

### Trocador de calor

- 1) Um trocador de calor de escoamento cruzado e tubos aletados deve usar o gás de exaustão de uma turbina a gás para aquecer água pressurizada. Medidas em laboratório são efetuadas em uma versão protótipo do trocador, com área superficial de  $10 \text{ m}^2$ , para determinar o coeficiente global de transferência de calor como uma função das condições operacionais. Medidas efetuadas sob condições particulares, nas quais  $\dot{m}_q = 2 \text{ kg/s}$ ,  $T_{e,\text{ent}} = 325^\circ\text{C}$ ,  $\dot{m}_f = 0,5 \text{ kg/s}$  e  $T_{f,\text{ent}} = 25^\circ\text{C}$ , revelam uma temperatura de saída da água de  $T_{f,\text{sai}} = 150^\circ\text{C}$ . Qual o valor do coeficiente global de transferência de calor no trocador?

Resp.  $160 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

- 2) Água, a uma vazão de  $45.500 \text{ kg/h}$ , é aquecida de  $80$  até  $150^\circ\text{C}$  em um trocador de calor que possui dois passes no casco e oito passes nos tubos, com uma área superficial total de  $925 \text{ m}^2$ . Gases quentes de exaustão, que possuem aproximadamente as mesmas propriedades termofísicas do ar, entram no trocador a  $350^\circ\text{C}$  e deixam a  $175^\circ\text{C}$ . Determine o coeficiente global de transferência de calor.

Resp.  $29,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

- 3) Um trocador de calor casco e tubos (dois passes no casco e quatro passes nos tubos), é usado para aquecer  $10000 \text{ kg/h}$  de água pressurizada de  $35$  a  $120^\circ\text{C}$ , utilizando  $5000 \text{ kg/h}$  de água pressurizada que entra no trocador a  $300^\circ\text{C}$ . Sendo o coeficiente global de transferência de calor igual a  $1500 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , determine a área de transferência de calor requerida.

Resp.  $4,75 \text{ m}^2$ .

- 4) Considere o trocador de calor do problema 3. Após vários anos de operação, observa-se que a temperatura de saída da água fria atinge somente  $95^\circ\text{C}$ , em vez dos desejados  $120^\circ\text{C}$ , para as mesmas vazões e temperaturas de entrada dos fluidos. Determine o fator de deposição total (superfície interna e externa), que é a causa do desempenho pior do equipamento.

Resp.  $5,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{K/W}$ .

- 5) Um radiador de automóvel pode ser visto como um trocador de calor com escoamento cruzado, com os dois fluidos não-misturados. Água, a uma vazão de  $0,05 \text{ kg/s}$ , entra no radiador a  $400 \text{ K}$  e deve deixá-lo a  $330 \text{ K}$ . A água é resfriada por ar, que entra a  $0,75 \text{ kg/s}$  e a  $300 \text{ K}$ . Sendo o coeficiente global de transferência de calor igual a  $200 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , qual é a área de transferência de calor necessária?

Resp.  $1,5 \text{ m}^2$ .

- 6) Um trocador de calor com escoamento cruzado e único passe usa gases de exaustão quentes (misturados) para aquecer uma vazão de  $3 \text{ kg/s}$  de água (não-misturada) de  $30$  até  $80^\circ\text{C}$ . Os gases de exaustão, que possuem propriedades termofísicas similares

às do ar entram e saem do trocador a 225 e 100°C, respectivamente. Sabendo que o coeficiente global de transferência de calor é de 200 W/(m<sup>2</sup>.K), estime a área de transferência de calor necessária.

Resp. 33,1 m<sup>2</sup>.

