PS – Test 2021.1 Resolution

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

13 de abril de 2024

Conteúdo

Questão 1 2
Questão 2 3

Questão 1

Pretende-se absorver acetona presente numa mistura gasosa constituída por ar e acetona numa coluna de enchimento com área de secção $0.186\,\mathrm{m}^2$ e usando água em contracorrente. A composição da acetona na corrente gasosa à entrada é $2.6\,\%$ e pretende-se obter $0.5\,\%$ de acetona na corrente de saída. O caudal da mistura gasosa à entrada da coluna é $13.7\,\mathrm{kmol/h}$ e o caudal de água é $43.6\,\mathrm{kmol/h}$. A relação de equilíbrio é $y^* = 1.2\,x$ sendo y e x as fracções molares de acetona. Determine:

$$\boldsymbol{Z = H_{OG}\,N_{OG}; \quad H_{OG} = \frac{G}{A\,K_y\,a}; \quad N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{\mathrm{d}y}{y - y^*}}$$

Q1 a.

O caudal mínimo de água.

Resposta

$L_{B,\min}$:

$$G_B\,y_B + L_A\,x_a = G_B\,y_B =$$
$$= G_A\,y_A + L_B\,x_B = G_A\,y_A + L_{B,\min}\,x_B^* =$$
$$= G_A\,y_A + L_{B,\min}\,\frac{y_B}{1.2};$$

$E = |1 - G_s/G_B|$:

$$G_B\,y_B = G_s\,\frac{y_B}{1-y_B} \implies$$
$$\implies E = \left|1 - \frac{G_s}{G_B}\right| = |1 - 1 + y_B| =$$
$$= 2.6\% < 10\,\%$$
$$\therefore \begin{cases} G_A = G_B = G & = 13.7\,\mathrm{kmol/h} \\ L_A = L_B = L & = 43.6\,\mathrm{kmol/h} \end{cases};$$

$$\implies L_{B\,\min} = L_{\min} = (G_B\,y_B - G_A\,y_A)\frac{1.2}{y_B} = (G\,y_B - G\,y_A)\frac{1.2}{y_B} =$$
$$= G\,(1 - y_A/y_B)\,1.2 \cong 13.7\,(1 - 0.5/2.6)\,1.2 \cong$$
$$\cong 13.3\,\mathrm{kmol/h}$$

Q1 b.

A % molar de acetona na corrente líquida à saída da coluna.

Resposta

x_B :

$$G_B\,y_B = G\,y_B =$$
$$= G_A\,y_A + L_B\,x_B = G\,y_A + L\,x_B \implies$$
$$\implies x_B = G\,(y_B - y_A)/L \cong 13.7\,(2.6 - 0.5)/43.6 \cong 0.66\,\%$$

Q1 c.

O nº de unidades de transferência.

Resposta

N_{OG} :

$$N_{OG} = \int_{y_A}^{y_B} \mathrm{d}y/(y - y^*) \cong \frac{y_B - y_A}{\Delta\bar{y_L}} =$$
$$= \frac{y_B - y_A}{\left(\frac{\Delta y_B - \Delta y_A}{\ln \Delta y_B/\Delta y_A}\right)} =$$
$$= \frac{y_B - y_A}{\left(\frac{(y_B - y_B^*) - (y_A - y_A^*)}{\ln \frac{y_B - y_B^*}{y_A - y_A^*}}\right)} =$$
$$= \frac{y_B - y_A}{\left(\frac{(y_B - 1.2\,x_B) - (y_A - 1.2\,x_A)}{\ln \frac{y_B - 1.2\,x_B}{y_A - 1.2\,x_A}}\right)} =$$
$$= \left(\frac{1 - \frac{1.2\,x_B}{y_B - y_A}}{\ln \frac{y_B - 1.2\,x_B}{y_A}}\right)^{-1} \cong \left(\frac{1 - \frac{1.2 * 0.66\,\%}{2.6 - 0.5}}{\ln \frac{2.6 - 1.2 * 0.66\,\%}{0.5}}\right)^{-1} \cong 2.064 \cong 2$$

Q1 d.

