

Esercizio 1

Una portata di $10000 \text{ m}^3/\text{h}$ d'aria secca viene inviata in un componente di un impianto di condizionamento.

In ingresso l'aria ha una temperatura di $4,0^\circ\text{C}$ ed un'umidità relativa del 70%.

Nella macchina di trattamento l'aria riceve una potenza termica pari a 130 kW ed una portata di vapore pari a $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$ in condizioni di vapore saturo secco a 40°C ($h_v = 2574,2 \text{ kJ/kg}$).

Nell'ipotesi che il sistema sia in regime permanente alla pressione atmosferica, si calcolino la temperatura dell'aria umida all'uscita dell'unità di trattamento e la sua umidità relativa.

Nota : Se si usano le formule: $p_s = (1,0007 + 3,46 \cdot 10^{-6} p) 6,1121 e^{\frac{17,502 t}{240,9+t}}$ dove p e p_s sono in millibars e t in $^\circ\text{C}$

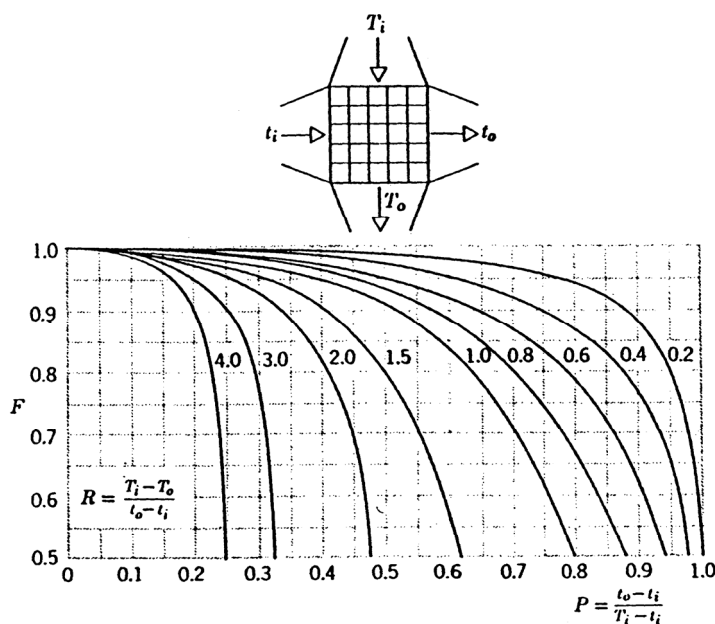
Esercizio 2.

Calcolare l'area totale di scambio termico di un radiatore per automobile che deve smaltire una potenza termica \dot{q} pari a $23,25 \text{ kW}$. La temperatura del fluido di raffreddamento, che possiamo supporre acqua ($c = 4,210 \text{ kJ/(kg K)}$), in entrata del radiatore è di 90°C e la sua portata massica è pari a $1,15 \text{ kg/s}$.

La temperatura dell'aria ambiente ($c_p = 1,009 \text{ kJ/(kg K)}$) vale 30°C e la sua portata massica è pari a $1,40 \text{ kg/s}$. Considerare il coefficiente globale di scambio termico U pari a $100 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Note :

- i radiatori automobilistici sono scambiatori a flusso incrociato
- nel diagramma allegato, le temperature segnate in minuscolo sono relative all'acqua mentre quelle in maiuscolo sono relative all'aria



Teoria

1. Disegnare qualitativamente sui piani termodinamici T-s e h-s un ciclo di Rankine surriscaldato (ciclo di Hirn) e ricavarne il rendimento
2. Dimostrare che l'umidificazione adiabatica si può ritenere con buona approssimazione una trasformazione isoentalpica.
3. Definizione del Numero di Biot.

Soluzione

Esercizio 1

Leggo dal diagramma di CARRIER

$$x_1 = 3,5 \frac{g_v}{kg_a} \quad h_1 = 12,8 \frac{kJ}{kg} \quad v_1 = 0,79 \frac{m^3}{kg}$$

Oppure dalle formule:

$$p_{s1} = (1,007 + 3,46 \cdot 10^{-6} * 1013,2) * 6,1121 \cdot 10^2 e^{\frac{17,502 * 4}{240,9 + 4}} = 817 Pa$$

$$x_1 = 0,622 \frac{0,7 * 817}{1,013 \cdot 10^5 - 0,7 * 817} = 3,5 \cdot 10^{-3} \frac{kg_v}{kg_a}$$

$$h_1 = 1,006 * 4 + (2501 + 1,875 * 4) * 3,5 \cdot 10^{-3} = 12,8 \frac{kJ}{kg}$$

$$v = \frac{RT}{p_a} = \frac{287,0 * 277,15}{1,013 \cdot 10^5 - 817} = 0,79 \frac{m^3}{kg}$$

Quindi

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{10000}{0,79 * 3600} = 3,5 \frac{kg}{s}$$

Scrivo i bilanci di energia e massa

$$\begin{cases} \dot{m}_a h_1 + \dot{Q} + \dot{m}_v h_v = \dot{m}_a h_2 \\ \dot{m}_a x_1 + \dot{m}_v = \dot{m}_a x_2 \end{cases}$$

Da cui:

$$h_2 = 91,1 \frac{kJ}{kg} \quad x_2 = 19,5 \frac{g_v}{kg_a}$$

A questo punto o leggo il valore della temperatura e dell'umidità specifica dal diagramma oppure ricavo dall'equazione dell'entalpia la temperatura.

$$t_2 = \frac{h_2 - 2501 * x_2}{1,006 + 1,875 * x_2} = 40,6^\circ C$$

Con questa temperatura ricavo la p_{s2}

$$p_{s2} = (1,007 + 3,46 \cdot 10^{-6} * 1013,2) * 6,1121 \cdot 10^2 e^{\frac{17,502 * 40,6}{240,9 + 40,6}} = 7661 Pa$$

E quindi ricavo l'umidità relativa:

$$\varphi_2 = \frac{x_2 p_{t2}}{0,622 p_{s2} + x_2 p_{s2}} = 0,4 = 40\%$$

Esercizio 2

Per l'acqua

$$\dot{m}_{H_2O} c_{H_2O} (t_{iH_2O} - t_{uH_2O}) = \dot{q}$$

$$t_{uH_2O} = t_{iH_2O} - \frac{\dot{q}}{\dot{m}_{H_2O} c_{H_2O}} = 90,0 - \frac{23,25}{1,15 * 4,210} = 85,2^\circ C$$

Per l'aria

$$\dot{m}_a c_{pa} (t_{ua} - t_{ia}) = \dot{q}$$

$$t_{ua} = t_{ia} + \frac{\dot{q}}{\dot{m}_a c_{pa}} = 30,0 + \frac{23,25}{1,40 * 1,009} = 46,5^\circ C$$

Considero lo scambiatore in controcorrente

$$\Delta T_1 = 90,0 - 46,5 = 43,5$$

$$\Delta T_2 = 85,2 - 30,0 = 55,2$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = 49,1^\circ C$$

$$P = \frac{85,2 - 90,0}{30 - 90,0} = 0,08$$

$$R = \frac{30,0 - 46,5}{85,2 - 90,0} = 3,44$$

Dal diagramma:

$$F = 0,98$$

Per cui

$$\dot{q} = UAF\Delta T_{ml}$$

$$A = \frac{\dot{q}}{UF\Delta T_{ml}} = \frac{23,25}{0,1 * 0,98 * 49,1} = 4,83 \text{ m}^2$$