الگوریتم حل

الف) محاسبات سمت لوله (سیال سرد)

۱- فرضیات لازم برای مشخصات لوله

OD= 1 in

BWG : 14

L= 8 ft

Arrangement: Δ , p= 1 ¼ in

t_2 = 95˚F , Fixed tube

۲- محاسبه Heat duty

$q = mC_p\Delta T = 6350 * 0.333 * (176-105) = 150000$ Btu/hr

الگوریتم حل

۳- فرض ضریب کلی انتقال حرارت U_0 و محاسبه A_o

$$q = U.A.LMTD$$

$$LMTD = \frac{\Delta T_h - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_h}{\Delta T_c}} = \frac{(176-95)-(105-90)}{\ln \frac{176-95}{105-90}} = 39.2$$

Assume : U = 100 Btu/hr.ft^2.˚F

$$A = \frac{q}{U.LMTD} = \frac{150000}{100 * 39.2} = 38.2\ ft^2$$

الگوریتم حل

۴- محاسبه تعداد لوله ها (N) :

$$N = \frac{A_o}{\pi OD.L}$$

πOD = 0.2618 ft (Table 10-3)

L = 8 – (3*2/12)= 7.5 ft

$$N = \frac{38.2}{0.2618 * 7.5} = 20$$

الگوریتم حل

۵- محاسبه تعداد گذرها و سرعت سیال داخل لوله:

Assume 1: 1 pass tube → $N_t = 33 > 20$ (Table 10-9)

$$m = \frac{q}{C_p \Delta t} = \frac{150000}{1*5} = 30000 \frac{lb}{hr}$$ ($C_{p,water}$ = 1 Btu/lb.˚F)

ID = 0.834 in (Table 10-3)

$$m = \rho u \frac{N_t}{pass\ No.} \frac{\pi . ID^2}{4} \rightarrow 30000 = 62.4 * u \frac{33}{1.} \frac{\pi * \left(\frac{0.834}{12}\right)^2}{4}$$

u = 3842 ft/hr = 1.07 ft/s < $u_{standard}$

الگوریتم حل

۵- محاسبه تعداد گذرها و سرعت سیال داخل لوله:

Assume 2: 2 pass tube $\rightarrow N_t = 32 > 20$ (Table 10-9)

$$m = \rho u \frac{N_t}{pass\ No.} \frac{\pi . ID^2}{4} \rightarrow 30000 = 62.4 * u \frac{32}{2} \frac{\pi * \left(\frac{0.834}{12}\right)^2}{4}$$

$u = 7924$ ft/hr $= 2.2$ ft/s $< u_{standard}$

Assume 3: 4 pass tube $\rightarrow N_t = 24 > 20$ (Table 10-9)

$$m = \rho u \frac{N_t}{pass\ No.} \frac{\pi . ID^2}{4} \rightarrow 30000 = 62.4 * u \frac{24}{4} \frac{\pi * \left(\frac{0.834}{12}\right)^2}{4}$$

$u = 21132$ft/hr $= 5.87$ ft/s

الگوریتم حل

۵- محاسبه تعداد گذرها و سرعت سیال داخل لوله:

با توجه به اینکه تعداد گذر لوله ها ۴ بدست آمد باید در این مرحله LMTD را با استفاده از نمودار 10-34A تصحیح کنیم. اما چون مقدار F بسیار نزدیک به ۱ بدست می آید از این تصحیح صرفنظر میکنیم.

N_t = 24

Pass : 4

u = 5.87 ft/s

الگوریتم حل

۶- محاسبه h_{io}

u= 5.87 ft/s , t_f = 92.5˚F → from Fig. 10-50A → h_i= 1340 Btu/hr.ft^2.˚F

F_w= 0.94

$$h_{io} = h_i . F_w \frac{ID}{OD} = 1340 * 0.94 * \frac{0.834}{1} = 105o \text{ Btu/hr.ft}^2.^\circ\text{F}$$

الگوریتم حل

ب) محاسبات سمت پوسته (سیال گرم)

۷- محاسبه سطح مقطع جریان a_s

$$a_s = \frac{ID_{shell} \cdot C' \cdot B}{P.144} \quad (ft^2)$$

ID_{shell} = 10 in (Table 10-9)
C' = 0.25 (Fig. 10-54)
B=ID_{shell} = 10 in
P= 1.25 in

$$a_s = \frac{10*0.25*10}{1.25*144} = 0.139 \ ft^2$$

الگوریتم حل

۸- محاسبه سرعت جرمی سیال داخل پوسته G_s

$$G_s = \frac{w}{a_s} = \frac{6350}{0.139} = 45700 \ \frac{lb}{ft^2.hr}$$

۹- محاسبه عدد رینولدز سمت پوسته

D_e= 0.72 in = 0.06 ft (Fig. 10-54)

μ = 0.404 * 2.42 = 0.978 lb/ft.hr

$$Re = \frac{D_e .G_s}{\mu} = \frac{0.06*45700}{0.978} = 2800$$

الگوریتم حل

۱۰- محاسبه ضریب جابجایی سیال سمت پوسته h_0

$$J_H = \frac{h_o \,.\, D_e}{k_a}\left(\frac{C_p.\mu}{k_a}\right)^{-\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0.14}$$

$$28 = \frac{h_o * 0.06}{0.055}\left(\frac{0.333 * 0.404 * 2.42}{0.055}\right)^{-\frac{1}{3}}$$

$h_o = 46.4$ Btu/hr.ft^2.˚F

الگوریتم حل

-۱۱

$$a_s = \frac{10 * 0.25 * 2}{1.25 * 144} = 0.0278\ ft^2$$

$$G_s = \frac{6350}{0.0278} = 229000\ \frac{lb}{ft^2.hr}$$

$$Re = \frac{0.06*229000}{0.978} = 14080$$

$$66 = \frac{h_o * 0.06}{0.055}\left(\frac{0.333 * 0.404 * 2.42}{0.055}\right)^{-\frac{1}{3}}$$

