/V_2 = 6$ ,  $\lambda = p_3/p_2 = 1,6$ . Czynnikiem roboczym jest 1 kg powietrza traktowany jak gaz doskonały. Określić brakujące parametry termodynamiczne poszczególnych stanów oraz ciepło dodatnie  $q_d$  i ujemne  $q_w$ , pracę obiegu  $l_{ob}$ , sprawność  $\eta_t$ . **Odp:  $q_d = 329,7$  kJ/kg,  $q_w = -162$  kJ/kg,  $l_{ob} = 471$  kJ/kg,  $\eta_t = 0,51$ .**

7. Określić brakujące parametry termodynamiczne obiegu Diesla oraz ciepło dodatnie  $q_d$ , ciepło ujemne  $q_w$ , pracę obiegu  $l_{ob}$  i sprawność  $\eta_t$  jeżeli  $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$ ,  $T_1 = 293 \text{ K}$ ,  $\varepsilon = V_1/V_2 = 12,7$ ,  $\rho = V_3/V_2 = 2$ . Czynnikiem roboczym jest 1 kg powietrza (gaz doskonały). **Odp:  $q_d = 818 \text{ kJ/kg}$ ,  $q_w = 347 \text{ kJ/kg}$ ,  $l_{ob} = 471 \text{ kJ/kg}$ ,  $\eta_t = 0,576$ .**