

تغییرات دما در طول لوله ثابت فرض شده

$$q = u_i A_i \Delta T = \dot{m} c_p \Delta T$$

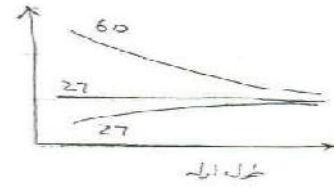
$$q = 8.0 \times (\pi) \left(\frac{2.5}{100} \right) (1.5) (60 - 27)$$

$$= 0.1 (4180) (60 - T_{\text{out}})$$

$$T_{\text{out}} = 59.21^\circ \text{C}$$

$$Nu = C Re^m Pr^n$$

$Pr \ll 1.0 \quad (Re Pr)^n = Pe^n$

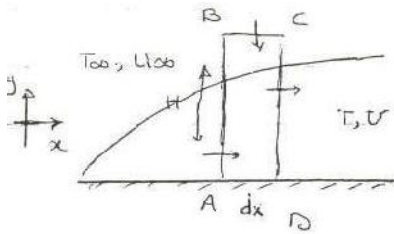


$$\Rightarrow T = f(Re, Pr)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ضریب انتقال حرارت} \\ \text{ضریب انتقال جرم} \\ \text{ضریب انتقال انرژی} \end{array} \right\} \begin{array}{l} U \\ T \end{array}$$

$$\Rightarrow h = \frac{-k_f \frac{\partial T}{\partial y} |_{y=0}}{\Delta T}$$

$$h = f(Re, Pr)$$



if $Pr=1$ لایه مرزی حرارتی = لایه مرزی سرعت

$$\frac{\partial P}{\partial x} \approx 0$$

$$2-D$$

$$S.S$$

incompressible - $\rho = \text{const}$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$W = 1.0$$

$$\dot{m}_{AB} = - \left[\int_0^H \rho u dy \right] W$$

$$\dot{m}_{BC} = \left[\int_0^H \rho u dy + \left(\frac{\partial}{\partial x} \int_0^H \rho u dy \right) dx \right] W$$

$$\dot{m}_{BC} = - \frac{\partial}{\partial x} \left[\int_0^H \rho u dy \right] dx W$$

حال همین کار را برای انرژی انجام می دهیم

Energy flow in

$$\dot{E}_{AB} = \int_0^H c_p u T dy$$

$$e = \underline{h} = c_p T$$

Energy flow out

$$\dot{E}_{CD} = \int_0^H c_p u T dy + \frac{d}{dx} \left[\int_0^H c_p u T dy \right] dx$$

$$\dot{E}_{BC} = \frac{d}{dx} \left[\int_0^H c_p u T_{\infty} dy \right] dx$$

$$\frac{d}{dx} \left[\int_0^H c_p u T dy \right] dx - \frac{d}{dx} \left[\int_0^H c_p u T_{\infty} dy \right] dx =$$

$$- \frac{d}{dx} \left[\int_0^H c_p u (T - T_{\infty}) dy \right] dx = S$$

$$S_t \Rightarrow T_{\infty} - T \Rightarrow H = \delta_t \Rightarrow - \frac{d}{dx} \left[\int_0^{\delta_t} c_p u (T - T_{\infty}) dy \right] dx$$

تولید، تخریب یا کسب

$$= -k_f \left. \frac{dT}{dy} \right|_{y=0}$$

این پروفیل دما و سرعت حدس زده می شود راجح می شود

$$u = u_{\infty} \quad \text{for all } y \quad \frac{T - T_{\infty}}{T_w - T_{\infty}} = \frac{y}{\delta} \quad \delta \text{ لایه حرارتی خالص}$$

$$\frac{d}{dx} \int_0^{\delta} c_p u_{\infty} (T - T_{\infty}) dy = -k_f \left. \frac{dT}{dy} \right|_{y=0}$$

با استفاده از معادله بالا داریم

$$\int_0^{\delta} \frac{c_p u_{\infty} (T_w - T_{\infty})}{\delta} y \cdot dy = \frac{c_p u_{\infty} (T_w - T_{\infty}) \delta}{2}$$

$$k \left. \frac{dT}{dy} \right|_{y=0} = k \frac{T_w - T_{\infty}}{\delta} \Rightarrow \frac{d}{dx} \left[\frac{c_p u_{\infty} (T_w - T_{\infty}) \delta}{2} \right] = k \frac{T_w - T_{\infty}}{\delta}$$

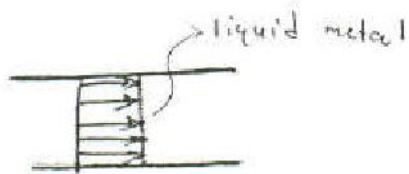
$$\delta d\delta = \frac{2K}{c\rho U_{\infty}} dx \Rightarrow \delta^2 = \frac{4K}{c\rho U_{\infty}} x + C \Rightarrow \delta = 0 \text{ @ } x = 0 \Rightarrow C = 0$$

$$\Rightarrow \delta^2 = 4x^2 \frac{K}{\rho c} \cdot \frac{\rho}{\mu U_{\infty} x} = \frac{4x^2}{Re Pr} \Rightarrow \delta = \frac{2x}{(Re Pr)^{1/2}}$$

$$h_x(T_w - T_{\infty}) = \frac{K(T_w - T_{\infty})}{2x} (Pe Re)^{0.5}$$

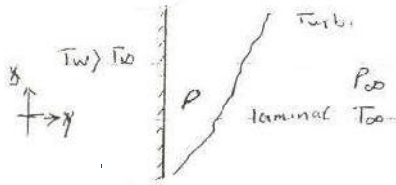
$$\frac{h_x}{K} = Nu = 0.5 (Re Pr)^{1/2} \Rightarrow \boxed{Nu = 0.5 Pe^{1/2}}$$

مساله تقريبا برای حالت روغن کاری است، تقريبا برای سیال فلزی است. در آخر برای محاسبه h جایجایی با هدایت یکسان قرار می دهیم.



