

Úloha 5-27 Ideálně promíchávaný reaktor a reaktor s pístovým tokem, kaskáda míchaných reaktorů

Rozklad $A \rightarrow R$, se řídí kinetickou rovnicí druhého řádu

$$r_A / (\text{mol dm}^{-3} \text{ h}^{-1}) = -\frac{dc_A}{d\tau} = 0,418 \cdot c_A^2$$

- (a) Vypočtete objem reaktoru s pístovým tokem, ve kterém bude při nástřiku $100 \text{ dm}^3 \text{ h}^{-1}$ o koncentraci $c_{A0} = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$ dosaženo konverze 90 %.
- (b) Jaký by byl objem průtočného dokonale promíchávaného reaktoru, potřebný pro dosažení stejné konverze?
- (c) Jsou-li k dispozici průtočné míchané reaktory o objemu 5 m^3 , vypočtete, kolik těchto reaktorů je třeba zařadit za sebou do kaskády, aby bylo při uvedeném nástřiku dosaženo 90 %ní konverze.

[(a) $V_R = 5,383 \text{ m}^3$, (b) $V_R = 53,83 \text{ m}^3$, (c) tři reaktory]

Řešení:

$$\alpha = 0,9$$

$$r_A / (\text{mol dm}^{-3} \text{ h}^{-1}) = -\frac{dc_A}{d\tau} = 0,418 \cdot c_A^2, \quad [c_A] = \text{mol dm}^{-3}$$

$$[0,418] = \left[\frac{\text{mol dm}^{-3} \text{ h}^{-1}}{(\text{mol dm}^{-3})^2} = \text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{ h}^{-1} \right]$$

$$c_{A0} = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$F_V = 100 \text{ dm}^3 \text{ h}^{-1}$$

(a) Objem reaktoru s pístovým tokem

$$\frac{V_{R,\text{píst}}}{F_V} = c_{A0} \cdot \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{r_A} = c_{A0} \cdot \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{0,418 \cdot c_{A0}^2 \cdot (1-\alpha)^2} = \frac{1}{0,418 \cdot c_{A0}} \cdot \left(\frac{1}{1-\alpha} - 1 \right)$$

$$V_{R,\text{píst}} = \frac{F_V}{0,418 \cdot c_{A0}} \cdot \left(\frac{1}{1-\alpha} - 1 \right) = \frac{100}{0,418 \cdot 0,4} \cdot \left(\frac{1}{1-0,9} - 1 \right) = 5382,77 \text{ dm}^3$$

$$V_{R,\text{píst}} = 5,383 \text{ m}^3 \quad \left[\frac{\text{dm}^3 \text{ h}^{-1}}{(\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{ h}^{-1}) \cdot (\text{mol dm}^{-3})} = \text{dm}^3 \right]$$

(b) Objem dokonale promíchávaného reaktoru

$$\frac{V_{R,\text{mích}}}{F_V} = c_{A0} \cdot \frac{\alpha}{r_A} = c_{A0} \cdot \frac{\alpha}{0,418 \cdot c_{A0}^2 \cdot (1-\alpha)^2}$$

$$V_{R,\text{mích}} = F_V \cdot \frac{\alpha}{0,418 \cdot c_{A0} \cdot (1-\alpha)^2} = 100 \cdot \frac{0,9}{0,418 \cdot 0,4 \cdot (1-0,9)^2} = 53827,75 \text{ dm}^3$$

$$V_{R,\text{mích}} = 53,83 \text{ m}^3$$

(c) Kaskáda míchaných reaktorů stejného objemu $V_{Ri} = 5 \text{ m}^3$

První člen:

$$\frac{V_{Ri}}{F_V} = \frac{c_{A1} - c_{A0}}{r_{A1}} = \frac{\alpha_1}{0,418 \cdot c_{A0} \cdot (1-\alpha_1)^2}$$

$$\underbrace{\frac{V_{Ri} \cdot 0,418 \cdot c_{A0}}{F_V}}_{\Phi} \cdot (1-\alpha_1)^2 = \alpha_1$$

$$\underbrace{\frac{5000 \cdot 0,418 \cdot 0,4}{100}}_{8,36} \cdot (1 - 2\alpha_1 + \alpha_1^2) = \alpha_1$$

$$8,36 \alpha_1^2 - 17,72 \alpha_1 + 8,36 = 0 \begin{cases} \nearrow \alpha_1 = 0,7088 \\ \searrow \alpha = 1,41 > 1, \text{ nemá fyzikální smysl} \end{cases}$$

Druhý člen:

$$\frac{V_{R2}}{F_V} = \frac{c_{A2} - c_{A1}}{r_{A2}} = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{0,418 \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha_2)^2}$$

$$8,36 \cdot (1 - 2\alpha_2 + \alpha_2^2) = \alpha_2 - 0,7088$$

$$8,36 \alpha_2^2 - 17,72 \alpha_2 + 9,0688 = 0 \begin{cases} \nearrow \alpha_2 = 0,86382 \\ \searrow \alpha = 1,11 > 1, \text{ nemá fyzikální smysl} \end{cases}$$

Třetí člen:

$$\frac{V_{R3}}{F_V} = \frac{c_{A3} - c_{A2}}{r_{A3}} = \frac{\alpha_3 - \alpha_2}{0,418 \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha_3)^2}$$

$$8,36 \cdot (1 - 2\alpha_3 + \alpha_3^2) = \alpha_3 - 0,86382$$

$$8,36 \alpha_3^2 - 17,72 \alpha_3 + 9,22382 = 0 \begin{cases} \nearrow \alpha_3 = 0,91886 > 0,9 \\ \searrow \alpha = 1,2 > 1, \text{ nemá fyzikální smysl} \end{cases}$$

Je zapotřebí tří reaktorů.