مثال 6:

یک برج تقطیرمداوم سینی دارجهت جداسازی $30000^{lb}/_{hr}$ مخلوطی شامل ٪۴۰ وزنی بنزن و٪۶۰ وزنی تولوئن ویک محصول شامل ٪۹۷ وزنی بنزن و محصول پایینی شامل ٪۲ وزنی بنزن طراحی شده. مقداربرگشتی۳.۵ مول مایع برگشتی به ازای هرمول محصول بالای برج می باشد. مقدارگرمای نهان تبخیربنزن $7360^{cal}/_{gml}$ وبرای تولوئن $7960^{cal}/_{gml}$ می باشد. بنزن وتولوئن تشکیل یک مخلوط ایده آل با ضریب جداسازی ۲.۵ می دهند. نقطه جوش خوراک در $1atm$ برابر است. مطلوبست تعداد مولهای محصول بالا و پایین برج وتعداد سینی ها وموقعیت سینی خوراک درصورتی که :

1)خوراک به صورت مایع ودردمای نقطه جوش باشد.

2)اگر خوراک به صورت مایع و در دمای 20^{0c} باشد و ظرفیت حرارتی آن $\left(cal/g.c^{0}\right)$ 99% باشد .

3)اگرخوراک به صورت مخلوطی از $\frac{2}{3}$ بخار(مولی) و $\frac{1}{3}$ مولی مایع باشد .

موازنه کلی : $F = D + W$

موازنه جزئی روی بنزن : $F.x_F = D.x_D + W.x_W$

$$x_F = \frac{\frac{30000 \times 0.4}{78}}{\frac{30000 \times 0.4}{78} + \frac{30000 \times 0.6}{92}} = 0.44$$

درصد مولی

$$x_W = \frac{2/78}{2/78 + 98/92} = 0.0235 \qquad x_D = \frac{97/78}{97/78 + 3/92} = 0.974$$

$$(MW)_{ave} = 0.44 \times 78 + 0.56 \times 92 = 85.8$$

$$F = \frac{30000}{85.5} = 350\ {}^{lbmol}/_{hr}$$

موازنه کلی : $F = D + W \Rightarrow 350 = -D + W$

موازنه جزئی :

$$F.x_F = D.x_D + W.x_W \Rightarrow 350 \times 0.44 = D \times 0.974 + W \times 0.023$$

$$\Rightarrow \begin{cases} D = 153.4\ {}^{lbmol}/_{hr} \\ W = 196.6\ {}^{lbmol}/_{hr} \end{cases}$$

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x} \Rightarrow y = \frac{2.5x}{1 + 1.5x}$$

x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
y	0	0.217	0.385	0.517	0.625	0.714	0.789	0.854	0.909	0.957	1

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1}$$

عرض از مبدأ $$\frac{x_D}{R+1} = \frac{0.974}{3.5+1} = 0/216$$

تعداد سینی ها 12 تا و خوراک بالای سینی 7 وارد می شود
و یک سینی مربوط به ریبویلر است.

$$\lambda_{ave} = \lambda_A . x_B (1 - x_A) = 7360(0.44) + 7690(0.56) = 7696 \, {cal}/{gmol}$$

$$\Rightarrow q + \frac{0.44 \, {cal}/{gmol.c^0} \, (95 - 20)}{7696 \, {cal}/{gmol} \times \frac{1}{85.8} \, {gmol}/{gr}} = 1.37$$

$$\text{شیب خط خوراک} = \frac{q}{q-1} = \frac{1.37}{1.37 - 1} = 3.7$$

$$\alpha_g{}^{-1} 3.7 \approx 75^{0c}$$

خطی به شیب 75^{0c} رسم کرده

تعداد سینی ها به ۱۱ تا رسید که یکی مربوط به ریبویلر می شودو
خوراک بین سینی ۵ و۶ وارد می شود .

$$slope = \frac{q}{q-1} = \frac{1/3}{1/3 - 1} = -0.5$$

(ج

مثال 5:

مخلوطی شامل ۳۰٪ A و ۱۰٪ B به صورت مایع در نقطه ی حباب وارد برج تقطیرشده و به دو محصول ۹۷٪ و۲٪ از A تبدیل می شود. شدت خوراک ورودی ۱۰۰و در بالای A محصول جانبی با خلوص ۶۰٪ از A جدا می شود که مقدار آن ۲۰٪ خوراک اولیه بوده و به حالت مایع در نقطه حباب است مطلوب ا ست .