جایجایی آزاد:

ممکن است که نیروی اینرسی داشته باشیم ولی به گونه ای است که نیروی شناوری قالب بر اینرسی است. بی بعد کردن راه به دست آورید؟



2-D - مستوی - قائم

تکامل - پایدار - یکنواخت

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{1}{V_{\infty}} \frac{V - V_{\infty}}{T - T_{\infty}} = \frac{P_{\infty} - P}{P(T - T_{\infty})}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x} - \rho g + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = - \rho g \quad \text{که گرافیت} \quad g(\rho_{\infty} - \rho)$$

$$Gr = \frac{g \beta (T_w - T_{\infty}) x^3}{\nu^2}$$

Grashof - از این جهت در دست می آید

بسیار ساده تر از عدد رینولدز

$$\beta = \frac{1}{T_{\infty}} \quad \text{در گازها}$$

$$\rho c_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \rightarrow \frac{1}{Pr Re}$$

$$Nu = f(Gr, Re, Pr) \quad \text{تکامل}$$

Re - عدد رینولدز - کم

$$Nu = f(Gr, Pr) \rightarrow \frac{\text{صلابت ایستری}}{\text{صلابت مایه}} \cdot \frac{\text{حرارتی}}$$

$$\frac{Gr}{Re^2} = \frac{\text{نیروی اجباری} \times \text{نیروی شناوری}}{(\text{نیروی اینرسی})^2}$$

$$Nu = C (Gr Pr)^n$$

$$= C Ra^n$$

در جدول دینولد ها
 $n = 1/3$ توربولانت
 $n = 1/4$ آرام

تعریف خاصی ندارد مگر (Re)

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

در تمام بودن جریان آزاد عدد رایلی است که باید در صفحات کت $Ra > 10^9$ باشد.

$$Ri = \frac{Gr}{Re^2} \begin{cases} \ll 1 & \text{اجباری} \\ \approx 1 & \text{Mixed (0.8 - 1.5) آزاد-اجباری} \\ \gg 1 & \text{آزاد} \end{cases}$$

لامپ هر دو است

Gr نیروی شناوری به لزجت است. ولی در واقع هر سه نیروی شناوری لزجت و اینرسی است.

$$Ri = \frac{Gr}{Re^2} \rightarrow \text{Richardson number}$$

که در ژرفای های زمانی

$$q = hA\Delta T$$

رابطه انرژی ها است که ادهی شود

h در جریان توربولانس اریبایی به طول ندارد

مثال: لامپی که قبلاً حل شده است.

40 watt

$T_b = 127^\circ\text{C}$

$T_\infty = 27^\circ\text{C}$

$D = 50 \text{ mm}$

% lost by convection

Free?

سؤال: لامپی که قبلاً حل شده است.

$$Gr = \frac{\beta \Delta T (50/1000)^3}{\nu^2} =$$

$$\frac{9.8 \left(\frac{1}{77+273} \right) (100) \left(50/1000 \right)^3}{(2.07 \times 10^{-5})^2} \approx 8.1 \times 10^5$$

β باید حتماً کلین یا ریلین باشد

$$\frac{Gr}{Re^2} = \frac{8.1 \times 10^5}{(721.5)^2} = 1.55$$

آزاد - اجباری

همان آرد $Nu = 2 + 0.43 (Gr Pr)^{1/4}$

در این حالت باید از جدول Nu بزرگتر از 2

است

$$Nu = 2 + 0.43 (8.1 \times 10^5 \times 0.7)^{1/4}$$

$Pr = 0.7$ است

$$= 13.8$$

$$\frac{hD}{k_f} = 13.8 \Rightarrow h_{\text{آرد}} = \frac{13.8 (0.028)}{\frac{50}{1000}} = 7.73 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$q = hA\Delta T = 7.73 \times \pi \left(\frac{50}{100} \right)^2 (100) = 6.07 \text{ W}$$

