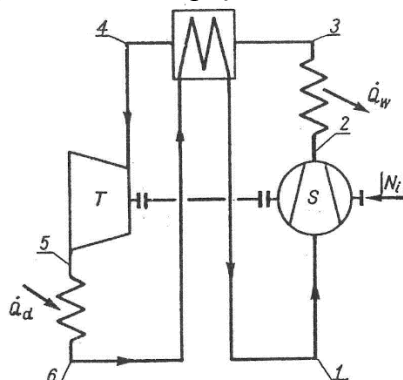


Teoria Maszyn Ciepłych

Lista 6

a) Chłodziarki sprężarkowe

1. Obliczyć moc wewnętrzną potrzebną do napędu chłodziarki gazowej z regeneracją ciepła, która została zastosowana do głębokiego chłodzenia. Obieg chłodziarki składa się z dwóch izobar i dwóch adiabat. Temperatura dolnego źródła ciepła wynosi 170 K, a górnego 273 K. Stosunek sprężania w sprężarce wynosi 2.3. Zmiana temperatury czynnika w regeneratorze ciepła wynosi 30 K. Minimalna różnica temperatur pomiędzy czynnikiem obiegowym (gaz jednoatomowy, traktowany jako doskonały) a źródłem ciepła wynosi 15 K. Strumień ciepła pobierany w wymienniku ciepła przez obieg wynosi 30 kW. Sprawność wewnętrzna sprężarki wynosi 0.8, a rozprężarki 0.85.



Odp. a) $N_i = 172.2 \text{ kW}$

2. Obliczyć współczynnik wydajności chłodniczej urządzenia chłodniczego działającego według obiegu Joule'a, w którym 1 kg powietrza (traktowanego jak gaz doskonały) zmienia swoje parametry od $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ i 1 bar przed izentropową sprężarką do 3 bar i $20 \text{ }^\circ\text{C}$ przed izentropową rozprężarką. Dodatkowo obliczyć temperatury w charakterystycznych punktach obiegu, jednostkowe ciepło przekazane do czynnika obiegowego i oddane do otoczenia, jednostkową pracę techniczną obu maszyn oraz pracę obiegu. Przemiany odwzorować w układach współrzędnych p-v i T-s.

Odp. $T_2 = 360 \text{ K}$, $T_4 = 214 \text{ K}$, $q_{ch} = 49.4 \text{ kJ/kg}$, $q_{od} = -69.6 \text{ kJ/kg}$, $l_{t1-2} = -97.8 \text{ kJ/kg}$, $l_{t3-4} = 79.6 \text{ kJ/kg}$, $l_{ob} = -18.2 \text{ kJ/kg}$, $\varepsilon = 2.71$

3. Obliczyć parametry jak w zadaniu 2, gdy w tym samym obiegu zostanie zastosowany dwutlenek węgla (traktowanego jak gaz doskonały), pracujący na tych samych parametrach. Obliczyć o ile wzrośnie współczynnik wydajności chłodniczej w porównaniu do wyniku z zadania 2.

Odp. $T_2 = 345.4 \text{ K}$, $T_4 = 223.1 \text{ K}$, $q_{ch} = 30.0 \text{ kJ/kg}$, $q_{od} = -39.4 \text{ kJ/kg}$, $l_{t1-2} = -62.0 \text{ kJ/kg}$, $l_{t3-4} = 52.6 \text{ kJ/kg}$, $l_{ob} = -9.4 \text{ kJ/kg}$, $\varepsilon = 3.19$, $\varepsilon_{CO_2}/\varepsilon_{pow} = 1.18$

4. Obliczyć rzeczywistą moc silnika napędzającego sprężarkę pracującą według obiegu opisanego w zadaniu 2 (dla tych samych parametrów czynnika obiegowego). Ciepło przekazane do obiegu wynosi 100 kW. Sprawność izentropowej sprężarki wynosi 0.8, rozprężarki 0.75, a sprawność mechaniczna maszyn 0.9. Obliczyć rzeczywisty współczynnik wydajności chłodniczej oraz ile mniejszy jest rzeczywisty współczynnik wydajności chłodniczej w stosunku do teoretycznego.