الف)حداقل تعداد سینی ب) محل ورود خوراک

ج) محل خروج محصول جانبی (فرضیات کندانسور کامل و از ربویلر برای گرم کردن($\alpha = 3$) ثابت می باشد مقدار جریان برگشتی را دو برابر مقدار حداقل آ ن فرض کنید)

$$F = D + W + l_s$$

$$100 = D + W + l_s \longrightarrow 80 = D + W$$

$$l_s = 0.2F = 0.2(100) = 20$$

$$F.X_P = D.X_D + W.X_W + l_s.X_S$$

$$100(0.3) = D(0.97) + W(0.02) + 20(0.6)$$

$$\Rightarrow D = \ 17.26$$

$$W = \ 62.74$$

$$y = \frac{\alpha_{AB} X_A}{1 + (\alpha_{AB} - 1) X_A} \Rightarrow \alpha_{AB} = 3 \Rightarrow y = \frac{3X}{1 + 2X}$$

X	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
y	0	0.25	0.43	0.56	0.67	0.75	0.82	0.88	0.92	0.96

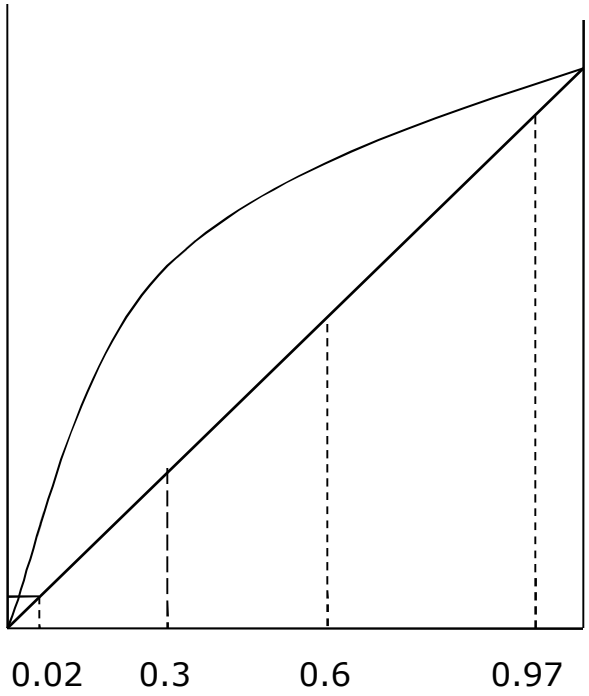
$$X_S \rightarrow R_{\min} \Rightarrow \frac{X_D}{R+1} = 0.56 \longrightarrow R_{\min} = 0.73$$

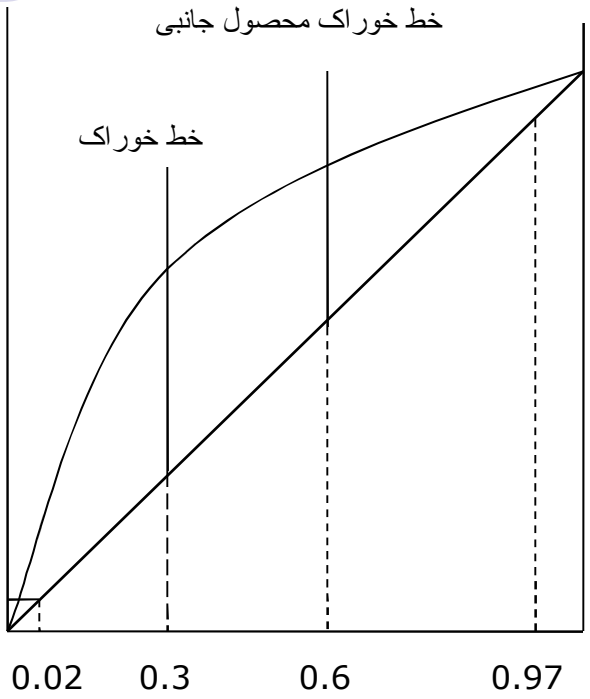
$$X_F \rightarrow R_{\min} \Rightarrow \frac{X_D}{R+1} = 0.37 \longrightarrow R_{\min} = 1.62$$

