

Gazy wilgotne

1. Znaleźć masę pary wodnej zawartej w pokoju o wymiarach 4m x 4m x 6m, jeżeli parametry powietrza atmosferycznego w wymienionym pomieszczeniu wynoszą $T_1 = 293 \text{ K}$, $\varphi_1 = 60 \%$.

Odp: $m_p = 0,996 \text{ kg}$

2. W parny, upalny, letni dzień parametry powietrza atmosferycznego wynoszą $T_1 = 308 \text{ K}$, $\varphi_1 = 100 \%$. Obliczyć masę m_w wody, jaka wydzieli się z objętości $V = 0,001 \text{ km}^3$ powietrza przy nagłym jego ochłodzeniu do temperatury $T_2 = 293 \text{ K}$.

Odp: $m_w = 22,3 \text{ t}$

3. Do urządzenia klimatyzacyjnego zasysane jest powietrze nasycone wodą o parametrach $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_1 = 278 \text{ K}$, a następnie podgrzewane izobarycznie. Wiedząc, że na każdy kg powietrza suchego dostarczane jest 30 kJ ciepła określić temperaturę T_2 i wilgotność powietrza φ_2 po podgrzaniu.

Odp: $T_2 = 307,5 \text{ K}$, $\varphi_2 = 16\%$

4. Zamglone powietrze o parametrach $p_1 = 103 \text{ kPa}$, $T_1 = 293 \text{ K}$ i $X_1 = 20 \text{ g/kg p.s.}$ przepływa przez nagrzewnicę, w której nagrzewa się izobarycznie przy $X = \text{idem}$ do $T_2 = 323 \text{ K}$. Określić temperaturę, w której odparują wszystkie krople cieczy, wilgotność względną powietrza na wylocie z nagrzewnicy oraz ilość ciepła potrzebną do ogrzania 100 kg powietrza wilgotnego.

Odp: $T_R = 298 \text{ K}$, $\varphi = 0,26$, $Q = 4362,7 \text{ kJ}$

5. 5 kg nasyconego parą wodną powietrza wilgotnego o temperaturze $T_1 = 293 \text{ K}$ i ciśnieniu $p_1 = 0,3 \text{ MPa}$ podgrzano izobarycznie do temperatury $T_2 = 323 \text{ K}$. Wyznaczyć ciepło i prace absolutną tej przemiany oraz wilgotność względną φ_2 powietrza w stanie końcowym.

Odp: $Q_{1-2} = 150,6 \text{ kJ}$, $L_{1-2} = 43,1 \text{ kJ}$, $\varphi_2 = 18,9 \%$

6. Podczas przyrządzania posiłków w kuchni o objętości $V = 800 \text{ m}^3$ powstaje w ciągu godziny 150 kg pary wodnej, która jest usuwana poprzez wielokrotną wymianę powietrza w całym pomieszczeniu. Powietrze świeże pobierane jest z otoczenia o parametrach $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_0 = 278 \text{ K}$ i $\varphi_0 = 0,6$ i wstępnie podgrzewane do temperatury $T_2 = 293 \text{ K}$, a następnie kierowane do kuchni. Zakładając, że parametry powietrza opuszczającego kuchnię wynoszą $p_k = p_0$, $T_k = T_2$, $\varphi_k = 1,0$ określić minimalną krotność wymiany powietrza.

Odp: $n_{\text{min.}} = 14 \text{ razy}$

7. Urządzenie klimatyzacyjne pobiera powietrze wilgotne o ciśnieniu $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$, temperaturze $T_1 = 303 \text{ K}$ i wilgotności względnej $\varphi_1 = 0,9$, po czym ochładza je izobarycznie z równoczesnym usunięciem 7,8 g/kg p.s. wilgoci. Obliczyć parametry końcowe powietrza / i_2 , X_2 / oraz przy pomocy tablic określić końcową temperaturę powietrza T_2 / $\varphi_2 = 1,0$ /.

Odp: $i_2 = 65,1 \text{ kJ/kg p.s.}$, $X_2 = 16,9 \text{ g/kg p.s.}$, $T_2 = 295 \text{ K}$

8. Powietrze wilgotne o entalpii $i_1 = 40 \text{ kJ/kg p.s.}$, temperaturze $T_1 = 293 \text{ K}$ i ciśnieniu $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$ ochłodzono izobarycznie do temperatury punktu rosy. Oblicz ilość odprowadzonego ciepła, wyznacz temperaturę punktu rosy / przy pomocy tablic parowych / oraz entalpie i_2 powietrza w stanie końcowym.

