به نام یگانه مهندس هستی

عملیات واحد I

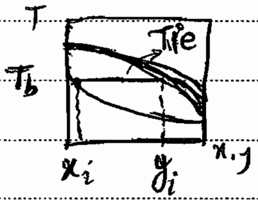
به نام خدا

بررسی نقاط جوش - حباب و شبنم برای مخلوط ها و مقایسه با مواد خالص

قانون رائول: اگر یک ماده خالص یا مخلوط را داخل یک مخزن خلأ بریزیم ابتدا فشارسنج روی مخزن فشار صفر را نشان می دهد ولی با گذشت زمان مایع تبخیر شده و فشار افزایش می یابد تا اینکه به فشار ثابت می رسد. این فشار را فشار بخار گوییم

برای مواد خالص در هر فشار یک دمای اشباع داریم یعنی $P=F(T)$ تابعی یک به یک است.

این آزمایش در مورد مخلوط ها نیز قابل انجام است. اگر مخلوط در مخزن قرار بگیرد تبخیر شده تا اینکه به مرحله تعادل می رسد و x_i ها و y_i های تعادلی در این حالت قابل اندازه گیری اند. در حالت تعادل برای مخلوط دمای مایع و بخار اشباع یکسان است.



* در صورت مواد خالص در هر فشار یک دمای اشباع داریم

ولی در مخلوط با تغییر غلظت اجزاء می توانیم به دمای جوش متفاوت برسیم مطابق با نمودار بالا.

* در مواد خالص وقتی که یک مایع اشباع باشد با دریافت انرژی دما تغییر نکرده و بخار تشکیل می شود و تا لحظه ای که آخرین قطره بخار شود دمای آن ثابت می ماند. پس در این شرایط (مواد خالص) دمای حباب و شبنم همان دمای جوش یا دمای اشباع است.

در مورد یک مخلوط مایع در شرایط تعادل به این نتیجه رسیدیم که مایع جوش با x_i ها و بخار اشباع با y_i ها دمای یکسان را دارند. اکنون اگر مخلوط مایعی با همان x_i های تعادلی را (با دمای پایین) در نظر بگیریم در ظرف A و در ظرف B

Subject:

Year. Month. Date. ( )

بخاری اشباع با همان yها در نظر بگیریم و صفت تبخیر مایع در ظرف A و همچنان تا ظرف B باشد همان مرحله را

نقطه حباب و شبنم هر دو یکسان است. پس به این نتیجه می‌رسیم که با داشتن yهای تعادلی و یا

xهای تعادلی می‌توانیم دمای جوش مخلوط اشباع را بدست آوریم. یا دمای نقطه شبنم مخلوط گاز

در ظرف B و یا دمای نقطه حباب ظرف A را پیدا کنیم.

تذکر مهم: اگر مخلوط مایع با xها در نظر بگیریم و حرارت دهیم. در لحظه‌ای که اولین حباب تشکیل شود

(نقطه حباب) مایع به جوش آمده و این کمترین دمای جوش است و با ادامه حرارت دادن دما افزایش

پیدا کرده و به سمت دمای تعادل نزدیک می‌شویم (دمای جوش مرتبا بالا می‌رود چون غلظت اجزاء فرار در مایع کاهش می‌یابد)

در شرایط تعادلی هم xهای تعادلی و yهای تعادلی داریم. با تعادل دمای جوش تعادلی داریم که
از دمای حباب اولیه (مخلوط [illegible] مایع) بیشتر است و آن دما جوش اولیه دمای جوش مخلوط تعادلی و یگانه است که مایع اساس
آن همین مایع اولیه برابری و زمانی که بوده است.

بنابراین منظور از دمای شبنم بخار و دمای حباب مایع همان دمای جوش مخلوط تعادلی است که

مایع یکبار با همان xها و بار دیگر با yها داشته باشد.

* کلیدی برای دستیابی به غلظت اجزاء مایع در حال تعادل با بخار استفاده از روش تعیین دمای جوش لازم است.

همچنین جهت تعیین xهای در حال تعادل با مایع می‌توان دمای جوش را پیدا کرده و سپس yها را تعیین

کرد.

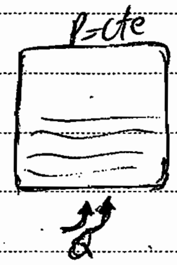
سه روش کلی برای تعیین دمای جوش داریم

۱- روش استفاده از نمودارها و جداول [illegible]
۲- روش Ki ها [illegible]
۳- روش آنتوان ها.

به نام خدا

تعیین نقاط جوش و شبنم با استفاده از قانون رائولت ـ دالتون:

تعیین نقطه جوش (حباب): مخلوط مایع در فشار ثابت $P=cte$ را در نظر می‌گیریم که به آن گرما می‌دهیم.



به ازای اولین حباب بخار که تشکیل می‌شود داریم:

$$P_t y_i = P_i^* x_i \rightarrow y_i = \frac{P_i^*}{P_t} x_i$$

تذکر: برای تعیین نقطه جوش یا حباب x_iها را داریم.

$$\sum y_i = \sum \frac{P_i^* x_i}{P_t} = 1$$

رابطه مقابل مبنای تعیین نقطه حباب می‌باشد: $*** \sum P_i^* x_i = P_t *** \; (I)$

1. مرحله اول: حدس دمای جوش مخلوط: یک حدس قابل قبول وقتی نزدیک است که دمای جوش مخلوط را بین دمای جوش فرارترین و غیر فرارترین جزء در نظر بگیریم که این حدس خیلی دقیق نیست. بهترین حدس آن است که $T_{bm} = \sum T_{b_i} x_i$ را در نظر بگیریم. با استفاده از رابطه آنتوان در فشار ثابت P، T_{b_i}ها را یافته و سپس T_{bm} را.

2. مرحله دوم: در دمای T_{bm} که حدس زده‌ایم P_i^*ها را از طریق رابطه آنتوان بیابیم.

3. مرحله سوم: چک کردن صحت رابطه I؛ اگر درست بود که حدس را قبول می‌کنیم و گرنه بایستی حدس جدیدی در نظر گرفت.

4. مرحله چهارم: یافتن y_iها:

$$y_i = \frac{P_i^* x_i}{P_t} = \frac{P_i^* x_i}{\sum P_i^* x_i}$$

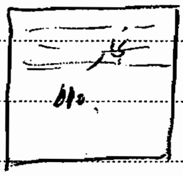
Subject:..

Year.............. Month. .... Date. .... ( )

در محاسبه y_iها بهتر است که به جای P_t از $\sum x_i P_i^*$ استفاده کنیم چرا که ما در اندازه‌گیری همواره خطا داریم

و برای جبران این فشار، خطا این ترم را بکار می‌بریم در این صورت مجموع $\sum y_i$ ۱ می‌شود.

۲- تعیین نقطه شبنم: مخلوط بخار شامل اجزاء مختلف را در نظر می‌گیریم. بخار اولین قطره‌ای که تشکیل می‌شود



داریم:

تذکر: در این حالت y_iها را مشخص داریم

$$P_t y_i = P_i^* x_i$$

$$x_i = P_t \frac{y_i}{P_i^*} \qquad \sum x_i = P_t \sum \left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) = 1$$

رابطه فوق مبنای تعیین نقطه شبنم می‌باشد. $\longrightarrow$ $*** \sum \left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) = \frac{1}{P_t} ***$ #

نقطه شبنم: دمایی است که در آن بخار به مایع تبدیل می‌شود و بر مبنای اطلاعات فاز بخار تعیین می‌شود.

۱- مرحله اول: حدس دمای شبنم: ساده‌ترین و معمول‌ترین حدس این است که دمای شبنم را بین دمای جوش فرارترین و غیر فرارترین

چون حدس نزدیکتر بهتر است که حدس اول را به این صورت در نظر بگیریم: $T_{dm} = \sum y_i T_{bi}$

* مهم: برای مواد خالص نقطه شبنم و حباب در فشار ثابت دمای یکسانی دارند. یعنی دمایی که در آن مایع شروع به جوشیدن می‌کند

دمایی است که بخار شروع به میعان می‌کند.

۲- مرحله دوم: دستیابی به P_i^*ها از رابطه آنتوان در دمای T_{dm}

۳- مرحله سوم: چک کردن صحت رابطه # یعنی رابطه $\frac{1}{P_t} = \sum \left(\frac{y_i}{P_i^*}\right)$

در صورتی که رابطه صحیح باشد به مرحله بعد می‌رویم و در غیر این صورت Tdm جدید حدس می‌زنیم.

مرحله چهارم: تعیین x_i ها :

$$x_i = \frac{y_i P_t}{P_i^*} = \frac{(y_i/P_i^*)}{1/P_t}$$

نکته مهم: اگر $\sum (y_i/P_i^*)$ نسبت به $\frac{1}{P_t}$ کمتر از 10% خطا داشته باشد آنگاه جواب ما قابل قبول بوده و Tdm جدید را درست در نظر می‌گیریم و از حلقه خارج می‌شویم.

$$x_i = \frac{(y_i/P_i^*)}{\sum (y_i/P_i^*)}$$

نکته مهم: برای مواد خالص دمای جوش و شبنم یکسان است ولی برای مخلوط‌ها در هر x و y های خاص که در تعادل باشند دماهای جوش و شبنم برابرند ولی با تغییر xها و yها دمای جوش و شبنم هر دو با هم برابرند ولی با هم فرق می‌کنند.

مثال: جریان یک ستون تقطیر مداوم که برای جداسازی چند جزئی‌ها بکار می‌رود اجزای بنزن - تولوئن و زایلین‌ها در نقطه حباب از سینی اول از بالای ستون به ترتیب 52.1% و 42% ، 5.9% می‌باشند. مایع خروجی از پایین‌ترین سینی در داخل ستون حاوی 0.5% بنزن و 74.4% تولوئن و 25.1% زایلین‌ها می‌باشد. مطلوبست:

الف) غلظت اجزاء در مایع ورودی به سینی دوم از بالای ستون و همچنین غلظت اجزای در بخار ورودی به سینی دوم از پایین ستون در فشار کل 1atm را تعیین کنید. ب) اگر فشار در پایین‌ترین نقطه ستون 1.1atm و تعداد سینی‌های ستون 27 سینی باشد و افت فشار هر سینی حدوداً 150 mmH_2O باشد، تفاوت دمای بالاترین و پایین‌ترین سینی در داخل ستون چقدر است؟

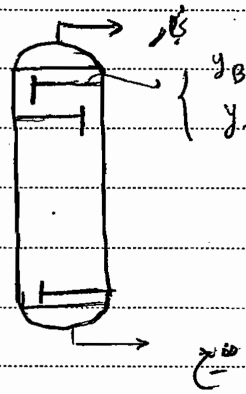
ج) در چه صورت می‌توان با معادلات سینی اول از بالا، معادلات سینی اول از پایین را بدست آورد؟

Subject:..

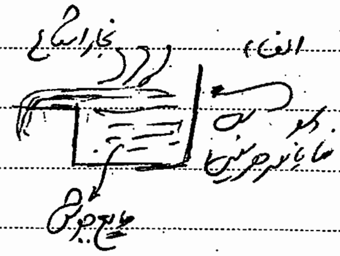
Year.............. Month.............. Date..............( )

نکته مهم: اگر سینی ها بدرستی کار کنند ما بین بخار و مایع جوشش در حال تعادل باشند

الف)



$$\left\{\begin{array}{l} y_B = \%۵۲۱ \\ y_T = \%۴۲ \quad y_X = \%۵۹ \end{array}\right.$$



$x_B = \%۰۰۵ , \; x_T = \%۷۴۴ , \; x_X = \%۲۵۱$

$$\ln P_B^* = ۱۷/۶۱۴ - \frac{۳۸۷۷/۲۶}{T} \qquad \ln P_X = ۱۷/۸ - \frac{۴۶۵۱/۷۴}{T}$$

$$\ln P_T = ۱۷/۶۶ - \frac{۴۲۳۰}{T}$$

ب) در بخش الف فشار را ثابت فرض کردیم ولی این خلاف واقع است و در طول ستون در هر سینی افت فشار داریم و فشار از پایین ستون به سمت بالای ستون کاهش می‌یابد. مایع خروجی از پایین ستون مایع در حال جوشش است و از بالای ستون بخار اشباع خارج می‌شود

حال در پایین ستون می‌توان دمای حباب و از بالای ستون دمای شبنم را پیدا کرد. فشار در بالاترین نقطه 1.1 atm ثابت است و هر گاه

هر سینی 100 mmH₂O فشار کاهش می‌یابد پس فشار در پایین ستون ۱/۱ + ۲۷۵P می‌باشد: $\Delta P = 150 \; mmH_2O$

ج) طبق فصل ۷ انتقال جرم

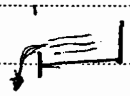
$$\text{راندمان} = \frac{\text{جداسازی انجام شده}}{\text{حداکثر جداسازی ممکن}}$$

$$\text{راندمان} = \frac{\text{غلظت جزء خاص خروجی از سینی (واقعی)} - \text{غلظت جزء خاص ورودی به سینی}}{\text{غلظت جزء خاص خروجی از سینی (ایده‌آل)} - \text{غلظت جزء خاص ورودی به سینی}}$$

Subject: ....

Year.............. Month.............. Date.............. ( ) بنام خدا

الف)

 بالاترین سینی $y_B = 0.521$, $y_T = 0.42$, $y_X = 0.059$

مایع خروجی از سینی اول که به سینی دوم منتقل می‌شود و بخار ورودی و بخار اشباع خروجی در تعادل اند. از طریق روش‌های سعی و خطا

شبنم را می‌توان دماها را یافت: $P_t = 1\,atm$ ثابت.

ابتدا از رابطه آنتوان در فشار کل $1\,atm$: دماهای جوش را می‌یابیم:

$$\ln P_B = 17.614 - \frac{3877.66}{T}$$

با جایگزینی $P = 760\,mmHg$ داریم:

$$\ln P_X = 17.8 - \frac{4601.73}{T} \quad , \quad \ln P_T = 17.66 - \frac{4230}{T}$$

$$T_{b(B)} = 353.1\,°K \qquad T_{b(T)} = 383.615\,°K \qquad T_{b(X)} = 412.1\,°K$$

حدس اولیه دمای شبنم مخلوط

$$T_{bm} = \sum y_i T_{bi} = 369.4\,°K$$

اکنون P_i^* ها را در دمای حدس مخلوط یعنی $369.4\,K$ می‌یابیم. $P_t = 760\,mmHg$

$$P_B^* = 1233.185\,mmHg \qquad P_T^* = 497.203\,mmHg , \qquad P_X^* = 209.075\,mmHg$$

اکنون صحت رابطه $\sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) = \frac{1}{P_t}$ را بررسی کنیم:

$$\frac{1}{P_t} = \frac{1}{760} = 0.001316$$

$$\sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) = 0.001549 \Rightarrow \sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) > \frac{1}{P_t}$$

دمای بعدی را باید بیشتر حدس بزنیم تا P_i^* بزرگتر گردد و مقدار $\sum \frac{y_i}{P_i^*}$ کاهش یابد پس:

حدس دوم: $T_{bm} = 375\,°K$: محاسبه می‌گردد:

$$P_B^* = 1434.23 , \quad P_T^* = 589.93 , \quad P_X^* = 251.83$$

$$\sum \frac{y_i}{P_i^*} = 0.0013073 < \frac{1}{P_t} = 0.001316$$

دمای کمتر حدس می‌زنیم:

Subject:..............................

Year............ Month............ Date............( )

حدس سوم: $T_{bm}=۳۷۴/۳$ $P_B^*=۱۴۱۵/۶$ $P_T^*=۵۷۷/۶۱۴$ $P_X^*=۲۴۶/۴$

$\sum \frac{y_i}{P_i^*} = ۰/۰۰۱۳۴۴ > \frac{1}{P_t}$

حدس چهارم: $T_{bm}=۳۷۴/۲۵$

$P_B^*=۱۴۱۱/۶۸$ $P_X^*=۲۴۵/۶$ $P_T^*=۵۷۵/۸۷$ mmHg

$\sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right)=۰/۰۰۱۳۲۸$

حدس پنجم: $T_{bm}=۳۷۴/۱$ در نظر می‌گیریم آنگاه

$P_B^*=۱۴۰۷/۷۷۵$, $P_T^*=۵۷۴/۳۴$ mmHg , $P_X^*=۲۴۴/۵$

$\sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right)=۰/۰۰۱۳۴۳$

حال اگر ۳۷۵ یعنی $T_{bm}=375°C$ را در نظر بگیریم و x_iها را به دست آوریم

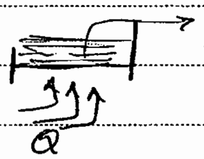
$P_i^* x_i = P_t y_i \Rightarrow x_i = \frac{(y_i/P_i^*)}{\sum(y_i/P_i^*)}$, $\sum\left(\frac{y_i}{P_i^*}\right) = ۰/۰۰۱۳۰۷۲$ ~~mmHg~~

$x_B = \frac{\left(\frac{۰/۵۲۱}{۱۴۴۲/۳۲}\right)}{۰/۰۰۱۳۰۷۲} = ۰/۲۷۶$ $x_T = \frac{\frac{۰/۴۲}{۵۸۹/۹۲}}{۰/۰۰۱۳۰۷۲} = ۰/۵۴۴۶$

$x_X = ۰/۱۷۹۴$

پس نقطه شبنم ورودی به سینی دوم از بالا مشخص شد.

به همین ترتیب با تعیین نقطه جوش می‌توان y_iهای ورودی به سینی دوم از پایین ستون را می‌توان یافت



$\begin{cases} x_T = ۰/۷۴۴ \\ x_B = ۰/۰۰۵ \\ x_X = ۰/۲۵۱ \end{cases}$ $T_{bm}=\sum x_i T_{bi} \rightarrow$ حدس اول

آ وردیم

$T_{bm}=\sum x_i T_{bi} = ۳۹۰/۶۱۲$ حدس اول دمای جوش

آنگاه P_i^* را در $T_{bm}=۳۹۰/۶۱۲$ با استفاده از رابطه آنتوان می‌یابیم:

Subject:..

Year.............. Month.............. Date..............( )

$P_B^* = ۲۱۸۱,۷۵$ $P_T^* = ۹۲۵,۹۷$ $P_X^* = ۴۱۱,۲۴$

حال اگر کنترل کنیم با رابطه $P_t = \sum x_i P_i^*$

$\sum x_i P_i^* = ۸۰۳,۰۵ > P_t = ۷۶۰$

پس دما را کمتر حدس می‌زنیم تا مقادیر P_i^* کاهش یابد

حدس دوم $T_{bm} = ۳۸۷,۵ °K$

$P_B^* = ۲۰۱۴,۵۸$,

$P_T^* = ۸۴۸,۸۴$, $P_X^* = ۳۷۴,۵۴$

$\sum x_i P_i^* = ۷۲۵,۶۱۷ < P_t = ۷۶۰$ درصد خطا $\frac{۷۶۰ - ۷۲۵,۶۱۷}{۷۶۰} \times 100 = \%4.52$

چون خطا $< 5\%$ پس $T_{bm} = 387.5$ قبول است.

اکنون مقادیر y_i را بدست می‌آوریم

$$y_i = \frac{x_i P_i^*}{P_t} = \frac{x_i P_i^*}{\sum x_i P_i^*}$$

$$y_B = \frac{/۰۰۵ \times ۲۰۱۴,۵۸}{۷۲۵,۶۲} = /۰۱۲۷$$

$$y_T = \frac{/۷۴۴ \times ۸۴۸,۸۴}{۷۲۵,۶۲} = /۸۵۸۵ \Rightarrow y_X = 1 - (y_B + y_T) = /۱۲۷۸$$

ب) اکنون در قسمت ب فشار بالای برج را $P = 1.1\,atm$ در نظر گرفته و دمای جوش را پیدا می‌کنیم.

افت فشار بر حسب بر هر سینی $10\,mmH_2O$ آب می‌باشد. با این ترتیب با داشتن ۲۷ سینی می‌توان فشار در پایین برج را

پیدا کرد. پس فشار وارد بر مایع در پایین برج برابر است با $P' = P_t + 26\Delta P$

یعنی $\Delta P = 10\,mmH_2O$, $P = 1.1\,atm$ و داریم فشار در بالا و پایین را داریم و بدین ترتیب تفاوت

دمای جوش بالا و پایین ستون را بدست می‌آوریم.

Subject:
Year.......... Month.......... Date.......... ( )

محاسبه دمای جوش: برای پیدا کردن اجزاء مایع در سینی اول در بالای برج، در فشار 1.1 atm باید حساب کنیم ... برای پایین برج

عبارت ... دمای جوش ... با فشار 1.1 atm + 26ΔP پیدا کرده و ... که ... است.

