Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2015-2016

Cognome	Nome	Matricola	Firma

E-mail:

Problema 1. Uno scambiatore di calore è costituito da due tubi coassiali a parete metallica molto sottile. La temperatura del fluido caldo va da T_H^{IN} a T_H^{OUT}, la temperatura del fluido freddo va da T_C^{IN} a T_C^{OUT}. I due fluidi sono inviati in controcorrente allo scambiatore. Considerando costanti i calori specifici dei due fluidi ed il coefficiente globale di scambio, calcolare come cambiano T_H^{OUT} e T_C^{OUT} se (rispetto al caso iniziale):

1. la portata di fluido freddo si riduce a un terzo;
2. la lunghezza dello scambiatore raddoppia;
3. la portata di fluido caldo viene moltiplicata per tre.

Dati. $T_H^{IN} = 95°\text{C}$, $T_H^{OUT} = 55°\text{C}$, $T_C^{IN} = 25°\text{C}$, $T_C^{OUT} = 75°\text{C}$.

Problema 2. Un sensore atmosferico, avente una forma sferica di diametro D, viene trainato da un aereo e viaggia in orizzontale con una velocità v, ad una quota H sul livello del mare. La potenza che l'aereo spende per trainare il sensore è P_D. La pressione a livello del mare è P_0, la temperatura dell'aria al livello del mare è T_0, e la temperatura stessa è funzione della quota z secondo una legge lineare. Calcolare:

1. La pressione e la densità dell'aria alla quota H,
2. La velocità dell'aereo e del sensore,

L'elettronica contenuta nel sensore produce una generazione volumetrica di calore G, calore che viene dissipato per convezione forzata.

3. Calcolare la temperatura del sensore.

Dati. $H = 7$ km, $D = 30$ cm, $P_D = 20$ kW, $P_0 = 1$ atm, $T_0 = 25°\text{C}$, $(\partial T/\partial z) = -5°\text{C/km}$, $G = 25\ \text{kW/m}^3$

Istruzioni: compilare innanzitutto con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte utilizzare solo questo foglio.

Problema 1. Uno scambiatore di calore è costituito da due tubi coassiali a parete metallica molto sottile. La temperatura del fluido caldo va da T_H^{IN} a T_H^{OUT}, la temperatura del fluido freddo va da T_C^{IN} a T_C^{OUT}. Considerando costante il coefficiente globale di scambio, calcolare come cambiano T_H^{OUT} e T_C^{OUT} se (rispetto al caso iniziale):

1. la portata di fluido freddo si riduce a un terzo;
2. la lunghezza dello scambiatore raddoppia;
3. la portata di fluido caldo viene moltiplicata per tre.

Dati. $T_H^{IN} = 95°C$, $T_H^{OUT} = 55°C$, $T_C^{IN} = 25°C$, $T_C^{OUT} = 75°C$.

$T_{H.in} := 95°C \qquad T_{H.out} := 55°C \qquad T_{C.in} := 25°C \qquad T_{C.out} := 75°C$

$$Q = m_H C_{P.H}(T_{H.in} - T_{H.out}) = m_C C_{P.C}(T_{C.out} - T_{C.in}) = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

$$\Delta T_{ml} := \frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]} = 24.663\,K$$

$$\alpha_1 = \frac{(m_H C_{P.H})}{U \cdot A} = \frac{\Delta T_{ml}}{(T_{H.in} - T_{H.out})} \qquad \alpha_1 := \frac{\Delta T_{ml}}{(T_{H.in} - T_{H.out})} = 0.617$$

$$\alpha_2 = \frac{(m_C C_{P.C})}{U \cdot A} = \frac{\Delta T_{ml}}{(T_{C.out} - T_{C.in})} \qquad \alpha_2 := \frac{\Delta T_{ml}}{(T_{C.out} - T_{C.in})} = 0.493$$

Caso 1. α.2 si riduce a un terzo $\qquad \alpha_{2.1} := \frac{\alpha_2}{3}$

Given

$$\alpha_1 = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{H.in} - T_{H.out})} \qquad \alpha_{2.1} = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{C.out} - T_{C.in})}$$

$$\begin{pmatrix} T_{H.out} \\ T_{C.out} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(T_{H.out}, T_{C.out}) = \begin{pmatrix} 76.492 \\ 94.405 \end{pmatrix} \cdot °C$$

Caso 2. dimezzano sia α.1 che α.2 $\qquad \alpha_{1.2} := \frac{\alpha_1}{2} \qquad \alpha_{2.2} := \frac{\alpha_2}{2}$

Given

$$\alpha_{1.2} = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{H.in} - T_{H.out})} \qquad \alpha_{2.2} = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{C.out} - T_{C.in})}$$

$$\begin{pmatrix} T_{H.out} \\ T_{C.out} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(T_{H.out}, T_{C.out}) = \begin{pmatrix} 46.724 \\ 85.345 \end{pmatrix} \cdot °C$$

