Pauta Ejercicio 2

Preguntas conceptuales:

1.- Indique un procedimiento para estimar el coeficiente global de transferencia de calor en su casa cuando pierde calor entre el interior (suponga a 20°C) y el exterior (suponga 5°C) en un día frío.

R:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in} * A_{in}} + \sum \frac{\Delta x}{k * A_{cond}} + \frac{1}{h_{out} * A_{out}}}$$

Para poder determinar el coeficiente global (U) es necesario identificar cada término, es decir:

Primero, determinar los coeficientes de convección del aire (h).

Segundo, determinar las áreas (A) por donde se pierde calor: pared, ventanas, techo, etc.

Tercero, dado los materiales de los que están hechas las paredes, techo, ventanas, etc.. se pueden determinar los coeficientes de conducción (k) de cada uno, además del espesor de cada uno (Δx).

2.- En las casas la corriente usualmente se transmite con alambres de cobre de 3mm de diámetro que están cubiertos con una película de plástico de apro. 0,75mm de espesor que los aísla eléctricamente. Esta película de plástico ¿contribuye a aumenta o disminuir la transferencia de calor respecto al alambre desnudo?. Considere que la conductividad del plástico es $k= 0,5$ [W/mK] y el coeficiente de transferencia de calor por convección es la pared externa del alambre es $h= 20$ [W/m²K].

R:

Recordar que la resistencia total es la sumatoria de todas las resistencias presentes.

Para el caso sin plástico:

$$R = \frac{1}{20 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] * \pi * \frac{3mm}{1000[mm/m]} * L} = \frac{5,3}{L}$$

Para el caso con plástico:

$$R = \frac{1}{20 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] * \pi * \frac{4,5[mm]}{1000[mm/m]} * L} + \frac{0,75[mm]}{0,5 \left[\frac{W}{mK} \right] * \pi * 2 * \frac{0,75[mm]}{\ln \left(\frac{2,25}{1,5} \right)}} = \frac{3,67}{L}$$

Como se puede observar la resistencia total con plástico disminuye, al haber menor resistencia implica que la transferencia de calor es mayor.

3.- En un intercambiador de carcasa y tubos, el fluido que circula por el exterior de los tubos (por la carcasa) es desviado mediante baffles que lo hacen circular en forma perpendicular a los tubos, en una y otra dirección. Indique, que efecto puede tener en la velocidad de transferencia de calor el variar la distancia a la que se ponen estos baffles.

R: Al colocar baffles el fluido se ve interrumpido para pasar por la carcasa, así debe cambiar su dirección varias veces para salir del equipo. Estos cambios de dirección provocan que el fluido pase mayor tiempo dentro del equipo (tiempo de residencia), así es mayor la transferencia de calor.

Además, que el fluido cambie su dirección reiteradas veces dentro del equipo provoca que el flujo se vuelva más turbulento, favoreciendo nuevamente la transferencia de calor.

Finalmente, mientras más separados los baffles menor es la transferencia de calor, es decir, existe un relación indirecta.

Problemas numéricos:

1.- Se desea calentar un flujo de 75[g/s] de un aceite ($C_p=2,0[\text{KJ/Kg-K}]$) desde 300K hasta 352K haciéndolo pasar por un intercambiador de tubos y carcasa (4-2). Por el exterior de los tubos, que tienen un diámetro interior de 10mm, fluye agua que entra a 372K y sale a 355K. El coeficiente global de transferencia de calor entre el agua y el aceite, referido al área interior de los tubos, puede suponerse constante e igual a 230[W/m²K]. Determine la longitud requerida de los tubos.

R:

Temperaturas:

$t_1=300\text{K}$

$t_2=352\text{K}$

$T_1=372\text{K}$

$T_2=355\text{K}$

El calor transferido es igual al que gana el aceite:

$$Q = 75[\text{g/s}] * 2[\text{J/gK}] * (352 - 300)\text{K} = 7800[\text{W}]$$

Determinación del factor de corrección F:

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{352 - 300}{372 - 300} = 0,72$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{372 - 355}{352 - 300} = 0,33$$

Del gráfico se tiene que $F = 0,96$ (aproximado).

