

Para wodna

1. Zbiornik o sztywnych ściankach zawiera $V_c = 0,02 \text{ m}^3$ wrzącej wody i $V_p = 0,97 \text{ m}^3$ pary suchej nasyconej w stanie równowagi przy ciśnieniu $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$. Obliczyć stopień suchości pary, entalpię i energię wewnętrzną pary.

Odp: $x=0,029$, $l=9536 \text{ kJ}$, $U=9437 \text{ kJ}$.

2. Do 10 kg mokrej pary nasyconej o stopniu suchości $x_1 = 0,9$ i ciśnieniu $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$ dolano $m_w = 10 \text{ kg}$ wody o temperaturze $T_w = 293 \text{ K}$. Obliczyć parametry stanu końcowego (U , l , x), zakładając, że w procesie tym nie jest wymieniane ciepło z otoczeniem. Ile kg wody należałoby dolać, aby w stanie końcowym otrzymać wyłącznie wrzącą ciecz /przy stałym ciśnieniu/. Przyjąć ciepło właściwe wody $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.

Odp: $x_2=0,376$, $l_2=25332 \text{ kJ}$, $U_2=24057 \text{ kJ}$, $m_{w2}=60,9 \text{ kg}$.

3. Suchą parę nasyconą o ciśnieniu $p_1 = 0,4 \text{ MPa}$ podgrzano izobarycznie do temperatury $T_2 = 823 \text{ K}$, a następnie ochłodzono izochorycznie, wskutek czego stopień suchości $x_3 = 1$. Obliczyć: a) całkowite ciepło pochłonięte przez parę w czasie przemian q_{c1-3} , b) prace bezwzględna l_{1-3} wykonaną przez parę.

Odp: $q_{1-3}=171 \text{ kJ/kg}$, $l_{1-2}=195 \text{ kJ/kg}$.

4. Dwa strumienie pary wodnej o parametrach: $p_1 = 1,5 \text{ MPa}$, $T_1 = 573 \text{ K}$ oraz $p_2 = p_1$, $x_2 = 0,95$ mieszają się ze sobą izobarycznie w doskonale zaizolowanym mieszalniku. Otrzymana para płynie do turbiny, w której rozpręża się izentropowo do ciśnienia $p_4 = 10 \text{ kPa}$. Masy strumieni pary wynoszą $\dot{m}_1 = 20 \text{ t/h}$, $\dot{m}_3 = 10 \text{ kg/s}$. Oblicz moc turbiny.

Odp: $N=7,89 \text{ MW}$.

5. Przegrzana para wodna o parametrach początkowych $p_1 = 2,2 \text{ MPa}$, $T_1 = 733 \text{ K}$ jest dławiona adiabatycznie izentalpowo do ciśnienia $p_2 = 1 \text{ MPa}$, a następnie dopływa do turbiny, w której rozpręża się adiabatycznie odwracalnie do ciśnienia $p_3 = 100 \text{ kPa}$. Masa strumienia przepływającej pary ma wartość $\dot{m} = 0,92 \text{ kg/s}$. Obliczyć moc turbiny oraz temperaturę T_3 pary opuszczającej turbinę.

Odp: $N=541 \text{ kW}$, $T_3=421 \text{ K}$.

6. Mokra para wodna o parametrach początkowych $p_1 = 3,5 \text{ MPa}$, $x_1 = 0,8$, rozpręża się izotermicznie do ciśnienia $p_2 = 0,6 \text{ MPa}$, a następnie ochładza się ją izobarycznie do stanu 3, w którym stopień suchości wynosi $x_3 = 0,8$. Obliczyć: a) ciepło całkowite q_{c1-3} pochłonięte przez parę podczas przemian, b) prace techniczna przemian l_{t1-3} .

Odp: $q_{1-3}=305 \text{ kJ/kg}$, $l_{t1-2}=416 \text{ kJ/kg}$.

7. Do doskonale zaizolowanego izobarycznego mieszalnika dopływa przegrzana para wodna o parametrach $p_1 = 4 \text{ MPa}$, $T_1 = 773 \text{ K}$ w ilości $\dot{m}_1 = 0,5 \text{ kg/s}$ oraz nasycona para wodna o parametrach $p_2 = 4 \text{ MPa}$, $x_2 = 0,8$. Za mieszalnikiem para jest dławiona adiabatycznie izentalpowo do ciśnienia $p_4 = 1,00 \text{ MPa}$, a następnie płynie do turbiny parowej, w której rozpręża się izentropowo. Para opuszczająca turbinę ma parametry $p_5 = 10 \text{ kPa}$, $x_5 = 0,9$. Obliczyć moc turbiny.