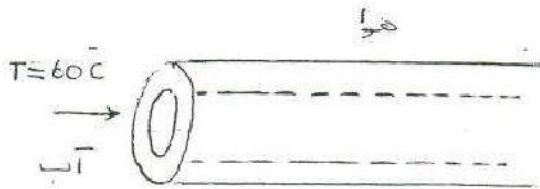
$$\text{نویسه شونده درجه آزادی} \quad A = 4\pi r^2 \text{ باشد} \quad (*)$$

$$\text{درصد} \text{ lost} = \frac{6}{40} = 15\% \quad \text{آزاد}$$

از دسترس سیم لایق صورت گرفته است و فقط باید دانه را

گرفته شده است. 20% تسخیم 6.0% اجباری

طراحی مبدل ها:



$$D_i = 2.5 \text{ cm}$$

$$D_o = 3 \text{ cm}$$

$$k = 17 \text{ steel}$$

$$V_{cp} = 3 \text{ m/s}$$

$$U_{\infty} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$T_{\infty} = 27^{\circ}\text{C}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 (3) (2.5/100)}{4.71 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.6 \times 10^5 \quad \text{کورتولانت}$$

$$Nu = 0.023 Re^{4/5} Pr^m = 0.023 (1.6 \times 10^5)^{4/5} (3)^{0.3} = 465.76$$

$$h_i = \frac{0.659 (465.76)}{0.025} = 60.92 \times 10^3 \approx 6.1 \times 10^4 \quad \text{آب جاری است}$$

$$Gr = \frac{9.8 \left(\frac{1}{27+273} \right) (60-27) \left(\frac{3}{100} \right)^3}{(15.7 \times 10^{-6})^2} = 1.18 \times 10^5 \quad \text{کورتولانت بسیار کم است}$$

دمای سطح لوله ها دائم در حال تغییر است باید تخمین بزنیم ابتدا فرض می کنیم دمای سطح ما ۶۰ درجه باشد. باید سعی و خطا شود.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{(0.3) \left(\frac{3}{100} \right)}{15.7 \times 10^{-6}} = 573.2$$

$$\Rightarrow \frac{Gr}{Re^2} = \frac{1.18 \times 10^5}{(573.2)^2} = 0.34 \quad \text{اجباری}$$

$$Nu = C Re^n = 0.615 (573.2)^{0.466} = 11.9$$

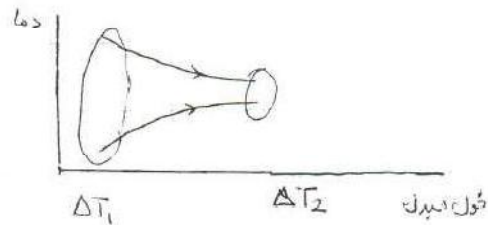
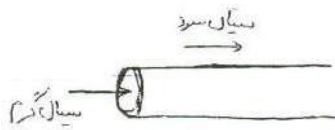
$$h = \frac{11.9 (0.03)}{0.03} = 11.9$$

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{r_i \ln(r_o/r_i)}{k} + \frac{r_i}{r_o} \frac{1}{h_o}} = \frac{1}{\frac{1}{12000} + \frac{0.025 \ln(3/2.5)}{2(1.7)} + \frac{2.5}{3} \cdot \frac{1}{11.9}}$$

$$= 14.6$$

$$q = U_i A_i \Delta T = 14.6 (\pi) \left(\frac{2.5}{100} \right) L (60 - 27) = m C_p \Delta T$$

تأثیر ثابت بودن دمای 60 مشخص دارد.



از روش های مختلف استفاده می کنند که این ثابت بودن دما را در نظر بگیرند.

روش متوسط دما لگاریتمی LMTD

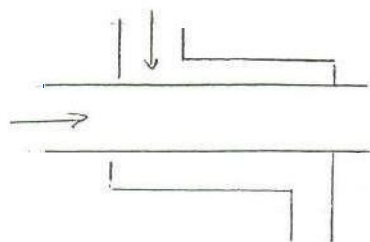
E-NTU

$$q = UA F \Delta T_{\logarithmic}$$

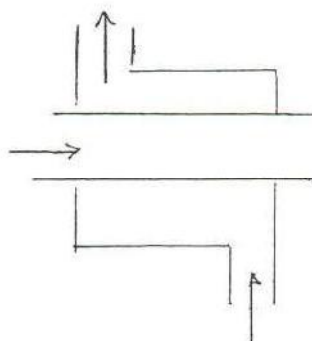
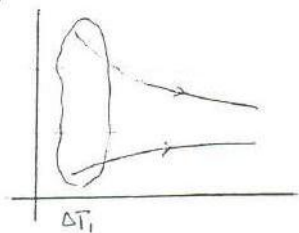
(بتعداد) تصحیح - فاکتور

$$F = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

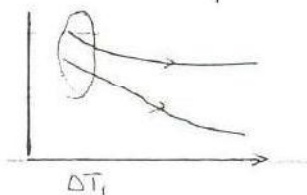
$$\Delta T_{L_{eff}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$



مستوی-موزون



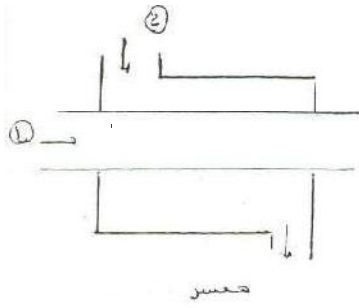
غیرمستوی



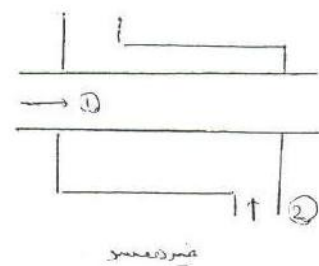
$$U_i A_i F \Delta T_{L_{eff}} = \dot{m} C_p (60 - T_{ow})$$

$$(19.) \quad A_i \cdot F \cdot \frac{(60-27) - (T_{ow}-27)}{\ln \frac{60-27}{T_{ow}-27}} = F A_i U_i C_p (60 - T_{ow})$$

