

Przemiany charakterystyczne gazów doskonałych

1. W zamkniętym zbiorniku podgrzano $m = 1,5$ kg azotu N_2 od ciśnienia początkowego $p_1 = 0,2$ MPa do końcowego $p_2 = 0,3$ MPa. Wiedząc, że gaz ogrzał się o 120 K, obliczyć objętość zbiornika V , ciepło przemiany Q_{1-2} , prace absolutna L_{1-2} , zmianę energii wewnętrznej U_{1-2} oraz zmianę entalpii I_{1-2} .

Odp: $V = 0,543$ m³, $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = 133,6$ kJ, $L_{1-2} = 0$, $\Delta I_{1-2} = 187,1$ kJ.

2. W cylindrze zamkniętym tłokiem znajduje się $0,6$ m³ powietrza o parametrach początkowych $p_1 = 0,45$ MPa, $T_1 = 293$ K. Na skutek izobarycznego doprowadzenia ciepła, powietrze wykonało prace $L_{1-2} = 15,7$ kJ. Przyjmując, że ciepło właściwe powietrza $c_p = 1000$ J/kg·K, a stała gazowa $R = 287,04$ J/kg·K oblicz temperaturę T_2 i objętość V_2 w stanie końcowym oraz zmianę energii wewnętrznej i entalpii.

Odp: $T_2 = 310$ K, $V_2 = 0,635$ m³, $\Delta U_{1-2} = 38,9$ kJ, $\Delta I_{1-2} = 54,4$ kJ.

3. Idealna sprężarka izotermiczna chłodzona wodą zasysa 1000 m³/h dwutlenku węgla CO_2 o parametrach początkowych $p_1 = 0,95$ bar, $T_1 = 320$ K i spręża go do $p_2 = 8$ bar. Znaleźć moc teoretyczną sprężarki oraz strumień \dot{m}_w wody chłodzącej sprężarkę jeżeli woda ogrzewa się o $\Delta T = 15$ K.

Odp: $N = 70,3$ kW, $\dot{m}_w = 4030$ kg/h.

4. Masa $m = 0,018$ kg helu /gaz doskonały/ podlega dwu kolejnym przemianom termodynamicznym: izotermie 1-2 oraz izobarze 2-3. Parametry gazu w poszczególnych stanach wynoszą: $p_1 = 1$ MPa, $V_1 = 0,01$ m³, $p_3 = 50$ kPa, $T_3 = 350$ K. Obliczyć: a) pracę bezwzględną L_{1-3} oraz techniczną L_{t1-3} wykonaną przez gaz, b) ciepło całkowite Q_{c1-3} pochłonięte przez gaz podczas przemiany.

Odp: a) $L_{1-3} = 32,7$ kJ, $L_{t1-3} = 30$ kJ; b) $Q_{c1-3} = 36,8$ kJ.

5. Dwuatomowy gaz doskonały podlega trzem kolejnym przemianom charakterystycznym: izochorze 1-2, izotermie 2-3, oraz izobarze 3-4. Parametry gazu w poszczególnych stanach są następujące: $p_1 = 100$ kPa, $V_1 = 0,1$ m³, $T_2 = 800$ K, $p_4 = 120$ kPa, $V_4 = 0,13$ m³. Ilość gazu biorącego udział w przemianach wynosi $n = 0,005$ kmol. Obliczyć: a) pracę bezwzględną L_{1-4} i techniczną L_{t1-4} przemian, b) ciepło całkowite Q_{c1-4} .

Odp: a) $L_{1-4} = 16,2$ kJ, $L_{t1-4} = 10,6$ kJ; b) $Q_{c1-4} = 30,2$ kJ.

6. Gaz doskonały w ilości $m = 2$ kg sprężono izentropowo $/k = 1,5/$ od ciśnienia $p_1 = 0,1$ MPa do ciśnienia $p_2 = 0,24$ MPa, wykonując przy tym pracę techniczną $L_{t1-2} = 180$ kJ. Obliczyć pracę bezwzględną tej przemiany, zmianę energii wewnętrznej gazu, temperaturę początkową i końcową oraz objętość początkową i końcową gazu. Stała gazowa dla tego gazu wynosi $R = 300$ J/kg·K.

Odp: $L_{1-2} = -120$ kJ, $\Delta U_{1-2} = 120$ kJ, $T_1 = 300$ K, $T_2 = 400$ K, $V_1 = 1,8$ m³, $V_2 = 1,01$ m³.

7. Powietrze o parametrach początkowych $V_1 = 100$ m³, $T_1 = 293$ K, $p_1 = 100$ kPa sprężono izentropowo do ciśnienia $p_2 = 981$ kPa, a następnie rozprężono izotermicznie do pierwotnej objętości. Obliczyć końcową temperaturę i ciśnienie, całkowitą zmianę energii wewnętrznej oraz sumaryczną pracę bezwzględną przemian L_{1-3} .