فشار روی سینی ۲۷

برای پایین برج غلظت ها را داریم:

$$P_{27} = 1.1 \times 760 + 26 \times 11.03 = 1122.78 \text{ mmHg}$$

$$\begin{cases} T_b^B = 366.11\ ^\circ K \\ T_b^T = 397.69\ ^\circ K \\ T_b^X = 427.02 \end{cases} \rightarrow T_{bm} = \sum x_i T_{bi} = 404.94\ ^\circ K$$

حدس اولیه برای دمای جوش

و فشار بخار ... P_i^* ها را داریم:

$$\begin{cases} P_B^* = 3096.9 \text{ mmHg} \\ P_T^* = 1356.93 \\ P_X^* = 623.22 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sum x_i P_i^* = 1181.5 > P_t$$

حدس دوم دمای جوش: $T_{bm} = 388\ ^\circ K$

$$\begin{cases} P_B^* = 2050.73 \\ P_T^* = 860.16 \\ P_X^* = 379.89 \end{cases} \Rightarrow \sum x_i P_i^* = 746.055$$

$$\Rightarrow \frac{760 - 746.055}{760} \times 100 = 1.87\ \%$$ خطای نسبی

$T_{bm} = 388\ ^\circ K$ قابل قبول است

$$y_i = \frac{x_i P_i^*}{\sum x_i P_i^*} = \begin{cases} y_B = 0.137 \\ y_T = 0.859 \\ y_X = 0.1273 \end{cases} \quad , T_{bm} = 388\ ^\circ K$$

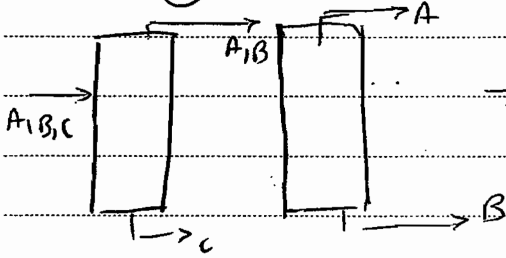
در صورتی که افت فشار نداشتیم: $T_{bm} = 377\ ^\circ K$

$$\begin{cases} y_B = 0.127 \\ y_T = 0.858 \quad y_X = 0.1278 \end{cases}$$

ملاحظه می شود که با تغییرات فشار در طول سینی نتایج با حالتی که فشار را ثابت در نظر بگیریم تقریباً یکسان است و خطای بسیار اندکی دارد. پس می توان در طول یک برج از افت فشار روی سینی ها صرف نظر کرد و فشار کل را تقریباً ثابت فرض نمود.

Sunwood

با تجزیه گیری از مولفه‌های ورودی و خروجی از سینی‌های توان اجزاء را بدست آورد. ما اجزاء را برای هر جزئی توانیم (جداسازی) تفکیک کنیم

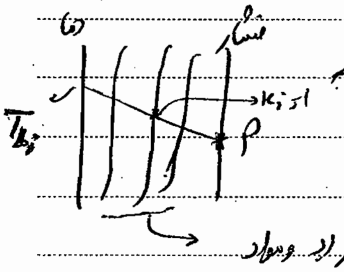


در این مورد کلید است که اجزاء !!! ***

جداسازی C را زیاد کنیم

تعیین دمای جوش و شبنم به کمک K_i ها.

* روابط آنتوان در یک محدوده خاص از فشار کاربرد دارند در فشارهای بالا کاربرد ندارند. در فشارهای بالا باید از K_i ها استفاده کرد. مقادیر K_i ها را می‌توان از منحنی‌های خاص تجربی بدست آورد به

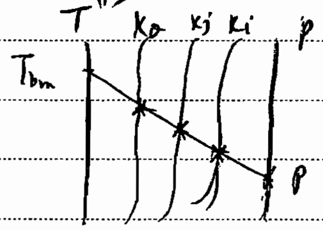


* تعیین نقطه جوش یا حباب

۱- حدس دمای جوش به صورت $T_{bm} = \sum x_i T_{bi}$ خالص

در فشار ثابت P برای هر یک از مولفه‌های خالص که K_i برابر با یک دارند می‌توان T_{bi} (دمای جوش خالص) را یافت.

۲- دستیابی به K_F ها برحسب فشار کل P و دمای T_{bm} (دمای جوش مخلوط که حدس زده‌ایم) می‌توان



K_i ها را یافت.

۳- چک کردن صحت رابطه I

۴- تعیین y_i ها.

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i^*}{P_t}$$

$$y_i = x_i * k_i \Rightarrow \sum y_i = \sum k_i x_i = 1 \Rightarrow \sum k_i x_i = 1 \quad (\mathrm{I})$$

$$y_i = \frac{k_i x_i}{1} = \frac{k_i x_i}{\sum k_i x_i}$$

در حدس دماهایی که ما انجام می‌دهیم تا $\pm 5\%$ خطا را قبول می‌کنیم.

تعیین نقطه شبنم:

$$y_i = k_i x_i \Rightarrow x_i = \frac{y_i}{K_i}$$

رابطه

$$\sum x_i = \sum \frac{y_i}{K_i} = 1 \Rightarrow \sum \frac{y_i}{K_i} = 1 \quad (\mathrm{II})$$

۱- حدس دمای شبنم به صورت

$$T_{dm} = \sum y_i T_{di}$$

۲- یافتن K_i ها با توجه به T_{dm} , P (دما و فشار ثابت)

۳- چک کردن صحت رابطه II

۴- یافتن x_i ها ←

$$x_i = \frac{y_i}{K_i} = \frac{y_i/K_i}{1}$$

$$x_i = \frac{y_i/K_i}{\sum y_i/x_i}$$

- تعیین نقاط جوش و شبنم با استفاده از ضرایب فراریت:

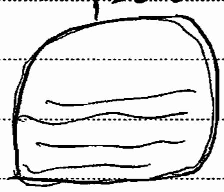
$$\alpha_{ij} = \frac{(y_i/x_i)}{(y_j/x_j)} = \frac{K_i}{K_j} = \frac{\left(\frac{P_i^*}{P_t}\right)}{\left(\frac{P_j^*}{P_t}\right)} = \frac{P_i^*}{P_j^*} = fun(T)$$

α_{ij} ضریب فراریت i نسبت به j تابعی از دماست. و در طول یک ستون دما در حال تغییر است پس ضریب فراریت α_{ij} نیز تغییر می‌کند. در طول یک ستون اگر اختلاف α_{ij} ها کم باشد از متوسط حسابی به عنوان مقدار ثابت استفاده می‌کنیم و گرنه در صورتی که تفاوت α_{ij} ها زیاد باشد از متوسط هندسی بهره می‌گیریم.

* ضریب فراریت α_{ij} برای هر دو جزئی که در یک سیستم در حال تعادل با یکدیگر قرار دارند تعریف می‌شود. در یک مخلوط چند جزئی کلیه α_{ij} ها نسبت به یک جزء مشخص تعریف می‌شوند یعنی K_j را به عنوان ثابت و مبنا گرفته و α_{ij} ها که $i = 1, \ldots, n$ و $i \neq j$ را پیدا می‌کنیم.

** برای سیستم بنزن - تولوئن α_{ij} در طول یک ستون تقریباً ثابت می‌باشد ولی در برخی از سیستم‌ها ممکن است در طول ستون α_{ij} تا 2 برابر تغییرات داشته باشد.

p=cte



تعیین نقطه جوش (حباب)

مخلوطی از مایع با x_i های مشخص را در نظر می‌گیریم در فشار ثابت به آن حرارت می‌دهیم. برای اولین حباب تشکیل شده داریم:

$$y_i = K_i x_i = (K_i/K_j)\, x_i K_j$$

$$y_i = \alpha_{ij} x_i K_j \qquad \sum y_i = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{N} (\alpha_{ij} x_i) K_j = 1 \qquad i \neq j = 1, 2, \ldots, n$$

تعداد اجزاء

Subject:............
Year........ Month........ Date........( )

رابطه معادل معیاران پایه‌ای برای محاسبه دمای جوش $\sum x_i \alpha_{ij} \times k_j = 1 \Rightarrow \sum x_i \alpha_{ij} = \frac{1}{k_j}$ برای جوش T

جوش نقطه‌ای رود
آزئوتروپ: در مورد مخلوط یک مایع که شکل خمیدن جز می‌باشد در هر حالت خاص که آثار مخلوط مایع اشباع شدن و در حال تعادل با یکدیگر هستند (x_i, y_i) تعادل خاص داریم و دمای جوش نیز مقدار است خاص ولی با تغییر (x_i, y_i) دمای جوش تغییر می‌کند. یعنی دمای جوش در فشار ثابت برای یک مخلوط مایع به x_iها بستگی دارد. ولی در هر x_i خاص دمای جوش و شبنم با یکدیگر برابر نبود. در ماده خالص در فشار ثابت تا زمانی که کل مایع بخار شود دمای جوش ثابت می‌ماند اما در مورد مخلوط‌ها اینگونه نیست.

روش محاسبه دمای جوش (حباب)

۱- حدس اولیه: اولین حدس برای دمای جوش مخلوط را به صورت $T_{bm} = \sum x_i T_{bi}$ در نظر می‌گیریم. اگر فشار کم باشد از طریق رابطه آنتوان در فشار P کلیه T_{bi}ها را می‌یابیم و اگر فشار بالا باشد (P های بزرگ) از طریق منحنی‌های خالص و با $K_i = 1$ (ماده خالص i) می‌توان T_{bi}ها را یافت.

۲- محاسبه K_j و K_iها: اگر فشار پایین باشد از طریق رابطه آنتوان در T_{bm} مخلوط، P_i^*ها را می‌یابیم و از رابطه $K_i = \frac{P_i^*}{P_t}$، K_iها را می‌یابیم. ولی در فشارهای بالا از منحنی‌های خاص با توجه به P و T_{bm} (حدسی) K_iها را می‌یابیم

Sunwood

۳- چک کردن صحت رابطه ① اگر رابطه I یعنی: $\sum x_i\alpha_{ij} = \frac{1}{K_j}$

با در نظر گرفتن T_{bm} ای که حدس زده‌ایم برقرار بود از حلقه حدس و خطا خارج می‌شویم وگرنه با یک حدس جدید باید تکرار کرد.

$\sum$ محاسبه y_i ها:

$$y_i = K_j\, x_i\alpha_{ij}$$

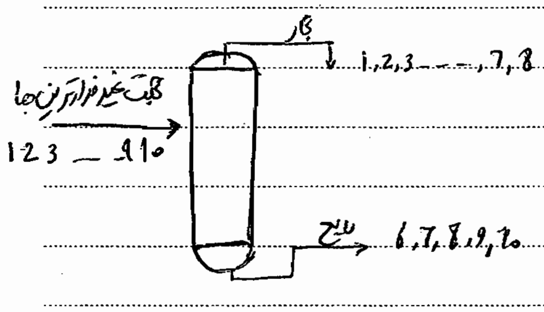
$$y_i = \frac{x_i\alpha_{ij}}{(1/K_j)} = \frac{x_i\alpha_{ij}}{\sum x_i\alpha_{ij}} \rightarrow \sum y_i = 1$$

هر حدس و خطا اگر T_{bm}^{n} مرحله nام صحیح باشد و با جواب قبلی یعنی T_{bm}^{n-1}، $\pm 5\%$ خطا داشته باشد، آن را به عنوان جواب مسئله قبول می‌کنیم. هر چند دارای خطای کمی است.

!!! توجه (سوال مهم) اکنون سوال این است که در یک مخلوط چند جزئی کدام یک از اجزا را به عنوان جزء کلیدی l انتخاب کنیم؟

در حالتی که مخلوط دو جزئی باشد l جزء غیر از جزء مورد نظر (یعنی i) می‌باشد. در تقطیر تعادلی هر جزئی می‌تواند l باشد ولی با توجه به اطلاعاتی که در اختیار داریم l را انتخاب می‌کنیم. در تقطیر مداوم (ناتعادلی، تعادلی) l را به گونه‌ای انتخاب می‌کنیم که

نه فرارترین باشد و نه غیر فرارترین. نحوه انتخاب:



6: جزئی است که در پایین ستون کمترین مقدار را دارد.

8: جزئی است که در بالای ستون کمترین مقدار را دارد.

4*
فرض کنیم که شرایط به صورت متعادل باشد
5
6
7 → هر یک از سازنده‌های 7,6,5 می‌تواند l باشد.
8*

جزء 7 بین 6 و 8 را به عنوان جزء کلیدی انتخاب می‌کنیم.

Subject:..

Year.............Month.............Date..............( )

تعیین نقطه شبنم با استفاده از ضرایب فراریت (α_{ij})

مخلوط گازی را در فشار P در نظر می‌گیریم. برای اولین قطره تشکیل شده داریم:

$$y_i = K_i x_i = x_i K_j \alpha_{ij} \Rightarrow x_i = \frac{y_i}{\alpha_{ij}} * \frac{1}{K_j}$$

$$\sum x_i = \sum\left(\frac{y_i}{\alpha_{ij}}\right) * \frac{1}{K_j} = 1 \qquad \underline{K_j = \sum\left(\frac{y_i}{\alpha_{ij}}\right)} \quad (II)$$

مراحل کار:

۱- حدس اولیه: $T_{bm} = \sum y_i T_{bi}$. اگر فشار کم باشد با استفاده از رابطه آنتوان در فشار Psatها کلیه Kها را می‌یابیم. در غیر این صورت در فشار بالا از منحنی‌های خاص در ازای Ki برای سایر مواد خالص اجزاء در مخلوط با فشار P می‌توان Kها را یافت.

۲- محاسبه Kiها: اگر فشار کم باشد از رابطه آنتوان در T_{bm} حدس زده شده P_i^* را می‌یابیم و از رابطه $K_i = \frac{P_i^*}{P_t}$، Kiها را می‌یابیم و در فشارهای بالا از طریق منحنی‌های خاص Kiها و Kj را می‌یابیم. α_{ij}ها: $\alpha_{ij} = \frac{K_i}{K_j}$

۳- چک کردن صحت رابطه II. اگر داده‌های به دست آمده صحت رابطه $\sum\left(\frac{y_i}{\alpha_{ij}}\right) = K_j$ را تصدیق کند جواب درست است. در غیر این صورت حدس بعدی را در نظر می‌گیریم.

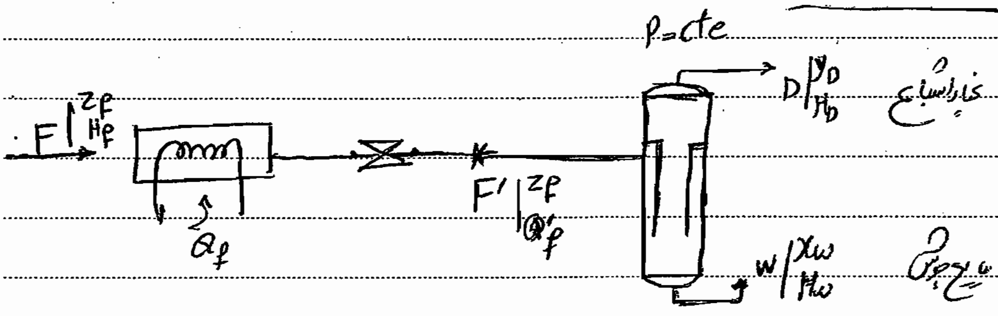
۴- دستیابی به x_iها:

$$y_i = x_i \alpha_{ij} K_j \qquad x_i = \frac{(y_i/\alpha_{ij})}{K_j}$$

$$x_i = \frac{(y_i/\alpha_{ij})}{\sum(y_i/\alpha_{ij})}$$

Sunwood

* تقطیر تعادلی یا تبخیر ناگهانی *



خوراک F به صورت مایع تحت فشار با مشخصات $F|^{z_F}_{H_F}$ وارد گرم‌کن می‌شود و گرما می‌گیرد و دمایش بالا می‌رود سپس وارد یک فشارشکن می‌شود. در فشارشکن، فشار مایع بسیار افت پیدا می‌کند و به همین جهت مایع شروع به تبخیر می‌کند و تبخیر می‌شود. مخلوط خروجی از فشارشکن به صورت مخلوط مایع و بخار اشباع با کیفیت (x) بالا و یا به صورت مایع اشباع و یا به صورت بخار اشباع یا اصلاً می‌باشد. ورودی به فشارشکن به جای خوبی از بویلر است می‌تواند به صورت مخلوط اشباع با کیفیت پایین‌تر باشد یعنی مقدار بخار کم باشد. اما خروجی از زیر فشارشکن حتماً به یکی از سه حالت بالا ظاهر می‌شود در غیر این صورت سیستم به خوبی کار نمی‌کند.

خروجی از فشارشکن

* مراحل خوراک که به صورت شکل نشان داده شده کلاً یک واحد تقطیر تعادلی یا تبخیر کننده ناگهانی می‌باشد خروجی از شیر فشارشکن وارد یک مخزن جداکننده می‌شود که مخلوط بخار و مایع به صورت مایع در حال جوش و بخار اشباع که در تعادل با هم هستند از هم جدا می‌شوند. سپس بخار از قسمت بالای برج با ~~[illegible]~~ ... بالای از جداکننده و مایع در حال جوش (مایع اشباع) از قسمت پایین خارج می‌شود. تذکر: نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که در برج جداکننده مایع و بخار در حال تعادل اند و

Subject:

Year. Month. Date. ( )

پس دمای بخار بالای برج و مایع در حال جوش پایین برج یکسان است. برج در فشار ثابت (P) کار می‌کند.

توضیح Z_F: فرض کنیم که مخلوطی شامل n جزء به صورت بخار و مایع در حال تعادل باشد. در این صورت:

$n_1+n_2+n_3+\dots+n_n=A$

n_i: تعداد مولهای سازنده i در دو فاز مایع و بخار

A: کل مولهای موجود در بخار و مایع.

کسر مولی کل جزء i: $Z_i = \frac{n_i}{A}$ $\qquad n_i = x_i L + y_i G$

L: تعداد کل مولهای فاز مایع و G: تعداد کل مولهای فاز گاز است. در یک حالت که مخلوط دو جزئی است و اگر A=1 باشد

در این صورت $n_1+n_2=1$

$$Z_1 = \frac{n_1}{1} = n_1 = x_1 L + y_1 G = x_1 L + (1-L) y_1$$

* واحد تقطیر تعادلی می‌تواند به صورت batch یا مداوم کار کند. اگر یکباره خوراک از بالای برج وارد کنند و جزئی شود در بخش زیرین که مایع می‌شود مجدداً وارد چرخه شود گوییم به واحد مداوم کار می‌کند در غیر این صورت واحد به صورت batch کار می‌کند.

Z_F که وارد برج می‌شود ثابت می‌ماند. به طوری که از پیش تنظیم شکل نیز Z_F می‌باشد چون جرم ثابت مانده است. با این مطالب Z_F اولیه بیانگر کسر مولی جزء (1) در مایع است چون خوراک ورودی به صورت مایع تحت فشار می‌باشد و اکنون در فاز $Z_F = \frac{n_1}{N}$ ، $n_1+n_2=N$

* تقطیر دو جزئی‌ها روی تصویر Hxy از پیش نشده شکل بخشی از افزایش در مایع و بقیه در گاز است ولی در هر حال n_1, N, Z_F ثابت است.

نکته کلی که در عملیات واحد باید به آن توجه کرد این است که همواره در عملیات سه نکته را مورد نظر داشت:

۱. نوشتن بیلان کلی ۲. بیلان جزئی مواد ۳. بیلان انرژی

Subject: ....
Year.......... Month.......... Date..........( )

معادله اول: بیلان کلی : $F = D + W$

معادله دوم: بیلان جزئی: $z_f F = y_D D + x_W W$

$$z_f (W + D) = y_D D + x_W . W \Rightarrow \frac{-W}{D} = \frac{z_f - y_D}{z_f - x_W} \quad ★★★ \text{ I}$$

آنتالپی کل مایع ورودی

آنتالپی کل خوراک مایع جزئی

معادله سوم: بیلان آنتالپی (انرژی) برای ~~[illegible]~~ کل: $Q_f + F H_f = D H_D + W H_W$

$$F\left(H_f + \frac{Q_f}{F}\right) = D H_D + W H_W \Rightarrow F Q_f' = Q_f'(D + W)$$

$$\frac{Q_f' - H_D}{Q_f' - H_W} = \frac{-W}{D} \quad ★★★ \text{ II} \qquad Q_f' = H_f'$$

H_f: آنتالپی مایع ورودی ، H_D: آنتالپی بخار اشباع خروجی ، H_W: آنتالپی مایع خروجی ،

H_f': آنتالپی خوراک بخار مایع خروجی از شیر فشارشکن

قانون: طبق قانون اهرم ها در منحنی H_{xy} سه نقطه $W \Big| \begin{matrix} x_W \\ H_W \end{matrix}$ ، $F' \Big| \begin{matrix} z_f \\ H_f' \end{matrix}$ ، $D \Big| \begin{matrix} y_D \\ H_D \end{matrix}$ بر روی

اهرم ها

یک خط راست قرار دارند. توجه

$$\frac{Q_f' - H_D}{z_f - y_D} = \frac{Q_f' - H_W}{z_f - x_W}$$

در منحنی H_{xy} فشار ثابت است و از نقطه

$$\frac{Q_f' - H_D}{Q_f' - H_W} = \frac{z_f - y_D}{z_f - x_W} = \frac{-W}{D} \quad \text{I}, \text{II}$$

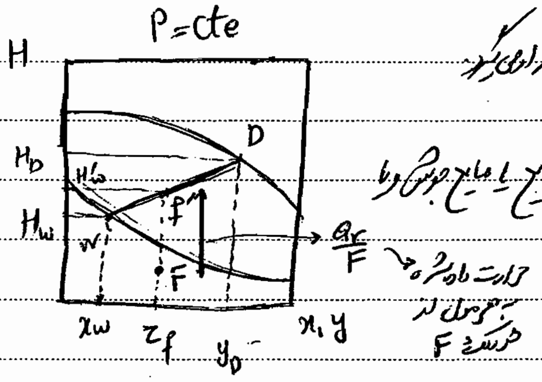
خروجی فشارشکن به بعد در H_{xy} , xy

نشان داده می‌شود

Sunwood

Subject:....................