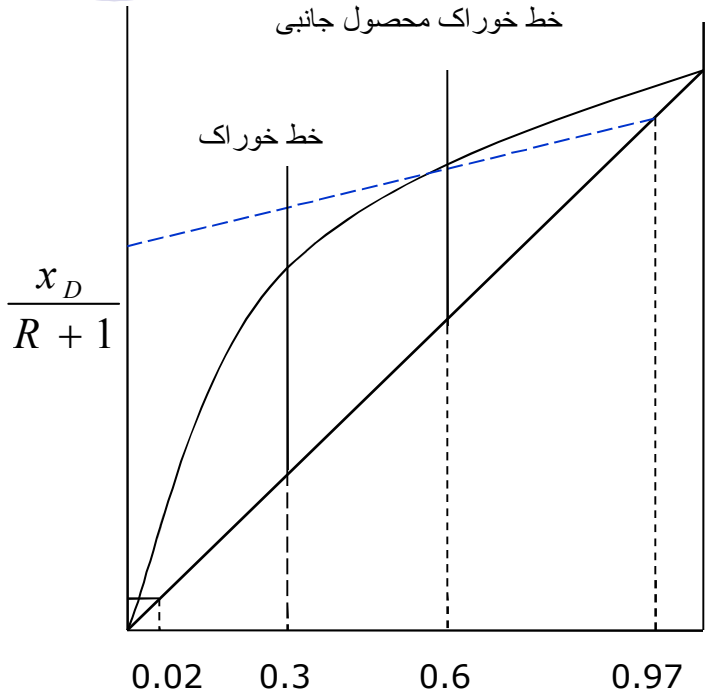
$$R_{opt} = 2(1.62) = 3.24$$

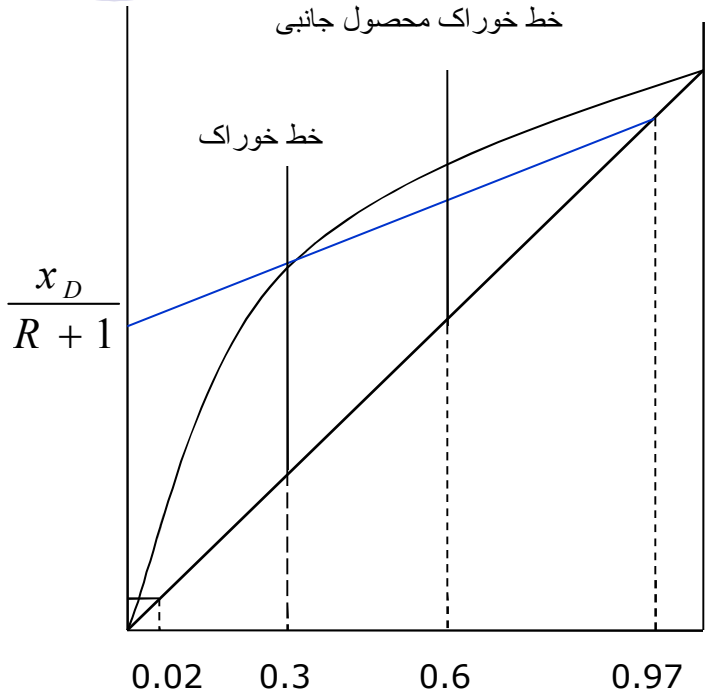
$$\frac{0.97}{3.24 + 1} = 0.23$$

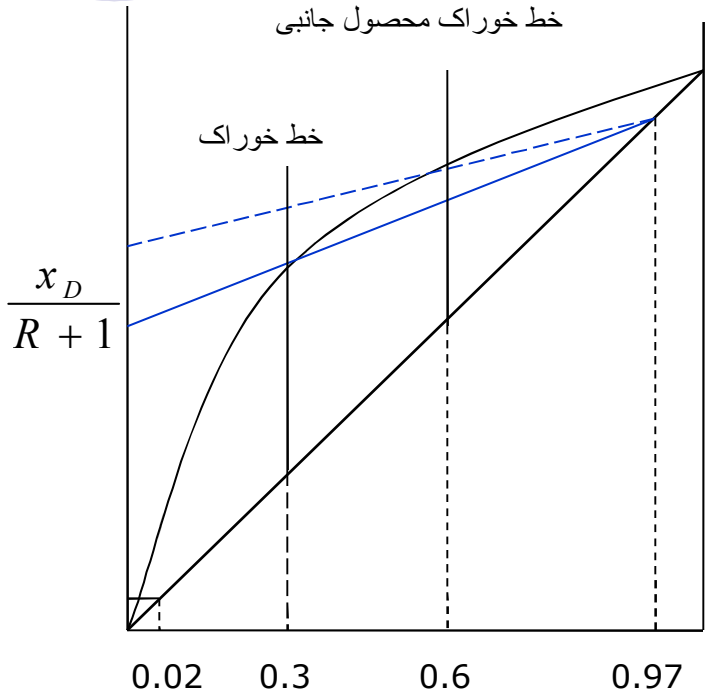
