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:

a) O tempo necessário para realizar o aquecimento do n-heptano. (R: 57,1 min)

b) A energia total fornecida ao tanque pelo vapor de água durante o aquecimento. (R: ≅ ~~156,4~~ Mcal)

Dados:

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

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

Esquemáticamente temos:

Vapor 4 Bar abs → | Tanque 7 ton heptano | → Condensados

<u>Alínea a)</u>

Para $\theta = 0$ → T = 15ºC

Para $\theta = \theta_F$ → T = 60ºC   sendo θ_F o tempo final

Tvapor = 143,61ºC (Tabelas Termodinâmicas)   Cp n-heptano = 0,476 cal/g ºC

Taxa de aquecimento $8\,\pi\,(T_{vapor} - T_{heptano})$ kcal/min

<u>Estado de Referência:</u> 15ºC, 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

Alínea b) Energia total fornecida ao tanque

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

Processo sofisticado

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

Multiplicando-se e dividindo-se por dT vem:

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

Da eq. 1 da Alínea a) temos:

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

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

Processo simplificado

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