Year.........Month.........Date.........( )



نقطه‌ی F حتماً در محدوده‌ی بین مایع اشباع (جوش) و بخار اشباع قرار می‌گیرد

یعنی جریان خروجی از شیر فشارشکن به صورت مخلوط اشباع (بخار+مایع) یا مایع جوش و یا

بخار اشباع می‌باشد.

نکات و توضیحات مهم در ارتباط با مسائل تبخیر کننده‌ی تعادلی

ابتدا با بررسی با توجه به داده‌ها و اطلاعات مسئله منحنی Hxy را رسم کنیم در فشار ثابت. اکنون دو حالت پیش می‌آید

یا اینکه نقطه‌ی F مشخص است و یا اینکه مشخص نیست. در این صورت با معلوم بودن نقاط D و W و وصل کردن آنها به یکدیگر و

تقاطع با z_F می‌توان محل F را یافت.

* تحول صورت گرفته در فشارشکن بسیار سریع اتفاق می‌افتد پس فرصت کافی برای تبادل حرارت با محیط وجود ندارد پس

تحول را تقریباً آدیاباتیک در نظر می‌گیریم و کاری نیز انجام نمی‌شود طبق قانون اول برای حجم کنترل $q + h_i = w + h_e \Rightarrow h_i = h_e$

پس تحول شیر فشارشکن آنتالپی ثابت نیز هست. (اختناق) انرژی خروجی از شیر فشارشکن = انرژی ورودی به شیر

* هدف از هر فرآیند تبخیر تعادلی یا تبخیر کننده‌ی تعادلی این است که جزء فرار را جدا کنیم یعنی به درصد خلوص بالایی برای

جزء خاص برسیم.

تذکر: فرض کنیم یک خوراک مایع تک فشار P داریم که درصد z_F از جزء فرار باشد و مثلاً $z_F = 0/4$ باشد و در خروجی به مقدار

۶۰٪ برسد. می‌توان گفت که مثلاً $y_D = 0/6$ می‌باشد چون جزء فرار بیشتر وارد فاز بخار

Subject: ....

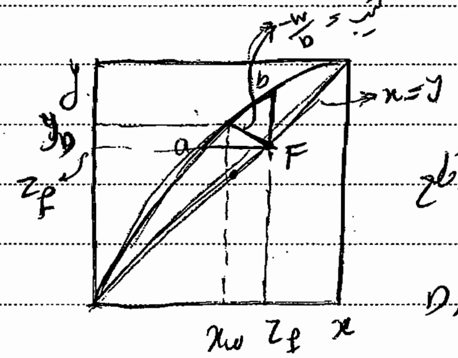
Year........ Month........ Date........( )

بخار شده و از بالای برج خارج می‌شود و جزء سنگین‌تر به صورت مایع از پایین برج خارج می‌شود. جزء فرار علاوه بر دمای جوش کمتری

دارد و گرمای لاتنت را از جزء سنگین می‌گیرد و جزء بخار می‌شود و جزء سنگین به صورت مایع در می‌آید.

$$\frac{z_f - y_D}{z_f - x_W} = \frac{-W}{D}$$

تقطیر تعادلی در تصویر xy :



۱- ابتدا با توجه به داده‌های تعادلی مسئله تصویر xy را رسم می‌کنیم

۲- از نقطه $z_f \mid z_f$ خط عملیاتی $-\frac{W}{D}$ را رسم می‌کنیم تا منحنی تعادل $y=f(x)$ را قطع

کند. بدین ترتیب x_W و y_D بدست می‌آیند. قبلاً گفتیم که D, W

یک مرحله تعادلی اند یعنی بخار و مایع خروجی از بالا و پایین برج در حال تعادل اند زیرا از یکدیگر جدا شده‌اند و دمای یکسان دارند.

اکنون با استفاده از بیلان کلی می‌توان F و D, W را یافت.

خط افقی $F-a$ دارای شیب صفر باشد یعنی $\frac{-W}{D} \rightarrow 0$ یعنی $W=0$ و کل محصول به صورت بخار می‌باشد.

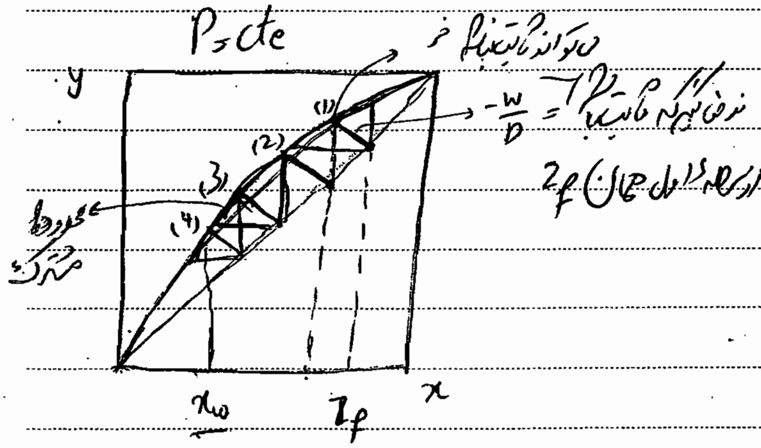
خط عمودی $F-b$ دارای شیب ∞ است یعنی $D \rightarrow 0$ و همه محصول به صورت مایع جوش می‌باشد.

محدوده $b-a$ روی منحنی $y=f(x)$ را محدوده عملیاتی گوییم. منطقه عملیاتی در یک تبخیر کننده ناگهانی flash

نامیده $a-b$ روی $y=f(x)$ می‌باشد. اکنون می‌توان از چند تبخیر کننده استفاده کرد یعنی مایع خروجی از اولی

را به عنوان خوراک وارد دومین تبخیر کننده کنیم و به همین ترتیب ...

فرض کنیم که هدف رسیدن به ماده خالص باشد. با چند مرحله می‌توانیم به این ماده برسیم. در این صورت به روش زیر عمل می‌کنیم.

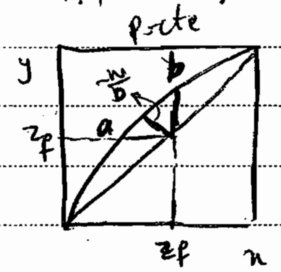


(۱) خروجی از اولین مرحله. ماده خروجی از مرحله اول همان z_f مرحله دوم است.

(۲) خروجی از دومین مرحله

توجه کنید در طی چندین مرحله، منطقه عملیاتی مراحل مختلف ممکن است با هم مشترک باشند. روی شکل دقت کنید.

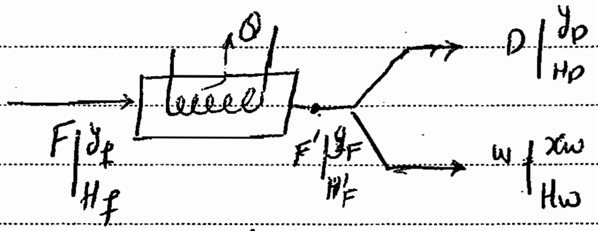
ه) آیا در تبخیر پیوسته تعادلی مقدار محصول که می‌خواهیم وابسته به دلخواه ما است؟ هیچ محدودیتی از نظر رسیدن نداریم؟ اگر بکنیم بله



نقطه b مربوط به حالتی است که جریان خوراک بسیار کم است. یعنی y_D حداکثر را در z_f نشان می‌دهد. $D \to 0$ ، $\frac{W}{D} \to \infty$ و این یعنی اینکه بیشتر خوراک به صورت مایع خروجی از پایین برج جدا گشته خارج می‌شود. این حالت در دمای حباب خوراک اتفاق می‌افتد و نقطه a مربوط به کمترین غلظت مایع یعنی x_w^{min} است که در دمای شبنم خوراک رخ می‌دهد. محصول واقعی خروجی از برج جداکننده در محدوده a تا b قرار می‌گیرد که مقدار آن بستگی به بازیابی مرحله و میزان تبخیر خوراک دارد. نقطه a، x_w^{min} را نشان می‌دهد که در دمای شبنم خوراک اتفاق می‌افتد. یعنی تنها اولین قطره مایع تشکیل می‌گردد. بیشتر شامل اجزاء سنگین می‌باشد که به همین خاطر است که کمترین غلظت را دارد و به همین خاطر می‌گوییم میزان جزء سبک کمترین است و x_w^{min} است. در حالی که b که y_D^{max} است در دمای حباب اتفاق می‌افتد. اولین حبابی که تشکیل می‌شود بیشتر اجزای فرار را شامل می‌شود چون از لحاظ فراریت زودتر از بقیه بخار می‌گردد.

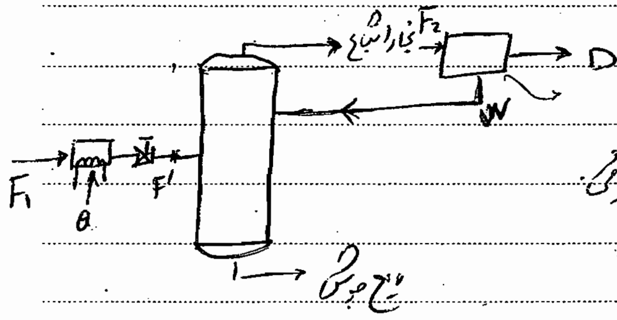
به نام خدا

کندانسور جزئی:



در کندانسور یا میعان جزئی خوراک ورودی (F) معمولاً به صورت بخار اشباع یا بخار داغ می‌باشد که در reboiler
Condensor
از آن حرارت گرفته می‌شود و نهایتاً به صورت بخار اشباع و مایع جزئی در حال تعادل جداسازی می‌گردند.

کندانسور جزئی یعنی اینکه کلیه بخار ورودی به کندانسور و سیستم سردکن به صورت مایع جداسازی نمی‌گردد و بخشی از آن
به صورت بخار خارج و جداسازی می‌شود



کندانسور جزئی:

* مسائل کندانسور جزئی در حالتی شبیه به تبخیر تعادلی
حل می‌شود.

موازنه کلی جرم: $F = D + W$

موازنه جزئی: $F y_f = y_D * D + x_W * W$

$$y_f(W+D) = y_D * D + x_W * W \Rightarrow \frac{y_f - y_D}{y_f - x_W} = \frac{-W}{D} \quad (*)$$

موازنه انرژی (آنتالپی): $FH_F + Q_f = DH_D + WH_W$

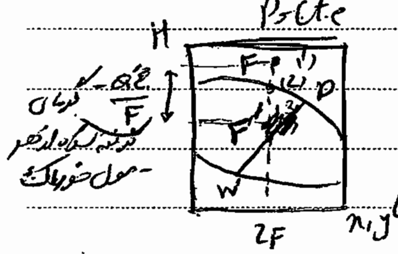
$$F\left(H_f + \frac{Q_f}{F}\right) = DH_D + WH_W = FH_f'$$

$$DH_D + WH_W = (W+D)H_f' \Rightarrow \frac{H_{f'} - H_D}{H_{f'} - H_W} = \frac{-W}{D} \quad (**)$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

انجام: در تصویر Hxy نقطه F حتماً روی منحنی بشنم یا بالای آن یعنی ناحیه بخار داغ قرار دارد. البته ممکن است که بخار ورودی به صورت مخلوط اشباع بخار و مایع باشد که در این صورت بجای y_F بایستی از عبارت I_F (انرژی یا جزء مولی کل) استفاده کرد. نقاط (۱) و (۲) و ... نقاطی هستند که F می‌توانند در آنها وجود داشته باشد. به این ترتیب خوراک از کندانسور جزئی حتماً بخار داغ است.



کندانسور ایده‌آل: کندانسوری است که به صورت ایده‌آل کار کند و کل بخار ورودی به آن را به صورت مایع بیرون دهد و کندانسور جزئی به صورت ... به صورت مایع جزئی خارج کند.

* مثال: مخلوطی از اتانول حاوی ۲۰٪ مولی اتانول به طور مداوم تقطیر ناگهانی می‌شود به نحوی که ۶۰٪ مولی مخلوط تبخیر خواهد شد. مطلوبست: الف) غلظت اجزاء در بخار و مایع باقیمانده، همچنین دمای تبخیر مایع. ب) تغییرات دما را روی تصویر xy نشان دهید بنحوی که بتوان در هر نقطه از نمودار یا در هر نقطه از جداسازی بتوان با داشتن غلظت اجزاء به دما، یا با داشتن دما به غلظت اجزاء برسیم. داده‌های تعادلی به شرح زیر است:

x	۱٫۹	۷٫۲۱	۹٫۶۶	۱۲٫۳۸	۱۶٫۶۱	۲۳٫۳۷	۳۲٫۷۳	۳۹٫۶۵	۵۰٫۷۹	۵۷٫۳۲	۶۷٫۶۳	۷۴٫[illegible]	
y	۱۷	۳۸٫۹۱	۴۳٫۷۵	۴۷٫۰۴	۵۰٫۸۹	۵۲٫۴۵	۵۸٫۲۶	۶۱٫۲۲	۶۵٫۶۴	۶۸٫۴۱	۷۳٫۸۲	۷۸٫۱۵	۸۹٫[illegible]
T_{bm}	۹۵٫۵	۸۹	۸۶٫۷	۸۵٫۳	۸۴٫۱	۸۲٫۷	۸۱٫۵	۸۰٫۷	۷۹٫۸	۷۹٫۲	۷۸٫۷۲	۷۸٫۴۱	۷۸٫۱۵

Sunwood

Subject: ....

Year............ Month............ Date............( )

مثال: F: 100 gr ، H_2O: 18.02 gr ، اتانول: 46 gr — وزنی $z_f = 0.70$

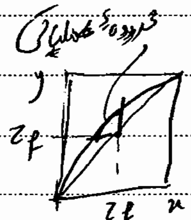
$$z_f = \frac{\frac{70}{46}}{\frac{70}{46} + \frac{30}{18.02}} = 0.477 \quad \text{مولی}$$

$D = 0.8F \Rightarrow W = -D + F = 0.2F$

الف) هدف تعیین y_D ، x_w ، T تبخیری است.

$$\frac{W}{D} = \frac{0.2F}{0.8F} = \frac{1}{4}$$

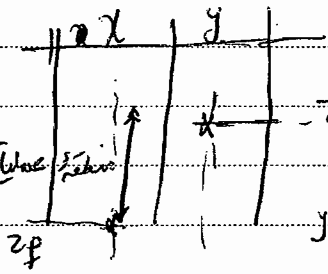
ابتدا باید به تصویر xy را رسم کرد. (در فشار ثابت) کافیست که ما نمودار $y = f(x)$ را تنها در محدوده و منطقه عملیاتی رسم کنیم. محدوده عملیاتی عبارت است از:



ویژگی منطقه عملیاتی: x_i ها $< z_f$ ، y_i ها $> z_f$

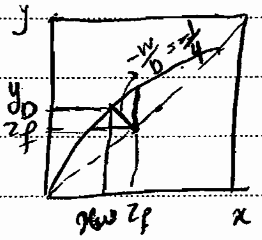
در بین داده های تعادلی محدوده بالا را پیدا کرده و رسم می کنیم. پس از رسم منحنی عملیاتی $y = f(x)$

از نقطه $\begin{vmatrix} z_f \\ z_f \end{vmatrix}$ خط عملیاتی با شیب $-\frac{W}{D} = -\frac{1}{4}$ را رسم می کنیم جایی که منحنی را قطع کرد می توان x_w و y_D را پیدا کرد. از روی نمودار خواند. با رسم محدوده عملیاتی $x_w = 0.22$

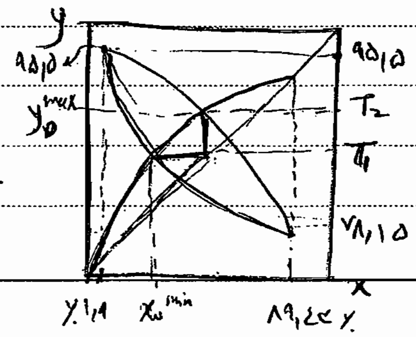


$y_D = 0.54$

توصیه: در محدوده عملیاتی z_f بیشترین x_w ، z_f کمترین y_D می باشد.



نمودار دما روی منحنی x-y



روی محور عمودی تقسیم بندی دمایی را انجام می دهیم نسبت به x_i ها

T_1: دمای شبنم مخلوط خوراک،

T_2: دمای حباب مخلوط خوراک

Sunwood

Subject:..

Year..............Month..............Date..............( )

نقاط حاصل دمای متناظر روی نمودار عمودی نظیر کرده و نقاط را بهم وصل می‌کنیم منحنی مناسب شکل می‌گیرد.

چنین منحنی‌ای نشان می‌دهد که می‌توان محدوده دمایی که تبخیرکننده در آن کار می‌کند را پیدا کرد بطوریکه پایین‌ترین دما و T_2 بالاترین

دمایی است که تبخیرکننده می‌تواند در آن کار کند. برای یافتن دمای خروجی از تبخیرکننده از نقطه تعادلی $\left.\frac{mw}{V_o}\right|$ می‌توان به منحنی

دمایی عمود کرده و دمایی که مایع خروجی بخار اشباع با آن خارج می‌شود را پیدا کرد.

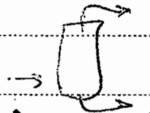
*** نکته مهم ① هدف از کندانس جزئی رسیدن به یک تبدیل یا جز دمای بالاتر برای جزء فرار خاص می‌باشد. به همین جهت ابتدا در Condenser مقدار

حرارت از خوراک می‌گیریم که این حرارت بیشتر از اجزاء سنگین گرفته می‌شود که میل به مایع شدن و پایدار ماندن دارند پس وقتی یک جداکننده دارد که

در این حالت باز هم اجزاء فراری که در مایع مانده‌اند برای لازم را از اجزای سنگین نیاز بخاری گرفته و بخاری می‌شوند در نتیجه اجزاء سنگین بخار را مایع می‌کنند.

و بدین ترتیب میزان خلوص جزء فرار در فاز بخار افزایش می‌یابد.

*** ② کلیه صحبت‌های درصدد نمودارها y در x، xy در مورد تبخیر تعادلی در مورد کندانسور جزئی نیز بکار می‌رود و قابل



(کندانسور) دمای ... T کمتر از ... $\rightarrow$

تعمیم است.

هدف خوراک $\rightarrow$ بیشتر از T (تبخیرکننده)

??? *!! در تبخیرکننده تعادلی بیشترین دمای خروجی مربوط به آب خوراک، کمترین دمای خروجی مربوط به شبنم می‌باشد

*** ③ در تقطیر تعادلی یا تبخیرکننده ناگهانی سیستم‌های دو جزئی و یا چند جزئی اگر داده‌های تعادلی سادگی را داشته

باشند با رسم منحنی y در x و رسم کرده محاسبات مربوطه را انجام داد وگرنه با سعی و خطا از طریق حدس دما و سایر

خواسته‌های مسئله را پیدا کرد.

Sunwood

۲) تبخیر تعادلی یا تبخیر کننده ناگهانی سیستم های چند جزئی ـ مخلوط ایده آل

معادلات تبخیر کننده ناگهانی را برای سیستم های دو جزئی بررسی کردیم. اکنون برای سیستم های چند جزئی بحث را ادامه خواهیم

داد: موازنه کلی جرم:
$$F = D + W$$

موازنه جزئی جرم:
$$Z_{iF} F = y_{iD} D + x_{iW} W$$

$$Z_{iF}(W+D) = y_{iD} D + x_{iW} W = y_{iD} D \left(1 + \frac{W}{DK_i}\right) \qquad K_i = \frac{y_{iD}}{x_{iW}}$$

اشاره شد که نقاط D و W بخار و مایع در حال تعادل اند پس x_{iW} و y_{iD} در تعادل با یکدیگرند

$$y_{iD} = \frac{(1+\frac{W}{D}) Z_{iF}}{\left(1 + \frac{W}{DK_i}\right)} \Rightarrow \sum y_{iD} = 1$$

$$x_{iW} = \frac{Z_{iF}(1+\frac{W}{D})}{\left(K_i + \frac{W}{D}\right)} \Rightarrow \sum x_{iW} = 1$$

مانند دو جزئی ها می توان منحنی تعادل ایده آل را رسم کرد که نقطه ها جزء مولی i در فاز مایع جوشان و y_i ها جزء مولی در

فاز اشباع بخار است. Z_{iF}: کسر مولی جزء i در مخلوط خوراک (F)

$$Z_{iF} = \frac{n_i}{n} \begin{matrix} \rightarrow \text{کل مولهای } i \\ \rightarrow \text{کل مولهای مخلوط} \end{matrix}$$

اگر $n = 1$ l: تعداد مولهای مایع در خوراک ورودی V: تعداد کل مولهای بخار در خوراک F

$$Z_{iF} = x_i l + (1-l) y_i$$

با رسم خط عمل $-\frac{W}{D}$ نیز می توان مقادیر x_{iW} و y_{iD} را از منحنی خواند.