Odp: $T_k = T_2 = 562,6 \text{ K}$, $p_k = p_3 = 191 \text{ kPa}$, $\Delta U_{1-3} = 23,0 \text{ MJ}$, $L_{1-3} = 8,31 \text{ MJ}$.

8. Roztwór gazów doskonałych, zawierający hel He oraz metan CH_4 /gazy doskonałe/, podlega przemianie izentropowej. Początkowa temperatura roztworu wynosi $T_1 = 500 \text{ K}$, a końcową $T_2 = 300 \text{ K}$. Praca bezwzględna przemiany $L_{1-2} = 500 \text{ kJ}$, a techniczna $L_{t1-2} = 750 \text{ kJ}$. Obliczyć: a) ilość kmol roztworu, b) udziały molowe składników roztworu.

Odp: a) $n = 0,15 \text{ kmol}$, b) $z_{\text{He}} = 66,7 \%$, $z_{\text{CH}_4} = 33,3 \%$.

9. Powietrze /gaz doskonały/ rozpręża się politropowo wykonując pracę bezwzględną $L_{1-2} = 260 \text{ kJ}$. W czasie przemiany do czynnika dopływa ciepło w ilości $Q_{1-2} = 350 \text{ kJ}$. Obliczyć: a) wykładnik politropy γ , b) pracę techniczną L_{t1-2} przemiany.

Odp: a) $\gamma = 0,86$, b) $L_{t1-2} = 224 \text{ kJ}$.

10. Sprężarka zasysa $\dot{V}_1 = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ powietrza o ciśnieniu $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$ i temperaturze $T_1 = 300 \text{ K}$ i spręża je do ciśnienia końcowego $p_2 = 0,8 \text{ MPa}$. Obliczyć moc teoretyczną silnika do napędu sprężarki przyjmując, że sprężanie przebiega politropowo /wykładnik $\gamma = 1,2$ /. Ponadto wyznaczyć strumień \dot{m}_w wody chłodzącej sprężarkę, przyjmując przyrost temperatury wody $\Delta T = 13 \text{ K}$ /ciepło właściwe wody $c_w = 4,19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ /.

Odp: $N = 6,9 \text{ kW}$, $\dot{m}_w = 190 \text{ kg/h}$.

11. Do urządzenia dopływa dwuatomowy gaz doskonały o parametrach $p_1 = 4 \text{ bar}$, $T_1 = 300 \text{ K}$. Gaz w chłodnicy ochładza się izobarycznie do temperatury T_2 , następnie rozpręża się adiabatycznie odwracalnie w maszynie przepływowej do ciśnienia $p_3 = 1 \text{ bar}$ i temperatury $T_3 = 140 \text{ K}$. Część $\Delta \dot{n}$ strumienia gazu opuszczającego maszynę przepływa przez chłodnicę, gdzie ogrzewa się do temperatury $T_4 = 285 \text{ K}$. Moc maszyny wynosi $N = 60 \text{ kW}$. Obliczyć strumień gazu \dot{n} i $\Delta \dot{n}$ oraz strumień ciepła przekazywany w chłodnicy.

Odp: $\dot{n} = 0,0303 \text{ kmol/s}$, $\Delta \dot{n} = 0,0192 \text{ kmol/s}$, $\dot{Q}_{1-2} = 80,84 \text{ kW}$.

12. 1kg dwutlenku węgla realizuje obieg składający się z przemian: 1-2 adiabata, 2-3 izoterma, 3-1 izobara. Mając dane: $p_1 = 4,4 \text{ MPa}$, $t_1 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ oraz $p_2 = 200 \text{ kPa}$ oblicz dla każdej przemiany zmianę energii wewnętrznej, entalpii oraz pracę absolutną a także wartości parametrów termodynamicznych w stanach 1, 2, 3.

Odp: $\Delta U_{1-2} = -264,5 \text{ kJ}$, $\Delta U_{2-3} = 0$, $\Delta U_{3-1} = 264,5 \text{ kJ}$, $\Delta I_{1-2} = -354,2 \text{ kJ}$, $\Delta I_{2-3} = 0$, $\Delta I_{3-1} = 354,2 \text{ kJ}$, $L_{1-2} = 267,7 \text{ kJ}$, $L_{2-3} = -236,7 \text{ kJ}$, $L_{3-1} = 4,02 \text{ kJ}$, $p_3 = p_2 = 200 \text{ kPa}$, $T_2 = T_3 = 405 \text{ K}$, $V_1 = 0,0375 \text{ m}^3$, $V_2 = 0,383 \text{ m}^3$, $V_3 = 0,0174 \text{ m}^3$.