عرض از مبدا

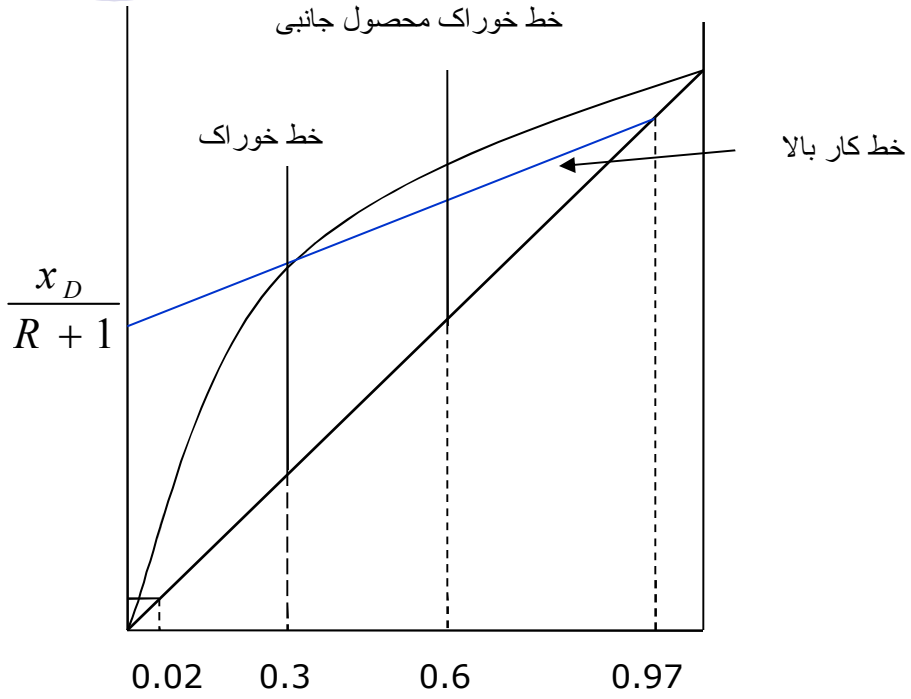

0.02
0.3
0.6
0.97

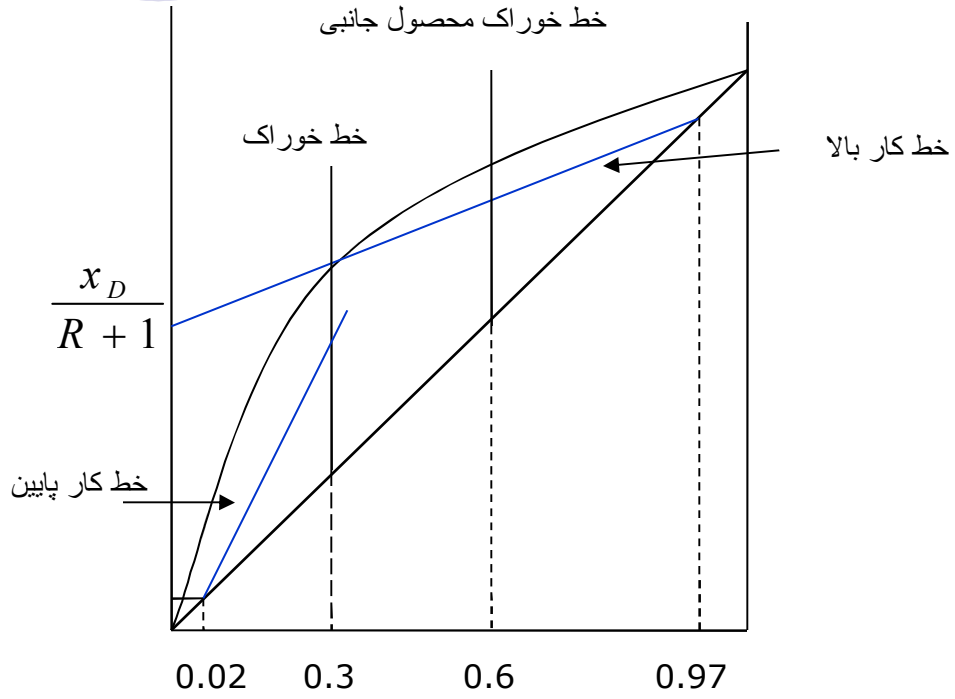

خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