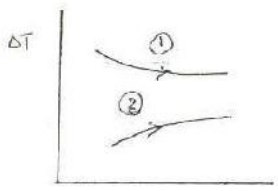
طراحی مبدل ها:



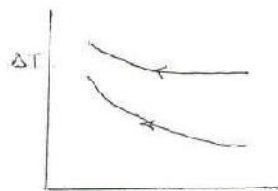
مقارن



هم‌جهت



مقارن



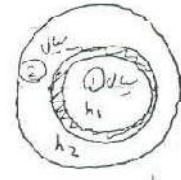
هم‌جهت

1- روش LMTD

2- روش NTU

توسعه

$$q = UAF\Delta T_{LM}$$



$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k_1} + \frac{r_2}{h_2}}$$

اثبات ΔT_{log}

$$dq = \dot{m}_c c_c dT_c = -\dot{m}_h c_h dT_h$$

$$\int_0^L d(T_h - T_c) = -dq \left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c} \right)$$

$$\Rightarrow \int \frac{d(T_h - T_c)}{T_h - T_c} = - \int U \left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c} \right) dA$$

$$\Rightarrow \ln \frac{T_{h2} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c1}} = -UA \left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c} \right)$$

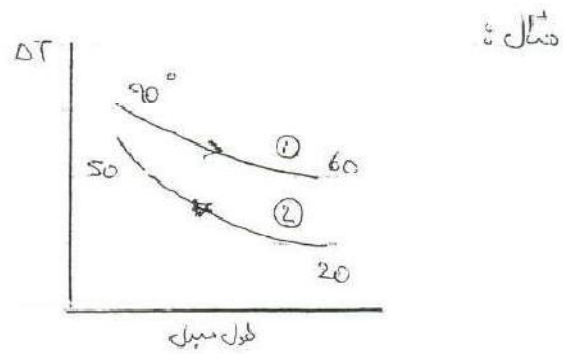
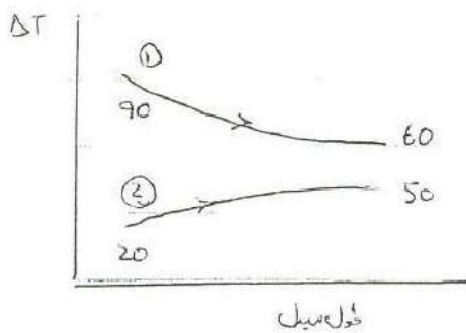
$$q = \dot{m}_h c_h \Delta T = \dot{m}_h c_h (T_{h2} - T_{h1})$$

$$= \dot{m}_c c_c (T_{c2} - T_{c1})$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h1} - T_{c2}) - (T_{h2} - T_{c1})}{\ln \frac{T_{h1} - T_{c2}}{T_{h2} - T_{c1}}} = \frac{\Delta T_{ سرد } - \Delta T_{ گرمی }}{\ln \frac{\Delta T_{ سرد }}{\Delta T_{ گرمی }}}$$

اگر دماها به صورتی بودند که نزدیک هم بودند و جواب \div شد باید از رابطه ی زیر استفاده کنیم.

$$\Delta T_{\text{arithmetic}} = \frac{\Delta T_{ سرد } + \Delta T_{ گرمی }}{2}$$



$$Q = 300000 \text{ W}$$

$$U = 300 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$A = ?$$

$$Q = U A F \Delta T_{lm}$$

$$A = ? \quad F = 1.05$$

در مورد همسوز غیر همسو
زمانی که دماها به یکدیگر نزدیک باشند

$$\Delta T_{\log} = \frac{(90-20) - (60-50)}{\ln \frac{90-20}{60-50}} = 30.8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\log} = \frac{(90-50) - (60-20)}{\ln \frac{90-20}{60-50}}$$

چون که اختلاف دما در هر دو طرف 40 است لذا برای غیر معیوس داریم:

$$\Delta T_{\min} = 40^{\circ}\text{C} \quad \text{غیر معیوس}$$

حال A را محاسبه کرده و هر کدام را که کمتر است چون مواد کمتری مصرف می شود لذا از مبدل غیر همسر استفاده می کنیم.

چون در روش اول نیاز به هر سه دما است و دمای چهارم بدست می آید لذا داشتن این دما ها مشکل است به همین دلیل از روش E-NTU استفاده می شود.

$$\epsilon \rightarrow \text{ضریب موثر بودن} = \frac{q_{\text{واقعی}}}{q_{\text{max}}}$$

$$\dot{m} c_p_{\text{سرد}} = C_{\text{①}}$$

$$\dot{m} c_p_{\text{گرم}} = C_{\text{②}}$$

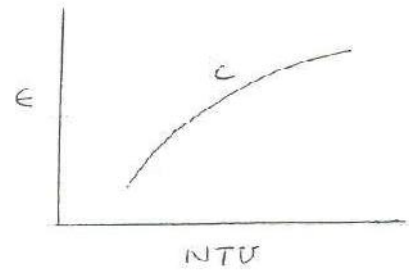
در این روش دبی ها و دمای ورودی را به ما می دهند. از دو مقدار C بالا یکی کمتر است و min و max در این جا تعریف می شود.

