

Úloha 5-17 Dokonale míchaný reaktor a pístový reaktor v sérii

Pro realizaci jednosměrné reakce prvního řádu $A = P$ v průtočném uspořádání máme k dispozici jeden reaktor s pístovým tokem a jeden reaktor ideálně promíchávaný, oba o stejném objemu 200 dm^3 . Pro nástřik $0,004 \text{ m}^3$ za minutu hledáme takové uspořádání, ve kterém bude dosaženo vyššího stupně přeměny. Rychlostní konstanta reakce má hodnotu $k_c = 1,15 \text{ h}^{-1}$. Určete, která ze dvou možných variant zapojení obou reaktorů v sérii je výhodnější:

(a) jako první reaktor s pístovým tokem, jako druhý reaktor míchaný, nebo (b) jako první reaktor ideálně míchaný a za ním reaktor s pístovým tokem.

$$[\alpha_2 = 1 - \frac{F_V \cdot e^{-(V_R \cdot k_c)/F_V}}{V_R \cdot k_c + F_V} - \text{výsledný stupeň přeměny je stejný u obou uspořádání, na uspořádání nezáleží}]$$

$$(a) \alpha_1 = 0,6165 ; \alpha_2 = 0,8042 \quad (b) \alpha_1 = 0,4894 ; \alpha_2 = 0,8042]$$

Řešení:

$$F_V = 0,004 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$$

$$V_{R,pist} = V_{R,mich} = V_R = 200 \text{ dm}^3$$

$$k_c = 1,15 \text{ h}^{-1}$$

(a) První reaktor s pístovým tokem, druhý reaktor míchaný

1. Balance: $c_{A1} = c_{A0} - c_{A0} \cdot \alpha_1$

$$\frac{V_{R,pist}}{F_V} = c_{A0} \cdot \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{r_A} = c_{A0} \cdot \int_0^{\alpha_1} \frac{d\alpha}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1-\alpha)} = -\frac{1}{k_c} \cdot \ln(1-\alpha_1)$$

$$-\ln(1-\alpha_1) = \frac{V_R \cdot k_c}{F_V} ; \text{ (označíme } \frac{V_R \cdot k_c}{F_V} = \beta$$

má stejnou hodnotu pro oba reaktory)

$$\alpha_1 = 1 - e^{-\beta}$$

2. vstupuje směs o α_1 , stupeň přeměny ve výsledné směsi:

Balance: $\alpha_2 = \frac{c_{A0} - c_{A2}}{c_{A0}} \Rightarrow c_{A2} = c_{A0} - c_{A0} \cdot \alpha_2$

$$\frac{V_{R,mich}}{F} = \frac{c_{A1} - c_{A2}}{r_A} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_2 - c_{A0} \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1-\alpha_2)}$$

$$\frac{V_{R,mich} \cdot k_c}{F_V} \cdot (1-\alpha_2) = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\beta \cdot (1-\alpha_2) = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\alpha_2 = \frac{\beta + 1 - e^{-\beta}}{\beta + 1} = 1 - \frac{e^{-\beta}}{\beta + 1}$$

(b) První reaktor míchaný, druhý reaktor s pístovým tokem

1. Balance: $c_{A1} = c_{A0} - c_{A0} \cdot \alpha_1$

$$\frac{V_{R,mich}}{F_V} = \frac{c_{A0} - c_{A1}}{r_{A1}} = \frac{c_{A0} \cdot \alpha_1}{k_c \cdot c_{A0} \cdot (1-\alpha_1)}$$

$$\frac{V_{R,mich} \cdot k_c}{F_V} = \beta = \frac{\alpha_1}{1-\alpha_1} \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

2. vstupuje směs o α_1

$$\frac{V_{\text{R,pist}}}{F_V} = c_{\text{A}0} \cdot \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{d\alpha}{r_{\text{A}2}} = c_{\text{A}0} \cdot \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{d\alpha}{k_c \cdot c_{\text{A}0} \cdot (1-\alpha)} = -\frac{1}{k_c} \cdot \ln \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1}$$

$$-\ln \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} = \frac{V_{\text{R,pist}} \cdot k_c}{F_V} = \beta$$

$$1-\alpha_2 = \text{e}^{-\beta} \cdot (1-\alpha_1) = \text{e}^{-\beta} \cdot (1-\frac{\beta}{\beta+1}) = \frac{\text{e}^{-\beta}}{\beta+1}$$

$$\alpha_2 = 1-\frac{\text{e}^{-\beta}}{\beta+1}$$