Úloha 5-7 Jednosměrná reakce druhého řádu v izotermním promíchávaném a ve vsádkovém reaktoru

Rozklad oxidu dusného na dusík a kyslík,

$$N_2O\ (g) = N_2\ (g) + {}^1/_2\ O_2\ (g)\ ,$$

probíhá při teplotě 895°C a konstantním tlaku 100 kPa v průtočném dokonale míchaném izotermním reaktoru objemu 5 dm^3. Rozklad oxidu dusného probíhá jako reakce druhého řádu a rychlostní konstanta má při dané teplotě hodnotu 0,977 dm^3 mol^{-1} s^{-1}. Zpětná reakce je zanedbatelná. Vypočítejte, kolik molů čistého oxidu dusného za hodinu má být uváděno do průtočného reaktoru, aby bylo dosaženo stejného stupně přeměny jako v případě kdy rozklad oxidu dusného byl prováděn ve vsádkovém reaktoru při stejné teplotě a počátečním tlaku 100 kPa tak dlouho, až celkový tlak dosáhl hodnoty 140 kPa.

[$F \cdot (n_{N_2O})_0 =$ 0,0476 mol h^{-1}]

Řešení

$V_R = 5$ dm^3 $= 5\cdot10^{-3}$ m^3 ,

$T = 1168{,}15$ K , $p = 100$ kPa,

$k_c = 0{,}977$ dm^3 mol^{-1} s^{-1} $= 9{,}77\cdot10^{-4} \cdot 3600 = 3{,}5172$ m^3 mol^{-1} h^{-1}

Diskontinuální reaktor:

$$n_{N_2O} = (n_{N_2O})_0\,(1-\alpha) \qquad p_{N_2O} = (p_{N_2O})_0\,(1-\alpha) = \frac{1-\alpha}{1+0{,}5\,\alpha}\cdot p$$

$$n_{N_2} = (n_{N_2O})_0 \cdot \alpha \qquad p_{N_2} = (p_{N_2O})_0 \cdot \alpha$$

$$n_{O_2} = 0{,}5\,(n_{N_2O})_0 \cdot \alpha \qquad p_{O_2} = 0{,}5\,(p_{N_2O})_0 \cdot \alpha$$

$$\Sigma n = (n_{N_2O})_0\,(1+0{,}5\,\alpha) \qquad p = (p_{N_2O})_0\,(1+0{,}5\,\alpha)$$

$$\alpha = 2\cdot\left(\frac{p_{\text{vsádkový}}}{(p_{N_2O})_0} - 1\right) = 2\cdot\left(\frac{140}{100}-1\right) = 0{,}8$$

Průtočný promíchávaný reaktor:

$$\frac{V_R}{F} = \frac{(n_{N_2O})_0\cdot\alpha}{r} \quad , \quad r = -\frac{dn_{N_2O}}{V\ d\tau} = k'_p \cdot p_{N_2O}^2 = k'_p\cdot\left(\frac{1-\alpha}{1+0{,}5\alpha}\right)^2\cdot p^2$$

$$\frac{V_R}{F\cdot(n_{N_2O})_0} = \frac{\alpha}{k'_p\cdot\left(\dfrac{1-\alpha}{1+0{,}5\alpha}\right)^2\cdot p^2}$$

Rychlostní konstanta k_p:

$$\left.\begin{aligned} -\frac{dn_{N_2O}}{V\ d\tau} &= k'_p\cdot p_{N_2O}^2 \\ -\frac{dn_{N_2O}}{V\ d\tau} &= k_c\cdot c_{N_2O}^2 = k_c\cdot\left(\frac{p_{N_2O}}{\boldsymbol{R}T}\right)^2 \end{aligned}\right\} \quad k'_p = \frac{k_c}{(\boldsymbol{R}T)^2}$$

$$F\cdot(n_{N_2O})_0 = \frac{V_R}{\alpha}\cdot\frac{k_c}{(\boldsymbol{R}T)^2}\cdot\left(\frac{1-\alpha}{1+0{,}5\alpha}\right)^2\cdot p^2 = \frac{5\cdot10^{-3}}{0{,}8}\cdot\frac{9{,}77\cdot10^{-4}}{(8{,}314\cdot1168{,}15)^2}\cdot\left(\frac{1-0{,}8}{1+0{,}5\cdot0{,}8}\right)^2\cdot(100\cdot10^3)^2$$

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

$F\cdot(n_{N_2O})_0 = 1{,}321\cdot10^{-5}$ mol s^{-1} $=$ 0,0476 mol h^{-1}