A altura de enchimento necessária, sabendo que os coeficientes volumétricos individuais de transferência de massa são:

$$\boldsymbol{k_y\,a} = 3.8\,\mathrm{E}^{-2}\,\mathrm{kmol/s\,m^3}; \qquad \boldsymbol{k_x\,a} = 6.2\,\mathrm{E}^{-2}\,\mathrm{kmol/s\,m^3}$$

Resposta

H_{OG} :

$$H_{OG} = \frac{G}{A\,K_y\,a} = \frac{G}{A}\,\frac{1}{K_y\,a} = \frac{G}{L/m\,G}\left(\frac{1}{k_y\,a} + \frac{m}{k_x\,a}\right) =$$
$$= \frac{m\,G^2}{L}\left(\frac{1}{k_y\,a} + \frac{m}{k_x\,a}\right) =$$
$$= \frac{1.2 * 13.7^2}{43.6}\left(\frac{1}{3.8\,\mathrm{E}^{-2} * 3600} + \frac{1.2}{6.2\,\mathrm{E}^{-2} * 3600}\right) \cong 655.346\,\mathrm{m}^3$$

Q1 e.

Discuta como variaria a altura se diminuísse o declive da linha de equilíbrio. Isso implicaria operar a uma temperatura superior ou inferior?

Questão 2

Pretende-se dimensionar uma coluna de destilação para fraccionar $100\,\mathrm{kmol/h}$ de uma mistura de $55\,\%\,\mathrm{mol}$ (A) e $45\,\%\,\mathrm{mol}$ (C). A alimentação encontra-se à temperatura de $110\,°\mathrm{C}$. Pretende-se obter um destilado e um resíduo com $95\,\%\,\mathrm{mol}$ e $15\,\%\,\mathrm{mol}$ no composto mais volátil, respectivamente. Os dados de equilíbrio liquido-vapor encontram-se representados na figura junta. Calcule:

Dados:

- Temperaturas de vaporização a $1\,\mathrm{bar}$
  - A Puro: $80.1\,°\mathrm{C}$
  - C Puro: $110.6\,°\mathrm{C}$
  - Alimentação: $94\,°\mathrm{C}$
  - Destilado: $82\,°\mathrm{C}$
  - Resíduo: $108\,°\mathrm{C}$
- C_p misturas líquidas A + C: $67\,\mathrm{J/mol\,°C}$
- $\Delta\hat{H}_{vap}$ Misturas A + C: $40.2\,\mathrm{kJ/mol}$
- Despreze eventuais efeitos da temperatura nos calores sensíveis e latente e eventuais perdas de calor e de pressão na coluna.

Curva de equilíbrio:

x	0	0.20	0.40	0.60	0.80	1
y	0	0.38	0.62	0.79	0.91	1

x, y referem-se às composições do composto mais volátil nas fases líquida e vapor, respectivamente

$$y_{n+1} = \frac{L}{V}\,x_n + \frac{D\,x_D}{V} = \frac{R}{R+1}\,x_n + \frac{x_D}{R+1}$$
$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}}\,x_m - \frac{B\,x_B}{\bar{V}}$$
$$y_i = \frac{i}{i-1}\,x_i - \frac{x_F}{i-1}$$

Q2 a.

A razão mínima de refluxo.

Resposta

- A é mais volátil
- $x_F = 55\,\%_{\mathrm{A}}$
- $x_D = 95\,\%_{\mathrm{A}}$
- $x_B = 15\,\%_{\mathrm{A}}$

$R_{\min}$:

$$y_{n+1} = \frac{R_{\min}}{R_{\min}+1}\,x_n + \frac{x_D}{R_{\min}+1};$$

y_{n+1} (Reta a partir de dois pontos) :

1º Ponto: Interseção y_i com a curva de equilibrio

$$y_i = \frac{i}{i-1}\,x_i - \frac{x_F}{i-1};$$

i (Vapor Sobreaquecido)