Odp. $N_w = 236 \text{ kW}$, $\varepsilon_r = 0.42$, $\varepsilon_t/\varepsilon_r = 6.4$

5. Obliczyć współczynnik wydajności chłodniczej, moc napędową, strumień ciepła oddawany przez czynnika obiegowy do otoczenia (przy założeniu, że przekazywane jest wtedy całe ciepło parowania czynnika) oraz natężenie przepływu czynnika, dla obiegu chłodniczego działającego według obiegu Carnota. Czynnikiem jest amoniak, który zmienia temperaturę od $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ do $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Strumień ciepła

pobierany przez czynnik chłodniczy wynosi 300 kW. Przyjąć ciepło parowania amoniaku w temperaturze 20 °C wynosi 1116 kJ/kg.

Odp. $\epsilon = 5.51$, $N_t = 54.4$ kW, $\dot{Q}_{ch} = 354.4$ kW, $\dot{m} = 0.318$ kg/s

6. Azot (traktować jako gaz doskonały) będący czynnikiem roboczym w urządzeniu realizującym gazowy obieg Joule'a zmienia parametry od 1 bar i -10 °C przez izentropową sprężarką do 4.5 bar i 20 °C przed izentropową rozprężarką. Strumień ciepła pobierany przez czynnik obiegowy wynosi 150 kW. Obliczyć: temperaturę czynnika w charakterystycznych punktach obiegu, natężenie przepływu czynnika, strumień ciepła oddawany przez czynnik do otoczenia, moc sprężarki, rozprężarki i silnika napędowego oraz współczynnik wydajności chłodniczej.

Odp. $t_2 = 131.2$ °C, $t_4 = -82.4$ °C, $\dot{m}_p = 1.99$ kg/s, $\dot{Q}_{od} = 230.5$ kW, $N_{ts} = 292.7$ kW, $N_{tr} = 212.2$ kW, $N_{tn} = 80.5$ kW, $\epsilon = 1.86$

b) Pompy ciepła

7. W obiegu chłodniczym składającym się z 2 izobar i 2 izentrop krąży czynnik, dla którego wykładnik izentropy wynosi 1,6. Jego temperatura na początku izentropowego sprężania wynosi 25 °C, a parametry zmieniają się wg zależności: $v_1/v_2=8$, $v_2/v_3=2$, $v_4/v_3=3$. Wyznaczyć temperatury w charakterystycznych punktach obiegu oraz współczynnik wydajności chłodniczej i grzewczej dla tego obiegu.

Odp. $T_2 = 1038$ K, $T_3 = 519$ K, $T_4 = 268$ K, $\epsilon = 0.06$, $\epsilon = 1.06$

8. W lewobieżnym obiegu składającym się z przemian: 1-2 izentropy sprężania, 2-3 izobary, 3-4 izentropy rozprężania, 4-1 izotermy, krąży jednoatomowy gaz (traktować jako doskonały) w ilości $V_u = 0.03$ m³. Parametry w charakterystycznych punktach obiegu wynoszą: $T_1 = 400$ K, $V_1 = 0.024$ m³, $P_2 = 2.2$ MPa i $V_3 = 0.003$ m³. Wyznaczyć współczynnik wydajności chłodniczej i grzewczej dla tego obiegu.

Odp. $\epsilon_{ch} = 0.98$, $\epsilon_{grz} = 1.98$

9. W lewobieżnym obiegu składającym się z przemian: 1-2 izentropy sprężania, 2-3 izobary, 3-4 izentropy rozprężania, 4-1 izobary, krąży czynnik o właściwościach: $R = 2.1$ kJ/kgK i $k = 1.5$. Parametry w charakterystycznych punktach obiegu wynoszą: $P_1 = 100$ kPa, $t_1 = -5$ °C i $t_2 = 180$ °C. Do obiegu doprowadzane jest ciepło w ilości 250 kJ/kg. Oblicz współczynnik wydajności grzewczej.

Odp. $\epsilon_{grz} = 1.45$

10. Dla danych z zadania 2 wyznaczyć teoretyczny współczynnik wydajności chłodniczej i grzewczej. Następnie korzystając z danych z zadania 4 wyznaczyć rzeczywisty współczynnik wydajności chłodniczej i grzewczej.

Odp. $\epsilon_{teoret_chl} = 2.71$, $\epsilon_{teoret_grz} = 3.71$, $\epsilon_{rzecz_chl} = 0.42$, $\epsilon_{rzecz_grz} = 1.32$