



## OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

Prof. Antonio Carlos da Silva

### AULAS 11 E 12 - CÁLCULO DE TROCADORES DE CALOR

16) Um trocador de calor aletado é utilizado (correntes cruzadas não misturadas) para aquecer 2,36 m<sup>3</sup>/s de ar a 1 atm, de 15,55°C a 29,44°C. A água quente escoar no interior dos tubos, entrando a 82,2°C, enquanto o ar escoar por fora, com coeficiente global médio 227 W/m<sup>2</sup>.°C. A área total da superfície do trocador de calor é 9,29 m<sup>2</sup>. Calcule a temperatura de saída da água e a taxa de transferência de calor.

Dados para o ar: Cp = 1006 J/kg.°C e ρ = 1,223 kg/m<sup>3</sup>. Para a água considera Cp = 4180 J/kg.°C.

*Observação: considere inicialmente que Cc = Cmín (faltam dados para calcular Ch); se os parâmetros calculados não corresponderem a um ponto no diagrama, então Cc = Cmáx e solução será iterativa, supondo valores para Cr, começando com Cr = 0,5.*

### MÉTODO ε-NUT

As relações de efetividade, NUT e Cr são comumente relacionadas na forma de diagramas. Mas também pode-se definir equações para as curvas, com resolução analítica.

### RELAÇÕES DA EFETIVIDADE PARA TROCADORES DE CALOR (N = NUT e C = Cr)

Trocador tubular:

Correntes paralelas 
$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-N \cdot (1+C)}}{1 + C}$$

Contracorrente 
$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-N \cdot (1-C)}}{1 - C \cdot e^{-N \cdot (1-C)}}$$

Contracorrente, Cr = 1 
$$\varepsilon = \frac{N}{N + 1}$$

Trocador de calor de casco e tubos:

1 passe no casco e 2, 4 ou 6 passes nos tubos:

$$\epsilon = 2 \cdot \left\{ 1 + C + (1 + C^2)^{1/2} \cdot \frac{1 + e \left[ -N \cdot (1 + C^2)^{1/2} \right]}{1 - e \left[ N \cdot (1 + C^2)^{1/2} \right]} \right\}^{-1}$$

Trocador com condensação/ebulição,  $Cr = 0$        $\epsilon = 1 - e^{-N}$

## RELAÇÕES DE NUT (N) PARA TROCADORES DE CALOR (N = NUT e C = Cr)

Trocador tubular:

Correntes paralelas       $N = \frac{-\ln[1 - (1 + C)\epsilon]}{1 + C}$

Contracorrente       $N = \frac{1}{C - 1} \cdot \ln\left(\frac{\epsilon - 1}{C\epsilon - 1}\right)$

Contracorrente,  $Cr = 1$        $N = \frac{\epsilon}{1 - \epsilon}$

Trocador de calor de casco e tubos:

1 passe no casco e 2, 4 ou 6 passes nos tubos:

$$N = -(1 + C^2)^{-1/2} \cdot \ln \left[ \frac{2/\epsilon - 1 - C - (1 + C^2)^{1/2}}{2/\epsilon - 1 - C + (1 + C^2)^{1/2}} \right]$$

Trocador com condensação/ebulição,  $Cr = 0$        $N = -\ln(1 - \epsilon)$

$$N = \text{NUT} \quad \text{e} \quad C = Cr$$

17) Um condensador de vapor d'água de casco e tubos com tubos horizontais de diâmetro externo 25 mm e diâmetro interno 22 mm, com um passe nos tubos condensa o vapor a  $T_h = 54^\circ\text{C}$ . A água de resfriamento ( $C_p = 4180 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ) entra nos tubos a  $T_{ca} = 18^\circ\text{C}$  com vazão 0,7 kg/s por tubo e sai a  $T_{cb} = 36^\circ\text{C}$ . O coeficiente global de troca de calor baseado na superfície externa do tubo é  $U_m = 3987 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Calcule o comprimento L do tubo e a taxa de transferência de calor.