

Inovace předmětu Chemické inženýrství A/B

Řešené úlohy pro studenty v programu Maple – Aktualizace 2012/13

Úloha 2.3 – Bilance bez chemické reakce

U2.3 Plynná směs o složení 22 mol. % SO_2 , 10 mol. % O_2 a 68 mol. % N_2 se před dalším zpracováním mísí se vzduchem tak, aby výsledná plynná směs obsahovala oxid siřičitý a kyslík v molárním poměru 1:1. Vypočtete, kolik m^3 vzduchu je potřeba přidat na 1 m^3 původní plynné směsi a jaký bude objemový zlomek SO_2 ve výsledné plynné směsi.

Výsledek: K 1 m^3 původní plynné směsi je třeba přidat 0,57 m^3 vzduchu, výsledná plynná směs bude obsahovat 14 mol. % SO_2 .

Zdrojový kód Maple

U2.3

jednoduchá bilance bez chem. reakce

```
> restart; Digits:=5;
```

Popis systému:



1 uzel, 2 vstupní proudy, 1 výstupní proud;

vstupní proudy: 1...vychozí plyn. směs, 2...vzduch

výstupní proud: 3...výsledná plynná směs

složky: A... SO_2 , B... O_2 , C... N_2

Zadané údaje

```
> V1:=1.0; # [m^3]
    fA1:=0.22; fB1:=0.10; fC1:=1-fA1-fB1;
    fA2:=0; fB2:=0.21; fC2:=0.79;
```

Zápis bilančních rovnic:

```
> cb:=V1+V2=V3;
    bA:=V1*fA1+V2*fA2=V3*fA3;
    bB:=V1*fB1+V2*fB2=V3*fB3;
    bC:=V1*fC1+V2*fC2=V3*fC3;
```

$$cb := 1.0 + V2 = V3$$

$$bA := 0.220 = V3 \cdot fA3$$

$$bB := 0.100 + 0.21 V2 = V3 \cdot fB3$$

Zápis dodatečných vztahů:

```
> dv1:=fA3+fB3+fC3=1;
    dv2:=fA3=fB3;
```

$$dv1 := fA3 + fB3 + fC3 = 1$$

$$dv2 := fA3 = fB3$$

Analýza: máme 5 neznámých, máme 3 nez. bil. r-ice a 2 dodat. vztahy --> úloha je řešitelná

```
> res:=solve({cb,bA,bB,dv1,dv2},{V2,V3,fA3,fB3,fC3}); # objem vyjde v [m^3]
    res := { V3 = 1.5714, fB3 = 0.14000, fA3 = 0.14000, fC3 = 0.72000, V2 = 0.57143 }
```

Úloha 2.8 – Bilance bez chemické reakce, více uzlů

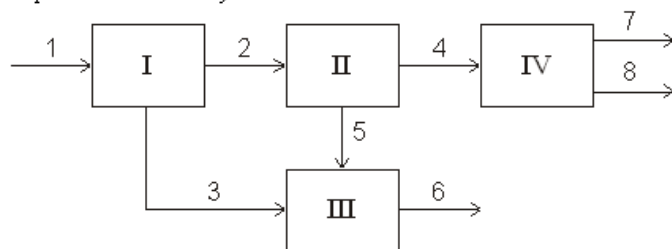
U2.8 Surovina pro výrobu rostlinného tuku obsahuje 28 hmotn. % tuku a 10 hmotn. % vody. Lisováním se z ní získá olej obsahující 80 hmotn. % tuku a 20 hmotn. % vody. Zbytek po lisování, který obsahuje ještě 10 hmotn. % tuku, se extrahuje tetrachlormethanem. Extrakt se zbaví tetrachlormethanu přeháněním vodní parou a zbylý olej se připojí k ostatnímu produktu. Zbytek po extrakci se pak vysuší v sušárně tak, že nakonec obsahuje 5 hmotn. % vlhkosti a 0,2 hmotn. % tuku. Jaké je složení produktu? Kolik tuku z celkové výroby se získá extrakcí?
Výsledek: Produkt obsahuje 15,6 hmotn. % vody. Extrakcí se získá 26,2 % tuku z celkové výroby.

Zdrojový kód Maple

U2.8

```
> restart: Digits:=5:
```

Popis bilancovaného systému:



UZLY: I - lis, II - extraktor, III - misic, IV - susarna

PROUDY: 1 - vstup suroviny do lisu, 2 - zbytek po lisování, 3 - olej z lisování, 4 - zbytek po extrakci, 5 - extrakt (cistý tuk), 6 - konečný produkt (spojené proudy 3+5), 7 - odparená voda ze susárny, 8 - zbytek po susení

SLOZKY: A...tuk, B...voda, C...susina

Udaje ze zadání:

```
> m1:=100: # kg - volitelny zaklad vypoctu
wA1:=0.28: wB1:=0.10: wC1:=0.62:
wA2:=0.10: wB2:=wB2: wC2:=wC2:
wA3:=0.80: wB3:=0.20: wC3:=0:
wA4:=wA4: wB4:=wB4: wC4:=wC4:
wA5:=1: wB5:=0: wC5:=0:
wA6:=wA6: wB6:=wB6: wC6:=0:
wA7:=0: wB7:=1: wC7:=0:
wA8:=0.002: wB8:=0.05: wC8:=0.948:
```

Bilancní rovnice pro uzel I:

```
> r1:=m1*wA1=m2*wA2+m3*wA3:
r2:=m1*wB1=m2*wB2+m3*wB3:
r3:=m1*wC1=m2*wC2+m3*wC3:
```

Bilancní rovnice pro uzel II:

```
> r4:=m2*wA2=m4*wA4+m5*wA5:
r5:=m2*wB2=m4*wB4+m5*wB5:
r6:=m2*wC2=m4*wC4+m5*wC5:
```