La diferencia de temperatura media logarítmica para el caso en contracorriente es:

$$\Delta T_{\ln} = \frac{(372 - 352) - (355 - 300)}{\ln\left(\frac{372 - 352}{355 - 300}\right)} = 34,6^{\circ}C$$

Como todo el calor que gana el aceite se debe a la transferencia a través del intercambiador, la ecuación de diseño queda:

$$Q = U * A * F * \Delta T_{\ln}$$
$$7800[W] = 230 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] * A * 0,96 * 34,6^{\circ}C$$

Despejando el área: $A=1,02m^2$

Esta área corresponde a el total de tubos en el intercambiador, en cada paso hay 10 tubos, y son 4 pasos por los tubos, implica 40 tubos en total. Además el U utilizado es referido al área interior del tubo.

$$A = 40[tubos] * \pi * 0,01[m] * L = 1,02[m^2]$$

Despejando, se obtiene que el largo de los tubos es de: $L=0,81[m]$.

2. Se desea precalentar un flujo de $1,89[kg/s]$ de agua que está a $299K$ antes de utilizarla en un proceso de lixiviación. Para ellos se evalúa utilizar un intercambiador que se encontró en la bodega que consta de 100 tubos de $12,5[mm]$ de diámetro interior, $15[mm]$ de diámetro exterior, y $1,5[m]$ de largo, para calentar el agua con un flujo de $1,2[Kg/s]$ de aceite caliente que está a $400K$. El aceite se alimenta en contracorriente por la carcasa. El coeficiente de transferencia de calor global, con respecto al área exterior de los tubos, se estima en $500[W/m^2K]$. Si el agua se hace pasar por los tubos, que son de una pasada, estime hasta que temperatura es posible calentar el agua. Indique además cuál es el calor transferido.

Datos: $C_p \text{ agua} = 4,2[KJ/Kg K]$ y $C_p \text{ aceite} = 2,2[KJ/Kg K]$.

R:

Balance energía:

Agua

$$Q_{\text{agua}} = 1,89 \left[\frac{Kg}{s} \right] * 4,2 \left[\frac{KJ}{KgK} \right] * (T_{\text{agua}} - 299)K$$

Aceite

$$Q_{\text{aceite}} = 1,2 \left[\frac{Kg}{s} \right] * 2,2 \left[\frac{KJ}{KgK} \right] * (400 - T_{\text{aceite}})K$$

Las temperaturas desconocidas corresponden a las de salida de ambos fluidos desde el intercambiador.

El coeficiente global respecto al área externa es: $U=500[W/m^2 K]$. Por ende se debe calcular el área externa:

$$A = 100[\text{tubos}] * 1,5[m] * \pi * 0,015[m] = 7,07[m^2]$$

De la ecuación de diseño del intercambiador:

$$Q_{\text{transferido}} = 500 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] * 7,07[m^2] * \frac{(400 - T_{\text{agua}}) - (T_{\text{aceite}} - 299)}{\ln \left(\frac{(400 - T_{\text{agua}})}{(T_{\text{aceite}} - 299)} \right)} K$$

Considerando que el sistema es adiabático, $Q_{\text{agua}} = Q_{\text{aceite}} = Q_{\text{transferido}}$.

Para poder resolver el sistema (a mano) es necesario iterar.

El agua entra a 299K y se debe calentar, supongamos que llega a 330K.

Tagua [K]	Q agua [kW]	Taceite [K]	Q transferido [kW]	Error delta Q
330	246,1	306,8	100	145,9
329	238,1	309,8	113	125,1
328	230,2	312,8	125	105,7
327	222,3	315,8	135	87,0
326	214,3	318,8	145	69,0
325	206,4	321,8	155	51,4
324	198,5	324,8	164	34,1
323	190,5	327,8	173	17,2
322	182,6	330,8	182	0,4
321	174,6	333,9	191	16,1
320	166,7	336,9	199	32,4

Como se ve de la tabla, el calor que gana el agua no coincide con el transferido. La temperatura del aceite se despeja a partir del Q del aceite. Así, iterando con temperaturas de salida menores se puede observar que la solución se encuentra entre 322K y 321K.

El resultado final es:

T agua = 321,8K

T aceite = 331,3K

Q = 181,5KW