Subject:..

Year................Month...............Date..............( )

اکنون در حل سوالات مربوط به تبخیر تعادلی چند جزئی دو حالت پیش می‌آید یکی اینکه T مجهول باشد و $\frac{W}{D}$ را داشته باشیم و حالت

دوم اینکه مقدار T مشخص است و $\frac{W}{D}$ مجهول می‌باشد که در هر کدام از دو حالت بالا فشار کل ثابت و معین است.

الف) حالتی که $\frac{W}{D}$ مشخص است و دما مجهول می‌باشد (دمای ~~...~~ محصول بالا و پایین یعنی $T_W = T_D$ نامعلوم باشند)

۱_ ابتدا دمایی را حدس می‌زنیم. برای حدس اولیه دمای جوش مخلوط مایع ورودی را با x_i های مشخص را بدست می‌آوریم. فرض می‌کنیم که

همه این x_i ها y_i باشند سپس دمای شبنم را می‌یابیم. حدس اولیه: دمای شبنم (T_{dm}) $> T >$ T_{bm} دمای جوش

۲_ محاسبه P_i^* ها از رابطه آنتوان در دمای T حدسی.

۳_ تعیین K_i ها. اگر ایده‌آل باشد $K_i = \frac{P_i^*}{P_t}$ و در فشارهای بالا از منحنی‌ها می‌یابیم.

۴_ اکنون x_{iw} ها را می‌یابیم با برقراری $\sum y_i = 1$ شود اگر شد که قبول است و از حلقه خارج می‌گیریم وگرنه با تعیین دمای جدید باید دوباره کار کرد.

۵_ اکنون y_{iD} ها را می‌یابیم و سپس x_{iw} ها را مشخص می‌کنیم $y_{iD} P_t = x_{iw} P_i^*$

ب) حالتی که دما را داریم و $\frac{W}{D}$ مجهول است. ابتدا مقداری برای $\frac{W}{D}$ حدس می‌زنیم

۲_ ابتدا از رابطه آنتوان در دمای T مقدار P_i^* ها را تعیین می‌کنیم

۳_ K_i ها را می‌یابیم اگر فشار کم باشد وگرنه در فشار بالا با داشتن T و P_t می‌توان K_i ها را یافت.

۴_ محاسبه x_i ها و سپس چک کردن صحت رابطه $\sum y_{iD} = 1$ اگر درست بود که حدس قبول است وگرنه با تعیین مقدار دیگری برای $\frac{W}{D}$ حدس زد.

۵_ تعیین y_{iD} ها، x_{iw} ها، W، D.

نکته مهم: در حل مسائل تقطیر ایده‌آل چند جزئی اگر مقدار F مشخص نباشد به عنوان مبنا می‌توان 100 مول F را در نظر گرفت

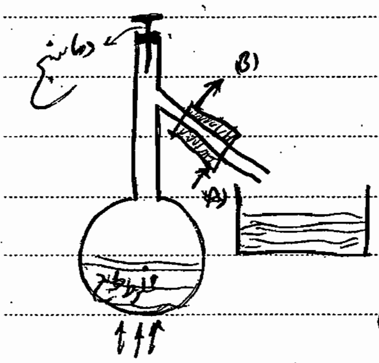
Sunwood

Subject:
Year ۸۶ Month ۱۲ Date ۷ ( )

بنام خدا

تقطیر دیفرانسیلی (جزئی یا ساده)

در تقطیر دیفرانسیلی خوراک F به صورت مخلوط دو یا چند جزئی (A و B و ...) — به ترتیب فراریت (از بالا به کم) وارد ~~...~~ محفظه‌ی حرارتی یا بالن حرارتی می‌شود و به آن حرارت داده می‌شود سپس مقداری از مایع بخار می‌شود و به شکل حباب خارج می‌شود. که مقدار حباب تشکیل شده نسبت به مایع باقی‌مانده کم است یعنی در هر لحظه مقدار ∞ $\frac{W}{D}$ می‌باشد.



A: ورودی آب سرد مبرد. B: آب خارج می‌شود از مبرد. (خروجی مبرد)

فرض کنیم که A جزء فرارتر باشد. در اولین حباب تشکیل شده بیشترین مقدار را مربوط به جزء A خواهیم داشت. با گذشت زمان مقدار جزء A در حباب‌های خروجی کاهش می‌یابد و مقدار جزء B افزایش می‌یابد. برای اجزاء دیگر نیز همین ترتیب است.

* بخارات خروجی وارد یک مبرد شده و مایع می‌شود و سپس در ظرف محصول جمع‌آوری می‌شود.

برش: محصول حاصل از تقطیر که در مبرد مایع شده و جمع‌آوری می‌شود را برش گویند (البته جمع‌آوری در یک بازه زمانی صورت می‌گیرد)

نکته‌ی مهم: حرارت دادن به خوراک بایستی خیلی ملایم و به آهستگی صورت گیرد به طوری که در محلول غلیان و جوشش مایع از سطح صورت بگیرد. به طور مثال اگر حرارت دادن خیلی سریع باشد و یا مقدار حرارتی که به مایع داده می‌شود خیلی زیاد باشد مایع در سطح خود دچار تلاطم شده و در سطح مایع بعضی از مولکول‌ها از سطح جدا شده و پرش می‌کنند. در نتیجه بخارات حاصله این مولکول‌های مایع را که شامل اجزاء سنگین و غیر فرار است

Sunwood

Subject:

Year........ Month........ Date........( )

ما را خود می برد که این هم نامطلوب است. این پدیده را entrainment می گوییم. که نامطلوب است چرا که ما

هدفمان جداسازی اجزاء از یکدیگر و رسیدن به خلوص بالاتر است. پس بهتر است که مخلوط مایع در یک ظرف دوباره

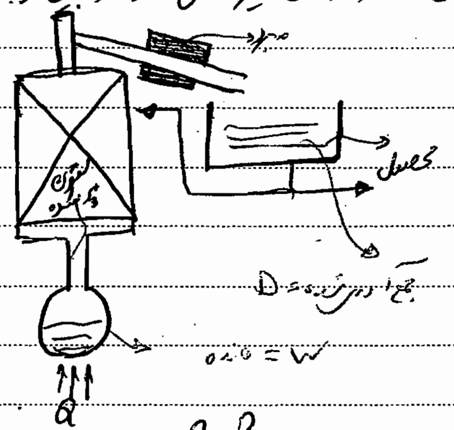
تبخیر شود و به آن حرارت داده شود. یکی از راه های کاهش این Entrainment اینست که بالای ظرف

حرارتی یک ستون پر شده قرار دهیم و بخارات ابتدا از این ستون عبور کند تا اگر مایعی همراه بخارات است جذب شود و به محفظه حرارتی

برگردد و بدین ترتیب خلوص مواد حاصل بیشتر شود. از طرفی بخشی از بخارات کندانس شده به ستون برگردانده می شود تا اینکه اگر

در بخارات حاصل جزء غیر فرار سنگین تر باشد، حرارت خود را به مایع برگشتی داده و خودش نیز کندانس شود و بدین ترتیب در بخارات

نیز به این ترتیب مقدار جزء سنگین تر را کاهش دهیم.



این ستون به صورت Semi-batch کار می کند.

نکته مهم: یک واحد تقطیر دیفرانسیلی معادل بی نهایت واحد تقطیر تعادلی می باشد. اثبات:

خوراکی که وارد می شود پس از حرارت دادن به صورت بخار اشباع و مایع جوش در می آید. که این بخار اشباع در حد یک حباب می باشد و

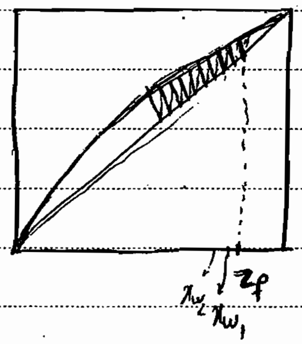
مقدار این حباب شکل گرفته (D) نسبت به مایع باقی مانده (W) بسیار کم است. اکنون اگر مایع باقی مانده که به مثابه خوراک ورودی است

دوباره حرارت داده شود D_2 ، W_2 حباب دوم تشکیل می گردد یعنی:

$$F \to D_1, W_1 \to D_2, W_2 \to D_3, W_3 \ldots$$

Sunwood

$\frac{W}{D} \to \infty$ چون مقدار D یعنی حباب تشکیل شده خیلی کم و در حد صفر است و کلیه خطوط عملیاتی با شیب تقریباً ∞ می باشد



و کلیه خطوط را رسم می کنیم:

$-\frac{W_1}{D_1} \to \infty$ شیب خط اول

$-\frac{W_2}{D_2} \to \infty$: « خط عمل دوم

روش های محاسباتی (سیستم دو جزئی)

* در هر لحظه که مخلوط می جوشد و تبخیر می گردد، مایع جوشان با حباب تشکیل شده در تعادل است و میزان جزء فرار در مایع باقی مانده کاهش می یابد. اکنون باید مخلوطهای بیشتری را از دمای آب یا گرادیان حرارتی دریافت نماید، چرا که جزء سنگین تر بیشتری در خود دارد. در شرایط جدید جوشش باز هم حباب های تشکیل شده با مایع باقی مانده در تعادل اند ولی در دماهای بالاتری قرار دارند.

در هر لحظه بین مایع در دمای T می جوشد مقدار مایع باقی مانده نسبت به حباب تشکیل شده خیلی بیشتر است و $\frac{W}{D} \to \infty$

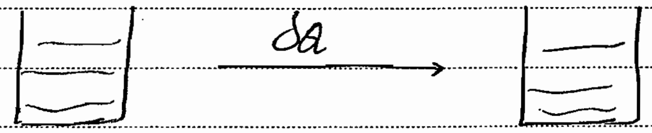
این نحوه جوشش در طول زمان اتفاق می افتد و در هر لحظه دمای جوشش خاص و x_w و y خاص در تعادل اند یعنی ده ها تعادل اتفاق افتاده است. تا اینکه از x_{w_1} به x_{w_2} مورد نظر برسیم. حباب های تشکیل شده در هر لحظه دارای غلظت y هستند که همگی در لحظات مختلف با هم متفاوت اند. با عبور از مبرد مایع شده و در ظرف تقطیر جمع آوری می شوند.

در ظرف تقطیر مقدار کل بخارات جمع آوری می شود که به صورت مایع در آمده اند. یعنی جرم کل مایع (بخار) جمع شده در ظرف بیانگر D است و W کل مایع باقی مانده در ظرف حرارتی است. برای تقطیر به دست آمده

جزء مولی متوسط $\bar{y}_D$ تعریف می‌کنیم چون y_D حباب‌های تشکیل شده در هر لحظه با هم فرق دارند ولی متوسط آنها

را در محصول تشکیل شده در نظر می‌گیریم:

روش محاسباتی:



$\begin{cases} L \\ x \end{cases}$ کل محصول مایع (مایع اولیه) جزء مولی اولیه $\qquad \begin{cases} L-dL \\ x-dx \end{cases}$ مایع باقی مانده

جزء مولی در مایع باقی مانده

موازنه کلی: dL میزان مایع مصرف شده یا میزان محصول (بخار) حاصل می‌باشد.

جزء مولی بخار تولید شده   مایع باقی مانده

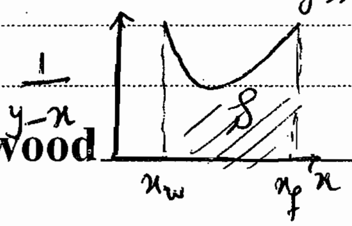
کامپوننت $\underline{y^* dL + (L-dL)(x-dx)} = Lx$ تذکر: y^* جزء مولی (کسر مولی) جزء فرار مورد نظر در بخار یا حباب تشکیل شده در هر لحظه می‌باشد.

$$y^* dL + Lx - Ldx - xdL = Lx$$

$$(y^*-x)dL = Ldx \qquad \frac{dx}{y^*-x} = \frac{dL}{L}$$

$$\int_F^W \frac{dL}{L} = \int_{x_f}^{x_w} \frac{dx}{y^*-x} \Rightarrow \ln\left(\frac{F}{W}\right) = \int_{x_w}^{x_f} \left(\frac{dx}{y^*-x}\right)$$

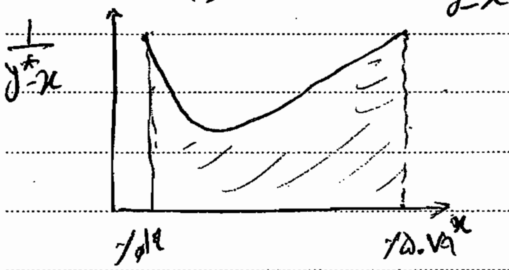
هدف رسیدن به x_w مایع است. با یک منحنی $\frac{1}{y^*-x}$ برحسب x را رسم کنیم در منطقه عملیاتی



$\delta = \ln\left(\frac{F}{W}\right)$ x_f تا x_w

مثال : خوراک حاوی ۵۰۰g مخلوط اتانول و آب که ۷۰٪ وزنی اتانول دارد، در فشار اتمسفر تقطیر ساده (دیفرانسیل) می‌شود. هدف دستیابی به محلول باقی مانده حاوی ۵٪ مولی اتانول است. الف) مطلوبست مقدار جزء مولی اتانول در محصول تقطیر بدست آمده. ب) اگر هدف تقطیر ۶۰٪ از مخلوط مایع اولیه باشد غلظت اتانول در مخلوط مایع باقی مانده و محصول چقدر است؟ ج) غلظت اتانول در اولین و آخرین حباب حاصل در قسمت الف چقدر خواهد بود. تغییرات غلظت اتانول در حباب های بدست آمده را در طول عملیات برحسب مقدار محصول حاصل بدست آمده یا محلول باقی مانده رسم کنید. (داده های تعادل در مثال تقطیر تعادلی در جلسه قبل داده شده است.)

الف) ابتدا با توجه به داده های تعادل در محدوده عملیاتی منحنی $\frac{1}{y-x}$ برحسب x را رسم می‌کنیم.



$$Ln\left(\frac{F}{W}\right) = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y-x} \quad \begin{cases} x_W = 0.05 \\ x_F = 0.477 \end{cases}$$

$$x_F = \frac{0.7/46}{0.7/46 + \frac{0.3}{18.02}} = 0.477$$

پس مقدار انتگرال قابل محاسبه است یعنی

$$Ln\left(\frac{F}{W}\right) = 1.609$$ از روی منحنی بالا

حال F را پیدا می‌کنیم

$$M = \sum x_i M_i = 0.477 \times 46 + (1-0.477) \times 18.02 = 31.366$$

$$F = \frac{500}{31.366} = 15.9406$$

Subject:..

Year..............Month..............Date..............( )

$\ln(\frac{F}{W}) = 1/209 \rightarrow W = 3/19$

$F \cdot x_F = \bar{y}_D^* D + x_W W \qquad D = F - W = 15/94 - 3/19 = 12/75$

$\bar{y}_D = \%584$ در محلول حاصل $\bar{y}_D$ بدست می‌آید چرا که تمام جوابها را می‌توان با مساحت روش

هم زیر نمودار بدست آورد و اکنون در پاسخ کنونی $\bar{y}_D$ را داریم.

ب) $\bar{y}_D = ?$ ، $x_W = ?$ $\qquad D = \%6F \rightarrow W = \%4F$

$\ln(\frac{F}{W}) = \ln(\frac{F}{\%4F}) = \%916$

اکنون سطح زیر انتگرال یعنی $\ln(\frac{F}{W})$ را داریم و تنها با تبدیل از طریق حدس و خطا x_W را می‌یابیم. با معلوم شدن x_W

$\bar{y}_D$ را پیدا می‌کنیم. $\qquad W = \%4F = \%4 \times 15/94 = 6/376$

از طریق حدس و خطا $x_W = \%225$ $\qquad D = \%6F = 9/564$

$\bar{y}_D D + x_W W = x_F F \Rightarrow \bar{y}_D = \%602$

ج) غلظت کمترین جواب $\qquad x_W = \%05 \rightarrow y^* = \%298$

غلظت حداکثر جواب $\qquad x_F = \%477 \rightarrow y^* = \%64$

به همین ترتیب در هر مرحله y^* را داریم.

Sunwood

Subject:..........

Year.......... Month.......... Date.......... ( )

نکته مهم: در تقطیر دیفرانسیلی در هر لحظه از حباب تشکیل می‌شود، حباب تشکیل شده با مایع باقی مانده در ظرف در حال تعادل نیست در واقع $x_w | y^*$ یک نقطه تعادلی است در هر لحظه. به مرور زمان این x, y^* ها تغییر می‌کند و دمای حباب آنها نیز در هر لحظه عوض می‌شود. اکنون اگر مخلوط ایده‌آل فرض شود آنگاه

$$y^* = \frac{\alpha x}{(\alpha-1)x+1}$$

$$\ln\left(\frac{F}{W}\right) = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y^* - x}$$

حال با α ها:

$$y^* = \frac{\alpha x}{1+(\alpha-1)x}$$

$$\ln\left(\frac{x_f \cdot F}{x_w \cdot W}\right) = \alpha \ln\left(\frac{F(1-x_f)}{W(1-x_w)}\right) \quad *$$

تنها اشکال رابطه بالا آن است که α را ثابت فرض کرده‌ایم. چون α تابعی از T است و در طول ستون و یا در طول زمان با تغییر x_w و y_D ها تغییر کوچکی در α شاهد خواهیم بود. ولی متوسط آن را ثابت فرض می‌کنیم.

$$y - x = \frac{\alpha x}{1+(\alpha-1)x} - x = \frac{x[(\alpha-1)-(\alpha-1)x]}{1+(\alpha-1)x}$$ * اثبات رابطه

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

$$\Rightarrow \frac{1}{y^*-x} = \frac{-1}{\alpha-1}\,\frac{1}{(x-1)x} - \frac{1}{x-1}$$

$$\int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y^*-x} = -\frac{1}{\alpha-1}\int_{x_w}^{x_f}\left(\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x}\right)dx - \int_{x_w}^{x_f}\frac{dx}{x-1}$$

Subject:..

Year.............. Month............ Date..............( )

$$\Rightarrow \frac{-1}{\alpha-1}\Big[\ln(x-1) - \ln x\Big]_{x_w}^{x_f} - \ln(x-1)\Big|_{x_w}^{x_f} = -\frac{\alpha}{\alpha-1}\ln(x-1)\Big|_{x_w}^{x_f} + \frac{1}{\alpha-1}\ln x\Big|_{x_w}^{x_f}$$

$$\int_{x_w}^{x_f}\frac{dx}{y-x} = -\frac{\alpha}{\alpha-1}\ln\frac{x_f-1}{x_w-1} + \frac{1}{\alpha-1}\ln\frac{x_f}{x_w} = -\frac{\alpha}{\alpha-1}\ln\left(\frac{1-x_f}{1-x_w}\right) + \frac{1}{\alpha-1}\ln\left(\frac{x_f}{x_w}\right)$$

$$\ln\left(\frac{F}{W}\right) = \int_{x_w}^{x_f}\frac{dx}{y-x} = \frac{1}{\alpha-1}\ln\left(\frac{x_f}{x_w}\right) - \frac{\alpha}{\alpha-1}\ln\left(\frac{1-x_f}{1-x_w}\right)$$

طرفین رابطه را در $\alpha-1$ ضرب می‌کنیم!

$$\alpha\ln\left(\frac{F}{W}\right) - \ln\left(\frac{F}{W}\right) = \ln\left(\frac{x_f}{x_w}\right) - \alpha\ln\left(\frac{1-x_f}{1-x_w}\right)$$

$$\alpha\left(\ln\frac{F}{W} + \ln\frac{1-x_f}{1-x_w}\right) = \ln\left(\frac{F}{W}\right) + \ln\left(\frac{x_f}{x_w}\right)$$

$$\alpha\ln\frac{F(1-x_f)}{W(1-x_w)} = \ln\left(\frac{x_f . F}{x_w . W}\right)$$

در مخلوط دوجزئی مورد نظر $F . x_F$: مولهای جزء فرار در خوراک اولیه. $W . x_w$: مولهای جزء فرار در مایع نهایی

$(1-x_f) F$: مولهای غیرفرار (جزء غیرفرار) در خوراک اولیه

$W (1-x_w)$: مولهای جزء غیرفرار در مایع نهایی.

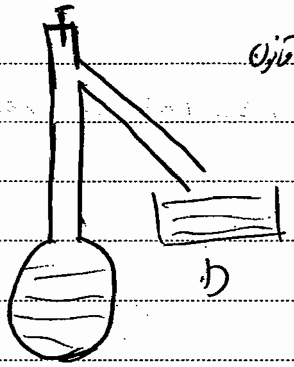
نکته: خیلی مهم: در تقطیر تعادلی یا تبخیر کننده ناگهانی بیشترین دمای جوش (دمای سیستم) مربوط به زمانی است که کل خوراک اولیه ورودی به صورت مایع جوش خارج شود و فقط مقدار خیلی کمی حباب (بخار) تشکیل می‌شود. در این حین تقریباً در خوراک اولیه مقدار خیلی زیادی جزء غیرفرار داشته‌ایم و کمترین دمای جوش حالتی است که کل خوراک به صورت بخار خارج می‌شود.

به $\min x_w$ است.