0.02
0.3
0.6
0.97

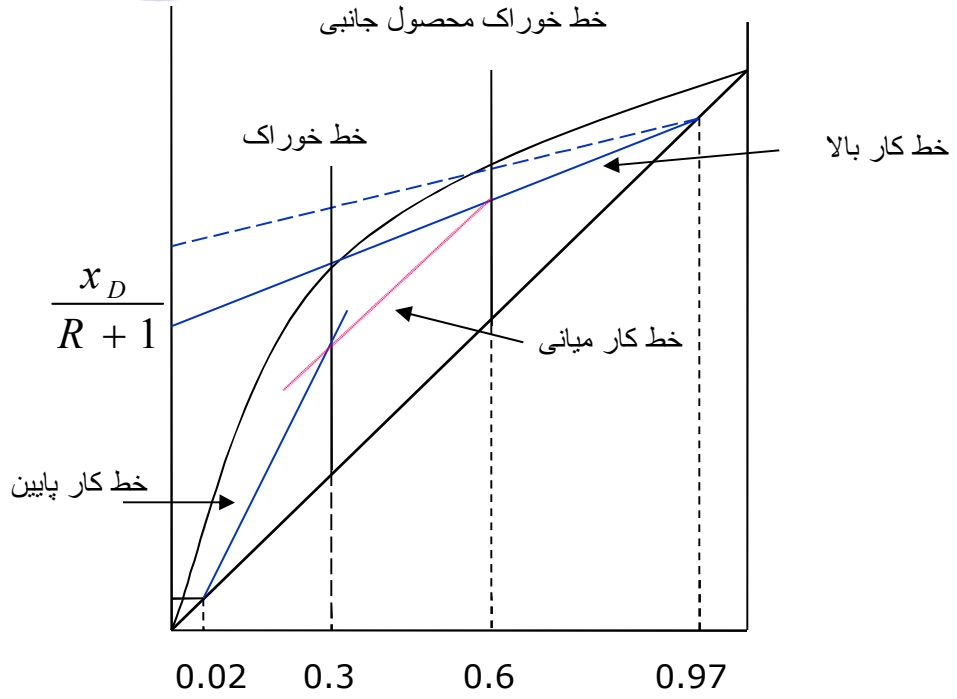

خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
$\frac{x_D}{R+1}$
0.02
0.3
0.6
0.97


خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
$\frac{x_D}{R+1}$
0.02
0.3
0.6
0.97


خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
$\frac{x_D}{R+1}$
0.02
0.3
0.6
0.97


خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
خط کار بالا
$\frac{x_D}{R+1}$
0.02
0.3
0.6
0.97


خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
خط کار بالا
$\frac{x_D}{R+1}$
خط کار پایین
0.02
0.3
0.6
0.97


خط خوراک محصول جانبی
خط خوراک
خط کار بالا
$\frac{x_D}{R+1}$
خط کار میانی
خط کار پایین
0.02
0.3
0.6
0.97

مثال 6 :

مخلوطی از متانول و آب که شامل ۵۰٪ وزنی متانول در ۲۶.۷ درجه سلسیوس را می خواهند در فشار ۱ اتمسفر توسط تقطیر مداوم تفکیک نمایند. شدت جریان خوراک ۵۰۰۰ بوده و محصول مقطر باید دارای ۹۵٪ وزنی متانول و محصول باقیمانده دارای ۱٪ وزنی متانول خوراک توسط یک مبدل حرارتی با محصول باقیمانده قبل از ورود به سیستم گرم شود و محصو ل باقیمانده در ۳۷.۸ درجه سلسیوس از مبدل خارج می شود. محصول مقطر به طور کامل مایع می شود و جریان برگشتی از نقطه حباب خود وارد برج می گردد. محصول مقطر گرفته شده قبل از ذخیره سرد می شود . نسبت جریان برگشتی ۱.۵ برابر مقدار حداقل می باشد .

مطلوبست :

الف) مقادیر محصول

ب) آنتالپی خوراک محصول

ج) حداقل نسبت جریان برگشتی

د) حداقل تعداد سینی های مورد نیاز

پ)بار حرارتی مبدل و جوش آور

و) تعداد سینی های تئوری لازم

ه) مقادیر بخار و مایع داخل برج

$$M_{H2O} = 18.02, M_{CH3OH} = 32.04$$

$$CP_{H2O} = 2323\frac{j}{kg.K}, CP_{CH3OH} = 3852\frac{j}{kg.K}$$

$$\lambda_{CH3OH} = 1046.7\frac{kj}{kg}, \lambda_{H2O} = 2314\frac{kj}{kg}$$

$$\Delta H_{S(CH3OH)} = 3055\frac{kj}{kg}$$

0	03.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7 .	8 .	9.	1
0	.20	41 .	57.	66.	73.	76.	83.	87.	92.	95.	1

آنتالپی مایع

$$H_L = C_L(t_1 - t_0)M_{ave}t\Delta H_S$$

$$H_G = Y\left[C_{LA}M_{WA}(t_G - t_0) + \lambda_A M_{WA}\right] + (1-Y).[C_{LB}M_{WB}(t_G - t_{0)+\lambda_B}M_{WB}]$$

آنتالپی گاز

$$F = \frac{5000 \times .5}{18.02} + \frac{5000 \times .5}{32.04} = 216.8 \frac{kgmol}{hr}$$

$$Z_{FA} = \frac{78}{216.8} = .36$$ جزء مولی متانول

$$Z_{FB} = \frac{138.8}{216.8} = .64$$ جزء مولی آب در خوراک

$$X_D = .95 \Rightarrow x_D = \frac{\frac{45}{32.04}}{\frac{95}{32.04} + \frac{5}{18.02}} = .915$$