$h_o = 109.5\ Btu/hr.ft^2.^\circ F$

الگوریتم حل

۱۲- محاسبه U به ازای هر دو h_o

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + r_i + r_o + \frac{1}{h_o}}$$

$r_i = 0.001$, $r_o = 0.002$, $h_{io} = 1050$

$h_o = 46.4 \rightarrow\rightarrow\rightarrow U_o = 39.2$ Btu/hr.ft^2.°F

$h_o = 109.5 \rightarrow\rightarrow\rightarrow U_0 = 76.4$ Btu/hr.ft^2.°F

الگوریتم حل

۱۳- محاسبه $A_{required}$ مورد نیاز از رابطه $q=U.A.LMTD$

$q= 150000$ Btu/hr , LMTD= 39.2 ˚F

$U_o = 39.2 \rightarrow\rightarrow\rightarrow A_{required} = 98\ ft^2$

$U_o = 76.4 \rightarrow\rightarrow\rightarrow A_{required} = 50\ ft^2$

الگوریتم حل

۱۴- محاسبه $A_{available}$ در دسترس از رابطه $A_{available}=\pi OD.N_t.L$

$\pi OD = 0.2618$ ft , $N_t = 24$, $L= 7.5$ ft

$A_{available} = 47$ ft^2

۱۵- بررسی مناسب بودن A به نحویکه حداقل $A_{available}=1.1\ A_{required}$

$B = 10$ in $\rightarrow\rightarrow\rightarrow A_{required} > A_{available}$ ×

$B = 2$ in $\rightarrow\rightarrow\rightarrow A_{required} > A_{available}$ ×

الگوریتم حل

- اگر طول فرضی در مرحله اول را افزایش دهیم $A_{available}$ افزایش می یابد؛ از آنجا که حداکثر طول مجاز 9 ft می باشد و ما فرض کردیم L=8ft امکان افزایش طول وجود ندارد.

- بهترین راه حل افزایش ID_{shell} و بطور همزمان کاهش t_2 است؛ که باید محاسبات از مرحله ۵ به بعد تکرار شود.

$t_2 = 93\ ^\circ F$

الگوریتم حل

۵- محاسبه تعداد گذرها و سرعت سیال داخل لوله:

4 pass tube $\rightarrow N_t = 44$, $ID_{shell} = 12$ in (Table 10-9)

$$m = \frac{q}{C_p \Delta t} = \frac{150000}{1 * 3} = 50000 \frac{lb}{hr}$$

$$m = \rho u \frac{N_t}{pass\ No.} \frac{\pi . ID^2}{4} \rightarrow 50000 = 62.4 * u \frac{44}{4} \frac{\pi * \left(\frac{0.834}{12}\right)^2}{4}$$

u = 19211 ft/hr = 5.34 ft/s

N_t = 44

Pass : 4

u = 5.34 ft/s

الگوریتم حل

۶- محاسبه h_{io}

u= 5.34 ft/s , t_f = 91.5˚F → from Fig. 10-50A → h_i= 1220 Btu/hr.ft^2.˚F

F_w= 0.94

$$h_{io} = h_i . F_w \frac{ID}{OD} = 1220 * 0.94 * \frac{0.834}{1} = 956 \text{ Btu/hr.ft}^2.^\circ\text{F}$$

الگوریتم حل

۷ تا ۱۵ برای سه حالت: LMTD=39.7 و $A_{available}$= 86.4

B=ID_{shell}=12 in	B=1/5 ID_{shell}=2.4 in	B= 5 in
a_s = 0.2 ft^2	a_s= 0.04 ft^2	a_s= 0.083 ft^2
G_s= 31750	G_s= 158750	G_s= 76506
Re= 1950	Re=9700	Re=4700
J_H= 28	J_H= 55	J_H= 37
h_o= 46.4	h_o= 91.15	h_o= 61.3
U_o= 39.1	U_o= 66.6	U_o= 49.1
$A_{required}$= 96.6	$A_{required}$= 56.7	$A_{required}$= 76.95
$A_{available} < A_{required}$	$A_{available}$=1.5 $A_{required}$	$A_{available}$=1.12 $A_{required}$

الگوریتم حل

۱۶- محاسبه افت فشار مجاز

الف) سمت پوسته

$$\Delta P_{shell} = \frac{f_s . G_s^2 . D_s . (N_c + 1)}{5.22 . 10^{10} . D_e . S . \emptyset} \quad (psi)$$

$$\Delta P_{shell} = \frac{0.0025 * 76506^2 * \left(\frac{12}{12}\right) * \left(\frac{7.5}{5/12} + 1\right)}{5.22 * 10^{10} * 0.06 * 0.78 * 1} = 0.114\, psi \quad (psi)$$

$$\Delta P_{shell} = 1.5 * 0.114 = 0.171\, psi \quad (psi)$$

الگوریتم حل

ب) سمت لوله: شامل دو ترم است

$\Delta P_r = 0.9$ psi/pass (Fig. 10-139)

$\Delta P_r = 0.9 * 4 = 3.6$ psi

$$\frac{\text{دبی جرمی}}{\frac{\text{تعداد لوله ها}}{\text{تعداد گذر}}} = \frac{50000}{44/4} = 4500 \text{ , key : 12} \rightarrow\rightarrow\rightarrow \text{Fig. 10-138}$$

$\Delta P = 7$ psi/100 ft $* 8 * 4 = 2.24$ psi

$\Delta P_{tube} = 3.6 + 2.24 = 5.84 \sim 6$ psi