$$C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$$

بر این اساس E تعریف می شود:

$$\epsilon = \frac{\dot{m}c_p)_1 \Delta T_1}{C_{\min} (\Delta T_{\max})} = \frac{\dot{m}c_p)_2 \Delta T_2}{C_{\min} (\Delta T_{\max})}$$

NTU number of Transfer unit = $\frac{AU}{C_{\min}}$
 تعداد واحدهای انتقال حرارت



مثال:

water	$\dot{m} = 0.05 \text{ kg/s}$	$T_i = 400 \text{ K}$	$T_o = 330 \text{ K}$
air	$\dot{m} = 0.75 \text{ kg/s}$	$T_i = 300 \text{ K}$	
	$U = 200 \text{ W/m}^2\text{-K}$	$A = ?$	

۱- مبدل cross-flow دو سیال نیم‌میخته اند (unmixed)

۲- مبدل لوله ای غیر همسر

$$\text{LMTD} \rightarrow q = UAF\Delta T_m \Rightarrow q = \dot{m}c_p\Delta T)_{\text{air}} = 0.05(4180)(400-330)$$

$$q = 14630$$

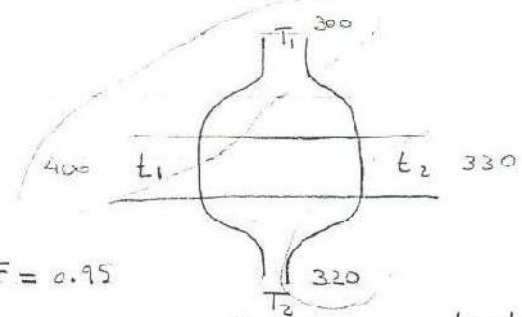
$$14630 = \dot{Q} = \dot{m}c_p\Delta T)_{\text{water}} = 0.75(1000)(T_{\text{ao}} - 300) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{\text{ao}} = 320 \text{ K}$$

$$\left\{ \begin{aligned} R &= \frac{300-320}{330-400} = 0.286 \\ P &= \frac{330-400}{300-400} = 0.7 \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow F = 0.95$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}, \quad P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$



$$14630 = 200(0.95)(A)(39.71)$$

$$(\text{شكل } 10-10 \text{ كتاب})$$

$$\Delta T_{\text{lm}} = \frac{(400-300) - (330-320)}{\ln \frac{400-300}{330-320}} = 39.71 \text{ K}$$

$$\Rightarrow A = 1.9 \text{ m}^2$$

نوع جريان	LMTD A	E-NTU
cross flow	1.9	1.81
غير متساوي الجريان	1.8	1.4
كثيرة الجريان		1.67

$$E-NTU$$

$$\dot{m}c_p)_{\text{water}} = (0.05)(4180) = 209 = C_{\text{min}} = \dot{m}c_p)_{\text{air}} = (0.75)(1000) = 750 = C_{\text{max}}$$

$$C = \frac{209}{750} = 0.28$$

$$NTU = \frac{AU}{C_{\text{min}}} = ?$$

$$\Rightarrow 1.75$$

$$\epsilon = \frac{1_{\text{واقعی}}}{q_{\text{max}}} = \frac{(400-330)}{400-300} = 0.7$$

املاک و ... max در روی حالتی است که چون در خروجی همان هم می رسند اختلاف آن دائم است.

$$1.75 = \frac{A(200)}{209} \Rightarrow A = 1.81$$

$$\text{NTU غیر همسر} = 1.3 \Rightarrow 1.3 = \frac{A(200)}{209} \Rightarrow A = 1.4$$

(10-13)

در صورت سعی و خطا بهتر است از جداول (۳ ۱۰) و (۴ ۱۰) استفاده شود

$$\left[1.8 \text{ m}^2 \right] \leftarrow \text{به تناسبتی دارد}$$

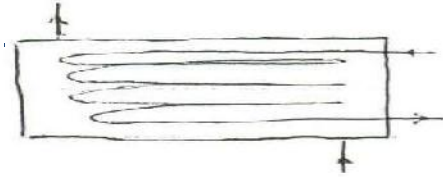
$$\text{NTU} = 1.8 \Rightarrow \pi \left(\frac{2.5}{100} \right) L = 1.8 \Rightarrow L = 23 \text{ m}$$

و غیر منطقی برای توسعه است.

تجزئہ کر لیا گیا ہے

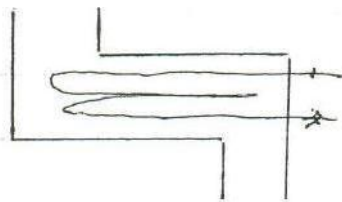
$$0.517 \left(\frac{2.5}{100} \right) n = 1.9 \implies n = 50$$

ہر ایک کو لیا گیا ہے



$$NTU = 1.6 \implies \frac{A(200)}{204} = 1.6 \implies A = 1.67$$

$$0.5 \pi \left(\frac{2.5}{100} \right) n = 1.67 \implies n =$$



مبادلہ پر مشتمل

$$A = 10 \text{ m}^2$$

① To heat water

$$T_{c, \text{in}} = 15^\circ \text{C}$$

$$T_{c, \text{out}} = ?$$

$$\dot{m}_c = 2 \text{ kg/s}$$

چونکہ ہمیں پتہ نہیں ہے کہ کون سا سیڑھی ہے؛ $\epsilon \cdot NTU$ ۔
اس لیے اسے استعمال کریں:

