

ZADANIA Z TEORII MASZYN CIEPLNYCH

LISTA NR 7 - Sprężarki

PODSTAWOWE PRAWA I WZORY:

- 1) Spręż optymalny

$$\sigma_{opt} = n_{st} \sqrt{\frac{p_t}{p_s}} \quad (1)$$

gdzie

n_{st} liczba stopni sprężarki,

p_t ciśnienie tłoczenia, Pa

p_s ciśnienie ssania, Pa

- 2) Moc sprężarki (wzór ogólny)

$$N = |\dot{L}_t| = \dot{m} |l_t| \quad (2)$$

gdzie

\dot{m} strumień masy gazu, kg/s

l_t praca techniczna właściwa, J/kg

- 3) Praca sprężania izotermicznego

$$l_{IT} = p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (3)$$

- 4) Praca sprężania izentropowego

$$l_{is} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right] = \frac{\kappa}{\kappa - 1} RT_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \quad (4)$$

- 5) Praca sprężania politropowego (o wykładniku politropy n)

$$l_{in} = \frac{n}{n - 1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n - 1}{n}} \right] = \frac{\kappa}{\kappa - 1} RT_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \quad (5)$$

- 6) Strumień ciepła przemiany politropowej

$$\dot{Q} = \dot{m} c_v \frac{n - \kappa}{n - 1} (T_2 - T_1) \quad (6)$$

- 7) Moc sprężarki przy znanym ciśnieniu indykowanym p_i

$$N = p_i V_{sk} n_{ob} = p_i \left(\frac{\pi D^2}{4} S \right) n_{ob} \quad (7)$$

gdzie

V_{sk} objętość skokowa, m^3

D średnica tłoka, m

S skok tłoka, m

n_{ob} prędkość obrotowa, obr/s

8) Moc efektywna

$$N_e = \frac{|\dot{L}_t|}{\eta_e} \quad (8)$$

gdzie

η_e sprawność efektywna

9) Strumień masy w sprężarce tłokowej

$$\dot{m} = V_{sk} n_{ob} \rho_s \eta_v n_{cyl} \quad (9)$$

gdzie

ρ_s gęstość gazu w przewodzie ssawnym, kg/m³

η_v sprawność wolumetryczna

n_{cyl} liczba cylindrów sprężarki

1. Jednostopniowa sprężarka tłokowa zasysa powietrze o parametrach $p_1 = 0,1$ MPa, $T_1 = 290$ K i spręża je do ciśnienia $p_2 = 0,7$ MPa. Określić moc teoretyczną sprężarki jeżeli strumień masy powietrza $m = 0,12$ kg/s a sprężanie przebiega: a) izotermicznie, b) adiabatycznie, c) politropowo ($n = 1,3$). **Odp: $N_T = 19,4$ kW, $N_{ad} = 25,9$ kW, $N_n = 24,2$ kW.**

2. Sprężarka zasysa 250 m³/h powietrza o parametrach $p_1 = 90$ kPa, $T_1 = 298$ K i spręża je do $p_2 = 0,8$ MPa. Określić ilość wody chłodzącej sprężarkę, jeżeli sprężanie przebiega politropowo ($n = 1,2$) a woda może się podgrzać o $\Delta T = 15$ K. **Odp: $m_w = 390$ kg/h.**

3. Parametry powietrza na wlocie do sprężarki wynoszą $p_1 = 0,1$ MPa, $T_1 = 290$ K, spręż $\sigma = 5$. Na skutek spadku natężenia wody przepływającej przez płaszcz chłodzący cylinder sprężarki, temperatura powietrza na wylocie ze sprężarki wzrosła od $T_2 = 373$ K do $T_2' = 423$ K. Jak zmieni się moc napędowa sprężarki? Wynik podać w procentach. **Odp: $\Delta N/N = 6$ %.**

4. Sprężarka bez przestrzeni szkodliwej powinna sprężać $V_1 = 100$ m³/h powietrza od $p_1 = 0,1$ MPa, $T_1 = 300$ K do $p_2 = 6,4$ MPa. Zakładając, że sprężanie odbywa się politropowo ($n = 1,3$) określić moc sprężarki: a) jednostopniowej, b) dwustopniowej z chłodzeniem międzystopniowym. **Odp: $N_{1st} = 19,33$ kW, $N_{2st} = 14,83$ kW.**

5. Jednostopniowa sprężarka tłokowa bez przestrzeni szkodliwej spręża adiabatycznie powietrze o parametrach $p_1 = 98$ kPa, $T_1 = 290$ K do $p_2 = 980$ kPa. Jak duży będzie zysk na pracy napędowej gdy sprężanie 1- stopniowe zastąpimy 2- stopniowym? **Odp: $\Delta L/L = 16,2$ %.**

