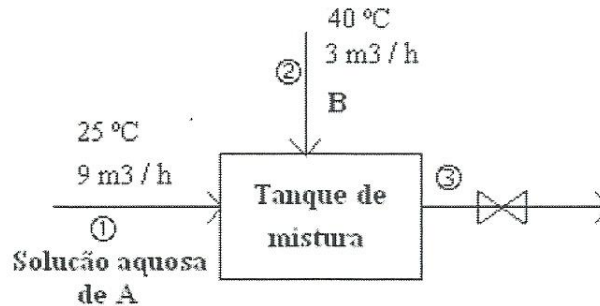


Caso 5.18

Em estado estacionário um tanque de mistura é alimentado com $9 \text{ m}^3/\text{h}$ de uma solução aquosa contendo 10% m/m de A e com um composto B fornecido a $3 \text{ m}^3/\text{h}$.



Num determinado momento fez-se uma avaliação do inventário do processo por se terem detectado várias anomalias. A descrição da situação pode ser a seguinte:

- * Às 9 h da manhã a altura de líquido no tanque era de cerca de 1 m, o que se pode considerar normal. Todas as variáveis operatórias estavam de acordo com o diagrama do processo, estabelecido para o estado estacionário.
- * Cerca de 2 horas depois, verificou-se que o nível de líquido no tanque misturador era de 1,5 m. O caudal de alimentação da solução aquosa de A apresentava o valor habitual de funcionamento. A análise da descarga líquida do tanque indicava um teor de 23% de B.

I - Estabelecer a variação de inventário do processo neste período e sugerir possíveis causas para as anomalias encontradas.

II - Calcular:

- a) A temperatura do efluente do tanque, quando em estado estacionário. (R: $27,5 \text{ }^\circ\text{C}$)
- b) A temperatura e o teor de A no efluente às 11h da manhã. (R: $27,3 \text{ }^\circ\text{C}$ e 7,7%)

Dados:

- * Secção recta do tanque : 2 m^2
- * Densidade das soluções ≈ 1
- * Capacidade calorífica das soluções $\approx 1 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$
- * Entalpia de solução padrão em água: A= $-16,2 \text{ kcal / kg}$; B= 5 kcal / kg

Dados: $S = 2 \text{ m}^2$ $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ $C_p = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$
 $\Delta H_{SA} = -16,2 \text{ Kcal/Kg} = -16,2 \text{ cal/g}$ $\Delta H_{SB} = 5 \text{ Kcal/Kg} = 5 \text{ cal/g}$

Alínea I) estabelecer a variação de inventário e sugerir possíveis causas para as anomalias

Composição dentro do tanque

9 h H (altura) = 1 m
 A = 7,5 %
 B = 25 %
 H₂O = 67,5 %

Nota: A proporção entre A e a água mantêm-se constante nas correntes (1) e (3) e dentro do tanque:

$$\frac{A}{A + H_2O} = \frac{1}{10} \quad \text{ou} \quad \frac{A}{H_2O} = \frac{1}{9}$$

11 h H = 1,5 m
 A = 7,7 %
 B = 23 %
 H₂O = 69,3 %

Tempo intermédio A = 7,6 %
 B = 24 %
 H₂O = 68,43 %

Balanço ao A Entrada = Saída + Acumulação = Saída + (Fim – Início)
 $Q_E \times \Delta\theta \times X_{EA} = Q_S \times \Delta\theta \times X_{m A} + (H \times S \times X_{Af} - H \times S \times X_{Ai})$
 $9 \times 2 \times 0,1 = Q_S \times 2 \times 0,076 + (1,5 \times 2 \times 0,077 - 1 \times 2 \times 0,075)$
 $1,8 = 0,152 Q_S + (0,231 - 0,15)$
 $Q_S = 11,3092 \text{ m}^3/\text{h}$

Balanço à água semelhante ao Balanço ao A
 $9 \times 2 \times 0,9 = Q_S \times 2 \times 0,684 + (1,5 \times 2 \times 0,693 - 1 \times 2 \times 0,675)$
 $Q_S = 11,3092 \text{ m}^3/\text{h}$

Balço ao B

$$Q_{EB} \times 2 = 11,3092 \times 2 \times 0,24 + (1,5 \times 2 \times 0,23 - 1 \times 2 \times 0,25)$$

$$Q_{EB} = 2,8092 \text{ m}^3/\text{h}$$

Comentários:

O caudal de B reduziu-se de 3 m³/h para 2,8092 m³/h (redução de 6,4 %)

O caudal de saída reduziu-se de 12 m³/h para 11,3092 m³/h (redução de 5,8 %)

O caudal total de entrada reduziu-se de 12 m³/h (3 de B + 9 de solução de A) para 11,8092 m³/h (2,8092 de B + 9 de solução de A) (redução de 1,6 %)

O nível dentro do tanque subiu porque houve uma redução no caudal de saída superior à redução do caudal de entrada.

