



## OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

Prof. Antonio Carlos da Silva

### EXERCÍCIOS – SÉRIE 2

Reposição para o período de suspensão de aulas devido à pandemia de COVID 19

#### CÁLCULO DO COEFICIENTE DE PELÍCULA NA SEÇÃO ANULAR DO TROCADOR TUBULAR

(referente à aula presencial que seria apresentada em 20 de março de 2018)

1 – Precisa-se projetar um trocador de calor de tubos concêntricos destinado a resfriar um produto orgânico ( $C_p = 1,88 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ ,  $k = 0,15 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 795 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 0,00038 \text{ kg/m.s}$ ) de  $82^\circ\text{C}$  para  $38^\circ\text{C}$ , que circula no tubo interno, utilizando água fria entrando na seção anular em contracorrente a  $21^\circ\text{C}$ .

Deverão ser empregados tubos de aço, sendo o tubo interno com diâmetro interno 30 mm e diâmetro externo 32 mm e o tubo externo com diâmetro interno 50 mm e diâmetro externo 53 mm.

Considere para a água as propriedades médias:  $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ ,  $k = 0,625 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 0,000725 \text{ kg/m.s}$ .

Se a vazão do produto orgânico for  $3250 \text{ kg/h}$  e a de água for  $4680 \text{ kg/h}$ , qual deve ser a área de troca de calor do trocador de calor?

**$Q = 74.736 \text{ W}$ ;  $T_{fs} = 34,8^\circ\text{C}$ ;  $m_{\text{água}} = 1,3 \text{ kg/s}$ ;  $h_i = 1.648 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;  $h_e = 5.400 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;  $U = 18.163 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;**

**$\Delta T_{ML} = 29,6^\circ\text{C}$ ;  $A = 1,53 \text{ m}^2$ .**

2 - Um trocador de calor tubular deve ser construído para aquecer  $4500 \text{ kg/h}$  de benzeno, de  $27^\circ\text{C}$  até  $49^\circ\text{C}$ , empregando tolueno como fluido de aquecimento, que deverá ser resfriado de  $71^\circ\text{C}$  até  $38^\circ\text{C}$ .

O tolueno apresenta as seguintes propriedades:  $C_p = 1842 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$ ,  $k = 0,147 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$  e  $\mu = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$ .

O benzeno, que escoará no tubo interno, apresenta as seguintes propriedades:  $C_p = 1779 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$ ,  $k = 0,157 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$  e  $\mu = 5 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$ .

O tubo interno deverá ter diâmetro interno 36 mm e diâmetro externo 40 mm e o tubo externo deverá ter diâmetro interno 52 mm e diâmetro externo 56 mm.

A resistência da parede é desprezível.

Utilizando o método DTML e considerando escoamento contracorrente, determine a carga térmica do trocador de calor, a área de troca de calor e o comprimento dos tubos.

**$Q = 48.922,5 \text{ W}$ ;  $h_i = 1.820 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;  $h_e = 8.274 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;  $U = 1.508 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ;  $A = 2,04 \text{ m}^2$ ;  $L = 18 \text{ m}$ .**