Bilancní rovnice pro uzel III - není složka C:

```
> r7:=m3*wA3+m5*wA5=m6*wA6:
r8:=m3*wB3+m5*wB5=m6*wB6:
```

Bilancní rovnice pro uzel IV:

```
> r9:=m4*wA4=m7*wA7+m8*wA8:
r10:=m4*wB4=m7*wB7+m8*wB8:
r11:=m4*wC4=m7*wC7+m8*wC8:
```

Dodatečné vztahy:

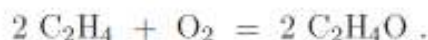
```
> r12:=wA2+wB2+wC2=1:  
r13:=wA4+wB4+wC4=1:  
r14:=wA6+wB6+wC6=1:
```

Řešení soustavy rovnic:

```
> reseni:=solve({r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8,r9,r10,r11,r12,r13,r14},{m2,m3,m4,m5,m6,m7,  
m8,wB2,wC2,wA4,wB4,wC4,wA6,wB6});  
reseni := {m8 = 65.401, wB2 = 0.065385, m7 = 1.5871, wA6 = 0.84421, wC2 = 0.83462, wB6 = 0.15579, m4 = 66.988,  
wC4 = 0.92554, m2 = 74.286, m5 = 7.2978, m3 = 25.714, wA4 = 0.0019526, m6 = 33.012, wB4 = 0.072508}
```

Úloha 2.18 – Bilance s chemickou reakcí

U2.18 Ethylenoxid se vyrábí katalytickou oxidací ethyleny podle rovnice



Ethylen se mísí se vzduchem tak, že do reaktoru vstupuje směs, v níž je poměr látkového množství ethyleny k látkovému množství kyslíku roven 2:1 a objemový zlomek ethyleny v této směsi je 10 %. Konverze ethyleny dosahuje 23 %. Vypočítejte látkové množství vzduchu v kilomolech, které je potřeba na výrobu 100 kg ethylenoxidu. Rovněž vypočítejte složení plyné směsi na výstupu z reaktoru v objemových procentech.

Výsledek: Je potřeba 89 kmol vzduchu. Složení plyné směsi na výstupu z reaktoru je 2,33 obj. % ethylenoxidu, 3,89 obj. % kyslíku, 7,79 obj. % ethyleny a 85,99 obj. % dusíku.

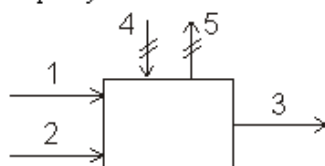
Zdrojový kód Maple

Úloha 2.18

Bilance s chemickou reakcí

```
> restart; Digits:=5:
```

Popis systému:



složky: A...ethylen, B...kyslík, C...dusík, D...ethylenoxid

chem. reakce: $2\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

proudy: 1...ethylén, 2...vzduch, 3...výstup. plyn. směs po reakci

fikt. proudy: 4...produkty (2D), 5...reaktanty (2A + B)

Bilanc. veličina: látk. množství (mírně jednodušší než hmotnost)

Molární hmotnosti složek:

```
> MD:=44.05; # [kg / kmol]
```

$MD := 44.05$

Zadané údaje:

```
> mD3:=100; # [kg]
```

xA1:=1:	xB1:=0:	xC1:=0:	xD1:=0:
xA2:=0:	xB2:=0.21:	xC2:=0.79:	xD2:=0:
xA3:=xA3:	xB3:=xB3:	xC3:=xC3:	xD3:=xD3:
xA4:=0:	xB4:=0:	xC4:=0:	xD4:=1:
xA5:=2/3:	xB5:=1/3:	xC5:=0:	xD5:=0:

```

[ Další údaje ze zadání:
> zetaA:=0.23;    # [mol]

                                                                    zetaA := 0.23

[ Přepočet základu výpočtu na moly:
> nD3:=mD3/mD;

                                                                    nD3 := 2.2701

[ Bilanční rovnice:
> r1:=n1*xA1+n2*xA2+n4*xA4=n3*xA3+n5*xA5;
r2:=n1*xB1+n2*xB2+n4*xB4=n3*xB3+n5*xB5;
r3:=n1*xC1+n2*xC2+n4*xC4=n3*xC3+n5*xC5;
r4:=n1*xD1+n2*xD2+n4*xD4=n3*xD3+n5*xD5;

                                                                    r1 := n1 = n3 xA3 +  $\frac{2 n5}{3}$ 
                                                                    r2 := 0.21 n2 = n3 xB3 +  $\frac{n5}{3}$ 
                                                                    r3 := 0.79 n2 = n3 xC3
                                                                    r4 := n4 = n3 xD3

[ Dodatečné vztahy:
> r5:=xA3+xB3+xC3+xD3=1;
r6:=n1*xA1=2*n2*xB2;
r7:=zetaA=n5*xA5/n1*xA1;
r8:=nD3=n3*xD3;
r9:=n4=2/3*n5;

                                                                    r5 := xA3 + xB3 + xC3 + xD3 = 1
                                                                    r6 := n1 = 0.42 n2
                                                                    r7 := 0.23 =  $\frac{2 n5}{3 n1}$ 
                                                                    r8 := 2.2701 = n3 xD3
                                                                    r9 := n4 =  $\frac{2 n5}{3}$ 

[ Řešení soustavy rovnic
> solve({r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8,r9},{n1,n2,n3,n4,n5,xA3,xB3,xC3,xD3}); # ni vyjde v [kmol]
    {n4 = 2.2701, xA3 = 0.23577, xC3 = 0.57593, n1 = 9.8700, n3 = 32.235, xB3 = 0.11788, n5 = 3.4052, xD3 = 0.070424, n2 = 23.500}
>

```