Como o caudal da solução de A se manteve constante então houve uma avaria na válvula que regula a entrada de B. A válvula de saída tentou manter o nível correcto reduzindo o caudal de saída, mas não suficiente e o nível subiu de 1 m para 1,5 m.

Alínea II-a) Calcular a temperatura do efluente em estado estacionário.

Estado de referência: 25°C, A e B (c), H₂O (l), P_T

Dados: Cp = 1 cal/g °C

ρ = 1 g/cm³

ΔH_{SA} = -16,2 kcal/kg = -16,2 cal/g

ΔH_{SB} = 5 kcal/kg = 5 cal/g

Nota: Como ρ = 1 g/cm³ vamos considerar ton = m³, ou seja vamos entrar com a densidade = 1 mas sem a explicitarmos.

Balço entálpico

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$$

$$\Delta H_1 = 9 \times 10^6 \times 1 \times (25 - 25) + 9 \times 10^6 \times 0,1 \times (-16,2) = -1,458 \times 10^7 \text{ cal/h}$$

$$\Delta H_2 = 3 \times 10^6 \times 1 \times (40 - 25) = 4,5 \times 10^7 \text{ cal/h}$$

$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -1,458 \times 10^7 + 4,5 \times 10^7 = 3,042 \times 10^7 \text{ cal/h}$$

$$3,042 \times 10^7 = 12 \times 10^6 \times 1 \times \Delta T - 9 \times 10^6 \times 0,1 \times 16,2 + 3 \times 10^6 \times 5$$

Vem $\Delta T = 2,5 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T = T_{\text{ref}} + \Delta T = 25 + 2,5 = 27,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Alínea II-b) Calcular a temperatura do efluente às 11 h.

Balço entálpico $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_{\text{Final}} - \Delta H_{\text{Inicial}}$

$$\Delta H_1 = 2 \times (9 \times 10^6 \times 1 \times (25 - 25) + 9 \times 10^6 \times 0,1 \times (-16,2)) = -2,916 \times 10^7 \text{ cal}$$

Atenção: Agora a entalpia deixou de ser um fluxo de energia (cal/h) e passa a ser um valor finito (cal)

Nesta expressão o 2 inicial corresponde ao intervalo de tempo (2 horas)

$$\Delta H_2 = 2 \times 2,8092 \times 10^6 \times 1 \times (40 - 25) = 8,4276 \times 10^7 \text{ cal}$$

$$\Delta H_3 = 2 \times 11,3092 \times 10^6 \times (1 \times \Delta T - 0,076 \times 16,2 + 0,24 \times 5) = 2,2618 \times 10^7 \Delta T - 7,0569 \times 10^5 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{\text{Inicial}} = 2 \times 10^6 \times (1 \times (27,5 - 25) - 0,075 \times 16,2 + 0,25 \times 5) = 5,07 \times 10^6 \text{ cal}$$

Nesta expressão o 2 inicial corresponde ao volume = $S \times H = 2 \times 1 = 2 \text{ m}^3 = 2 \text{ ton}$ e a temperatura de $27,5^\circ\text{C}$ foi calculada na alínea anterior através do Balço entálpico em estado estacionário.

$$\Delta H_{\text{Final}} = 3 \times 10^6 \times (1 \times \Delta T - 0,077 \times 16,2 + 0,23 \times 5) = 3 \times 10^6 \Delta T - 2,922 \times 10^5 \text{ cal}$$

Nesta expressão o 3 inicial corresponde ao volume = $S \times H = 2 \times 1,5 = 3 \text{ m}^3 = 3 \text{ ton}$

$$-2,916 \times 10^7 + 8,4276 \times 10^7 = (2,2618 \times 10^7 \Delta T - 7,0569 \times 10^5) + ((3 \times 10^6 \Delta T - 2,922 \times 10^5) - 5,07 \times 10^6)$$

Vem $\Delta T = 2,39 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T = 25 + 2,39 = 27,39 \text{ }^\circ\text{C}$