② ایک لیٹر:

$$c_p = 2600 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

$$T_{h, \text{in}} = 85^\circ \text{C}$$

$$T_{h, \text{out}} = ?$$

$$\dot{m}_h = 1 \text{ kg/s}$$

$$U = 500 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$\dot{m}_c c_p = 1(2600) = 2600 \quad C_{\text{min}}$$

$$\dot{m}_h c_p = 2(4180) = 8360 \quad C_{\text{max}}$$

$$C = \frac{C_{\text{min}}}{C_{\text{max}}} = \frac{2600}{8360} = 0.31$$

$$\implies \epsilon = 0.75$$

transfer of heat

$$NTU = \frac{AU}{C_{\text{min}}} = \frac{10(500)}{2600} = 1.9$$

$$q_{\text{max}} = C_{\text{min}} (85 - 15)$$

$$= 182000$$

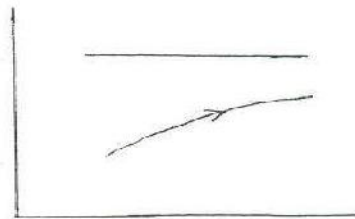
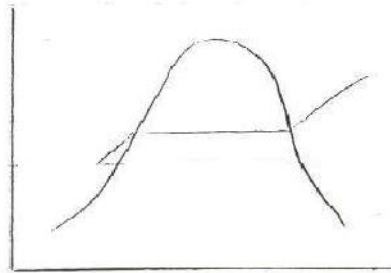
$$\epsilon = \frac{q_{\text{act}}}{q_{\text{max}}} = \frac{26000 (85 - T_{h,\text{out}})}{182000} = \frac{8360 (T_{c,\text{out}} - 15)}{182000}$$

$$T_{h,\text{out}} = 32.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{c,\text{out}} = 31.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

فکر کنید پارامتر ورودی خانه کار کنند $C_{\text{max}} \rightarrow \infty$ لذا $C_{\text{min}} = C_{\text{cool}}$ می شود

$$C = \frac{C_{\text{min}}}{C_{\text{max}}} = 0 \longrightarrow \text{در کنارش نمودار را براترین}$$

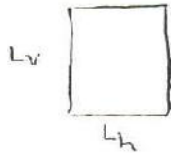


$$\epsilon = 1 - e^{-NTU}$$

در صورتی که C کمتر باشد یعنی این وسیله

ϵ خیلی بدست می آید

نکته: بر عتوان سطحی که حساب می شود برای Re در جریان زیاد باشد



$$Nu = CR^m Pr^n$$

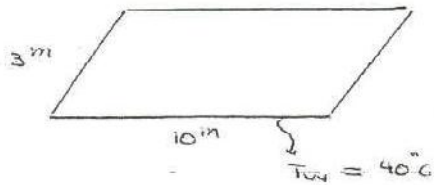
$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

$$h = \frac{1}{\frac{1}{L_h} + \frac{1}{L_v}}$$

قطر هیدرولیکی برای اجسام بسته است.

$$D_h = \frac{4A}{P} \quad R_h = \frac{A}{P}$$

مثال:



$$V_o = 0.5 \text{ m/s}$$

$$T_o = 80^\circ\text{C}$$

$$P = 5 \text{ atm}$$

$$T_f = \frac{80 + 40}{2} = 60^\circ\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{60 + 273} = 0.003$$

$$c_p = 1000$$

$$\mu = 2 \times 10^{-5}$$

$$Pr = 0.71$$

$$k = 0.028$$

$$P = \frac{p}{RT} = \frac{5 \times 10^5}{(287)(230)} = 5.3$$

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} = \frac{5.3 (0.5) (10)}{2 \times 10^{-5}} = 1.32 \times 10^6$$

می توانیم از رابطه ی میل استفاده کنیم (یعنی 3m کم)

است. در این جا چون می دانیم آزاد است یا اجسام بی طول و کانت

تعیین

$$Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T L^3}{\mu^2} = \frac{(5.3)^2 (9.8) (0.003) (80 - 40) (10)^3}{(2 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 8.26 \times 10^3$$

$$\frac{Gr}{Re^2} = \frac{8.26 \times 10^3}{(1.32 \times 10^6)^2} = 47.41 \quad \text{آزاد}$$

حالت داریم:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{3}} = 2.31$$

$$Re = \frac{AvL}{\mu} = \frac{(7.3)(0.5)(2.31)}{2 \times 10^{-5}} = 3.1 \times 10^5$$

$$Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T L^3}{\mu^2} = \frac{(5.3)^2 (9.8) (0.003) (80-40)(2.31)^3}{(2 \times 10^{-5})^2} = 4.4 \times 10^{11}$$

$$\frac{Gr}{Re^2} = \frac{4.4 \times 10^{11}}{(3.1 \times 10^5)^2} = 4.6 \gg 1 \quad \text{آزاد}$$

$$Nu = C Ra^n$$

$$Ra = Gr \cdot Pr = 4.4 \times 10^{11} \times 0.7 = 0.3 \times 10^{12} > 10^9 \quad \text{توربولانس}$$