Subject: ....

Year: ۸۶ Month: ۱۲ Date: ۱۲ ( )

به نام خدا



تقطیر دیفرانسیلی چند جزئی ها: مخلوط‌های چند جزئی با نسبت ایده‌آل بیان و کاربرد قانون رائولت در نظر می‌گیریم.

مطابق آنچه که در جلسهٔ قبل گفته شد:

F: خوراک اولیه که حاوی x_F جزء مولی جزء فرار

W: مایع باقی مانده در ظرف با x_W

D: محصول تشکیل و حاصل از تقطیر با $\bar{y}_D$

$$\ln\left(\frac{x_F\cdot F}{x_W\cdot W}\right)=\alpha\ln\frac{F(1-x_F)}{W(1-x_W)}$$

$$\ln\left(\frac{F_A}{W_A}\right)=\alpha\ln\left(\frac{F_B}{W_B}\right)\rightarrow\frac{F_A}{W_A}=\left(\frac{F_B}{W_B}\right)^{\alpha_{AB}}$$

α_{AB} → فرض ثابت

F_A: تعداد کل مولهای جزء A (جزء فرار) در خوراک اولیه $\quad F_A=F\cdot x_{AF}$

F_B: تعداد کل مولهای جزء B (جزء غیر فرار) در خوراک اولیه $\quad F_B=F(1-x_{AF})$

W_A: تعداد کل مولهای A در مایع باقی و W_B: تعداد کل مولهای B (جزء غیر فرار) در مایع باقی مانده

* شروع جوشش در تقطیر دیفرانسیلی دمای جوش مخلوط اولیه یعنی $T_{bm}^{(F)}$ و پایان جوشش دمای جوشش مایع باقی مانده یعنی $T_{bm}^{(W)}$ می‌باشد. می‌دانیم که با مرور زمان با تبخیر جزء فرار دمای جوشش مخلوط افزایش می‌یابد تا اینکه به $T_{bm}^{(W)}$ می‌رسد. یعنی اینکه دمای جوشیدن در حال تغییر است پس α_{AB} نیز در طول عملیات تقطیر تغییر خواهد کرد.

پس تنها اشکال رابطهٔ $\frac{F_A}{W_A}=\left(\frac{F_B}{W_B}\right)^{\alpha_{AB}}$ این است که α_{AB} را ثابت در نظر گرفته است.

می‌توان دماهایی مابین دلخواه بین T_{bm}^{F} و T_{bm}^{W} در نظر گرفته و α را به دست آورد و سپس یک میانگین گیری از αها α_{ave} را بکار برد.

T	T_{bm}^{F}	T_1	T_2	T_3	T_4	...	T_{bm}^{W}
α	α_F	α_1	α_2	α_3	α_4	...	α_W

Subject:..

Year............ Month............ Date............( )

تقطیر دیفرانسیل چند جزئی ها: اکنون خوراک F شامل اجزای مختلف را در نظر بگیریم که آن را به صورت دیفرانسیل تقطیر می کنیم. همچون حالت دو جزئی ها داریم:

$$\ln\left(\frac{F x_{j,F}}{W x_{j,W}}\right) = \alpha_{jB} \ln \frac{F \cdot x_{B,F}}{W x_{B,W}}$$

رابطه بالا را برای هر دو جزء در داخل مخلوط می توان بکار برد. که یکی از اجزاء مثلاً B که به عنوان جزء کلیدی انتخاب شده است همواره ثابت می باشد و بقیه اجزاء را نسبت به B در رابطه بالا می سنجیم. ضرایب فراریت سایر اجزاء را نسبت به جزء B می سنجیم. نحوه بدست یابی به جزء خالص و کلیدی B در جلسات قبل توضیح داده شده است.

با توجه به عبارت های بدست آمده از رابطه بالا به صورت $x_{iw} = A x_{B,w}$ و به کار بردن معادله $\sum x_{iw} = 1$ می توان x_{iw} ها را یافت و سپس با نوشتن تعادل جزئی برای سایر اجزاء y_{iD} ها را یافت و غلظت اجزاء در بخار (محصول تقطیر) مشخص می شود.

$$y_{iD} \cdot P_t = x_{iw} \cdot P_i^*$$

!!! یک نکته خیلی مهم: محصول حاصل از تقطیر دیفرانسیل (جزئی) نسبت به تبخیر کننده ناگهانی (تعادلی) درصد خلوص بالاتری دارد. و مقدار اجزای فرار در داخل محصول بیشتر است.

روش اصلی محاسبات مخلوط‌های چندجزئی: در رابطهٔ $\ln \frac{F \cdot x_{jF}}{W \cdot x_{jW}} = \alpha_{jB} \ln \frac{x_{BF} F}{W \cdot x_{B.W}}$ خواص عمده این بوده که α_{jB} را ثابت فرض کرده‌ایم. این α_{jB} را باید در دمای متوسط عملیات یعنی متوسط دمای جوش خوراک اولیه و دمای جوش مایع باقی مانده تعیین کنیم در حالی که $T_{bm}^{(W)}$ مجهول است. پس تعیین مقادیر از رابطهٔ بالا به صورت حدس و خطای خواهد بود و طی الگوریتم زیر صورت می‌گیرد.

1- دست یابی به دمای جوش خوراک اولیه با توجه به x_{iF}ها. 2- حدس دمای جوش مایع باقی مانده. بهترین حدس این است که $T_{bm}^{(W)}$ را دمای جوش سنگین‌ترین جزء حدس بزنیم. 3- تعیین دمای جوش متوسط عملیات یعنی $\bar{T} = \frac{T_{bm}^{(F)} + T_{bm}^{(W)}}{2}$

4- تعیین P_i^*ها از رابطهٔ آنتوان در دمای عملیات یعنی در $\bar{T}$ و سپس تعیین α_{iB}ها. چون رابطه را برای سایر اجزاء نسبت به B می‌نویسیم. 5- حدس مقداری برای W 6- تعیین x_{iW}ها با توجه به رابطهٔ اصلی و ارضای $\sum x_{iW}$

7- چک کردن صحت رابطهٔ $\sum x_{iW}=1$، اگر درست نبود باید W جدیدی حدس زده و محاسبه را تکرار نمود.

8- تعیین دمای جوش مایع باقی مانده با توجه به x_{iW}ها (مطابق آنچه که در چندین جلسه پیش گفته شده بود) اگر با دمای جوش حدس زده شده یکسان نباشد باید عملیات را از مرحلهٔ 2 به بعد تکرار کرد. در صورتی که درست باشد به مرحلهٔ بعدی رویم.

9- دست یابی به D از طریق $D = F - W$ و y_{iD}ها از طریق بیلان جزئی برای سایر اجزاء.

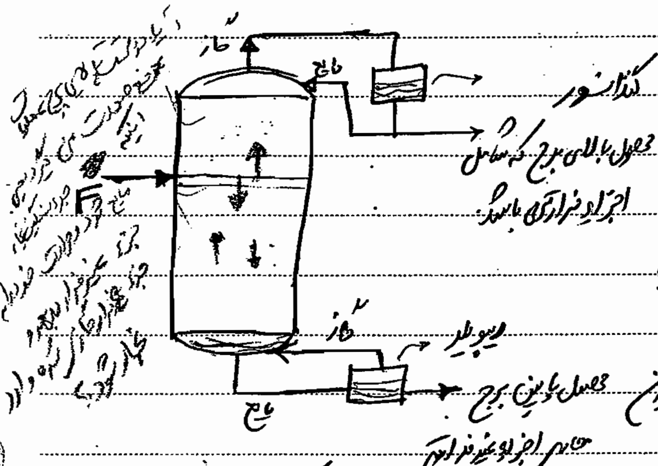
تذکر و توجه: ① ممکن است در صورت مسئله مقدار W یا D را بدهند که در این صورت بخشی از عملیات حدس و خطای فوق از بین می‌رود و محاسبات سبک‌تر می‌شوند. ② مسئله‌ای مطرح می‌شود که مخلوط‌های چندجزئی را باید به صورت مخلوط‌های ایده‌آل در نظر بگیریم (به تعیین دمای جوش توجه کنید).

Sunwood

Subject:...

Year...............Month.............Date..............( )

تقطیر مداوم:



در برج های جذب معمولی که گاز از پایین وارد می شود

مایع خروجی از برج حداکثر به تعادل با گازی می رسد و به این ترتیب

مقدار زیادی از جزء فرارتر را با خود خارج می سازد. بنابراین

به درصد خلوص بیشتری و دست یابی به مقدار بیشتری از جزء فرار نیاز، انجام عمل تقطیر با بازدهی بالاتر، خوراک (گاز) ورودی از پایین برج

از تبخیر بخش یا مقداری از مایع خروجی از پایین برج توسط یک دیگ جوشان (ریبویلر) تأمین می شود. مایع ورودی از بالا نیز

از کندانس شدن بخار خروجی از بالای برج حاصل می شود و بخشی از این مایع که شامل جزء فرارتر است وارد برج می شود. این عمل بطور

مداوم تکرار می شود تا اینکه جداسازی انجام شود و به درصد خلوص مورد نظر در بالا و پایین برج برسیم.

* خوراک F را می توان از هر نقطه به ستون وارد کرد ولی معمولاً از نقطه ای وارد ستون می شود که شرایط دمایی و غلظت اجزاء خوراک

با شرایط دمایی و غلظت اجزاء در آن مقطع ستون یکسان باشد و همخوانی داشته باشد. اگر اینگونه نباشد و خوراک از مکان

نامناسب وارد ستون شود به ستون شوک وارد می شود و عملکرد ستون دچار اختلال می شود.

از مکانی که خوراک وارد ستون می شود، ستون را به دو قسمت تبدیل می کنیم (تصور می کنیم) قسمت بالای نقطه ورود را جذب و

قسمت پایین آن را دفع نامگذاری می کنیم. علت این نامگذاری ها چیست؟ گازی که از قسمت پایین برج وارد طریق

Subject:
Year. Month. Date. ( )

ریبویلر تولید شده و به داخل ستون فرستاده می‌شود بیشتر شامل اجزای غیرفرار باشد و مقدار جزء فرار در آن کم است. این

گاز در تماس با مایعی که از بالای برج به سمت پایین حرکت می‌کند قرار گرفته و باعث انتقال جرم جزء فرار از مایع به داخل آن

یعنی سنگین‌ها پایین

(گاز) می‌شود که یعنی عملیات دفع اتفاق می‌افتد. این عملیات دفع از مایع به گاز در زیر نقطه ورود خوراک اتفاق می‌افتد

در بالای محل ورود خوراک، گاز در تماس با مایعی قرار می‌گیرد که از طریق کندانسور و به صورت برگشتی وارد ستون شده است.

این مایع بازگشتی نامیده و شامل اجزاء فرار می‌باشد. تماس گاز با این مایع باعث می‌شود که اجزای سنگین موجود در بخار به داخل

(در قسمت بالایی از اجزای فرار بیشتر دارد)

مایع منتقل شوند یعنی عمل جذب صورت گیرد.

* مایع برگشتی: برای تأمین مایع ورودی به داخل برج از بالای برج، از یک کندانسور استفاده می‌شود و از طریق کندانس کردن بخار

خروجی از برج و مایع شدن آن، مایع برگشتی به داخل برج تأمین می‌شود. این مایعی که از کندانسور خارج شده و به داخل برج

فرستاده می‌شود، مایع برگشتی نامیده می‌شود که شامل درصد بالایی از اجزای فرار است.

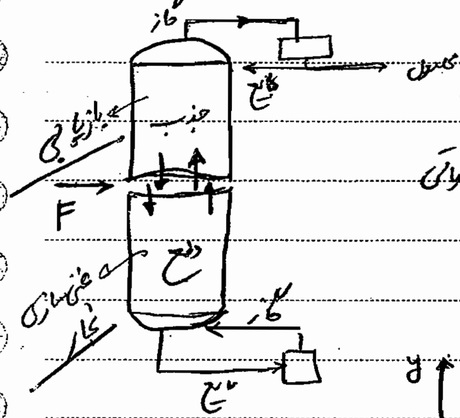
* محصول خارج شده از پایین برج بیشتر شامل اجزای سنگین می‌باشد و اجزای سبک و فرار از بالای برج خارج می‌گردند.

نکته مهم: در هر مقطع از برج (مقطع معلوم و جزء به جزء) اجزای بخار و مایع در حال تعادل اند به طوری که مایع در نقطه جوش (حباب)

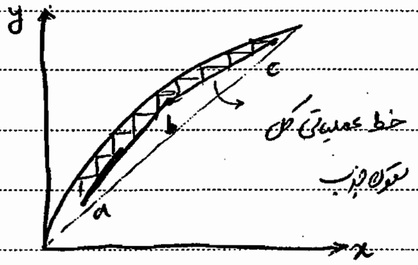
و بخار در نقطه شبنم قرار دارد. از این رو با تغییر غلظت اجزاء در مقاطع مختلف ستون، دمای ستون نیز تغییر خواهد کرد.

کمترین

همچنین درجه حرارت در پایین برج و درجه حرارت مربوط به بالای برج می‌باشد.



* دوقسمتاً از محل ورود خوراک به داخل ستون، آن را همچون دو ستون جذب و دفع که روی هم قرار گرفته‌اند در نظر می‌گیریم. با رسم منحنی تعادل و دو خط عملیاتی می‌توان تعداد مراحل یا تعداد سینی های بکار رفته در داخل ستون را یافت.



a-b بخش دفع

b-c بخش جذب

محصول می‌تواند به صورت بخار یا مایع از کندانسور خارج شود.

A خوراک ورودی به ستون می‌تواند به حالت مایع سرد، مایع جوش، مخلوط مایع و بخار، بخار اشباع یا بخار داغ باشد. بهتر است که

بهتر، خوراک ... روی سینی

خوراک ورودی به داخل ستون به حالت مایع جوش باشد. چون گفتیم که خوراک را از جایی وارد می‌کنیم که شرایط دمایی و غلظتی آن

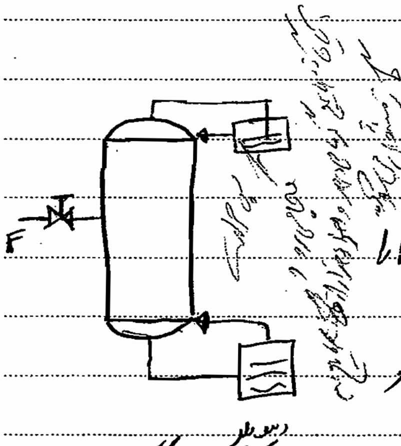
یا بخار اشباع سمت زیر سینی

همچون داخل ستون باشد و چون داخل ستون مایع و بخار همواره در تعادل اند پس بهتر است که خوراک ورودی حتی‌الامکان مایع جوش باشد و یا به حالت بخار اشباع باشد. اگر خوراک به حالت مایع جوش باشد بر روی سینی ریخته می‌شود و اگر به صورت بخار اشباع باشد به سمت زیرین سینی هدایت می‌شود. اگر مخلوط بخار و مایع باشد ابتدا مایع و بخار را جدا کرده و مایع را روی سینی و بخار را به زیر سینی هدایت می‌کنیم. اگر خوراک ورودی به حالت مایع سرد باشد وقتی که روی سینی ریخته شود تعادل مایع و بخار در حال تعادل روی سینی به هم می‌خورد و این باعث ایجاد شکست در ستون می‌شود و از وضعیت عادی خود خارج می‌شود. اگر هم خوراک به صورت بخار داغ هم وارد شود وضعیت همین‌گونه است و ابتدا بایستی بخار داغ به حالت بخار اشباع درآید (بر روی سینی) تا این تعادل ها مایع-بخار

روی سینی را انجام می‌زنند

به تماس بین مایع و بخار را   همانطور که گفته شد، مایع برگشتی که به عنوان خوراک مایع از بالای ستون وارد می‌شود توسط کندانسور تأمین می‌شود. در واقع بخشی از بخارات میعان یافته از بالای ستون وارد می‌شود که شامل درصد بالایی از جزء فرارتر می‌باشد. بخار ورودی به داخل ستون از پایین برج نیز از طریق یک ریبویلر (دیگ بخار) تأمین می‌شود. این بخار ورودی شامل میزان زیادی اجزای غیر فرار است که در تماس با مایع (برگشتی و ورودی خوراک) باعث می‌شود که عمل دفع صورت بگیرد و جزء فرار از مایع به داخل بخار نفوذ نماید. در واقع جزء فرار در مایع، حالت گازی گرفته بخار شامل اجزای سنگین دریافت می‌کند و بخار شده وارد فاز بخاری می‌شود.

total ReFlux



total ReFlux : قبل از شروع به کار ستون بهتر است که مقداری از خوراک F را در ریبویلر ریخته و بدون آنکه محصولی از آن گرفته شود، خوراک F را انبار کرده و وارد ستون نماییم. تمام بخارات حاصله در بالای برج مایع شده (در کندانسور) و به طور کامل به داخل برج برگشت داده شود بدون آنکه محصولی از بالای برج گرفته شود. طی این فرآیند در طول ستون بخار و مایع در حالت تعادل قرار گرفته و تبادل جرم انجام می‌دهند و در هر سینی ترکیب دما و غلظت اجزا تغییر می‌کند تا اینکه دما و فشار و غلظت اجزا در روی هر سینی به ثابت شود. این یعنی اینکه ستون به شرایط Steady رسیده است. و از این لحظه به بعد می‌توان خوراک F را به شکل مناسب وارد ستون کرد.

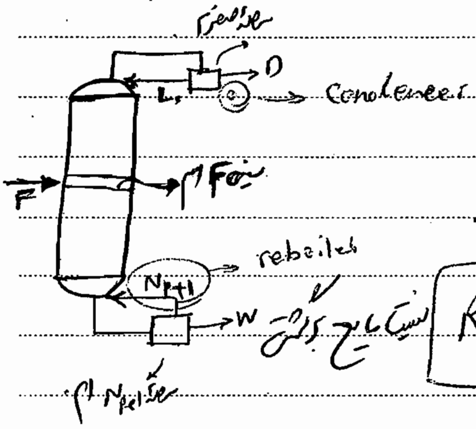
Subject:..........
Year..........Month..........Date..........( )

از این جا می توان دریافت که اگر خوراک به صورت مایع سرد یا بخار داغ وارد ستون شود باعث شکست در ستون می شود و

شرایط Steady برهم می خورد.

نامگذاری سینی ها: سینی که خوراک به آن وارد می شود را F می نامیم. کندانسور مرحله صفر، سینی از بالا تا پایین سینی ها

به صورت 1-2-3 ... F ... N_p نامگذاری می گردند. مرحله N_p+1 همان ریبویلر است.



خروجی از هر مرحله با هم در حال تعادل، مرحله تعادلی نامگذاری می شود.

* مشاهده می شود که تقطیر جزء به جزء با انجام یک عملیات چند مرحله ای است.

نسبت مایع برگشتی $\boxed{R = \frac{L_0}{D}}$

در حالت total Reflux: $R \to \infty$, $D \to 0$

* در طول یک ستون دما در ستون تغییر می کند چون غلظت اجزاء تغییر می کند یعنی اینکه دمای جوش مخلوط بین دمای جوش فرارترین جزء و دمای جوش غیر فرارترین جزء می باشد و در طول ستون با تغییر غلظت اجزاء در مقادیر جای خود، و دمای جوش نیز تغییر خواهد کرد. در پایین ستون غلظت جزء غیر فرار بیشتر متوالی است پس دمای جوش بیشتر است و به سمت بالا که برویم مقدار جزء فرار بیشتر می شود و دمای جوش مخلوط کاهش می یابد. پس بالای ستون کمترین دما و پایین ستون مخصوصاً ریبویلر بیشترین دمای جوش را دارد.

Sunwood

بنام خدا

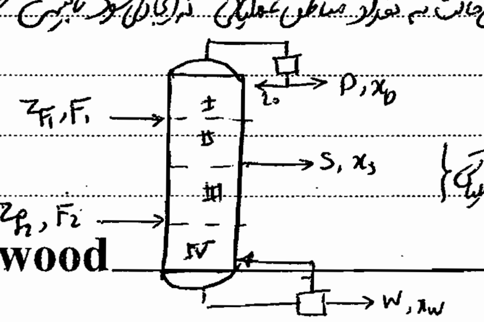
تقطیر مدام - روش M.T

مباحث جلسه: مقدمه، بازدهی کندانسور - ریبویلر - خط عمل بالای ستون - خط عمل پایین ستون - خوراک

مقدمه: از روش مک کیب تیل برای بدست آوردن تعداد سینی های ایده آل برج تقطیر استفاده می شود. درحالیکه
* فرض براین است که خروجی از هر سینی در تعادل باید باشد پس سینی ایده آل است.
اطلاعات دقیق تجربی آنتالپی را نداریم بسیار مفید است و نیازی به داشتن این اطلاعات جانبی نیست و درواقع جایگزینی برای روش
پانچون - ساوارایت از آن بهره می گیریم. این روش بر فرضیاتی استوار است از جمله اینکه:

** در هر منطقه ستون دبی مولی مایع L و بخار G ثابت باقی می ماند. باید توجه کرد که در تقطیر انتقال جرم دوطرفه است
یعنی علاوه براینکه دبی ثابت می ماند ولی بخاطر انتقال جرم اجزاء در دو فاز مایع و گاز تغییر می کند. $N_B = N_A$
روش پانچون این فرض را نکرده ولی اگر نتایج حاصل از پانچون و مک کیب را مقایسه کنیم تقریباً یکسان اند. پانچون
کمی دقیق تر است. فرض ثابت بودن دبی یک فرض کلی است که برخی فرضیات دیگر تثبیت آن، نهفته است
از جمله اینکه: * تغییرات آنتالپی ناشی از انحلال گاز در مایع صرف نظر می شود $\Delta H^{solution} = 0$ یعنی اینکه سیستم به سمت
ایده آل پیش می رود. * تغییرات دمایی دو طرف هر سینی را تقریباً صفر در نظر می گیریم. روش مک کیب تیل را می توان برای یک
ستون با چند ورودی و با محصول جانبی نیز در نظر گرفت. در این حالت به تعداد مناطق عملیاتی که ایجاد می شود بایستی خط عمل
داشته باشیم.