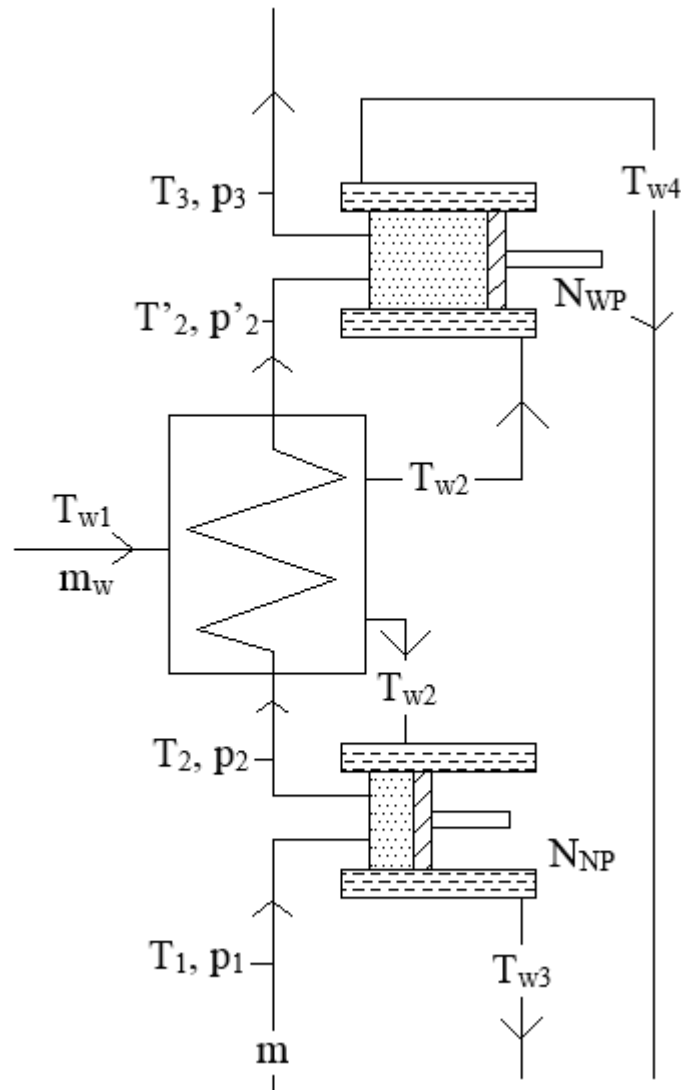
6. Dwustopniowa sprężarka zasysa powietrze o parametrach $p_1 = 0,1$ MPa, $T_1 = 293$ K by sprężyć je do $p_4 = 4$ MPa. W wymienniku międzystopniowym powietrze oziębia się do temperatury początkowej. Określić moc teoretyczną sprężarki, ciepło odprowadzone od gazu w czasie sprężania i ciepło chłodzenia gazu w wymienniku międzystopniowym. Przyjąć, że sprężanie jest politropowe ($n = 1,3$) a wydajność sprężarki $V_n = 500$ m³/h. Procesy zachodzące w sprężarce przedstawić na wykresie p-v i T-s. **Odp: $N = 70,6$ kW, $Q_{n1-2} = Q_{n3-4} = - 6,88$ kW, $Q_{p2-3} = 28,97$ kW.**

7. Określić średnie ciśnienie indykowane dwucylindrowej i dwustopniowej sprężarki powietrza mając dane: średnice cylindrów $D_1 = 0,3$ m, $D_2 = 0,18$ m, skok tłoka $S = 0,15$ m, liczba obrotów wału $n_w = 13$ s⁻¹. Moc indykowana cylindra I stopnia wynosi $N_I = 25$ kW, II stopnia $N_{II} = 26$ kW. **Odp: $p_I = 0,182$ MPa, $p_{II} = 0,524$ MPa.**

8. Określić wydajność jednostopniowej sprężarki tłokowej, niechłodzonej wodą V_n [m³/h] oraz objętość skokową V_{sk} , jeżeli wiadomo, że parametry początkowe powietrza wynoszą:

$p_1 = 98 \text{ kPa}$, $T_1 = 293 \text{ K}$, spręż $\sigma = 8$, sprawność efektywna $\eta_e = 0,68$. Wał sprężarki wykonuje $n = 300$ obrotów/min, sprawność wolumetryczna $\eta_v = 0,883$ a moc efektywna sprężarki wynosi $N_e = 52 \text{ kW}$. **Odp: $V_n = 418,3 \text{ m}^3/\text{h}$, $V_{sk} = 0,029 \text{ m}^3$.**

9. Dwustopniowa sprężarka idealna (rys. 1) zasysa powietrze o parametrach $p_1 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ i $T_1 = 290 \text{ K}$ ($17 \text{ }^\circ\text{C}$). Powietrze za cylindrem pierwszego stopnia (NP) ma ciśnienie $p_2 = 0,6 \text{ MPa}$ i temperaturę $T_2 = 380 \text{ K}$ ($107 \text{ }^\circ\text{C}$). W izobarycznej chłodnicy międzystopniowej temperatura gazu zostaje obniżona do $T_2' = 310 \text{ K}$ ($37 \text{ }^\circ\text{C}$). Ciśnienie na wylocie z cylindra wysokoprężnego (WP) ma parametry $p_3 = 1,7 \text{ MPa}$ i $T_3 = 400 \text{ K}$ ($127 \text{ }^\circ\text{C}$). Woda chłodząca sprężarkę przepływa najpierw przez chłodnicę międzystopniową ogrzewając się o $\Delta T_w = 10 \text{ deg}$, a następnie w równych ilościach chłodzi płaszcze cylindrów. Obliczyć przyrost temperatury w obu cylindrach sprężarki. Sprężany czynnik traktować jak gaz doskonały. **Odp.: $\Delta t_{wNP} = 26,2 \text{ deg}$, $\Delta t_{wWP} = 4,36 \text{ deg}$.**



Rys. 1. Schemat przepływu do zadania nr 9