

Úloha 5-31 Kaskáda dokonale míchaných reaktorů

Rozklad látky A je jednosměrnou reakcí prvního řádu, $A \rightarrow B$. Určete objem průtočného dokonale promíchávaného reaktoru, který je nutný k dosažení 50 %ní přeměny výchozí látky za těchto podmínek: reakce probíhá při teplotě 500°C, rychlostní konstanta rozkladu má při této teplotě hodnotu $k_c = 0,008 \text{ s}^{-1}$ a nástřik plynné směsi, obsahující 64 mol.% A (zbytek inertní plyn) je $108 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Kolik takových reaktorů by bylo zapotřebí zařadit za sebou, aby se dosáhlo přeměny minimálně 95 %?

$$[V_R = 3,75 \text{ m}^3, 5 \text{ reaktorů}]$$

Řešení:

$$T = 773,15 \text{ K}$$

$$k_c = 0,008 \text{ s}^{-1} = 0,008 \cdot 3600 \text{ h}^{-1}$$

$$F_V = 108 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

Jediný dokonale promíchávaný reaktor, $\alpha = 0,5$

$$\text{balance: } c_A = c_{A0} - c_{A0} \cdot \alpha$$

$$r_A = k_c \cdot c_A$$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{c_{A0} - c_A}{r_A} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha)}$$

$$V_R = \frac{F_V \cdot \alpha}{k_c \cdot (1 - \alpha)} = \frac{108 \cdot 0,5}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - 0,5)}$$

$$V_R = 3,75 \text{ m}^3$$

Kaskáda míchaných reaktorů $V_{R1} = V_{R2} = \dots = V_{Rn} = V_R$

$$\alpha = 0,95$$

$$1. \text{ člen kaskády: } F_V \cdot c_{A0} - F_V \cdot c_{A1} - r_{A1} \cdot V_R = 0$$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{3,75}{108} = \frac{c_{A0} - c_{A1}}{r_1} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha_1)} = \frac{\alpha_1}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - \alpha_1)}$$

$$\alpha_1 = 0,5$$

$$2. \text{ člen kaskády: } F_V \cdot c_{A1} - F_V \cdot c_{A2} - r_{A2} \cdot V_R = 0$$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{3,75}{108} = \frac{c_{A1} - c_{A2}}{r_2} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_2 - c_{A0} \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha_2)} = \frac{\alpha_2 - 0,5}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - \alpha_2)}$$

$$1 - \alpha_2 = \frac{108}{0,008 \cdot 3600 \cdot 3,75} \cdot (\alpha_2 - 0,5) = \alpha_2 - 0,5$$

$$\alpha_2 = 0,75$$

$$3. \text{ člen kaskády: } F_V \cdot c_{A2} - F_V \cdot c_{A3} - r_{A3} \cdot V_R = 0$$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{3,75}{108} = \frac{c_{A2} - c_{A3}}{r_3} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_3 - c_{A0} \cdot \alpha_2}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1 - \alpha_3)} = \frac{\alpha_3 - 0,75}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - \alpha_3)}$$

$$1 - \alpha_3 = \frac{108}{0,008 \cdot 3600 \cdot 3,75} \cdot (\alpha_3 - 0,75) = \alpha_3 - 0,75$$

$$\alpha_3 = 0,875$$

4. člen kaskády: $F_V \cdot c_{A3} - F_V \cdot c_{A4} - r_{A4} \cdot V_R = 0$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{3,75}{108} = \frac{c_{A3} - c_{A4}}{r_4} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_4 - c_{A0} \cdot \alpha_3}{k_c \cdot c_{A,0} \cdot (1 - \alpha_4)} = \frac{\alpha_4 - 0,875}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - \alpha_4)}$$

$$1 - \alpha_4 = \frac{108}{0,008 \cdot 3600 \cdot 3,75} \cdot (\alpha_4 - 0,875) = \alpha_4 - 0,875$$

$$\alpha_2 = 0,9375$$

5. člen kaskády: $F_V \cdot c_{A4} - F_V \cdot c_{A5} - r_{A5} \cdot V_R = 0$

$$\frac{V_R}{F_V} = \frac{3,75}{108} = \frac{c_{A4} - c_{A5}}{r_5} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_5 - c_{A0} \cdot \alpha_4}{k_c \cdot c_{A,0} \cdot (1 - \alpha_5)} = \frac{\alpha_5 - 0,9375}{0,008 \cdot 3600 \cdot (1 - \alpha_5)}$$

$$1 - \alpha_5 = \frac{108}{0,008 \cdot 3600 \cdot 3,75} \cdot (\alpha_5 - 0,9375) = \alpha_5 - 0,9375$$

$$\alpha_2 = 0,96875 > 0,95$$

Je potřeba 5 reaktorů