

Prova scritta di Fisica Tecnica – 9 gennaio 2001
(ing. Meccanica, Elettrica, Elettronica, Navale, Materiali)
(ing. Civile, Edile, Ambientale)

.....

NOME e COGNOME

.....

CORSO di LAUREA

.....

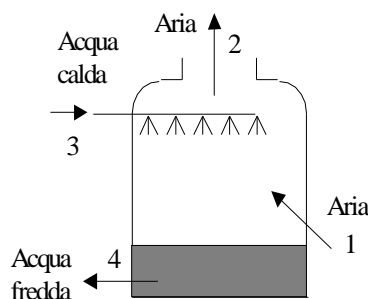
VOTO

Termodinamica

Una portata $\dot{m}_3 = 100 \text{ kg/s}$ d'acqua di raffreddamento di un impianto di produzione di energia entra in una torre evaporativa alla temperatura $t_3 = 35^\circ\text{C}$. L'acqua viene raffreddata nella torre sino alla temperatura $t_4 = 22^\circ\text{C}$ per mezzo della portata di aria \dot{m}_a che entra alla temperatura $t_1 = 20^\circ\text{C}$, umidità relativa $\phi = 60\%$ ed esce in condizioni di saturazione alla temperatura $t_2 = 30^\circ\text{C}$.

Utilizzando il diagramma psicrometrico allegato e trascurando la potenza del ventilatore si determini

1. la portata aria \dot{m}_a ;
2. la portata di acqua evaporata \dot{m}_v ;



Trasmissione del calore

In un tubo di lunghezza $L = 5 \text{ m}$ e di diametro interno $d_i = 3 \text{ cm}$ scorre acqua che deve essere riscaldata dalla temperatura $t_e = 15^\circ\text{C}$ alla temperatura $t_u = 65^\circ\text{C}$. Il tubo è dotato di una resistenza elettrica che provvede al riscaldamento uniforme attraverso la superficie del tubo.

Se il sistema deve fornire una portata $\dot{V}_a = 10 \text{ l/min}$ di acqua calda, determinare:

1. la potenza che deve erogare la resistenza elettrica;
2. il coefficiente di scambio medio tra tubo e fluido $\bar{\alpha}$;
3. La temperatura della superficie interna del tubo all'uscita.

Le proprietà dell'acqua alla temperatura media di film sono:

$$\rho = 994 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0.628 \text{ W/(m K)}$$

$$\nu = 0.658 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$c_p = 4178 \text{ J/(kg K)}$$

per i calcoli si utilizzi, dopo averne giustificato l'applicabilità la formula

$$\text{Nu} = 0.023 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{0.4}$$

Termodinamica

dal diagramma psicrometrico si ottiene

$$h_1 = 42.2 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$$

$$x_1 = 0.0087 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_a$$

$$h_2 = 100.0 \text{ kJ/kg}_{\text{as}}$$

$$x_2 = 0.0273 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_a$$

$$h_3 = c_l t_3 = 146.7 \text{ kJ/kg}_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$h_4 = c_l t_4 = 92.3 \text{ kJ/kg}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Bilancio di massa sull'acqua

$$\dot{m}_v = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$$

Bilancio entalpico su tutta la torre evaporativa

$$\dot{m}_a h_1 + \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_a h_2 + \dot{m}_4 h_4$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_3 - \dot{m}_v$$

risolvendo per \dot{m}_a si ottiene

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_3 (h_3 - h_4)}{(h_2 - h_1) - (x_2 - x_1) h_4} = 96.9 \text{ kg/s}$$

la portata in massa di acqua evaporata è

$$\dot{m}_v = \dot{m}_a (x_2 - x_1) = 1.80 \text{ kg/s}$$

Trasmissione del calore

Area sezione trasversale

$$A_t = \frac{1}{4} \pi d_i^2 = 7.069 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Area superficie laterale

$$A = p L = \pi d_i L = 0.471 \text{ m}^2$$

Portata in massa

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = 0.1658 \text{ kg/s}$$

il flusso termico fornito è uguale alla potenza della resistenza elettrica

$$q = \dot{m} c_p (t_u - t_e) = 34.6 \text{ kW}$$

flusso termico specifico

$$q'' = \frac{q}{A} = 73.46 \text{ kW/m}^2$$

velocità media nel condotto

$$\bar{u} = \frac{\dot{V}}{A_t} = 0.236 \text{ m/s}$$

numeri di Reynolds e di Prandtl

$$Re = \frac{\bar{u} d_i}{\nu} = 10760$$

$$Pr = \frac{c_p \nu \rho}{\lambda} = 4.36$$

il moto è turbolento posso utilizzare la relazione

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} = 69.5$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_i} Nu = 1455 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

temperatura del tubo all'uscita

$$t = t_u + \frac{q''}{\alpha} = 115 \text{ } ^\circ\text{C}$$