

## Nepretržitá destilácia s refluxom - Rektifikácia.

Na nasledujúcom obrázku je zobrazená jednoduchá schéma rektifikačnej kolóny

Keďže sa jedná o nepretržitý proces v ustálenom stave, celková materiálová bilancia sa dá napísať nasledovne

bilancia prchavejšej zložky má potom tvar

Rektifikačnú kolónu rozdeľuje nástreková etáž na obohacovaciu a ochudobňovaciu časť.

Toky látkového množstva v týchto častiach kolóny môžeme po zanedbaní zjavných tepiel kvapaliny a pary, zmiešavacích tepiel, tepelných strát na každej etáži a za predpokladu nezávislosti výparného tepla od teploty a zloženia vyjadriť nasledovne:

Pre obohacovaciu časť:

Resp. pre prchavejšiu zložku v obohacovacej časti:

A pre ochudobňovaciu časť:

Stav nástreku značne ovplyvňuje chod rektifikačnej kolóny, na obsiahnutie tohto vplyvu sa zaviedol parameter  $q$ , ktorý je definovaný nasledovne:

Pomocou parametra  $q$  možno teda vyjadriť vzťah medzi tokmi látkového množstva kvapaliny, resp. pary, v obohacovacej a v ochudobňovacej časti kolóny, pre ktoré platí:

Ďalšou rovnicou odvodenou pomocou parametra  $q$  je bilancia prchavejšej zložky na nástrekovej etáži:

Bilancia kondenzátora za predpokladu návratu vriacej kvapaliny na  $N$ -tú etáž z kondenzátora:

Bilancia varáka:

Vypočet minimálneho refluxného pomeru

Princípom hľadania minimálneho refluxného pomeru pre zadané zloženie destilátu je nájdenie priesečníka  $q$  - priamky s priamkou popisujúcou rovnovážne zloženie (dve rovnice o dvoch neznámych). Týmto bodom a bodom popisujúcim zloženie destilátu preložíme pracovnú čiaru. Pre  $x=0$  odčítame (vypočítame) hodnotu posunu tejto priamky, ktorý je rovný  $x_D/(R_{\min}+1)$ . Z tejto hodnoty zistíme  $R_{\min}$ .

### **Zadanie príkladu**

Do rektifikačnej kolóny (počet etáží 10) sa nastrekuje (nástreková etáž 5) zmes hexánu a toulénu (mólový zlomok toulénu v surovine je 0,5; mólový tok suroviny je  $10 \text{ mol s}^{-1}$ ). Nástretek suroviny tvorí parokvapalná zmes o mólovom pomere kvapaliny a pary 0,5-0,5. Rovnovážne zloženie prchavejšej zložky (hexán) v pare možno približne popísať pomocou zloženia v kvapaline pomocou nasledujúceho polynómu:

Vypočítajte mólové zloženie a toky kvapaliny a pary (teda toky v ochudobňovacej resp. obohacovacej časti) na jednotlivých etážach, mólový tok a mólové zloženie destilátu a

zvyšku ak refluxný pomer je 1,2 násobkom minimálneho refluxného pomeru pre mólové zloženie destilátu rovné 0,95.