- 7) Um trocador de calor casco e tubos deve aquecer 10000 kg/h de água de 16 a 84°C, utilizando óleo de motor quente que escoo através do casco. O óleo faz um único passe no casco, entrando a 160°C e deixando o trocador a 94°C, com um coeficiente de transferência de calor médio de 400 W/(m<sup>2</sup>.K). A água escoo através de 11 tubos de latão com 22,9 mm de diâmetro interno e 25,4mm de diâmetro externo, com cada tubo fazendo quatro passes no casco. Admitindo o escoamento da água plenamente desenvolvido, determine o comprimento dos tubos por passe requerido.

Resp. 9,6 m.

- 8) Um sistema de conservação de energia térmica oceânica está sendo proposto para a geração de energia elétrica. Tal sistema está baseado no ciclo padrão de energia no qual o fluido de serviço é evaporado, passa através de uma turbina e em seqüência, é condensado. O sistema deve ser utilizado em locais muito especiais, nos quais a temperatura da água do oceano na região próxima à superfície é de aproximadamente 300K, enquanto a temperatura em profundidades razoáveis é de aproximadamente 280 K. A água mais quente é usada como uma fonte de calor para evaporar o fluido de serviço, enquanto a água mais fria é usada como um sumidouro de calor para a condensação de fluido. Considere uma unidade que deve gerar 2 MW de eletricidade com uma eficiência (produção de energia elétrica em relação ao calor alimentado) de 3%. O evaporador é um trocador de calor com um único casco e muitos tubos fazendo dois passes. Se o fluido de serviço é evaporado na sua temperatura de mudança de fase de 290 K, com a água do oceano entrando no trocador a 300 K e deixando-o a 292 K, qual é a área de troca térmica que o evaporador deve possuir? Qual é a vazão de água através do evaporador que deve ser mantida? O coeficiente global de transferência de calor pode ser aproximado por 1200 W/(m<sup>2</sup>.K).

Resp. 11100<sup>2</sup>; 1994 kg/s.

- 9) Um trocador de calor casco e tubos, com um passe no casco e 20 passes nos tubos, utiliza água quente no lado dos tubos para aquecer óleo que escoo pelo lado do casco. O único tubo, de cobre, possui diâmetro interno e externo de 20 e 24 mm, e um comprimento por passe de 3m. A água entra a 87°C e 0,2 kg/s, e sai a 27°C. As temperaturas de entrada e de saída do óleo são 7 e 37 °C. Qual é o valor do coeficiente de transferência de calor por convecção médio na superfície externa do tubo?

Resp. 878 W/m<sup>2</sup>.K.

- 10) O gás de exaustão de uma fornalha é usado para pré-aquecer o ar de combustão alimentado nos queimadores da fornalha. O gás, que possui uma vazão de 15 kg/s e uma temperatura de entrada de 1100 K, passa pelos tubos de uma matriz tubular, enquanto o ar, a uma vazão de 10 kg/s e a uma temperatura de entrada de 300 K, encontra-se em escoamento cruzado sobre o lado externo dos tubos. Os tubos não

possuem aletas e o coeficiente global de transferência de calor é de  $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Determine a área total da superfície dos tubos necessária para se obter uma temperatura de saída do ar de  $850 \text{ K}$ . Pode-se supor que tanto o gás de exaustão como o ar possuem um calor específico de  $1075 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

Resp.  $243 \text{ m}^2$ .

11) Uma caldeira usada para gerar vapor d'água saturado tem a forma de um trocador de calor com escoamentos cruzados e tubos sem aletas, com a água escoando no interior dos tubos e um gás a alta temperatura em escoamento cruzado sobre os tubos. O gás, que possui um calor específico de  $1120 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  e uma vazão mássica de  $10 \text{ kg/s}$ , entra no trocador de calor a  $1400 \text{ K}$ . A água, a uma vazão de  $3 \text{ kg/s}$  entra como líquido saturado a  $450 \text{ K}$  e sai como vapor saturado à mesma temperatura. Se o coeficiente global de transferência de calor é de  $50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  e há 500 tubos, cada um com  $0,025 \text{ m}$  de diâmetro, qual é o comprimento necessário dos tubos?

Resp.  $4,8 \text{ m}$ .