Caso 3. α.1 si triplica $\qquad \alpha_{1.3} := 3 \cdot \alpha_1$

Given

$$\alpha_{1.3} = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{H.in} - T_{H.out})} \qquad \alpha_2 = \frac{\frac{(T_{H.in} - T_{C.out}) - (T_{H.out} - T_{C.in})}{\ln\left[\frac{(T_{H.in} - T_{C.out})}{(T_{H.out} - T_{C.in})}\right]}}{(T_{C.out} - T_{C.in})}$$

$$\begin{pmatrix} T_{H.out} \\ T_{C.out} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(T_{H.out}, T_{C.out}) = \begin{pmatrix} 79.627 \\ 82.648 \end{pmatrix} \cdot °C$$

Problema 2. Un sensore atmosferico viene trainato da un aereo e viaggia in orizzontale ad una velocità v, ad una quota H sul livello del mare. La potenza che l'aereo spende per trainare il sensore è P_D. Il sensore ha una forma sferica di diametro D. La pressione a livello del mare è P_0, la temperatura dell'aria al livello del mare è T_0, e la temperatura stessa è funzione della quota z secondo una legge lineare. Calcolare:

1. La pressione e la densità dell'aria alla quota H,
2. La velocità dell'aereo e del sensore,

L'elettronica contenuta nel sensore produce una generazione volumetrica di calore G, calore che viene dissipato per convezione forzata.

3. Calcolare la temperatura superficiale del sensore.

Dati. $H = 7$ km, $D = 30$ cm, $P_D = 20$ kW, $P_0 = 1$ atm, $T_0 = 25$°C, $(\partial T/\partial z) = -5$°C/km, $G = 25$ kW/m³.

$H := 7\cdot km \quad D := 30\cdot cm \quad P_D := 20\cdot kW \quad P_0 := 1\cdot atm \quad T_0 := 25\,°C \quad dTdz := \frac{-5\cdot K}{km} \quad G := 25\cdot\frac{kW}{m^3}$

$MM := 0.029\cdot\frac{kg}{mol} \quad R := 8.314\cdot\frac{J}{mol\cdot K} \quad g = 9.807\,\frac{m}{s^2} \quad T(z) := T_0 + dTdz\cdot z$

$dP = -g\cdot\rho\cdot dz \quad P\cdot V = \frac{m}{MM}\cdot R\cdot T \quad P\cdot MM = \rho\cdot R\cdot T \quad \rho = \frac{P\cdot MM}{R\cdot T}$

$dP = -g\cdot\frac{P\cdot MM}{R\cdot T}\cdot dz \quad \frac{dP}{P} = -\frac{g\cdot MM}{R}\cdot\frac{dz}{T_0 + dTdz\cdot z} \quad \int_{P_0}^{P(z)}\frac{1}{P}\,dP = -\frac{g\cdot MM}{R}\cdot\int_0^z\frac{1}{T_0 + dTdz\cdot z}\,dz$

$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{g\cdot MM}{R\cdot dTdz}\cdot\ln\left(\frac{T_0 + dTdz\cdot z}{T_0}\right) \quad P(z) := P_0\cdot\exp\left(-\frac{g\cdot MM}{R\cdot dTdz}\cdot\ln\left(\frac{T_0 + dTdz\cdot z}{T_0}\right)\right) \quad \rho(z) := \frac{P(z)\cdot MM}{R\cdot T(z)}$

$T(H) = -10\cdot°C \quad P(H) = 0.426\cdot atm \quad \rho(0\cdot m) = 1.185\,\frac{kg}{m^3} \quad \rho(H) = 0.572\,\frac{kg}{m^3} \quad \mu_A(T(H)) = 1.671\times 10^{-5}\,\frac{kg}{m\cdot s}$

$f_{sph} := 0.2 \quad v := 10\cdot\frac{m}{s}$ Given $P_D = f_{sph}\cdot\frac{\rho(H)\cdot v^2}{2}\cdot\frac{\pi\cdot D^2}{4}\cdot v \quad v := \mathrm{Minerr}(v) = 170.426\,\frac{m}{s} \quad \frac{v\cdot D\cdot\rho(H)}{\mu_A(T(H))} = 1.749\times 10^6$

$v = 170.426\,\frac{m}{s} \quad v = 613.535\cdot\frac{km}{hr}$

$N_{Re} := \frac{v\cdot D\cdot\rho(H)}{\mu_A(T(H))} = 1.749\times 10^6 \quad N_{Pr} := N_{Pr.A}(T(H)) = 0.72 \quad N_{Nu} := 2 + 0.6\cdot N_{Re}^{0.5}\cdot N_{Pr}^{0.33} = 713.815$

$k_A(T(H)) = 0.023\cdot\frac{W}{m\cdot K} \quad h := N_{Nu}\cdot\frac{k_A(T(H))}{D} = 55.459\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$T_s := 300\cdot K$ Given $G\cdot\frac{\pi\cdot D^3}{6} = \pi\cdot D^2\cdot h\cdot\left(T_s - T(H)\right) \quad T_s := \mathrm{Minerr}(T_s) = 12.539\cdot°C$

$T_s = 285.689\,K \quad T_s = 12.539\cdot°C$