### Výpočet v Matlabe

```
function main
clear all
close all
clc
global N NF nf xf q polK xd R y x
%pocet etazi
N=10;
%nastrekovala etaz
NF=5;
%molovy tok suroviny
nf=10;
%molovy zlomok hexanu v surovine
xf=0.5;
%molovy pomer kvapaliny a pary v surovine
q=0.5;
%polynom popisujuci funkciu y=f(x)
polK=[-2.65950049502646 7.12059315826628 -7.14810986890650
3.66769324747092 0.01242663041881];
%pozadovane zlozenie destilatu
xd=0.95;

%vypocet minimalneho refluxneho pomeru pre dane zlozenie destilatu
%vypocet priesečníku q priamočky z rovnovaznou ciarou
vys=fsolve(@ved1,[xf xf]);
xmin=vys(1);
ymin=vys(2);

Rmin=(xd/ymin-1)/(1-xmin/ymin);
%refluxny pomer v kolone bol stanoveny ako 1.2 nasobok minimalneho
%refluxneho pomeru
R=1.2*Rmin;

%nastrel zlozenia kvapaliny v jednotlivych etaziach, ako nastrel bol
%zvoleny linearny profil cez rektifikacnu kolonu
vo=linspace(0.1,0.9,N);
%nastrel moloveho zlozenia zvyšku
vo(N+1)=0.05;
%nastrel zlozenia destilatu, kedze sme zadali refluxny pomer, musime urcit
%dalsiu neznamu a tu sme urcili zlozenie destilatu
vo(N+2)=xd;
%nastrel moloveho toku kvapaliny v obohacovacej casti
vo(N+3)=5;
%nastrel moloveho toku kvapaliny v ochudobnovacej casti
vo(N+4)=10;
%nastrel moloveho toku pary v obohacovacej casti
vo(N+5)=10;
%nastrel moloveho toku pary v ochudobnovacej casti
vo(N+6)=5;
%nastrel moloveho toku zvyšku
vo(N+7)=5;
%vypocet neznamych
```

```

vystup=fsolve(@ved,vo);
%vektor popisujuci etaze
NN=(1:1:N);

%vypis vysledkov

for i=1:1:length(NN)
    fprintf('\n etaz %d \t x = %4.4f \t y=%4.4f \n',NN(i),x(i),y(i))
end
fprintf('\n xw = %4.4f \n',vystup(N+1))
fprintf('\n xd = %4.4f \n',vystup(N+2))
fprintf('\n molovy tok destilatu = %4.4f \n',vystup(N+3)/R)
fprintf('\n molovy tok zvysku = %4.4f \n',vystup(N+7))
fprintf('\n molovy tok kvapaliny v obohacovacej casti = %4.4f \n',vystup(N+3))
fprintf('\n molovy tok kvapaliny v ochudobnovacej casti = %4.4f \n',vystup(N+4))
fprintf('\n molovy tok pary v obohacovacej casti = %4.4f \n',vystup(N+5))
fprintf('\n molovy tok pary v ochudobnovacej casti = %4.4f \n',vystup(N+6))
plot(NN,x,NN,y);

function F =ved1(c)
global N NF nf xf q polK xd
%rovnovaha
x=c(1);
y=c(2);
yy=polyval(polK,x);
%q-priamka
F(1)=(y*(q-1)-(q*x-xf));
%rovnovazna priamka
F(2)=yy-y;

function F=ved(c)
global N NF nf xf q polK R y x
%priradenie neznamych
for i=1:1:N
    x(i)=c(i);
end
xw=c(N+1);
xd=c(N+2);
nln=c(N+3);
nlm=c(N+4);
nvn=c(N+5);
nvm=c(N+6);
nw=c(N+7);
%dopocitanie toku destilatu pomocou refluxneho pomeru
nd=nln/R;
%vypocet zlozenia paty pomocou polynomu a zlozenia kvapaliny
for i=1:N
    y(i)=polyval(polK,x(i));
end
%materialove bilancie etazi obohacovacej casti
for i=1:NF-1
    F(i)=y(i+1)*nvn-(nln*x(i)+nd*xd);
end
%materialove bilancie etazi ochudobnovacej casti
for i=NF+1:N
    F(i)=y(i)*nvm-(nlm*x(i-1)-nw*xw);
end

```

```

%materialova bilancia nastrekovej etaze
i=NF;
F(i)=xf*nf+nln*x(i-1)+nvm*y(i+1)-(y(i)*nvn+x(i)*nlm);
%bilancia pary na nastrekovej etazi
F(N+1)=nvm-nvn-(q-1)*nf;
%bilancia kvapaliny na nastrekovej etazi
F(N+2)=nlm-nln-q*nf;
%celkova bilancia kondenzatora
F(N+3)=nvn-nln-nd;
%bilancia prchavejsej zlozky v kondenzatore
F(N+4)=y(1)*nvn-xd*nln-xd*nd;%nf*xf-nw*xw-nd*xd;
%celkova bilancia varaka
F(N+5)=nlm-nvm-nw;
%bilancia prchavejsej zlozky vo varaku
F(N+6)=x(N)*nlm-nvm*polyval(polK,xw)-nw*xw;
%celkova bilancia
F(N+7)=nd+nw-nf;

```

Optimization terminated: first-order optimality is less than options.TolFun.  
Optimization terminated: first-order optimality is less than options.TolFun.

```

etaz 1    x = 0.8330    y=0.9429
etaz 2    x = 0.7147    y=0.8881
etaz 3    x = 0.5917    y=0.8291
etaz 4    x = 0.4719    y=0.7678
etaz 5    x = 0.3783    y=0.7080
etaz 6    x = 0.3694    y=0.7013
etaz 7    x = 0.3470    y=0.6834
etaz 8    x = 0.2984    y=0.6385
etaz 9    x = 0.2186    y=0.5409
etaz 10   x = 0.1288    y=0.3807

```

```

xw = 0.0574
xd = 0.9429

```

molovy tok destilatu = 4.9984

molovy tok zvysku = 5.0016

molovy tok kvapaliny v obohacovacej casti = 4.9721

molovy tok kvapaliny v ochudobnovacej casti = 9.9721

molovy tok pary v obohacovacj casti= 9.9705

molovy tok pary v ochudobnovacej casti = 4.9705