تعداد مناطق عملیاتی = تعداد خطوط عملیاتی



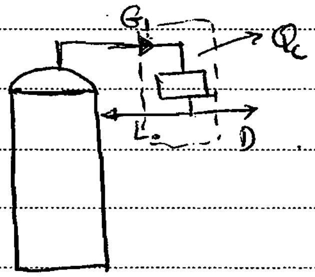
4 ستون برای هر آنچه 4 خط عملیاتی می خواهیم

Subject:

Year........ Month........ Date........( )

* خوراک F به ۵ صورت می‌تواند باشد ولی مرسوم است که به صورت مایع جوش باشد. محصول جانبی را معمولاً از مایع جوش روی هر سینی می‌گیرند. می‌تواند به صورت بخار اشباع باشد ولی در مقابل جریان محصول جانبی که گرفته شده از کندانسور گذاشته و آن را مایع می‌کنند. محصول جانبی مایع جوش یا بخار اشباع است. اگر به صورت بخار بود آن را از یک کندانسور گذرانده و مایع می‌کنند.

* فرضیات اساسی: خروجی از هر سینی به صورت مایع جوش و بخار اشباع است که در حالت تعادل با یکدیگر هستند. خروجی از سینی‌ها نیز مشخص است. از طرفی فشار در طول برج ثابت باشد.



بار حرارتی کندانسور: $R=\frac{L_0}{D}$ نسبت مایع برگشتی

تعیین دقیق R نیاز به کار تجربی دارد و می‌توان از طریق $G_1 = L_0 + D$

آنالیز جزئی را می‌توان انجام داد (دقت کنید که این کار را انجام داد) $y_1 G_1 = L_0 x_0 + x_D D$

فرض کنیم که کندانسور کامل باشد یعنی: $G_1 H_{G_1} = H_D D + L_0 H_{L_0} + Q_c$

$y_1 = x_0 = x_D$ و $H_D = H_{L_0}$ یعنی محصول تقطیر گرفته شده به صورت مایع جوش می‌باشد و مایع برگشتی به ستون نیز به صورت مایع جوش است. (چون دمای آن برابر است)

$$G_1 H_{G_1} = (D+L_0) H_{L_0} + Q_c$$

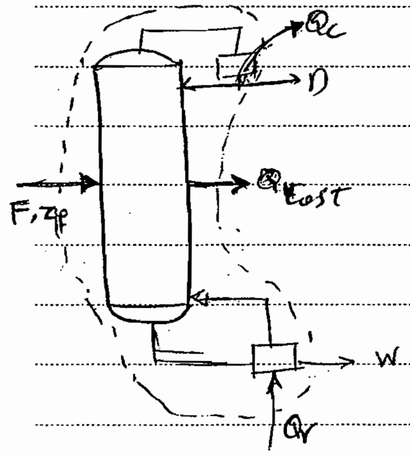
$H_{G_1} - H_{L_0} = H_{fg} = \lambda_1$

گرمای نهان تبخیر محصول بالای ستون که بخار فرض می‌کنند $(D+L_0)(H_{G_1} - H_{L_0}) = Q_c$

Sunwood $\frac{Q_c}{D} = (R+1)(H_{G_1} - H_{L_0}) = (R+1)\lambda_1$ سینی اول

کندانسور کامل: مایع نقطه جوش

* اگر کندانسور جزئی عمل نماید یا اینکه مایع برگشتی به ستون به صورت مایع سرد باشد دیگر بار حرارتی کندانسور با آنچه که بدست آوردیم متفاوت است. صرفاً برای کندانسور کامل با مایع برگشتی جوش داریم: $\frac{Q_c}{D}=(R+1)H_{fg}$



« بار حرارتی ریبویلر »

$$F = D + W$$

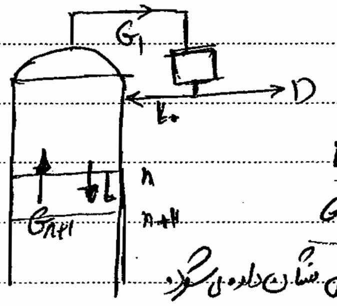
حول کل ستون یک سیستم در نظر می‌گیریم.

$$FZ_F = x_D \cdot D + x_W W$$

$$H_F \cdot F + Q_r = Q_{lost} + Q_C + H_D \cdot x_D + W H_W$$

از معادلهٔ بالا Q_r یا بار حرارتی ریبویلر پیدا می‌شود. آنتالپی های H_F و H_L و H_D را از روابط بدست آمده از عملیات پیشین حساب می‌کنیم.

* برای یافتن بار حرارتی ~~کندانسور~~ ریبویلر می‌توان پایین ستون را به عنوان حجم کنترل در نظر گرفت چون جریان های جاری پایین ستون همگی آن مشخص است. * محصول خروجی از ریبویلر در شرایط دمای بالایی است و در اکثر موارد با استفاده از مبدل حرارتی بخشی از حرارت آن را گرفته و جهت پیش گرم کردن خوراک F استفاده می‌کنند.



« خط عمل بالای ستون »

$$L_0 = L_1 = L_2 = \dots = L_n = L$$

$$G_1 = G_2 = G_3 = \dots = G_{n+1} = G \leftarrow \text{M.T}$$ طبق فرض

* تذکر مهم: روی خط عمل یا منحنی عملیاتی مایع خروجی و بخار ورودی به سینی نشان داده می‌شود.

به عبارت دیگر خط عمل بیانگر مایع خروجی و بخار ورودی به هر سینی است.

$G_{n+1} = L_n + D \qquad y_{n+1} G_{n+1} = x_n L_n + x_D D$

$y_{n+1} G = x_n L + x_D D \qquad \underline{y = \left(\frac{L}{G}\right) x + \frac{x_D D}{G}}$

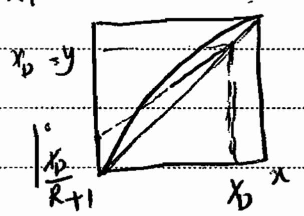
$y = \left(\frac{L}{L+D}\right) x + \left(\frac{D}{L+D}\right) x_D \qquad R = \frac{L_0}{D} = \frac{L}{D} = R$

$$\underline{y = \left(\frac{R}{R+1}\right) x + \frac{x_D}{R+1}}$$

** رسم خط عمل بالا: از نقطه $\left|\begin{matrix} x_D \\ x_D \end{matrix}\right.$ با شیب $\frac{R}{R+1}$ رسم می‌شود به نقطه $\left|\begin{matrix} x = 0 \\ y = \frac{x_D}{R+1} \end{matrix}\right.$

تذکر: x_D بیشترین کسر تبدیل جزء فرار در کل برج بالای فورکات است چون که محصول بالایی، غنی‌ترین مایع جوشش از نظر جزء فرار است.

نحوه رسم: ۱. رسم منحنی تعادل ۲. تعیین نقطه $\left|\begin{matrix} x_D \\ x_D \end{matrix}\right.$ و نقطه $\left|\begin{matrix} 0 \\ \frac{x_D}{R+1} \end{matrix}\right.$ و رسم خط با شیب $\frac{R}{R+1}$



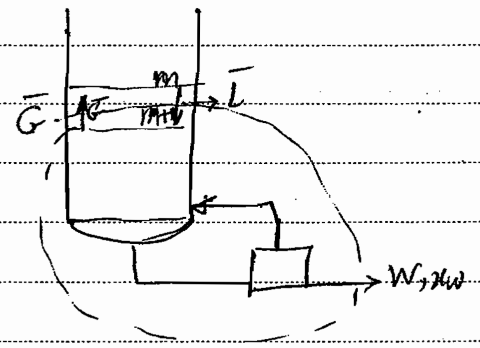
تأثیر R بر تعداد مراحل بالای ستون:

افزایش R بدین معنی است که میزان مایع برگشتی به ستون افزایش پیدا می‌کند. با افزایش ارتفاع مایع روی سینی‌ها که نشان دهنده افزایش L است. گاز فرصت بیشتری جهت تبادل جرم و انتقال جرم با مایع را دارد و بازدهی سینی‌ها به ترتیب بیشتر می‌شود. پس هر چه سینی‌ها به تعداد سینی کمتری به جداسازی مورد نظر می‌رسیم. پس ارتفاع ستون کم می‌شود.

افزایش R محدودیت دارد، اگر خیلی زیاد شود ممکن است loading و flooding رخ دهد و باعث افت فشار

افزایش R ← افزایش L ← افزایش ارتفاع مایع روی سینی‌ها ← بازده سینی افزایش ← تعداد سینی کمتر ← ارتفاع کمتر
← loading و flooding ← افت فشار بیش از حد گاز

Subject:.....................
Year..........Month..........Date..........( )



بیش از حد خارج شود

خط عمل پایین ستون:

$$\bar{L} = \bar{G} + W$$

$$x\bar{L}_m = y\bar{G}_{m+1} + x_W \cdot W$$

مشکل اصلی اینست که نسبت $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ را نداریم.

$$y = \frac{\bar{L}}{\bar{G}} x - \frac{W}{\bar{G}} x_W$$

و برای رسم خط عمل پایین باید از خط خوراک کمک بگیریم

نحوه رسم: منحنی تعادل را رسم می‌کنیم و از نقطه اگر $x = x_W \Rightarrow y = x_W$

$\begin{vmatrix} x_W \\ x_W \end{vmatrix}$ به محل تلاقی خط خوراک و خط عمل بالا رسم می‌کنیم یا از نقطه $\begin{vmatrix} x_W \\ x_W \end{vmatrix}$ با شیب $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ رسم می‌کنیم

تا خط عمل بالا را قطع کند.

خط خوراک و منحنی تعادل کلیه نقاطی است که به کمک آن می‌توان موضع ورودی خوراک را تعیین کرد.

* موضع ورودی خوراک محل تلاقی خط عمل بالا و پایین است. چون در منطقه بالا خوراک و پایین خوراک

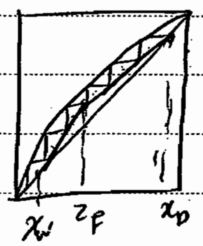
شیب های $\frac{L}{G}$ و $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ فرق دارند و کسر مولی همه اجزاء فرق دارد. تنها در موضع ورود خوراک است که اجزاء مولی در دو فاز

برای خطوط بالا و پایین یکسان است. * سپس تعداد مراحل را به تعداد مراحل تئوری است که ابتدا منحنی تعادلی X-Y

را رسم می‌کنیم. سپس خط عمل بالا و سپس خط خوراک را رسم می‌کنیم. از نقطه $\begin{vmatrix} x_W \\ x_W \end{vmatrix}$ به محل تلاقی خط خوراک و خط عمل

Subject:

Year. Month. Date. ( )

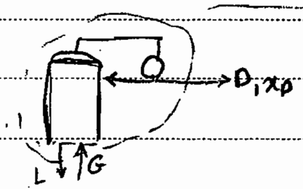


بالا وصل می‌کنیم. خطوط افقی و عمودی را رسم کرده و تعداد مراحل را می‌یابیم.

تعداد مراحل $\simeq 5,4$

ایده‌آل

طبق تعریف خط عملیاتی بالا یا پایین ستون مایع خروجی و بخار ورودی به هم می‌رسند



روی خط عمل قرار می‌گیرند.

$$y=\left(\frac{R}{R+1}\right)x+\frac{x_D}{R+1}$$

این x و y در واقع نشان‌دهنده تغییرات غلظت جزء خاص در طول ستون می‌باشند.

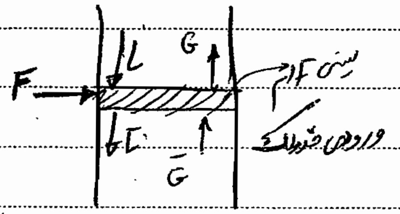
Sunwood

به نام خدا

روش M.T.

اهداف جلسه: دستیابی به خط خوراک ـ حالات مختلف خوراک.

خط خوراک: بیان کننده مکان هندسی کلیه نقاطی است که نشان دهنده نقطه ورودی خوراک است. در واقع محل تقاطع خط عمل بالا و پایین ستون می‌باشد.



$$F + L + \bar{G} = G + \bar{L}$$

$$F Z_F + x_{f-1} L + \bar{G}\, y_{f+1} = G\, y_f + \bar{L}\, x_f$$

$$F H_F + L H_L + \bar{G} H_{\bar{G}} = G H_G + \bar{L} H_{\bar{L}}$$

با توجه به فرض M.T مبتنی بر اینکه دمای دو طرف یک سینی تقریباً یکسان اند و اینکه خوراک از جایی وارد می‌شود که شرایط دمایی و غلظتی شبیه به مایع موجود روی سینی‌ها داشته باشد می‌توان گفت که:

$$\left\{\begin{array}{l} H_G = H_{\bar{G}} = H_G \\ H_{\bar{L}} = H_L \approx H_L \end{array}\right.$$

اگر خوراک از موضع مناسب وارد شود داریم

$$\left\{\begin{array}{l} x_{f-1} \approx x_f \approx x \\ y_f = y_{f+1} \approx y \end{array}\right.$$

داریم:

$$F Z_F + y(\bar{G} - G) = x(\bar{L} - L)$$

$$F H_F + H_G(\bar{G} - G) = H_L(\bar{L} - L)$$

از موازنه کلی جرم داریم:

$$\bar{G}-G=(\bar{L}-L)-F$$

$$FH_F+[(\bar{L}-L)-F]H_G=H_L(\bar{L}-L)$$

$$FH_F+(\bar{L}-L)H_G-FH_G=H_L(\bar{L}-L) \Rightarrow (\bar{L}-L)(H_G-H_L)=F(H_G-H_F)$$

$$q=\frac{(\bar{L}-L)}{F}=\frac{H_G-H_F}{H_G-H_L} \Rightarrow \begin{cases}(\bar{L}-L)=qF \\ (\bar{G}-G)=(\bar{L}-L)-F=(q-1)F\end{cases}$$

پس:

$$y(\bar{G}-G)=x(\bar{L}-L)-F\,z_F$$

$$y(q-1)\cancel{F}=q\cancel{F}x-\cancel{F}z_F \Rightarrow \boxed{y=\frac{q}{q-1}x-\frac{z_F}{q-1}}$$

معادله خط q (خوراک)

خط خوراک (q) از نقطه z_F | z_F با شیب $\frac{q}{q-1}$ رسم می‌شود و محل برخورد آن با خط عمل بالا بیانگر نقطه ورودی خوراک است.

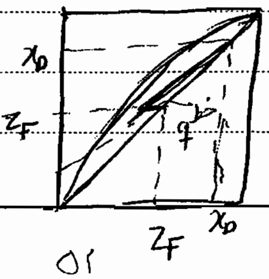
** حالات مختلف خوراک:

۱- بخار اشباع: اگر خوراک بخار اشباع باشد آنگاه: $H_F=H_G$

$$q=\frac{\bar{L}-L}{F}=\frac{H_G-H_G}{H_G-H_L}=0$$

$$y=\frac{q}{q-1}x-\frac{z_F}{q-1} \quad q=0 \rightarrow \underline{y=z_F}$$

خط q به صورت یک خط افقی می‌گردد. با شیب صفر.



Subject: ....

Year.......... Month.......... Date.......... ( )

۲. مایع جوش

$H_F = H_L \qquad q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} = \frac{H_G - H_L}{H_G - H_L} = 1$

در این صورت: $\bar{L} = L + F$

$x(\bar{L} - L) = F \cdot z_F \Rightarrow x = z_F$

خط خوراک به صورت $x = z_F$ خط عمودی می‌شود. با شیب ∞.

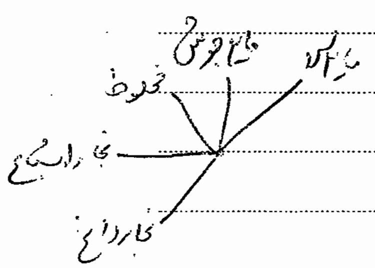
۳) مخلوط مایع جوش و بخار اشباع باشد. $H_L < H_F < H_G$

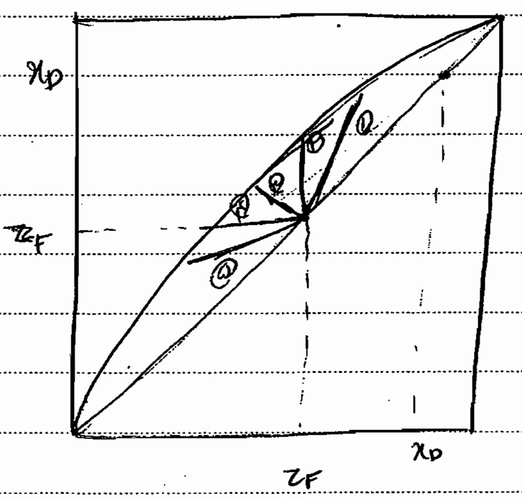
$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} \Rightarrow 0 < q < 1 \Rightarrow 0 > \frac{q}{q-1} > -\infty$ شیب خط منفی می‌شود. (−)

در این صورت خط خوراک در ناحیه بین خط بخار اشباع و مایع جوش قرار می‌گیرد

۴. مایع سرد باشد. $H_F < H_L \Rightarrow q > 1 \; , \; \frac{q}{q-1} > 1$ (+) هر قدر مایع سردتر باشد q بزرگتر می‌شود و شیب خط خوراک به یک نزدیکتر می‌شود

۵. بخار داغ باشد: $H_F > H_G \Rightarrow q < 0$





۱ مایع سرد

۴ بخار اشباع

۲ مایع جوش

۳ مخلوط اشباع مایع و بخار

۵ بخار داغ

فرض کنیم خوراکی داریم با ۴۵٪ جزء بخار به طوری که ۵۵٪ خوراک ورودی مایع است. مطلوبست رسم خط q.

$Z_F = \%45$

$F, Z_F \longrightarrow L, x_L$

$\qquad \searrow G, y_G$

خوراک ورودی به ستون تفکیک می‌شود، مایع حاصل به روی سینی اضافه می‌شود و بخار نیز به سینی بالایی اضافه می‌شود.

نکته: * اگر فرض کنیم که خوراک از محل دقیق وارد شود یعنی اینکه

$$F = L + G$$

از جایی که دمای آن با دمای طرفین سینی و دمای خود سینی برابر است

$$FH_F = L \cdot H_L + G H_G$$

$$FH_F = \%45\, F H_G + \%55\, F H_L \rightarrow H_F = \%55\, H_L + \%45\, H_G$$

سینی خوراک است

$$H_G = H_{G,F} = H_{G,F+1} \quad , \quad H_L = H_{L,F-1} = H_{L,F}$$

$$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} = \frac{H_G - \%45 H_G - \%55 H_L}{H_G - H_L} = \%55 \frac{(H_G - H_L)}{H_G - H_L} = \%55$$

نکته خیلی مهم دیگر اینکه: q همواره برابر با درصدی از خوراک ورودی است که به صورت مایع می‌باشد (چون ...)

خوراک دوفازی مایع و بخار اشباع $\Rightarrow q = x_L =$ درصد مایع در خوراک

$$y = \frac{q}{q-1} x - \frac{z_F}{q-1}$$

$$y = \frac{0.55}{-0.45} x - \frac{0.45}{0.45} = -\frac{11}{9} x - 1$$

معادله خط خوراک

Sunwood

Subject: ....

Year.......... Month.......... Date..........( )

$$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} = \frac{H_G - H_L + H_L - H_F}{H_G - H_L} = 1 - \frac{H_F - H_L}{H_G - H_L} = 1 + \frac{H_L - H_F}{H_G - H_L}$$

خوراک مایع اشباع → $H_F = H_L$ $H_G - H_L$: گرمای نهان تبخیر خوراک

خوراک بخار اشباع → $H_F = H_G$

خلاصه و جمع‌بندی مطالب گفته شده:

رسم منحنی تعادلی x-y → تعیین تعداد مراحل ایده‌آل → اعمال راندمان ستون (E_o) → تعداد مراحل واقعی

اعمال فاصله بین سینی‌ها → ارتفاع ستون.

در دستیابی به ارتفاع ستون دو مشکل داریم: 1. N_p که در آن R نامعلوم است 2. راندمان کل ستون

* اگر کندانسور کامل عمل کند بدین صورت: $y_1 = x_D = x_0$ و یک نقطه $a \left| \begin{matrix} x_D \\ x_D \end{matrix} \right.$ نشان‌دهنده total Condenser

کندانسور کامل در روی منحنی y-x می‌باشد. اگر کندانسور جزئی عمل کند همواره از بالا یک مرحله نشان‌دهنده کندانسور جزئی است.