Odp: $q_{1-2} = -9,69 \text{ kJ/kg p.s.}$, $T_R = 283,3 \text{ K}$. $i_2 = 30,3 \text{ kJ/kg p.s.}$

9. W suszarni należy odprowadzić $\dot{m}_w = 2 \text{ t/h}$ wody od materiału suszonego. W tym celu pobiera się powietrze z otoczenia o parametrach $p_1 = 102 \text{ kPa}$, $T_1 = 283 \text{ K}$ i $\varphi_1 = 0,3$ i przed skierowaniem do suszarni podgrzewa się je w nagrzewnicy do temperatury T_2 . Na wylocie z suszarni parametry powietrza wynoszą: $p_3 = p_1$, $T_3 = 318 \text{ K}$, $\varphi_3 = 0,95$. Zakładając, że temperatura materiału suszonego nie ulega zmianie podczas procesu suszenia, a straty ciepła z suszarni do otoczenia można pominąć, obliczyć: strumień masy \dot{m}_1 powietrza pobieranego z otoczenia i strumień objętości \dot{V}_1 , temperaturę T_2 podgrzanego powietrza, strumień ciepła \dot{Q}_{1-2} doprowadzonego w nagrzewnicy, jednostkowe zużycie ciepła do suszenia \dot{q} / na 1 kg odparowanej wilgoci /.

**Odp: $\dot{m}_1 = 9,49 \text{ kg/s}$, $\dot{V}_1 = 7,57 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_2 = 468,4 \text{ K}$, $\dot{Q}_{1-2} = 1778,49 \text{ kW}$,
 $\dot{q} = 3188 \text{ W}/(\text{kg wilgoci})$**

10. 2 kg powietrza wilgotnego o temperaturze $T_1 = 303 \text{ K}$ i wilgotności względnej $\varphi_1 = 0,45 \%$ zmieszano izobarycznie przy ciśnieniu $0,1 \text{ MPa}$ z taką samą ilością powietrza o temperaturze $T_2 = 293 \text{ K}$ i wilgotności względnej $\varphi_2 = 0,3$. Obliczyć parametry mieszaniny: T_m , X_m , φ_m , i_m , R_m oraz ciśnienia cząstkowe pary wodnej p_p i powietrza suchego p_g ($R_p = 461,5 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, $R_g = 287 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$).

**Odp: $T_m = 298 \text{ K}$, $X_m = 8,25 \text{ g/kg p.s.}$, $f_m = 0,41$, $i_m = 46,2 \text{ kJ/kg p.s.}$, $R_m = 288,5 \text{ kJ/kg p.s.}$,
 $p_p = 1,31 \text{ kPa}$, $p_g = 98,69 \text{ kPa}$**

11. Powietrze wilgotne o temperaturze $T_1 = 291 \text{ K}$ i wilgotności względnej $\varphi_1 = 20\%$ nawilżono parą wodną o entalpii właściwej $i_p = 2680 \text{ kJ/kg}$, w ilości $m_p = 4 \text{ g/kg p.s.}$ Ciśnienie powietrza $p_0 = 0,1 \text{ MPa} = \text{idem}$. Obliczyć parametry końcowe powietrza: T_2 , X_2 , i_2 , φ_2 .

Odp: $T_2 = 291,7 \text{ K}$, $X_2 = 6,57 \text{ g/kg p.s.}$, $i_2 = 35,32 \text{ kJ/kg p.s.}$, $\varphi_2 = 47,7 \%$

12. Powietrze wilgotne o parametrach $p_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_1 = 285 \text{ K}$ i wilgotności względnej $\varphi_1 = 30 \%$ zmieszano izobarycznie z parą przegrzaną o parametrach $p_2 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_2 = 673 \text{ K}$, wskutek czego otrzymano powietrze wilgotne o parametrach $p_3 = 0,1 \text{ MPa}$, $T_3 = 291 \text{ K}$. Wykorzystując podziałkę kierunkową wykresu i - X wyznaczyć: wilgotność względną otrzymanego powietrza φ_3 , stosunek ilości substancji pary przegrzanej do ilości powietrza suchego.

Odp: $\varphi_3 = 85 \%$, $m_p/m_g = 0,007 \text{ kg pary przegrzanej/kg p.s}$

13. Do chłodni kominowej doływa ze skraplacza turbiny strumień wody $\dot{m}_w = 11 \text{ t/s}$ o temperaturze $T_{w1} = 305 \text{ K}$ oraz wilgotne powietrze atmosferyczne o parametrach: $p_1 = 102 \text{ kPa}$, $T_1 = 283 \text{ K}$, $\varphi_1 = 30 \%$. Parametry wody i powietrza wilgotnego na wypywie z chłodni wynoszą odpowiednio: $T_{w2} = 294 \text{ K}$, $T_2 = 290 \text{ K}$, $p_2 = p_1$, $\varphi_2 = 95 \%$. Obliczyć: zapotrzebowanie suchego powietrza m_{gs} i strumień wody odparowanej w chłodni \dot{m}_{od} .

**Odp: $m_{gs} = 17,5 \text{ t p.s./s}$, $\Delta m_w = 156 \text{ kg/s}$, zatem względny ubytek masy wody /
chłodzącej skraplacz / w chłodni kominowej wynosi $\Delta m_w / m_w = 0,014 = 1,4\%$**