

### I zasada termodynamiki

1. W zamkniętej butli tlenowej o objętości  $V$  znajduje się tlen. Wskutek ogrzania jego ciśnienie absolutne wzrosło od wartości  $p_1$  do  $p_2$ , temperatura początkowa tlenu wynosiła  $T_1$ . Obliczyć ciepło  $Q_{v1-2}$ , jeśli gaz traktuje się jako doskonały.

Dane:  $V=50$  l,  $p_1 = 7$  MPa,  $p_2 = 9,5$  MPa,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$

**Odp :  $Q_{v1-2}=312,5$  kJ**

2. W cylindrze pod ruchomym tłokiem obciążonym stałym ciężarem azot ma ciśnienie absolutne  $p$ . Poprzez ogrzanie objętość azotu wzrasta od  $V_1$  do  $V_2$ . Temperatura początkowa azotu  $T_1$ . Obliczyć ciepło przemiany izobarycznej  $Q_{p1-2}$ , jeśli gaz traktuje się jako doskonały.

Dane:  $p=0,2$  MPa,  $V_1 = 0,25$  m<sup>3</sup>,  $V_2 = 0,35$  m<sup>3</sup>,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$

**Odp :  $Q_{p1-2}=70$  kJ**

3. Określić natężenie przepływu powietrza jeżeli przepływając przez rurociąg, w którym umieszczona jest grzałka, podgrzewa się on od  $T_1$  do  $T_2$ . Moc grzałki wynosi  $N$ , a ciepło właściwe powietrza  $c_p$  zależy od temperatury według podanej zależności. Średnie straty ciepła do otoczenia wynoszą  $\epsilon$ .

Dane:  $T_1 = 305$  K,  $T_2 = 312$  K,  $N = 750$  W,  $\epsilon = 15,5\%$ ,  $c_p = 0,9952+0,00009349 \cdot T$  (kJ/kgK)

**Odp :  $\dot{m} = 0,088$  kg/s**

4. W zbiorniku o objętości  $V$  znajduje się azot o parametrach  $p_1$ ,  $T_1$ . Grzejnik elektryczny o mocy  $N$  zainstalowany wewnątrz zbiornika powoduje ogrzanie gazu do temperatury  $T_2$ . Do ścian zbiornika wnika część  $\epsilon$  ciepła dostarczonego przez grzejnik. Akumulację energii w grzejniku można pominąć. Obliczyć ilość ciepła pobranego przez gaz oraz czas jego ogrzewania traktując azot jako gaz doskonały.

Dane:  $V = 10$  m<sup>3</sup>,  $p_1 = 0,1$  MPa,  $T_1 = 300$  K,  $T_2 = 800$  K,  $N = 8$  kW,  $\epsilon = 15\%$

**Odp :  $Q_{1-2}=4,167$  MJ,  $\tau=613$  s**

5. W zbiorniku znajduje się tlen, którego temperatura wynosi  $T_1$ , nadciśnienie zaś  $p_n$ . Do zbiornika doprowadzono dodatkowo  $m_d$  helu He o temperaturze  $T_d$ , w wyniku czego parametry gazu w zbiorniku zmieniły się na  $p_2$ ,  $T_2$ . Ciśnienie otoczenia ma wartość  $p_0$ . Traktując gazy jako doskonałe obliczyć objętość zbiornika, masę tlenu w zbiorniku w stanie początkowym, ciepło wyprowadzone do otoczenia podczas ładowania zbiornika.

Dane:  $p_n = 250$  kPa,  $p_0 = 106$  kPa,  $p_2 = 1,8$  MPa,  $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 32^\circ\text{C}$ ,  $T_d = 18^\circ\text{C}$ ,  $m_d = 15$  kg

**Odp :  $V=6,63$  m<sup>3</sup>,  $m_1=30,46$  kg,  $Q_{v1-2}=8285$  kJ**

6. Do izobarycznego mieszalnika rurociągiem nr 1 doptywa azot  $N_2$ , drugim zaś tlen  $O_2$ . Strumień masy azotu wynosi  $\dot{m}_1$ , jego temperatura  $T_1$ . Tlen płynie z prędkością  $w_2$  rurociągiem o średnicy wewnętrznej  $d_2$ , a jego parametry wynoszą:  $p_2$ ,  $T_2$ . Straty ciepła z mieszalnika do otoczenia wynoszą  $\dot{Q}_0$ . Zakładając, że gazy można traktować jako doskonałe, obliczyć temperaturę na wylocie z mieszalnika oraz strumień objętości mieszaniny.

Dane:  $\dot{m}_1 = 150$  kg/min,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $w_2 = 20$  m/s,  $d_2 = 0,2$  m,  $p_2 = 0,5$  MPa,  $T_2 = 200^\circ\text{C}$ ,  $\dot{Q}_0 = 15$  kW

**Odp :  $T_2=102^\circ\text{C}$ ,  $\dot{V}=1,055$  m<sup>3</sup>/s**

7. W zbiorniku o pojemności  $V$  zawarty jest tlen. Nadciśnienie wynosi  $p_n$ , ciśnienie barometryczne  $p_b$ . Gaz ten nagrzano tak, że temperatura zmieniła się z  $T_1$  na  $T_2$ . Obliczyć zmianę energii wewnętrznej i entalpii oraz pracę techniczną i ilość doprowadzonego ciepła.

Dane:  $V = 5 \text{ m}^3$ ,  $p_n = 5 \text{ bar}$ ,  $p_b = 1020 \text{ mbar}$ ,  $T_1 = 27^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 127^\circ\text{C}$

**Odp :  $\Delta U_{1-2}=2,507 \text{ MJ}$ ,  $\Delta I_{1-2}=3,51 \text{ MJ}$ ,  $L_{t1-2}=-1,003 \text{ MJ}$ ,  $Q_{1-2}=2,507 \text{ MJ}$**

8. W cylindrze zamkniętym tłokiem znajduje się  $V_1$  powietrza. Początkowe parametry czynnika to:  $p_1$  i  $T_1$ . Na skutek izobarycznego doprowadzenia ciepła, powietrze wykonało pracę  $L_{1-2}$ . Przyjmując stałe ciepło właściwe obliczyć temperaturę i objętość po doprowadzeniu ciepła oraz zmianę energii wewnętrznej i entalpii.

Dane:  $V_1 = 0,6 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 4,5 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $L_{1-2} = 15,7 \text{ kJ}$

**Odp :  $V_2=0,635 \text{ m}^3$ ,  $T_2=37^\circ\text{C}$ ,  $\Delta U_{1-2}=39,25 \text{ kJ}$ ,  $\Delta I_{1-2}=54,95 \text{ kJ}$**