همواره یک مرحله از پایین نشان‌دهنده ریبویلر است.

تذکر: اگر $R \to \infty$ آنگاه خطوط عمل بالا و پایین بر روی خط $y = x$ قرار می‌گیرند و تعداد مراحل min می‌شود.

if $R \to \infty \Rightarrow \frac{R}{R+1} \to 1$ خط عمل بالا → $y = x$

$\bar{L} = L$, $\bar{G} = G \Rightarrow \frac{\bar{L}}{\bar{G}} = \frac{L}{G} = 1 \Rightarrow y = x$ خط عمل پایین

در این حالت بار حرارتی کندانسور و ریبویلر نیز ∞ می‌شود. از طرفی می‌توان این حالت را متراذف با حالتی دانست که در ازای مقدار معینی خوراک، بار حرارتی کندانسور و ریبویلر ∞ است و هیچ محصولی وجود ندارد. $N = N_{min}$

Sunwood

۵۵

$R \to \infty \Rightarrow$ خط بالا، پایین $\to y = x \to N \to min$

→ بار حرارتی کندانسور، reb → ∞ → $N \to min$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

+ روش سینی به سینی:

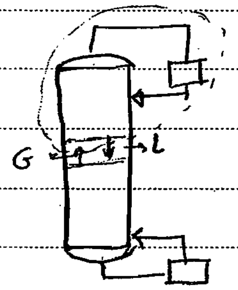
* بررسی حالت total ReFlux : $\underline{N_{min}}$

در حالت total ReFlux خوراک ورودی به ستون قطع شده است و محصولی از بالا و پایین برج گرفته نمی‌شود

و با استفاده از این روش می‌توانیم به شرایط steady برسیم. در این حالت خط عمل بالا و پایین ستون معنا

ندارد و یک خط عمل کلی برای ستون خواهیم داشت که از نقطه $\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$ به نقطه $\begin{vmatrix} x_W \\ x_W \end{vmatrix}$ ، $y=x$

حاصل می‌شود.



$\boxed{L=G}$ → total Reflux

$Lx=Gy \Rightarrow y=x$

در شرایط steady و رفلاکس

دبی مولی مایع و بخار در طول ستون ثابت می‌ماند

نکته مهم: در شرایط total ReFlux کمترین تعداد سینی‌ها را خواهیم داشت

** دستیابی به N_{min} (حداقل تعداد سینی‌ها) تنها مزیتی که دارد این است که می‌توان حدود ارتفاع ستون را به دست آورد.

Subject: ....

Year 87 Month 1 Date 18 ( )

به نام خدا

خلاصه مطالب گذشته: روش M-T

- دستیابی به تعداد مراحل در یک ستون تقطیر...

تعداد مراحل : $fun(R, R^{min})$ → ارتفاع ستون

در دستیابی به تعداد مراحل یک ستون مشکل اصلی

اعمال فاصله بین سینی ها

R با R^{min} است. برای فاصله بین دو مرحله نیاز به کار کردن

دقیق دارد.

خلاصه روش دستیابی به تعداد مراحل:

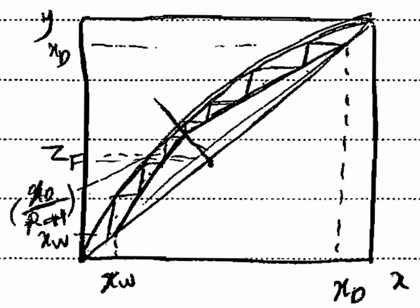
1- رسم منحنی تعادلی x-y   2- رسم خط عمل بالای ستون $y=\left(\frac{L}{G}\right)x+\frac{D}{G}x_D$

(فرض MT) ثابت = $\frac{L}{G} = \frac{\text{دبی مولی مایع}}{\text{دبی مولی گاز}}$ $y=\left(\frac{R}{R+1}\right)x+\left(\frac{1}{R+1}\right)x_D$

3- رسم خط خوراک q ، $y=\left(\frac{q}{q-1}\right)x-\frac{z_f}{q-1}$

4- رسم خط عمل پایین ستون از نقطه $\frac{x_w}{x_w}$ | و محل برخورد خط خوراک و خط عمل بالای ستون

5- رسم خطوط افقی - عمودی



نکته مهم: همواره ریبویلر یک مرحله از پایین محسوب می شود.

اگر کندانسور کامل باشد $6 \approx 5.8 = 1 - 6.8 =$ تعداد مراحل

اگر کندانسور جزئی عمل نماید یک مرحله ... کندانسور جزئی حذف می شود. مثلاً اگر در مورد کندانسور جزئی گفته شود

کندانسور را کامل فرض می کنیم

default → کندانسور کامل

کندانسور جزئی یک مرحله حساب می شود

Subject:..

Year.............. Month.............. Date..............( )

* تذکر مهم: فرض اساسی و اصلی در روش M.T است که دبی مولی مایع و بخار در مناطق مختلف ستون ثابت است یعنی

L و G ، $\bar{L}$ و $\bar{G}$ ثابت در نظر گرفته می‌شوند

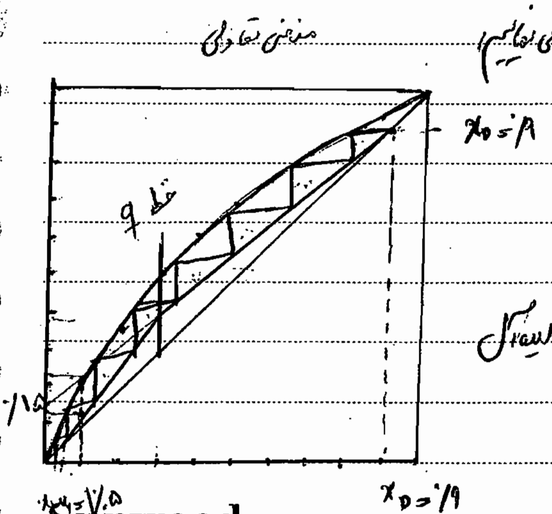
مثال: مخلوطی از بنزن و تولوئن حاوی ۳۰٪ مول بنزن در یک ستون تقطیر مداوم به محصول بالا حاوی ۹۰٪ مولی بنزن و محصول پایین حاوی ۹۵٪ مولی تولوئن تبدیل می‌گردد. نسبت مایع برگشتی ۵ است مطلوبست تعیین تعداد سینی‌های مورد نیاز. الف) اگر خوراک به صورت ~~مایع~~ مایع اشباع باشد ب) اگر خوراک در دمای ۲۸۳K وارد شود. ج) تعداد مراحل بدست آمده در دو حالت فوق را از نظر ارتفاع و قطر ستون به صورت کیفی مقایسه کنید

$\alpha = 2.47$ $\quad \lambda_F = 30 \ \frac{MJ}{Kmol}$ $\quad C_p = 1.84 \ \frac{KJ}{Kg°K}$ at: T=273°K

$$y = \frac{\alpha x}{(\alpha-1)x+1} = \frac{2.47x}{1.47x+1}$$

ابتدا با استفاده از معادله بالا منحنی تعادلی را رسم می‌کنیم.

سپس خطوط عملیاتی بالا و پایین و خط خوراک را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌نماییم.



خط عملیاتی بالا از $\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$ تا $\begin{vmatrix} 0 \\ \frac{x_D}{R+1} \end{vmatrix}$ رسم می‌شود یعنی از $\begin{vmatrix} 0.9 \\ 0.9 \end{vmatrix}$ تا $\begin{vmatrix} 0 \\ 0.15 \end{vmatrix}$

تعداد مراحل ایده‌آل $= 7.3$

محل ورود خوراک سینی ۵ام از بالا

Sunwood

ب ۲- در قسمت a ب ابتدا باید دمای جوش مخلوط را بدست آورد و نوع خوراک ورودی به برج را با آن مقایسه کنیم

دمای جوش مخلوط و دمای خوراک ورودی می‌توان نوع خوراک را تعیین کرد.

$T_{bf} = \sum x_i T_{bi}$

T_{bi}:
- $T_{bB} = ۳۵۳٫۱ \,°K$ دمای جوش خوراک ورودی از دمای جوش خیلی کمتر
- $T_{bT} = ۳۸۳٫۶ \,°K$ یعنی بنابراین کمتر است پس خوراک به صورت مایع سرد می‌باشد.

نکته: در مخلوط‌های دو جزئی دمای جوش را می‌توان به صورت $T_{bm} = x_A T_{bA} + x_B T_{bB}$ بدست آورد. در این حالت درصد خطا کمتر از ۱۰٪ می‌باشد و جواب قابل قبول است.

$T_{bm} = ۰٫۳\, T_{bB} + ۰٫۷\, T_{bT} = ۰٫۳ \times ۳۵۳٫۱ + ۰٫۷ \times ۳۸۳٫۶ = ۳۷۴٫۴۵$

$T_{bm} = ۳۷۴٫۴۵ > T_{b,in} = ۲۸۳ \,°K$

مشاهده می‌شود که دمای خوراک ورودی از دمای جوش آن کمتر است پس مایع ورودی به صورت مایع سرد می‌باشد. اکنون باید خط خوراک مایع سرد را رسم کنیم

$$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} = 1 + \frac{H_L - H_F}{H_G - H_L}$$

$H_G - H_L = \lambda_{avg} = ۳۰ \frac{MJ}{Kmol}$ $H_L - H_F = M_{ave} C_L (T_{bf} - T_f)$

$M_T = ۹۲$, $M_B = ۷۸$ $M_{ave} = \sum x_i M_i = ۸۷٫۸$

Subject:..

Year...............Month.............Date..............( )

$$H_L - H_F = C_L M_{ave}(T_{bp} - T_F) = ۱٫۸۴ * ۸۷٫۸ * (۳۷۴٫۴۵ - ۲۷۳)$$

$$H_L - H_F = ۱۴٫۷۷۴ \ MJ$$

$$q = 1 + \frac{H_L - H_F}{H_G - H_F} = 1 + \frac{۱۴٫۷۷۴}{۳۰} = ۱٫۴۹۲$$

$$y = \left(\frac{q}{q-1}\right)x - \frac{z_F}{q-1} = \left(\frac{۱٫۴۹۲}{۰٫۴۹۲}\right)x - \frac{۰٫۳}{۰٫۴۹۲} = ۳٫۰۴x - ۰٫۶۱$$

اکنون خط q را رسم کرده، محل تقاطع آن با خط عمل بالا پیدا نموده و تعداد مراحل را می‌یابیم،

در این شرایط   ۶٫۱ = تعداد مراحل ایده‌آل   موضح و رسم در شکل صفحه بعد هم از بالا.

دیگر اینکه ~~به~~ خوراک ورودی مایع سرد است (نسبت به مایع در جوش) تعداد مراحل کاهش می‌یابد ولی ممکن است قطر ستون بزرگ‌تر شود.

ج) برای بررسی کیفی قطر و ارتفاع ستون باید مقادیر $\frac{L}{G}$ و $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ را در نقاط مختلف ستون بدست آورد:

بخار اشباع	مایع سرد	
		$F = 1 \ kmol$
$L = ۱٫۴۷$	$L = ۱٫۴۷$	$F = D + W$
$G = ۱٫۷۶۴$	$G = ۱٫۷۶۴$	$F z_F = x_D D + x_W W$
$\bar{L} = ۰٫۴۷$	$\bar{L} = ۲٫۹۶$	
$\bar{G} = ۰٫۷۶۴$	$\bar{G} = ۲٫۲۵۴$	$1 = D + W$
		$۰٫۳ = ۰٫۹۵D + ۰٫۰۵W$

$$۰٫۳ = ۰٫۹۵D + ۰٫۰۵(1 - D) = ۰٫۸۵D + ۰٫۰۵ \Rightarrow D = \frac{۰٫۲۵}{۰٫۸۵} = ۰٫۲۹۴$$

$R = \frac{L}{D} = \text{۵} \qquad L = RD = \text{۵} \times \text{٫۲۹۴} = \text{۱٫۴۷}$

$\bar{L} - L = qF \quad , \quad \bar{L} = L = \text{۱٫۴۷} \qquad q = \text{۰}$ برای اشباع مایع

$G = \bar{G} + F \Rightarrow \bar{G} = G - F$ بیلان مولی کل اشتور $G = L + D = \text{۱٫۷۶۴}$

$\bar{G} = \text{۱٫۷۶۴} - \text{۱} = \text{٫۷۶۴}$

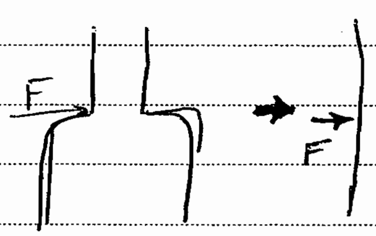
در حالتی که ~~خوراک~~ مایع سرد باشد: $q = \text{۳٫۰۴}$

$F = \text{۱} \quad , \quad L = \text{۱٫۴۷} \quad , \quad G = \text{۱٫۷۶۴} \quad , \quad D = \text{٫۲۹۴}$

$\bar{L} - L = (q)F' \qquad \bar{L} = \text{۱٫۴۷} + \text{۳٫۰۴} = 4.51$

$$\bar{G} = G + (q-1)F = \text{۳٫۰۸}$$

در هر دو حالت نسبت دبی ها در قسمت بالای ستون (در بالای خوراک) یکسان است ولی وقتی که خوراک مایع سرد باشد ~~~~ دبی مایع و گاز بیشتر است و برای انجام جداسازی مناسب باید سطح تماس بالا برود یعنی باید قطر ستون بزرگتر اختیار شود و در این حالت که خوراک مایع سرد باشد ستون (خوراک) دو قطر متفاوت خواهد داشت که این شکل نامناسب است و ما باید ستون با قطر بزرگتر بسازیم



* هر جا که دبی زیاد شود یعنی اینکه مایع ورودی به سینی در واحد زمان بیشتر است و برای اینکه جداسازی صحیح صورت بگیرد باید قطر بزرگ شود تا زمان لازم جهت جداسازی فراهم شود.

Subject:

Year 87 Month 1 Date 20 ( )

به نام خدا

بررسی موقعیت کندانسور

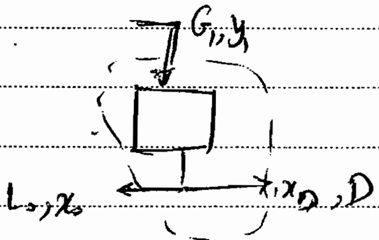
هدف از بکارگیری کندانسور افزایش خلوص محصول بالای ستون و تأمین مایع رفلاکس برای بخش جذب می باشد (بازگشتی)

این تجهیز به دو صورت کندانسور جزئی و کامل عمل می نماید.

کندانسور کامل: به کندانسوری گفته می شود که کل بخار ورودی به آن به مایع تبدیل می شود. در کندانسور جزئی بخشی از بخار ورودی را کندانس می کند و به مایع تبدیل می نماید. مایع خروجی از کندانسور می تواند مایع سرد و یا مایع جوش باشد.

مایع خروجی از کندانسور دو شاخه می شود بخشی از آن به عنوان محصول جدا می شود و بخش دیگر به عنوان مایع برگشتی به ستون برگشت داده می شود.

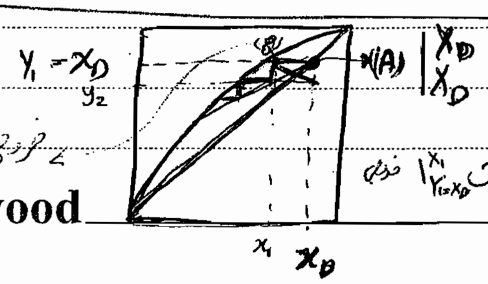
تذکر: کندانسوری که می تواند جزئی عمل کند ولی مایع برگشتی به ستون سرد باشد. چون در مسیر انتقال به ستون مایع جوش می تواند حرارت خود را از دست بدهد و به صورت مایع سرد وارد ستون شود.



بررسی کندانسور کامل: $G_1 = L_0 + D$

در کندانسور کامل کل بخار به مایع تبدیل می شود در چنین صورت

مشخصه کندانسور کامل $\rightarrow$ $x_D = x_0 = y_1$, $H_{L_0} = H_D$



$\left| \begin{matrix} x_D \\ x_D \end{matrix} \right.$ نشان دهنده $\left| \begin{matrix} x_D \\ x_D \end{matrix} \right.$ نقطه A ← مختصات

کندانسور کامل است که یک مرحله تعادلی نیست.

خروجی از سومین مرحله با شمارش مراحل جدا مرحله تعادلی می شود نقطه B ← مختصات $\left| \begin{matrix} x_1 \\ y_1 = x_D \end{matrix} \right.$ خروجی

از سینی اول است و برابر تعداد سینی های لازم این کار است.

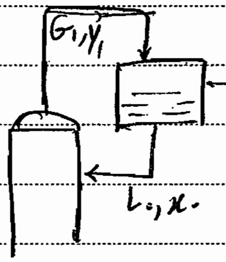
مایع خروجی از سینی اول

مایع خروجی جدا شده در کندانسور

Subject:...............

Year............... Month............... Date...............( )

کندانسور جزئی: بخش از بخار ورودی به آن به مایع تبدیل می‌شود و بقیه به صورت بخار از کندانسور خارج می‌شود.



بخاری که وارد کندانسور می‌شود بیشتر بخش غیرفرار آن مایع می‌شود و

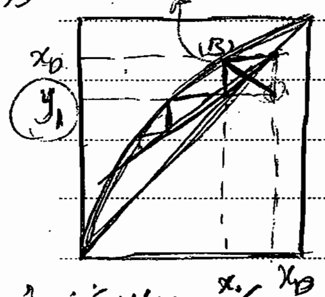
بخش فرارتر از طریق فاز بخار خارج می‌شود پس داریم:

کندانسور جزئی $\rightarrow$ $x_D > y_1$ و $x_0 < y_1$

معادله خط عملیاتی بالای ستون در این حالت مشابه قبل: $y = \left(\frac{R}{R+1}\right)x + \frac{x_D}{R+1}$ که باید از نقطه

$\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$ با شیب $\frac{R}{R+1}$ به نقطه $\begin{vmatrix} 0 \\ \frac{x_D}{R+1} \end{vmatrix}$ وصل می‌شود. بدین ترتیب:

خروجی از کندانسور جزئی



نقطه B به مختصات $\begin{vmatrix} x_0 \\ y = x_D \end{vmatrix}$ خروجی از کندانسور است

$\boxed{x_0 < y_1 < x_D}$

* خروجی از کندانسور یک مرحله

پس مرحله اول نشان‌دهنده کندانسور جزئی می‌باشد. تعادلی است بین $\begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix}$ روی منحنی تعادلی نشان‌دهنده خروجی از کندانسور جزئی است. پس کندانسور از بالا نشان‌دهنده یک مرحله است.

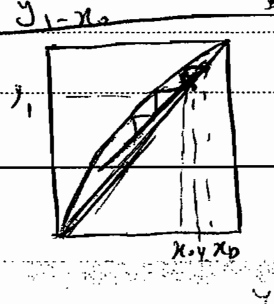
خط عمل کندانسور جزئی: با استفاده از معادله ** می‌توان (*) $G_1 = L_0 + D$

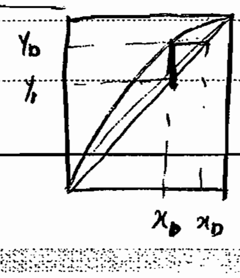
خروجی بخار ورودی به کندانسور را پیدا کرد

$$y_1 G_1 = L_0 x_0 + x_D D \qquad D = G_1 - L_0$$

$$y_1 (L_0 + D) = L_0 x_0 + x_D D \qquad (y_1 - x_0) L_0 = -D (y_1 - x_D)$$

$$** \quad \frac{y_1 - y_D}{y_1 - x_0} = -\frac{L_0}{D} = -R \qquad y_D = x_D$$





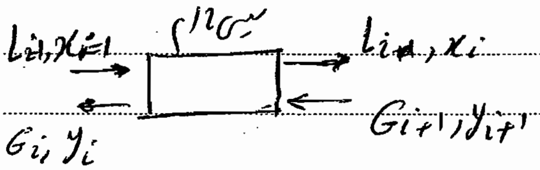
سپس خط عمل کندانسور از نقطه $\begin{vmatrix} y_1 \\ x_0 \end{vmatrix}$ با شیب $-R$ به نقطه $\begin{vmatrix} x_D \\ y_D \end{vmatrix}$ وصل می‌شود.

Subject:.......................................