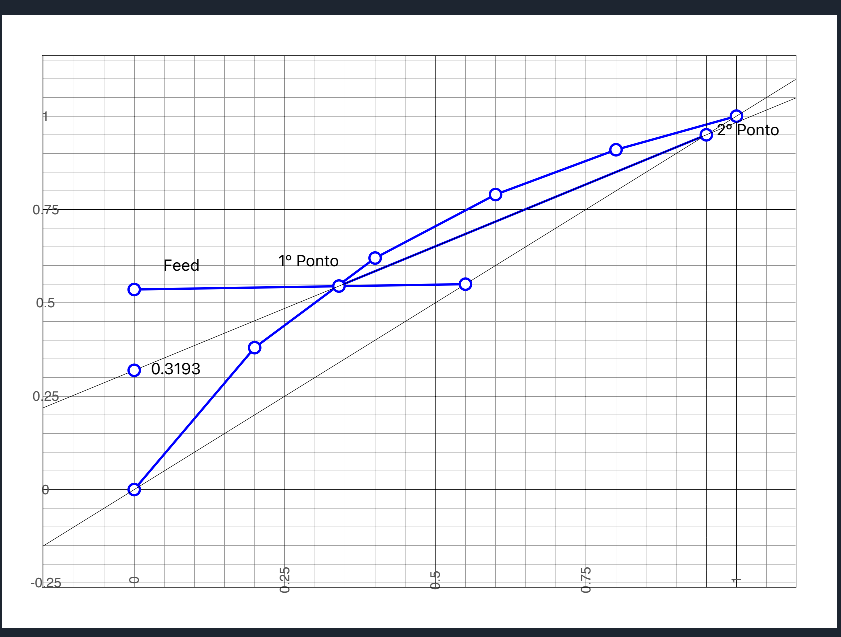
$$i = \frac{\bar{L}-L}{F} = \frac{(L-\nu)-L}{F} = \frac{-\nu}{F};$$

ν (Balanço energético)

$$\nu\ \Delta\hat{H}_{vap} = F\,C_{p,mist}\ \Delta T \implies$$
$$\implies \nu = \frac{F\,C_{p,mist}\ \Delta T}{\Delta\hat{H}_{vap}} = \frac{F\,67(110-94)}{40.2\,\mathrm{E}^{3}} \cong F\,26.667\,\mathrm{E}^{-3} \implies$$
$$\implies i = \frac{-\nu}{F} \cong -26.667\,\mathrm{E}^{-3} \implies$$
$$\implies y_i = \frac{i}{i-1}\,x_i - \frac{x_F}{i-1} \cong -0.026\,x_i + 0.536$$
$$\begin{cases} x_i = x_F & \implies y_i = 0.55 \\ x_i = 0 & \implies y_i = 0.536 \end{cases}$$

2º Ponto:

$y_D = x_D = 0.95$



$$\implies \frac{x_D}{R_{\min}+1} \cong 0.3139 \implies R_{\min} \cong \frac{0.95}{0.3139} - 1 \cong 2.026$$

Q2 b.

Se a coluna operar a uma razão de refluxo 25% superior ao valor mínimo e com uma caldeira total e um condensador total, determine o número de andares de equilíbrio necessários. Indique o andar óptimo de entrada da alimentação e o número de andares em cada secção da coluna. Quais as aproximações que tomou?

Resposta

Razão de refluxo:$R = R_{\min} * 1.25 \cong 2.026 * 1.25 \cong 2.533$

Reta de Enriching:

$$y_{n+1} = \frac{R\,x_n + x_D}{R+1} \cong= 0.717\,x_n + 0.269$$

Interseção com o Feed

$$-0.026\,x_n + 0.536 = 0.717\,x_n + 0.269 \implies$$
$$\implies x_n = \frac{0.536-0.269}{0.717+0.026} \cong 0.359 \implies$$
$$\implies y_m \cong -0.026 * 0.359 + 0.536 \cong 0.526$$

Reta de Stripping:

$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}}\,x_m - \frac{B\,x_b}{\bar{V}} = \frac{\bar{V}+B}{\bar{V}}\,x_m - \frac{B\,x_b}{\bar{V}}$$
$$\begin{cases} x_m = x_B & \implies y_{m+1} = x_B\,\frac{\bar{V}+B-B}{\bar{V}} = x_B = 0.15 \\ x_m \cong 0.359 & \implies y_{m+1} \cong 0.526 \end{cases}$$

Grafico: Traçar os pratos começando de x_D até o ponto de interseção onde vai ser o numero de pratos ótimo antes da entrada, então continuamos traçando até intersectar $x = y$

Q2 c.

NÃO efectuando cálculos diga qual a relação entre o calor fornecido pela caldeira e o calor retirado pelo condensador. Justifique devidamente.

Q2 d.

Comente a seguinte frase, justificando plenamente a sua resposta:
"Quanto mais afastada estiver a linha de equilíbrio da linha diagonal $x = y$ (gráfico McCabe-Thiele) mais fácil é a separação por destilação e menor o número de andares de equilíbrio necessários"