

Teoria Maszyn Ciepłych

Lista 4

1. W palenisku kotła spalane jest $G = 450$ t/h paliwa o składzie: $c = 0,65$, $h = 0,06$, $o = 0,05$, $n = 0,04$, $w = 0,1$, $p = 0,1$. Parametry pary produkowanej przez kocioł wynoszą $p_1 = 13$ MPa, $T_1 = 833$ K. Określić wydajność kotła m_p , jeżeli temperatura wody zasilającej kocioł wynosi $T_w = 353$ K. Sprawność energetyczna kotła $\eta_k = 0,78$.

Odp: $m_p = 848,93$ kg/s = $3056,2$ t/h.

2. Parametry pary wodnej na wylocie z kotła, podczas realizacji obiegu C-R, wynoszą $p_1 = 13,5$ MPa, $T_1 = 813$ K a na wlocie do turbiny $p_2 = 13$ MPa, $T_2 = 793$ MPa. Ile wynosi sprawność rurociągu jeżeli ciśnienie w skraplaczu $p_k = 5$ kPa.

Odp: $\eta_r = 0,976$.

3. Jaka temperaturę powinna mieć przegrzana para wodna o ciśnieniu $p_1 = 10$ MPa na wlocie do turbiny jeżeli wiadomo, że rozprężanie w turbinie przebiega izentropowo do ciśnienia $p_k = 4$ kPa a stopień suchości pary opuszczającej turbinę x_2 nie może przekraczać $0,75$. Zadanie rozwiązać posługując się wyłącznie tablicami.

Odp: $T_1 \geq 733$ K.

4. Przegrzana para wodna o parametrach początkowych $p_1 = 2,6$ MPa $T_1 = 698$ K ekspanduje adiabatycznie nieodwracalnie w turbinie o mocy wewnętrznej $N_i = 1200$ kW. Parametry wylotowe pary wynoszą $p_2 = 20$ kPa, $x_2 = 0,95$. Obliczyć sprawność wewnętrzną turbiny η_i oraz strumień masy pary przepływającej przez turbinę.

Odp: $\eta_i = 0,83$, $m_p = 1,496$ kg/s.

5. Do turbiny dopływa strumień masy pary przegrzanej $m_p = 3$ t/h o ciśnieniu $p_1 = 1,2$ MPa. Po izentropowym rozprężeniu w turbinie do ciśnienia $p_2 = 6$ kPa para płynie do skraplacza. Kondensat opuszczający skraplacz ma temperaturę $T_3 = 303$ K. Strumień masy wody chłodzącej skraplacz $m_w = 40$ kg/s, zaś temperatura wody chłodzącej na dopływie do skraplacza wynosi $T_{w1} = 288$ K na wypływie $T_{w2} = 298$ K. Obliczyć moc wewnętrzną turbiny.

Odp: $N_i = 714$ kW.

6. Kocioł produkuje parę wodną o parametrach $p_1 = 10$ MPa i $T_1 = 773$ K. Wydajność kotła wynosi $m_p = 100$ t/h. Ciśnienie w skraplaczu $p_k = 10$ kPa. Obliczyć: a) sprawność obiegu Clausiusa-Rankine'a, b) zwiększenie tej sprawności po obniżeniu ciśnienia w skraplaczu do $p'_k = 5$ kPa.

Odp: a) $\eta_{CR} = 40,37$ %, b) $\Delta\eta_{CR} = 1,75$ %.

7. Siłownia parowa pracuje według obiegu Clausiusa-Rankine'a. Parametry pary przed turbiną wynoszą $p_1 = 9$ MPa, $T_1 = 808$ K. Ciśnienie w skraplaczu $p_k = 4$ kPa. Obliczyć moc wewnętrzną turbiny N_{it} , jeżeli jej sprawność wewnętrzna $\eta_{it} = 0,75$ oraz moc teoretyczna niezbędna do napędu pompy N_p gdy sprawność wewnętrzna pompy $\eta_{ip} = 0,9$. Jaka jest sprawność obiegu η_{CR} z uwzględnieniem i bez uwzględnienia mocy potrzebnej do napędu pompy η'_{CR} . Przyjąć strumień masy pary $m_p = 5$ kg/s. Obliczyć również przyrost entalpii właściwej w pompie Δi_p .

Odp: $N_{it} = 5362,5$ kW, $N_{ip} = 50,2$ kW, $\Delta i_p = 10,04$ kJ/kg, $\eta_{CR} = 0,426$, $\eta'_{CR} = 0,425$.

8. Siłownia parowa pracuje z przegrzewem międzystopniowym pary. Do turbiny dopływa para przegrzana o parametrach $p_1 = 17$ MPa, $T_1 = 823$ K. Po izentropowym rozprężeniu do temperatury $T_2 = 623$ K w części wysokoprężnej turbiny, para płynie do przegrzewacza

międzystopniowego, w którym jej temperatura wzrasta do $T_3 = 793$ K. Dalsze rozprężanie pary w niskoprężnej części turbiny przebiega do ciśnienia $p_k = 4$ kPa. Obliczyć: a) sprawność obiegu z przegrzewem międzystopniowym η_{pm} , b) wzrost sprawności obiegu $\Delta\eta$ w wyniku zastosowania wtórnego przegrzewu pary, c) stopień suchości pary na wylocie z turbiny x_{2s} i jego wzrost w wyniku zastosowania wtórnego przegrzewu pary.