Odp: $N=564 \text{ kW}$

8. Mokra para nasycona o objętości właściwej $v_{x1} = 0,18 \text{ m}^3/\text{kg}$ i stopniu suchości $x_1 = 0,85$ jest ogrzewana izochorycznie do temperatury $T_2 = 543 \text{ K}$, po czym jest dławiona izentalpowo do ciśnienia $p_3 = 0,18 \text{ MPa}$, a następnie ogrzewana izobarycznie do temperatury $T_4 = 623 \text{ K}$. Określić: a) początkową temperaturę T_1 pary, b) całkowitą zmianę entalpii pary Δi_{1-4} , c) ciepło przemiany izochorycznej q_{v1-2} , d) ciepło przemiany izobarycznej q_{p3-4} .

Odp: $T_1=449 \text{ K}$, $\Delta i_{1-4}=701 \text{ kJ/kg}$, $q_{v1-2}=449 \text{ kJ/kg}$, $q_{p3-4}=200 \text{ kJ/kg}$.

9. Parę wodną o temperaturze $T_1 = 363 \text{ K}$ i entalpii $i_1 = 2600 \text{ kJ/kg}$ zdławiono do ciśnienia $p_2 = 6 \text{ kPa}$, następnie sprężono izentropowo do ciśnienia $p_3 = 50 \text{ kPa}$, po czym schłodzono izochorycznie do temperatury $T_4 = 333 \text{ K}$. Określić:

- entropię, stopień suchości i ciśnienie pary na początku procesu,
- objętość właściwą i entropię po zdławieniu pary,
- temperaturę i objętość właściwą po sprężeniu,
- stopień suchości i entalpię pary na końcu procesu;
- prace techniczna l_{t2-3} sprężania izentropowego,
- ciepło q_{v3-4} przemiany izochorycznej.

Odp: a) $s_1=7035 \text{ kJ/kgK}$, $x_1=0,975$, $p_1=75 \text{ kPa}$, b) $v_2=25 \text{ m}^3/\text{kg}$, $s_2=8,42 \text{ kJ/kgK}$, c) $T_3=540 \text{ K}$, $v_3=5 \text{ m}^3/\text{kg}$, d) $x_4=0,65$, $i_4=1700 \text{ kJ/kg}$, e) $l_{t1-2}=410 \text{ kJ/kg}$, f) $q_{v3-4}=-1150 \text{ kJ/kg}$.

10. Do skraplacza dopływa para wodna strumieniem $\dot{m} = 3 \text{ kg/s}$ pod ciśnieniem $p_1 = 8 \text{ kPa}$. Kondensat odpływający ze skraplacza ma temperaturę $T_2 = 309 \text{ K}$. Skraplacz jest chłodzony wodą, której strumień $\dot{m}_w = 200 \text{ kg/s}$. Temperatura wody chłodzącej przy dopływie $T_{w1} = 299 \text{ K}$, a przy wypływie $T_{w2} = 307 \text{ K}$. Obliczyć stopień suchości pary dopływającej do skraplacza.

Odp: $x=0,92$.

11. Do adiabatycznej maszyny przepływowej dopływa przegrzana para wodna o parametrach $p_1 = 1 \text{ MPa}$, $T_1 = 473 \text{ K}$. W maszynie para podlega nieodwracalnemu rozprężeniu do ciśnienia $p_2 = 0,01 \text{ MPa}$. Moc wewnętrzna maszyny $N_i = 150 \text{ kW}$. Po rozprężeniu para płynie do skraplacza natryskowego, do którego doprowadza się strumień wody $\dot{m}_w = 5 \text{ kg/s}$ o temperaturze $T_w = 293 \text{ K}$. Temperatura wody odpływającej ze skraplacza $T_3 = 318 \text{ K}$. Obliczyć sprawność wewnętrzną η_i maszyny.

Odp: $\eta_i=0,83$.

12. Do turbiny parowej o mocy teoretycznej wynoszącej 20 MW dopływa para o ciśnieniu 41 bar i temperaturze 633 K . Para ta rozpręża się izentropowo do momentu uzyskania stopnia suchości wynoszącego $0,85$. Obliczyć zapotrzebowanie masy pary wodnej dopływającej do turbiny.

Odp: $m_p=24,5 \text{ kg/s}$.

13. Wyznaczyć odchylenie względne wartości entalpii i entropii pary wodnej o parametrach 50 bar i 823 K oraz 5 bar i 573 K , odczytanych z wykresu $i-s$. Za punkt odniesienia przyjąć wartości tablicowe.