$$M_{ave} = \frac{100}{3.217} = 31.1 \frac{kg}{kgmol}$$

جزء مولکولی متوسط محصول مقطر

$$X_W = \frac{\frac{1}{32.04}}{\frac{1}{32.04} + \frac{99}{18.02}} = .00565$$

جزء مولی متانول در محصول پایین برج

$$\frac{100}{5.53} = 18.06 \frac{kg}{kgmol}$$

جزء مولکولی متوسط محصول پایینی

$$F = D + W$$

موازنه كلي براي برج

$$F.Z_F = D.X_D + W.X_W$$

موازنه جزئي روي متانول

$$\begin{cases} 216.8 = D + W \\ 216.8(.36) = D(.915) + W(.00565) \end{cases}$$

مولي
$$\begin{cases} D = 84.4 \dfrac{kgmol}{hr} \\ W = 132.4 \dfrac{kgmol}{hr} \end{cases}$$
جرمي
$$\begin{cases} D = 2620 \dfrac{kg}{hr} \\ W = 2380 \dfrac{kg}{hr} \end{cases}$$

$$M_{ave} = .3 \times 32.04 + (1 - .3)18.02 = 22.226$$

به عنوان مثال براي 30%

براي متانول كل

$$\Delta H_S = 3055 \rightarrow \Delta H_S = .3(-3055) = -916 \frac{kj}{kgmol}$$

$$H_L = C_L(t_l - t_0)M_{ave} + \Delta H_S = 3.862(76.3) \times 22.2 - 916.5 = 4095 \frac{kj}{kgmol}$$

براي نمونه 66.5 مولي

$$H_G = .665[2.563(32.04)(78.3 - 19.69) + 1046.7(32.04)]$$

$$+ (1 - .665)[2.323(78.3 - 19.69) + 2314(18.02)] = 40318 \frac{kj}{kgmol}$$

با استفاده از معادله آنتوان و ثوابت آن مي توانيم دماي جوش هر كدام را بدست آوريم

$$\ln p = A - \frac{B}{T + C} \Rightarrow T = 210\,^{\circ} f$$

خوراك $cp = \sum x_i cp_i = 3582 \ \frac{j}{kg}$

$$Hf = 3.852\,(58.3 - 19.69)(23.1) - 902.5 = 2533 \ \frac{kj}{kgmol}$$

$$H_D = H_{L0} = 3640$$

$$H_W = 6000 \ \frac{kj}{kgmol}$$ } با توجه به نمودار

$$R = \frac{l_0}{D} = \frac{Q' - H_{G1}}{H_{G_1} - H_{L_0}} = \frac{62570 - 38610}{38610 - 3640} = 0.685$$

$$Q' = \frac{Q_C}{D} + H_D$$

$$R_{opt} = 1.5 R_{\min} = 1.5 \times 0.685 = 1.029$$

$$1.029 = \frac{Q' - 38610}{38610 - 3640} \Rightarrow Q' = 74595$$

$$74595 = 3640 + \frac{Q_C}{84.4} \Rightarrow Q_C = 5990000 \ \frac{kj}{hr} = 1664 \ kw$$

$$F.H_F = DQ' + WQ''$$

$$216.8(2533) = 84.4(74595) + 132.4 \times Q''$$

$$\Rightarrow Q'' = -43403$$

$$Q'' = H_W - \frac{Q_B}{W} \Rightarrow 43403 = 6000 - \frac{Q_B}{132.4}$$

$$\Rightarrow Q_B = 6541000 \frac{kj}{hr} = 1817 kw$$

$$G_1 = D(R+1) \Rightarrow G_1 = 84.4(1.029+1) = 171.3$$

$$\frac{L_n}{D} = \frac{Q' - H_{G,n+1}}{H_{G.n+1} - H_{Ln}} = \frac{Z_D - Y_{n+1}}{Y_{n+1} - x_n}$$

$$\Rightarrow \frac{L_4}{D} = \frac{L_4}{84.4} = \frac{0.915 - 0.676}{0.676 - 0.415} \Rightarrow L_4 = 77.2 \frac{lbmol}{hr}$$

$$\frac{L_n}{G_{m+1}} = \frac{Z_D + Y_{m+1}}{Z_D - X_m} = \frac{Q' - H_{G,n+1}}{Q' - H_{Ln}}$$

$$\Rightarrow \frac{L_4}{G_5} = -\frac{77.2}{G_5} = \frac{0.915 - 0.676}{0.915 - 0.415} \Rightarrow G_5 = 161.5 \frac{lbmol}{hr}$$

$$\frac{\overline{L}_m}{\overline{G}_{m+1}} = \frac{Y_{m+1} - X_w}{X_m - X_w} = \frac{H_{G.m+1} - Q''}{H_m - Q''}$$

