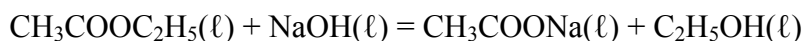


### Úloha 5-32 Kaskáda dokonale míchaných reaktorů

Rychlostní konstanta zmýdelňování ethylacetátu



má při určité teplotě hodnotu  $k_c = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Porovnejte stupeň přeměny výchozích látek, jehož se dosáhne

(a) v průtočném ideálně promíchávaném reaktoru (objem  $V_R$ ),

(b) v trubkovém reaktoru s pístovým tokem reagujících látek (stejný objem  $V_R$ ),

(c) v kaskádě tří ideálně promíchávaných reaktorů stejného objemu ( $V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \frac{1}{3} V_R$ ),

(d) v kaskádě tří reaktorů s pístovým tokem stejného objemu ( $V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \frac{1}{3} V_R$ ).

Všechna uspořádání mají stejný výkon,  $N = F_V/V_R = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Koncentrace acetátu a hydroxidu v nástřiku jsou stejné,  $0,15 \text{ mol dm}^{-3}$ .

[(a)  $\alpha_{\text{mich}} = 0,37069$ , (b)  $\alpha_{\text{pist}} = 0,48347$ , (c)  $\alpha_{\text{kaskáda 3}} = 0,43614$ , (d)  $\alpha = 0,48347$ ]

#### Řešení:

typ reakce:  $A + B = R + S$

$$N = F_V/V_R = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

$$k_c / (\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}) = 1,04 \cdot 10^{-3}$$

$$k_c / (\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ h}^{-1}) = 1,04 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 3,744$$

$$c_{A0} = c_{B0} = 0,15 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{balance: } c_{A1} = c_{B1} = c_1 = c_0 - c_0 \cdot \alpha_1$$

$$\text{reakční rychlost: } r = r_A = r_B = k_c \cdot c_A \cdot c_B = k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha)^2$$

(a) Dokonale promíchávaný reaktor

$$\frac{V_R}{F_V} = c_0 \cdot \frac{\alpha}{r} = c_0 \cdot \frac{\alpha}{k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha)^2}$$

$$\frac{\alpha}{(1 - \alpha)^2} = \frac{V_R \cdot k_c \cdot c_0}{F_V} = \frac{3,744 \cdot 0,15}{0,6} = 0,936$$

$$0,936 \alpha^2 - 2,872 \alpha + 0,936 = 0$$

$$\alpha = \frac{+2,872 \pm \sqrt{2,872^2 - 4 \cdot 0,936 \cdot 0,936}}{2 \cdot 0,936} =$$

$$\alpha_{\text{mich}} = 0,37069$$

(b) Reaktor s pístovým tokem

$$\frac{V_R}{F_V} = c_0 \cdot \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{r} = c_0 \cdot \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha)^2} = \frac{1}{k_c \cdot c_0} \cdot \left( \frac{1}{1 - \alpha} - 1 \right)$$

$$\frac{1}{1 - \alpha} = \frac{V_R \cdot k_c \cdot c_0}{F_V} + 1 = \frac{3,744 \cdot 0,15}{0,6} + 1 = 1,936$$

$$\alpha_{\text{pist}} = 1 - \frac{1}{1,936} = 0,48347$$

(c) Kaskáda tří míchaných reaktorů třetinového objemu

První člen:  $c_{A1} = c_{B1} = c_1 = c_0 - c_0 \cdot \alpha_1$

$$\frac{V_R / 3}{F_V} = \frac{c_0 - c_1}{r_1} = \frac{c_0 \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha_1)^2}$$

$$\frac{\alpha_1}{(1-\alpha_1)^2} = \frac{V_R/3}{F_V} k_c \cdot c_0 = \frac{3,744 \cdot 0,15}{3 \cdot 0,6} = \frac{0,936}{3} = 0,312$$

$$0,312 \alpha^2 - 1,624 \alpha + 0,312 = 0$$

$$\alpha = \frac{+1,624 \pm \sqrt{1,624^2 - 4 \cdot 0,312 \cdot 0,312}}{2 \cdot 0,312} = 0,19979$$

$$\alpha_{\text{kaskáda 1}} = 0,19979$$

Druhý člen:  $c_{A2} = c_{B2} = c_2 = c_0 - c_0 \cdot \alpha_2$

$$\frac{V_R/3}{F_V} = \frac{c_1 - c_2}{r_2} = \frac{c_0 \cdot \alpha_2 - c_0 \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha_2)^2}$$

$$\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{(1 - \alpha_2)^2} = \frac{V_R/3}{F_V} k_c \cdot c_0 = \frac{3,744 \cdot 0,15}{3 \cdot 0,6} = \frac{0,936}{3} = 0,312$$

$$\alpha_2 - 0,19979 = 0,312 \cdot (1 - 2\alpha_2 + \alpha_2^2)$$

$$0,312 \alpha^2 - 1,624 \alpha + 0,51179 = 0$$

$$\alpha = \frac{+1,624 \pm \sqrt{1,624^2 - 4 \cdot 0,312 \cdot 0,51179}}{2 \cdot 0,312} = 0,33695$$

$$\alpha_{\text{kaskáda 2}} = 0,33695$$

Třetí člen:  $c_{A3} = c_{B3} = c_3 = c_0 - c_0 \cdot \alpha_3$

$$\frac{V_R/3}{F_V} = \frac{c_2 - c_3}{r_2} = \frac{c_0 \cdot \alpha_3 - c_0 \cdot \alpha_2}{k_c \cdot c_0^2 \cdot (1 - \alpha_3)^2}$$

$$\frac{\alpha_3 - \alpha_2}{(1 - \alpha_3)^2} = \frac{V_R/3}{F_V} k_c \cdot c_0 = \frac{3,744 \cdot 0,15}{3 \cdot 0,6} = \frac{0,936}{3} = 0,312$$

$$\alpha_3 - 0,33695 = 0,312 \cdot (1 - 2\alpha_3 + \alpha_3^2)$$

$$0,312 \alpha^2 - 1,624 \alpha + 0,64895 = 0$$

$$\alpha = \frac{+1,624 \pm \sqrt{1,624^2 - 4 \cdot 0,312 \cdot 0,64895}}{2 \cdot 0,312} = 0,43614$$

$$\alpha_{\text{kaskáda 3}} = 0,43614$$

(d) Tři reaktory s pístovým tokem

Stejný stupeň přeměny jako jediný pístový reaktor:

$$\frac{V_R}{F_V} = \int_{c_{A0}}^{c_{A1}} \frac{-dc_A}{k_c \cdot c_A^2} + \int_{c_{A1}}^{c_{A2}} \frac{-dc_A}{k_c \cdot c_A^2} + \int_{c_{A2}}^{c_{A3}} \frac{-dc_A}{k_c \cdot c_A^2} = \int_{c_{A0}}^{c_{A3}} \frac{-dc_A}{k_c \cdot c_A^2} = \int_0^{\alpha_{\text{pist}}} \frac{c_{A0} \cdot d\alpha}{k_c \cdot c_A^2}$$