Úloha 5-11 Pístový a ideálně míchaný homogenní reaktor

Největší průtočný promíchávaný reaktor, který máte pro realizaci předchozího problému k dispozici, má objem 30 m^3.

(a) Stačí tato velikost reaktoru pro dosažené stejného stupně přeměny?

(b) Jestliže zjistíte, že objem 30 m^3 je nedostačující, vypočítejte, jak velký průtočný dokonale míchaný reaktor je nutno ještě za tento první reaktor zařadit, abychom dosáhli stejného stupně přeměny jako v úloze 5-10.

[(a) Nestačí, byl by potřeba $V_R = 65{,}57$ m^3; (b) $V_{R1} = 30$ m^3 , $V_{R2} = 15{,}6$ m^3]

Řešení

$V_{R1} = 30$ m^3

Z úlohy 5-10: $k'_p = 1{,}30285 \cdot 10^{-3}$ mol m^{-3} Pa^{-1} h^{-1}

$$F \cdot n_{M,0} = \frac{124000}{31} = 4000 \text{ mol h}^{-1}$$

$p = 200$ kPa

(a) Objem promíchávaného reaktoru pro dosažení přeměny $\alpha = 0{,}65$

Rychlostní rovnice:

$$\frac{V_R}{F} = n_{M,0} \cdot \frac{\alpha}{r} \quad , \quad r = k'_p \cdot p_M$$

Bilance: $F \cdot n_M = F \cdot n_{M0}\,(1 - \alpha)$ $\qquad p_M = \dfrac{1-\alpha}{1+2\,\alpha} \cdot p$

$$F \cdot n_{HCN} = F \cdot n_{M0} \cdot \alpha = 2000 \text{ mol h}^{-1} \Rightarrow \alpha = \frac{F \cdot n_{HCN}}{F \cdot n_{M0}} = \frac{2600}{4000} = 0{,}65$$

$F \cdot n_{H2} = 2\,F \cdot n_{M0} \cdot \alpha$

$\Sigma n = F \cdot n_{M0}\,(1 + 2\,\alpha)$

$$r = k'_p \cdot \frac{1-\alpha}{1+2\,\alpha} \cdot p$$

$$\boxed{V_R = F \cdot n_{M,0} \cdot \frac{\alpha \cdot (1+2\,\alpha)}{k'_p \cdot (1-\alpha) \cdot p}}$$

$$= 4000 \cdot \frac{0{,}65 \cdot (1+2 \cdot 0{,}65)}{1{,}30285 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot (1-0{,}65)} = 65{,}57 \text{ m}^3$$

Byl by zapotřebí promíchávaný reaktor o objemu 65,6 m^3, objem 30 m^3 nestačí.

(b) Promíchávaný reaktor $V_{R1} = 30$ m^3 + promíchávaný reaktor V_{R2}

V prvém reaktoru ($V_{R1} = 30$ m^3) se dosáhne přeměny

$$\frac{\alpha_1 \cdot (1+2\,\alpha_1)}{(1-\alpha_1)} = \frac{V \cdot k'_p \cdot p}{n_{M,0} \cdot F} = \frac{30 \cdot 1{,}30285 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^3}{4000} = 1{,}954275$$

$$\alpha_1^2 + 1{,}4771375 \cdot \alpha_1 - 0{,}9771375 = 0$$

$$\alpha_1 = -0{,}738569 \pm (0{,}545484 + 0{,}9771375)^{1/2} = 0{,}495377$$

Do druhého reaktoru vstupuje směs v níž je $\alpha_1 = 0{,}4954$, má vycházet směs o $\alpha_2 = 0{,}65$

$$V_{R2} = n_{M,0} \cdot F \cdot \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{r_2} = n_{M,0} \cdot F \cdot \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (1+2\,\alpha_2)}{k'_p \cdot p \cdot (1-\alpha_2)} =$$

$$= 4000 \cdot \frac{(0{,}65 - 0{,}4954) \cdot (1+2 \cdot 0{,}65)}{1{,}30285 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot (1-0{,}65)}$$

$V_{R2} = 15{,}6$ m^3