$$\Rightarrow h = \frac{1.52(\Delta T)^{1/3}}{101.32} \left(\frac{Pr}{101.32} \right)^{1/3} = 1.52(80-40)^{1/3} \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{101.32} \right)^{1/3} = 15.2$$

$$Nu = 0.15 (4.4 \times 10^{11} \times 0.7)^{1/2} \Rightarrow Nu = 1013$$

$$h = \frac{Nu k}{d \cdot L} = \frac{1013 (0.028)}{2.31} = 12.3$$

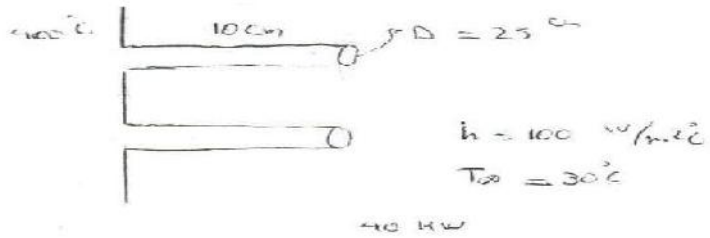
فشار و فقط تاثیرش روی p است و باید از جدول ها m را باید انتخاب کنیم چون

$$\rho = \frac{M}{V} \rightarrow \text{در دستا، ما تغییر می ده}$$

مثال: سطحی باد های ۴۰۰ درجه اگر تعدادی فین به قطر ۲،۵ سانتی متر و طول ۱۰ سانتی متر با راندمان

۸۰ درصد استفاده شده باشد اگر دمای محیط ۳۰ درجه با ضریب جابجایی $\frac{W}{m^2 \cdot C}$ ۱۰۰ و

اتلاف حرارتی کل برابر با 40 kW باشد تعداد فین ها را بیابید.



$$q_{fin} = k A_m \theta_b \tanh m L_c$$

$$q_{max} = h P L \theta_b$$

$$L_c = L + r/2 = 1.25 + 10 = 11.25 \text{ cm}$$

$$\eta = \frac{\tanh m L_c}{m L_c} \Rightarrow 0.8 = \frac{\tanh m \times 1.25}{1.25 \times m} \Rightarrow \text{باستفاده از } m \text{ و } k \text{ معلوم می شود}$$

$$\eta_o = \left[1 - \frac{A_f}{A_t} (1 - \eta_f) \right] = \left[1 - \frac{(\pi D L + \pi D^2/4)}{A_t + [1 - \frac{\pi D^2}{4}]} (1 - \eta_f) \right] = \frac{q_{total}}{h A_t \theta_b}$$

$$\frac{40000}{100 \times [\pi D L + \pi D^2/4] + [1 - \frac{\pi D^2}{4}]} = 1 - \frac{n [\pi D L + \pi D^2/4]}{A_t + [1 - \frac{\pi D^2}{4}]} (1 - \eta_f)$$

با حل این رابطه می توانیم عدد فین ها را محاسبه کنیم.

$$q_{total} = q_{fin} + q_{unfin} = n \eta h A_s \theta_b + (A_t - A_f) h \theta_b$$

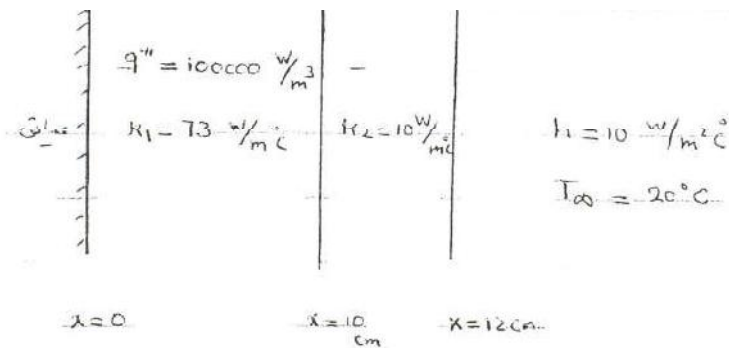
$$n \eta h \theta_b \left(\frac{\pi D^2}{4} + \pi D L \right) + (A_t - n \left(\frac{\pi D^2}{4} + \pi D L \right)) h \theta_b$$

$$= q_{total} \Rightarrow \underline{400 \times 10^3} = n \left[0.8 \times 370 \times 100 \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{25}{100} \right)^2 + \pi \left(\frac{25}{100} \right) \left(\frac{10}{100} \right) \right) \right]$$

$$+ \left(1 - n \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{25}{100} \right)^2 + \pi \left(\frac{25}{100} \right) \left(\frac{10}{100} \right) \right) \right) 100 \times 370$$

$$(1 - 0.13n) \times 100 \times 370 + n \times 3848 = \frac{2848n + 37000}{-4810n}$$

تمرین انتقال حرارت



فرضیات: 1- مساله یارای
2- مساله یارای

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{q'''}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{dT}{dt}$$

تست اول: $\frac{d^2 T_1}{dx^2} + \frac{q'''}{k} = 0 \Rightarrow \frac{dT_1}{dx} = \frac{-q'''}{k_1} x + C$ $x=l$ $\frac{dT_1}{dx} = 0$ $C = \frac{q''' l}{2k_1}$

$$T_1(x) = \frac{-q'''}{2k_1} x^2 + D$$

فصلت دوم: $\frac{d^2 T_2}{dx^2} = 0 \Rightarrow \frac{dT_2}{dx} = a \Rightarrow T_2(x) = ax + b$