Odp: a) $\Delta\eta_{pm} = 0,462$, b) $\Delta\eta = 0,014$, c) $x_{2s} = 0,82$, $\Delta x_{2s} = 0,07$.

9. Kocioł wytwarza $m_p = 360$ t/h pary wodnej o parametrach $p_1 = 11$ MPa oraz $T_1 = 773$ K, która ekspanduje adiabatycznie nieodwracalnie do ciśnienia $p_2 = 3$ MPa w części wysokoprężnej turbiny, której sprawność wewnętrzna $\eta_{iw} = 0,8$. Następnie para jest wtórnice przegrzewana izobarycznie do temperatury $T_3 = T_1 = 773$ K, po czym ekspanduje adiabatycznie nieodwracalnie w części niskoprężnej turbiny do ciśnienia $p_k = 4$ kPa. Sprawność wewnętrzna części niskoprężnej turbiny wynosi $\eta_{in} = 0,85$. Obliczenia wykonać jak w zadaniu poprzednim (dla obiegu bez przegrzewu przyjmując sprawność wewnętrzną turbiny 0,85), ponadto wyznaczyć moc turbiny N_i .

Odp: a) $\eta = 0,381$, b) $\Delta\eta = 0,012 = 1,2\%$, c) $x_2 = 0,925$, $\Delta x_2 = 0,082$, d) $N_i = 137,8$ MW.

10. Przegrzana para wodna o parametrach $p_1 = 16$ MPa, $T_1 = 803$ K ekspanduje izentropowo w turbinie do ciśnienia $p_3 = 4$ kPa. Woda zasilająca kocioł podgrzewana jest w mieszkowym podgrzewaczu regeneracyjnym do temperatury $T_5 = 413$ K za pomocą pary pobieranej z upustu, po czym wtłaczana jest do kotła. Ciśnienie pary upustowej wynosi $p_2 = 500$ kPa. Obliczyć sprawność obiegu z regeneracją ciepła η_r oraz wzrost sprawności obiegu $\Delta\eta$ w wyniku zastosowania regeneracyjnego podgrzewania wody.

Odp: $\eta_r = 0,477$, $\Delta\eta = \eta_r - \eta_{CR} = 0,034$, $\Delta\eta/\eta_r = 7,1\%$.

11. W siłowni parowej realizowany jest obieg z regeneracyjnym podgrzewaniem wody. Wyznaczyć sprawność obiegu η_r oraz względne wartości strumieni pary pobieranej z upustów g_1 i g_2 mając następujące dane: $p_1 = 15$ MPa, $T_1 = 838$ K, $p_2 = 5$ MPa, $p_3 = 0,4$ MPa, $p_4 = 5$ kPa. Przyjąć, że stan końcowy pary z upustów znajduje się na linii $x = 0$ a ekspansja w turbinie jest izentropowa. Jak duży jest wzrost sprawności $\Delta\eta$ w porównaniu z obiegiem Clausiusa – Rankine'a?

Odp: $\eta_r = 0,49$, $\eta_{CR} = 0,44$, $\Delta\eta = 0,05 = 5\%$, $g_1 = 0,216$, $g_2 = 0,1484$.

12. Do turbiny parowej o mocy $N_i = 25$ MW dopływa przegrzana para wodna o ciśnieniu $p_1 = 9$ MPa i temperaturze $T_1 = 753$ K, gdzie ekspanduje izentropowo do ciśnienia $p_4 = 4$ kPa. W celu podgrzania wody zasilającej kocioł zastosowano dwa mieszkowe podgrzewacze regeneracyjne, w których woda podgrzewa się do temperatury nasycenia dla ciśnień panujących w podgrzewaczach. Do podgrzewacza wysokoprężnego dopływa para upustowa o ciśnieniu $p_2 = 1$ MPa, zaś do podgrzewacza niskoprężnego doprowadzana jest para upustowa o ciśnieniu $p_3 = 0,12$ MPa. Obliczyć: a) sprawność obiegu z regeneracją ciepła η_r , b) wzrost sprawności $\Delta\eta$ w porównaniu z obiegiem C-R, c) strumień masy pary m_1 i m_2 pobieranej z upustów turbiny.

Odp: a) $\eta_r = 0,46$, b) $\Delta\eta = 0,036$, c) $m_1 = 9,1$ t/h, $m_2 = 10,5$ t/h.

13. Do turbiny dopływa przegrzana para wodna o ciśnieniu $p_1 = 6$ MPa i temperaturze $T_1 = 723$ K, w której ekspanduje adiabatycznie nieodwracalnie do ciśnienia $p_3 = 0,12$ MPa / sprawność wewnętrzna obu stopni turbiny $\eta_i = 0,86$ /. Przy ciśnieniu $p_2 = 0,6$ MPa część pary pobierana jest do celów technologicznych zakładu. Ciepło skraplania pary Q_g odprowadzone w kondensatorze wykorzystuje się do celów grzewczych. Temperatura powracającego kondensatu wynosi odpowiednio $T_5 = 323$ K, $T_4 = 303$ K. Zapotrzebowanie ciepła na cele technologiczne wynosi $Q_t = 14,1$ MW, na cele grzewcze $Q_g = 37,7$ MW.

Obliczyć moc teoretyczna turbiny.

Odp: $N = 13,68 \text{ MW}$.