

Úloha 5-10 Pístový a ideálně míchaný homogenní reaktor

V průtočném izotermním reaktoru s pístovým tokem má být vyráběn kyanovodík rozkladem methylaminu. Rozklad je prakticky jednosměrnou reakcí



Pro teplotní závislost rychlostní konstanty rozkladu platí vztah

$$k_c / (\text{s}^{-1}) = 3,3 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{242\,690}{RT}\right)$$

Nástřik 124 kg h⁻¹ je tvořen čistým methylaminem. Vypočtěte, jakého objemu reaktoru je zapotřebí, abychom při teplotě 900 K a tlaku 200 kPa produkovali 70,2 kg HCN za hodinu.

$$[V = 28,391 \text{ m}^3]$$

Řešení

$$T = 900 \text{ K}, \quad p = 200 \text{ kPa}$$

$$\dot{m}_{\text{M},0} = 124 \text{ kg h}^{-1}, \quad M_{\text{M}} = 31 \text{ g mol}^{-1}, \quad F \cdot n_{\text{M},0} = \frac{124000}{31} = 4000 \text{ mol h}^{-1}$$

$$\dot{m}_{\text{HCN}} = 70,2 \text{ kg h}^{-1}, \quad M_{\text{HCN}} = 27 \text{ g mol}^{-1}, \quad F \cdot n_{\text{HCN}} = \frac{70200}{27} = 2600 \text{ mol h}^{-1}$$

Rychlostní rovnice:

$$\frac{V_{\text{R}}}{F} = n_{\text{M},0} \cdot \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{r}, \quad r = k'_p \cdot p_{\text{M}}$$

$$\text{Balance:} \quad F \cdot n_{\text{M}} = F \cdot n_{\text{M}0} (1 - \alpha) \quad p_{\text{M}} = \frac{1 - \alpha}{1 + 2\alpha} \cdot p$$

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

$$\frac{F \cdot n_{\text{H}_2} = 2 F \cdot n_{\text{M}0} \cdot \alpha}{\Sigma n = F \cdot n_{\text{M}0} (1 + 2\alpha)}$$

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

$$\boxed{\frac{V_{\text{R}}}{F} = n_{\text{M},0} \cdot \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{k'_p \cdot \frac{1 - \alpha}{1 + 2\alpha} \cdot p}}$$

Rychlostní konstanta:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dc_{\text{M}}}{d\tau} &= k_c \cdot c_{\text{M}} \\ -\frac{dc_{\text{M}}}{d\tau} &= k_p \cdot p_{\text{M}} = k_p \cdot c_{\text{M}} \cdot RT \end{aligned} \right\} \quad k'_p = \frac{k_c}{RT}$$

$$k'_p = \frac{3,3 \cdot 10^{11}}{8,314 \cdot 900} \cdot \exp\left(-\frac{242\,690}{8,314 \cdot 900}\right) = 3,619 \cdot 10^{-7} \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1} \text{ s}^{-1} =$$

$$= 3,619 \cdot 10^{-7} \cdot 3600 \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1} \text{ h}^{-1} = 1,30285 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1} \text{ h}^{-1}$$

$$\left[\frac{\text{s}^{-1}}{(\text{N m K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot \text{K}} = \text{mol m}^{-3} (\text{N m}^{-2})^{-1} \text{ s}^{-1} \right]$$

Objem reaktoru:

$$V_R = \frac{F \cdot n_{M,0}}{k'_p \cdot p} \cdot \int_0^\alpha \frac{1+2\alpha}{1-\alpha} d\alpha = \frac{F \cdot n_{M,0}}{k'_p \cdot p} \cdot \left[\int_0^\alpha \frac{1}{1-\alpha} d\alpha - 2 \int_0^\alpha d\alpha + 2 \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{1-\alpha} \right]$$

$$V_R = \frac{F \cdot n_{M,0}}{k'_p \cdot p} \cdot [-\ln(1-\alpha) - 2\alpha - 2\ln(1-\alpha)] = \frac{4000}{1,30285 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^3} \cdot [-2 \cdot 0,65 - 3 \cdot \ln(1-0,65)]$$

$$V_R = 28,3909 \text{ m}^3$$

$$\left[\frac{\text{mol h}^{-1}}{(\text{mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1} \text{ h}^{-1}) \cdot \text{Pa}} = \text{m}^3 \right]$$