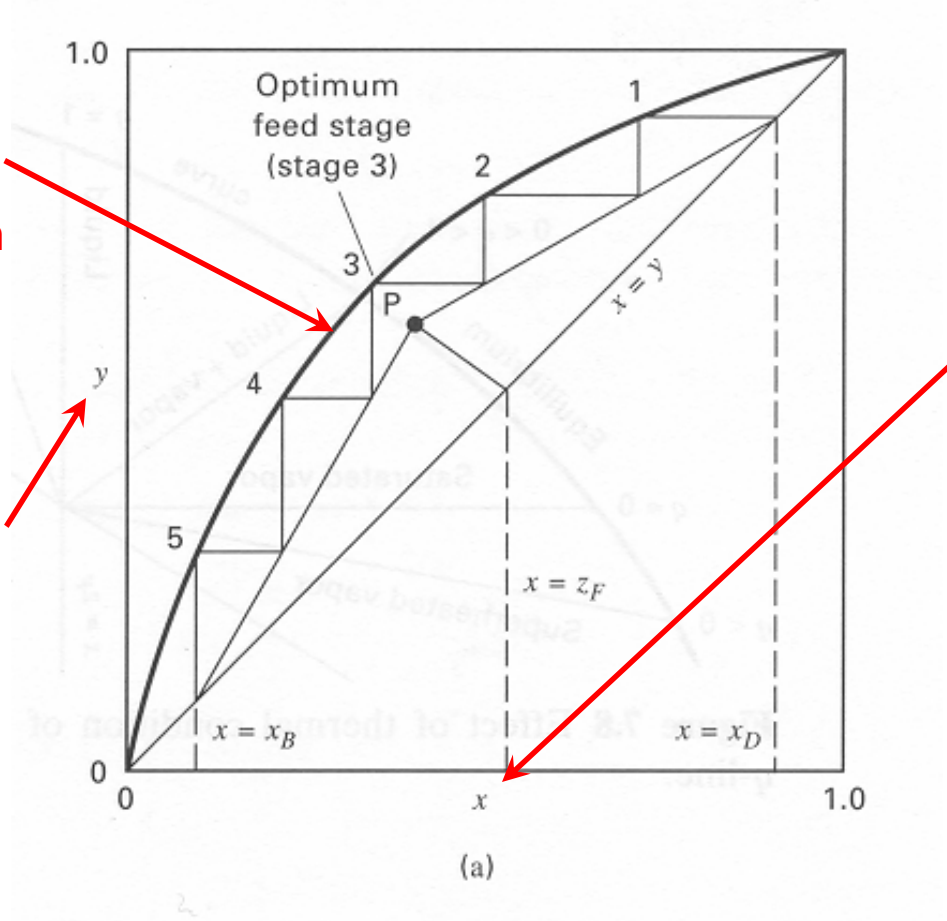
$$\Rightarrow \frac{\overline{L}_5}{\overline{G}_6} = \frac{308}{\overline{G}_6} = \frac{0.554 - 0.00565}{0.318 - 0.00565} \Rightarrow \overline{G}_6 = 175.7 \frac{lbmol}{hr}$$

$$\frac{\overline{L}_8}{\overline{G}_w} = \frac{0.35 - 0.00565}{0.02 - 0.00565} \Rightarrow \begin{cases} \overline{G}_w = 127.6 \dfrac{lbmol}{hr} \\ \overline{L}_8 = 260 \dfrac{lbmol}{hr} \end{cases}$$

McCabe-Thiele Method

Chapter 2

Equilibrium



y is the mole fraction of a component in the vapor phase

x is the mole fraction of a component in the liquid phase