

Caso 5.3

Um tanque, de paredes isoladas e perfeitamente agitado, contém 7 ton de n-heptano inicialmente a 15 °C. Para aquecer o n-heptano até 60 °C, faz-se circular vapor de água saturado à pressão de 4 bar (abs) numa serpentina mergulhada no líquido. Admitindo que o condensado é descarregado à temperatura de entrada do vapor, calcular:

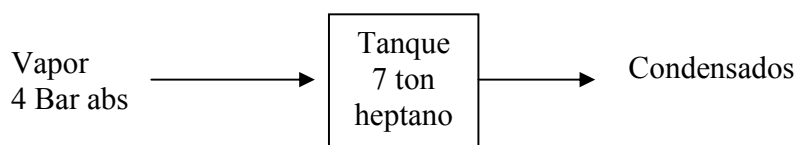
- O tempo necessário para realizar o aquecimento do n-heptano. (R: 57,1 min)
- A energia total fornecida ao tanque pelo vapor de água durante o aquecimento. (R: ~~156,4~~ Mcal)

Dados:

* Taxa de fornecimento de calor: $8 \pi (T_{\text{vapor}} - T_{\text{heptano}})$ kcal/min

* Capacidade calorífica média do n-heptano líquido: $\cong 0,476$ cal/ g, °C

Esquemáticamente temos:



Alínea a)

Para $\theta = 0 \rightarrow T = 15^\circ\text{C}$

Para $\theta = \theta_F \rightarrow T = 60^\circ\text{C}$ sendo θ_F o tempo final

$T_{\text{vapor}} = 143,61^\circ\text{C}$ (Tabelas Termodinâmicas)

C_p n-heptano = 0,476 cal/g °C

Taxa de aquecimento

$8 \pi (T_{\text{vapor}} - T_{\text{heptano}})$

kcal/min

Estado de Referência: 15°C, heptano (l), P_T

Em termos de massa há entrada de vapor e saída de condensados, mas em termos de energia apenas há entrada: entra energia no tanque vinda do vapor.

$$Q_F = \frac{d\Delta H}{d\theta}$$

$$8\pi(143,61 - T) \times 10^3 = \frac{d}{d\theta}(\mathbf{M} \times \mathbf{C}_p \times (T - 15))$$

$$8\pi(143,61 - T) \times 10^3 = \frac{d}{d\theta}(7 \times 10^6 \times 0,476 \times (T - 15))$$

$$8\pi(143,61 - T) \times 10^3 = \frac{d}{d\theta}(3332000 \times (T - 15))$$

$$25132,74 \times (143,61 - T) = 3332000 \frac{dT}{d\theta}$$

$$143,61 - T = 132,576 \frac{dT}{d\theta} \qquad \frac{dT}{d\theta} = \frac{143,61 - T}{132,576} \qquad (\text{eq. 1})$$

$$\int_0^{\theta_F} d\theta = 132,576 \times \int_{15}^{60} \frac{dT}{143,61 - T}$$

$$\theta_F = \frac{132,576}{-1} \times \ln \frac{143,61 - 60}{143,61 - 15} = (-132,576) \times (\ln 0,65015) = 57,09 \text{ min}$$

Alínea b) Energia total fornecida ao tanque

Esta alínea pode ser resolvida por um processo sofisticado ou um processo simples.

Processo sofisticado

$$\text{Energia fornecida} = \int_0^{57,09} Q_F d\theta = \int_0^{57,09} 8 \pi (143,61 - T) d\theta$$

Multiplicando-se e dividindo-se por dT vem:

$$\text{Energia fornecida} = \int_{15}^{60} 8 \pi (143,61 - T) \times \frac{d\theta}{dT} dT$$

Da eq. 1 da Alínea a) temos:

$$\frac{dT}{d\theta} = \frac{143,61 - T}{132,576} \quad \rightarrow \quad \frac{d\theta}{dT} = \frac{132,576}{143,61 - T}$$

$$\text{Energia fornecida} = \int_{15}^{60} 8 \pi (143,61 - T) \times \frac{132,576}{143,61 - T} dT = \int_{15}^{60} 8 \pi 132,576 dT = 1,4994 \times 10^5 \text{ kcal} = 150 \text{ Mcal}$$

Processo simplificado

$$\text{Energia fornecida} = \Delta H = M \times C_p \times \Delta T = 7 \times 10^6 \times 0,476 \times (60 - 15) = 1,4994 \times 10^8 \text{ cal} = 150 \text{ Mcal}$$