شرایط مرزی: $x = 10 \text{ cm} \Rightarrow \dot{q}_1 = \dot{q}_2 \quad x = 12 \text{ cm} \Rightarrow \dot{q}_1 = \dot{q}_2$
 $T_1 = T_2$

$x = 10 \text{ cm} \Rightarrow T_1 = T_2 \Rightarrow -\frac{10^5}{2 \times 73} (0.1)^2 + D = a(0.1) + b \quad (1)$

$\dot{q}_1 = \dot{q}_2 \Rightarrow 73 \times \frac{10^5}{73} (0.1) = a \times 10 \quad (2)$

$\Rightarrow a = -1000$

$x = 12 \text{ cm} \Rightarrow \dot{q}_1 = \dot{q}_2 \Rightarrow h(T_w - T_\infty) = -k \frac{dT}{dx} \Rightarrow$

$-a \times k_2 = h(a(0.12) + b - 20) \Rightarrow$

$1000 \times 10 = 10(-1000 \times 0.12 + b - 20) \Rightarrow b = 1140$

$-\frac{10^5}{2 \times 73} (0.1)^2 + D = -1000 \times (0.1) + 1140 \Rightarrow D = 1046.85$

$T_1(x) = -\frac{10^5}{2 \times 73} x^2 + 1046.85 = -684.9 x^2 + 1046.85$

$T_2(x) = -1000 x + 1140$

یک قالب یخ $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$ را در حالتی که دمای $T_F = 0^\circ \text{C}$ است در نظر می گیریم:

۱- یخ در معرض محیط با $h = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{C}}$ با $T_\infty = 10^\circ \text{C}$ است. بدون در نظر گرفتن تشعشع زمان

لازم برای آب شدن یخ را بیابید.

۲ یخ در معرض محیط با $h = 15 \frac{W}{m^2 C}$ با $T_{\infty} = 10 C$ است. با در نظر گرفتن

زمان لازم برای آب شدن یخ را بیابید. $T_{sky} = +10 C$

۳- گونی به ضخامت 1mm به دور یخ پیچیده شده است. که در این حالت $k = 0.06$ و دمای گونی $10 C$ است زمان لازم برای آب شدن یخ را بیابید.

۱- فرضیات: از تشعشع صرف نظر می شود با توجه به این که دمای یخ صفر درجه و دمای محیط $10 C$ است بنابراین انتقال حرارت همرفی بین محیط و یخ در پنج سطح صورت می گیرد و چون انرژی برداری نیست و قابل جمع شدن در جهات مختلف است لذا کافی است انتقال حرارت یک سطح را محاسبه نمود و در پنج ضرب کنیم. (با در نظر گرفتن $L_f = 333 \frac{kJ}{kg}$)

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_{gen} = \dot{E}_{st} \Rightarrow \dot{E}_{in} = \dot{E}_{store}$$

$$\Rightarrow hA(T_{\infty} - T_w) = \dot{m}L_f \Rightarrow 15 \times 5 \times 1 \times 1 (10 - 0) = \dot{m}L_f$$

$$\rho = 920 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow \dot{m} = 2.25 \times 10^{-3} \frac{kg}{s} \Rightarrow t = \frac{10^3 \times 1 \times 1 \times 1 \times 920}{2.25} = 413.6 \text{ h} \checkmark$$

۲ حال با توجه به وجود تشعشع بین محیط و یخ بیشتر از محیط است لذا یک انتقال حرارت تشعشعی از یخ در محیط صورت می گیرد با فرض یخ جسم سیاه داریم: (چون $\epsilon = 0.99 \sim 1$)

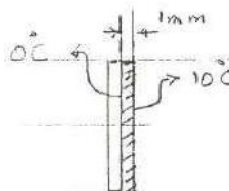
$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_{gen} = \dot{E}_{store} \Rightarrow hA(T_{\infty} - T_w) - \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4) = \dot{m} L_f$$

$$\Rightarrow 15 \times 5 \times 1 \times 1 \times (-10 - 0) - 1 \times 5.667 \times 10^{-8} \times 5 \times 1 \times 1 \times (273^4 - 263^4) = \dot{m} L_f$$

$$\Rightarrow 750 - 218.24 = \dot{m} L_f \Rightarrow t = 160 \text{ h}$$

با توجه به این که یخ با گونی به ضخامت 1mm پیچیده شده است و دمای گونی 10°C است لذا هیچ گونه انتقال حرارت همرفتی بین سیال هوا و گونی اتفاق نمی افتد دمای هر دو 10°C است همچنین هیچ گونه انتقال حرارت تشعشی نیز وجود ندارد پس داریم:

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_{gen} = \dot{E}_{store} \Rightarrow kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = \dot{m} L_f$$



$$5 \times 0.06 \times 1 \times 1 \times \frac{(10 - 0)}{10^{-3}} = \dot{m} L_f \Rightarrow 3000 = \dot{m} L_f$$

$$\Rightarrow \dot{m} \approx 9 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \Rightarrow t = 28.36 \text{ h}$$

مشاهده می شود که با پیچاندن گونی به دور یخ یخ زودتر آب می شود و در حالت اول نیز از حالت دوم یخ سریعتر آب می شود.