Year.............. Month.............. Date.............. ( )

خط عمل جبری معادل غیر از کندانسور جزئی :

مطابق با آنچه که در جبر داشتیم هر مرحله عملیات تشکیل یک معادله جبری و غیر جبری است. که حاصل یک مرحله متقاطع است (در واقعیت) و به صورت جبری نشان داده می‌شود. در این مرحله دو جریان خروجی در وضع دو . مایع و بخار خروجی از سینی در حالت تعادل اند. بطور مثال برای یک سینی i ام می‌توان گفت که :



$$L_i x_i + G_i y_i = L_{i-1} x_{i-1} + G_{i+1} y_{i+1}$$

طبق فرض M.T

$$L_i = L_{i-1} = L \quad , \quad G_i = G_{i+1} = G$$

نکته : با استفاده از خط عمل هر مرحله می‌توان راندمان آن مرحله را تعیین کرد. با اندازه‌گیری جزء مولی ورودی‌ها و خروجی‌های هر مرحله می‌توان این راندمان را تعیین کرد.

$$L(x_i - x_{i-1}) = G(y_i - y_{i+1})$$

خروجی ، ورودی

$$\frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{-L}{G} = -\left(\frac{R}{R+1}\right)$$

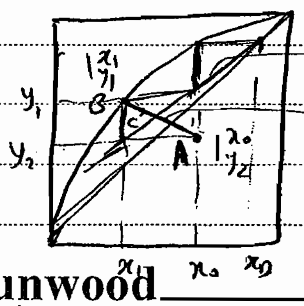
خروجی ، ورودی

تغلیظ کننده !!! $\frac{|AC|}{|AB|} \times 100$ = راندمان

غلظت ورودی به سینی i ام $\left|\begin{matrix} x_{i-1} \\ y_{i+1} \end{matrix}\right.$ ، خروجی‌ها $\left|\begin{matrix} x_i \\ y_i \end{matrix}\right.$

مثلاً برای سینی اول ، $i=1$ ورودی‌ها $\left|\begin{matrix} x_0 \\ y_2 \end{matrix}\right.$ ، خروجی‌ها $\left|\begin{matrix} x_1 \\ y_1 \end{matrix}\right.$

$$\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_0} = -\frac{R}{R+1}$$



این تغییر را از روی شکل نیز می‌توان دید :

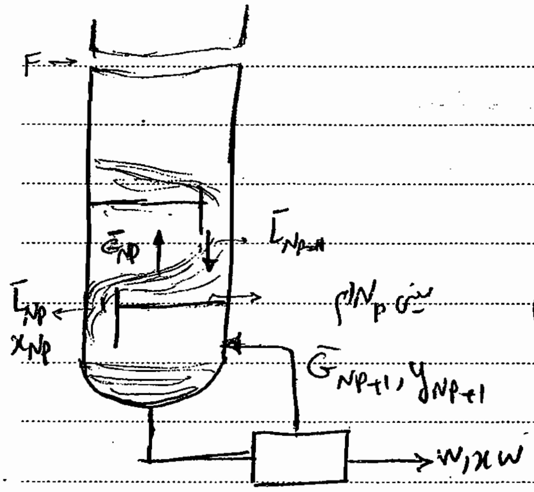
خط عمل کل $\left(\frac{R}{R+1}\right)$

خط عمل موقتی $= \left(-\frac{R}{R+1}\right)$ برای هر مرحله

Sunwood

سؤال: آیا با استفاده از خط عمل ریبویلر که از شو ... می‌توان راندمان آن را مشخص کرد؟؟؟

Subject: ... Year....Month....Date....( )



بررسی موقعیت ریبویلر

x_{Np} و y_{Np+1} در حال تعادل‌اند

x_{Np} مایع خروجی از سینی Npام و y_{Np+1} بخار ورودی به سینی Npام

روی خط عمل پایین قرار دارند.

x_{Np} و y_{Np} مایع و بخار خروجی از سینی Npام در حالت تعادل‌اند.

در سینی Np: y افزایش، x کاهش

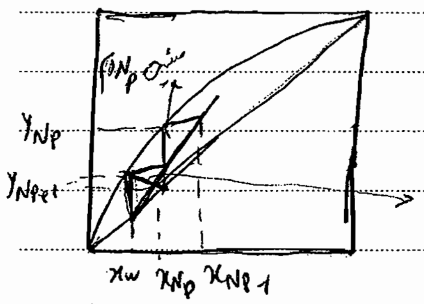
x_{Np-1} و y_{Np} نیز روی خط عمل پایین قرار دارند.

سینی Npام سینی است که y آن از y_{Np+1} تا y_{Np} تغییر می‌کند (با افزایش y توأم است) و x آن از

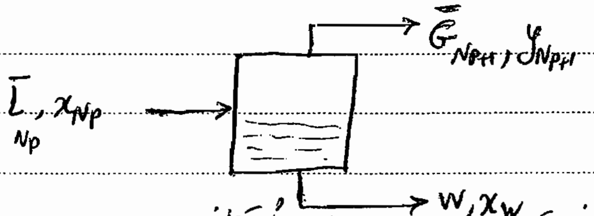
x_{Np-1} تا x_{Np} کاهش می‌یابد. در روی شکل این قضیه نشان داده شده است.

سینی Npام دومین مرحله از پایین است. سینی مرحله‌ای که نشان می‌دهد

ریبویلر است که در آن نقطه‌ی y_{Np+1} یک نقطه‌ی تعادلی پیدا می‌کند.



خط عمل ریبویلر:



$$\bar{L}_{Np} = W + \bar{G}_{Np+1}$$

طبق فرض M.T. ، $\bar{G}$ و $\bar{L}$ در قسمت پایین ستون ثابت‌اند.

Subject:..................................

Year.............. Month.............. Date..............( )

$\bar L = \bar G + W$ $\qquad$ $\bar L . x_{Np} = \bar G . y_{Np+1} + W . x_W$

$(\bar G + W) x_{Np} = \bar G . y_{Np+1} + W x_W$

$\bar G (x_{Np} - y_{Np+1}) = -W (x_{Np} - x_W)$

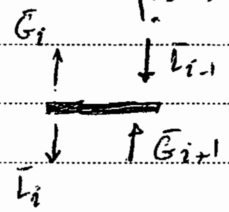
$\frac{x_{Np} - y_{Np+1}}{x_{Np} - x_W} = \frac{-W}{\bar G} \longrightarrow$ خط عمل ریبویلر با شیب $(\frac{-W}{\bar G})$

نتیجه: بین همواره ریبویلر یک مرحله کامل از پایین ستون است زیرا خروجی ها از آن در حالت تعادل اند.

بنابراین آخرین مرحله را نباید جزو سینی های برج به حساب آورد. یعنی اینکه در ترسیم اگر مرحله ناقصی باشد از داخل

ستون قرار دارد. مثلاً اگر تعداد مراحل ۷٫۶ باشد حتماً یک مرحله ریبویلر است و ۶٫۶ مرحله درون داخل ستون قرار دارد.

بررسی خط عمل هر مرحله از پایین ستون. سینی i ام را در بخش پایینی ستون را در نظر می گیریم:



$\bar G_{i+1} + \bar L_{i-1} = \bar L_i + \bar G_i$ برای هر مرحله ما داریم

$y_{i+1} . \bar G + \bar L . x_{i-1} = \bar L . x_i + \bar G . y_i$ رد از نقطه $\begin{vmatrix} x_{i-1} \\ y_{i+1} \end{vmatrix}$

خط عمل کل به نقطه تعادلی $\begin{vmatrix} x_i \\ y_i \end{vmatrix}$ حرکت کنیم

$-\bar L (x_i - x_{i-1}) = \bar G (y_{i+1} - y_i)$

از پایین ستون $\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i-1} - x_i} = (\frac{-\bar L}{\bar G})$ $\qquad$ $(-\frac{\bar L}{\bar G}) = \frac{y_{Np+1} - y_{Np}}{x_{Np-1} - x_{Np}}$ مثلاً برای سینی Np ام

مشاهده می شود که هم شیب خط عمل هر مرحله همان شیب خط عمل قسمت پایین ستون است

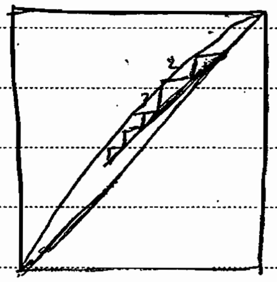
reboiler

Subject: کندانسور جزئی ← شماره یک مرحله ایده‌آل است (به منحنی تعادل می‌رسد)

Year........ Month........ Date........( )

نکته مهم: اگر کندانسور جزئی باشد. گفتیم که یک مرحله از بالا به شما نرهفده تا کندانسور جزئی است. و این مرحله همواره به صورت یک مرحله ایده‌آل روی منحنی تعادل نشان داده می‌شود. چون ممکن است بازدهی مراحل دیگر کمتر از ۱۰۰٪ باشد

خط افقی به منحنی تعادل نمی‌رسد. ولی در مورد کندانسور جزئی همواره به منحنی تعادل می‌رسیم چون خروجی ها از آن یعنی



x_0 و $x_D=y_D$ در تعادل اند و همواره یک مرحله کامل می‌باشد یعنی:

۱) کندانسور جزئی یک مرحله کامل است . مراحل 3، 4، 5 کامل نیستند.

* کندانسور جزئی یک مرحله محسوب می‌شود پس مانند یک سینی آن را فرض می‌کنیم

که بخار ورودی به آن G_1 و مایع خروجی آن L_0 است پس x_0 و y_1

در رابطه Underwood یک نقطه روی خط عمل است. چون مایع خروجی و بخار ورودی به صورت سینی روی خط عمل قرار می‌گیرد.

رابطه Underwood برای دستیابی به حداقل مقدار R به کار می‌رود.

دو روش برای تعیین R_{min} → روش ترسیمی برای سیستم‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل

→ روش محاسباتی تنها برای سیستم‌های ایده‌آل جواب می‌دهد.

خط خوراک q از نقطه $\begin{vmatrix} z_F \\ z_F \end{vmatrix}$ با شیب $\frac{q}{q-1}$ را رسم می‌کنیم. خط عمل بالای برج را از نقطه $\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$

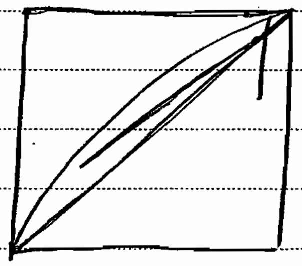
رسم می‌کنیم بطوریکه محل تقاطع آن با خط q روی منحنی تعادل باشد. در این صورت خط عمل بالای برج

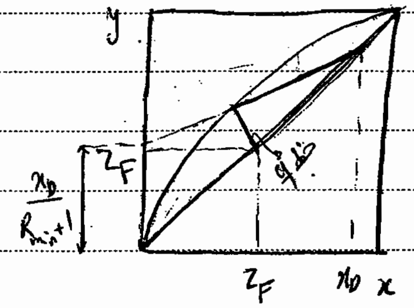
کمترین شیب را دارد و R نیز کمترین مقدار یعنی R_{min} است.

Sunwood

Subject:..........

Year.......... Month.......... Date..........( )





با اندازه‌گیری عرض $= \frac{x_D}{R_{min}+1}$ با خط‌کش می‌توان مقدار R_{min} را بدست آورد.

سپس از آنجا که R آن را در ضریبی ضرب نموده و R کل را می‌یابیم. $R = \text{---} * R_{min}$

* اگر محلول ایده‌آل باشد آنگاه $y = \frac{\alpha x}{(\alpha-1)x+1}$ ※III و محل تقاطع خط عمل بالا و

خط خوراک در این معادله قرار می‌گیرد. بدین ترتیب می‌توانیم R_{min} را بیابیم.

با حل همزمان دو معادله مقابل داریم

$$\begin{cases} y = \left(\frac{R}{R+1}\right)x + \left(\frac{x_D}{R+1}\right) \\ y = \left(\frac{q}{q-1}\right)x - \frac{z_F}{q-1} \end{cases} \rightarrow \quad ① \; x = \frac{(q-1)x_D + (R+1)z_F}{R+q}$$

$$② \; y = \frac{Rz_F + qx_D}{R+q}$$

با جایگذاری ① و ② در معادله ※III رابطه underwood جهت دستیابی به R_{min} محاسبه

می‌شود.

$$\frac{\overset{(min)}{R}z_F + qx_D}{R_{min}+q} = \frac{\alpha_f \frac{(q-1)x_D + (R_{min}+1)z_F}{R_{min}+q}}{1 + (\alpha-1)\left[\frac{(q-1)x_D + (R_{min}+1)z_F}{R_{min}+q}\right]}$$

$$\frac{R_m z_F + qx_D}{R_m(1-z_F) + q(1-x_D)} = \frac{\alpha_f\left[x_D(q-1) + z_F(R_m+1)\right]}{(R_m+1)(1-z_F) + (q-1)(1-x_D)}$$

Sunwood

بر مبنای ضریب فراریت Fencke → N_{min} → ارتفاع ستون

استاندارد

Subject: ...... $R \to \infty$ total reflux

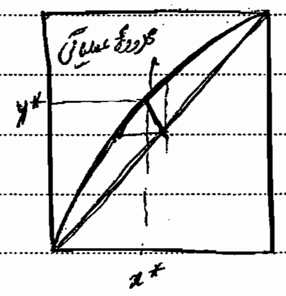
Year: ...... Month ...... برای ... Date ...... ( )

(α)

بایستی توجه کرد که در طول ستون α با تغییر دما نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین در رابطه underwood ما α_f را بکار می‌بریم

یعنی α ای که نزدیک به α نقطه ورودی خوراک باشد

x	y
—	—
x^*	$y^* \to \alpha_f$



feed = مایع جوش

$$R_m = \left(\frac{1}{\alpha_f - 1}\right)\left(\frac{x_D}{x_f} - \frac{\alpha(1-x_D)}{1-x_f}\right)$$

اگر خوراک مایع جوش باشد

feed = بخار اشباع

و اگر خوراک بخار اشباع باشد آنگاه:

$$R_m = \left(\frac{1}{\alpha_f - 1}\right)\left(\frac{\alpha_f \cdot x_D}{y_f} - \frac{1-x_D}{1-y_f}\right) - 1$$

تذکر: به پیوستی که R_{min} ترجیحاً بهتر است که از روش ترسیمی عمل نمائیم. چون برای کلیه سیستم‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل

و سیستم‌هایی با منحنی‌های عجیب بکار می‌رود.

حداقل تعداد سینی‌هایی را بدست می‌آوریم که به محصول بالایی با x_D و پایینی با جزء مولی x_w برسیم به شرطی که محصول بالا و پایین به صفر میل کند

رابطه Fencke جهت دستیابی به حداقل سینی‌ها و خیلی کم باشند یعنی $D \to 0$, $W \to 0$

$R = \frac{L}{D} \to \infty$ مقدار محصولات خیلی کم است ولی صفر مطلق نیست

حداقل تعداد سینی‌ها یا حداقل مراحل زمانی اتفاق می‌افتد که ستون در شرایط total reflux

باشد یعنی کندانسور در بالا و ریبویلر در پایین ستون داشته باشیم ولی در واقع محصول بالا و پایین نداریم و خوراک

ورودی f قطع است. در این شرایط حداقل تعداد سینی‌ها را خواهیم داشت. از طریق رابطه Fencke می‌توان

حداقل تعداد سینی‌ها را بدست آورد و سپس ارتفاع حقیقی ستون را محاسبه کرد (با اعمال فاصله بین دو سینی)

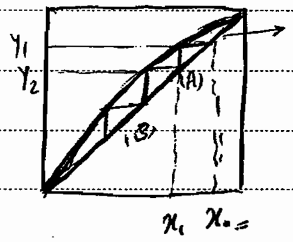
رابطه Fencke بر مبنای تعریف ضریب فراریت استاندارد است.

Subject:.....................

Year.............Month.............Date.............( )

نکته مهم: وقتی که خط عملیاتی واحد را رسم می‌کنیم نقاط روی خط عملیاتی $\left(\frac{x}{y}\right)$ ها

در واقع بیانگر مایع خروجی از هر مرحله و بخار ورودی به آن است. مثلاً در منحنی زیر



?? نقطه ۱: $A\left|\frac{x_1}{y_2}\right.$ یعنی نقطه A روی خط عملیاتی کل ستون در شرایط ریفلا

خط عمل نقطه‌ای را نشان می‌دهد که total ReFlaX $\exists\ y = x$

روی سینی دوم اول مایع از آن خارج شده و بخار (y_2) وارد آن شده است. نقطه $B\left|\frac{x_2}{y_3}\right.$ سینی دوم را

نشان می‌دهد که در بردارنده مشخصات مایع خروجی از سینی دوم و بخار ورودی به آن است.

$$\alpha_{N_p+1} = \frac{\frac{y_{N_p+1}}{1-y_{N_p+1}}}{\left(\frac{x_w}{1-x_w}\right)}$$

تعریف ضریب فراریت نسبی ریبویلر،

$$\Rightarrow \frac{y_{N_p+1}}{1-y_{N_p+1}} = \alpha_{N_p+1}\left(\frac{x_w}{1-x_w}\right)$$

?? با توجه به نکته بالا برای سینی N_pام روی خط عملیاتی کل داریم. $y_{N_p+1} = x_{N_p}$

$$\alpha_{N_p} = \frac{\left(\frac{y_{N_p}}{1-y_{N_p}}\right)}{\left(\frac{x_{N_p}}{1-x_{N_p}}\right)} \Rightarrow \frac{y_{N_p}}{1-y_{N_p}} = \alpha_{N_p}\cdot\frac{x_{N_p}}{1-x_{N_p}}$$

$$\frac{y_{N_p}}{1-y_{N_p}} = \alpha_{N_p+1}\cdot\alpha_{N_p}\,\frac{x_w}{1-x_w}$$

? روی خط عمل هستند $x_{N_p-1} = y_{N_p}$

$$\alpha_{N_p-1} = \left(\frac{\frac{y_{N_p-1}}{1-y_{N_p-1}}}{\frac{x_{N_p-1}}{1-x_{N_p-1}}}\right) \Rightarrow \frac{y_{N_p-1}}{1-y_{N_p-1}} = \alpha_{N_p+1}\cdot\alpha_{N_p}\cdot\alpha_{N_p-1}\cdot\frac{x_w}{1-x_w}$$

به همین ترتیب α ها برای سینی اول از بالای ستون

$$\alpha_1 = \frac{\frac{y_1}{1-y_1}}{\frac{x_1}{1-x_1}}$$

* توجه شود که معادله Fenske وقتی که خوراک در حد جزئی باشد قابل استفاده است.

$$\left(\frac{y_1}{1-y_1}\right) = \alpha_1 \cdot \left(\frac{x_1}{1-x_1}\right)$$

$$\left(\frac{y_1}{1-y_1}\right) = \alpha_{N_{p+1}} \cdot \alpha_{N_p} \cdot \alpha_{N_{p-1}} \cdots \alpha_1 \cdot \frac{x_W}{1-x_W}$$

اگر کندانسور کامل عمل کند آنگاه $x_1 = x_D = x_0$ پس:

$$\frac{y_1}{1-y_1} = \frac{x_D}{1-x_D} = \alpha_{N_{p+1}} \cdot \alpha_{N_p} \cdots \alpha_1 \frac{x_W}{1-x_W}$$

α_{ave} متوسط هندسی کلیه α_i هاست.

$$\frac{x_D}{1-x_D} = \left(\frac{y_1}{1-y_1}\right) = \alpha_{N_{p+1}} \cdot \alpha_{N_p} \cdots \alpha_1 \cdot \frac{x_W}{1-x_W}$$

$$\alpha_{ave} = \sqrt[N_m+1]{\alpha_{N_{p+1}} \cdot \alpha_{N_p} \cdots \alpha_1}$$

در طول ستون دما تغییر می‌کند پس α_i ها نیز تغییر خواهد کرد پس α_{ave} را می‌توان حساب کرد و نوشت:

reboiler

کندانسور کامل

$$\frac{y_1}{1-y_1} = \frac{x_D}{1-x_D} = \alpha_{ave}^{(N_m+1)} \left(\frac{x_W}{1-x_W}\right)$$

عدد یک در نشان دهنده ریبویلر در پایین ستون است

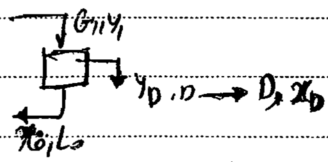
$$(N_m+1) = \frac{\log \frac{\left(\frac{x_D}{1-x_D}\right)}{\left(\frac{x_W}{1-x_W}\right)}}{\log \alpha_{ave}}$$

و N_m نشان دهنده تعداد سینی‌ها است.

* اکنون حالتی را در نظر می‌گیریم که کندانسور جزئی عمل نماید در این صورت با تعریف α_0 به صورت زیر داریم:

کندانسور جزئی

$$\alpha_0 = \frac{\left(\frac{y_D}{1-y_D}\right)}{\left(\frac{x_0}{1-x_0}\right)}$$



$$\frac{y_D}{1-y_D} = \alpha_{N_{p+1}} \cdot \alpha_{N_p} \cdot \alpha_{N_{p-1}} \cdots \alpha_0 \left(\frac{x_W}{1-x_W}\right)$$

$$\frac{x_D}{1-x_D} = \alpha_{ave}^{(N_m+2)} \cdot \left(\frac{x_W}{1-x_W}\right)$$

کل تیزی جزئی

عدد 2: نشانه دهنده ریبویلر و کندانسور جزئی است

$$(N_m+2) = \left[\frac{\log \left(\frac{x_D}{1-x_D}\right) / \left(\frac{x_W}{1-x_W}\right)}{\log \alpha_{ave}}\right]$$

و N_m تعداد سینی‌ها را به ما می‌دهد

متد فنسکی اساس

* ریبویلر در پایین برج و کندانسور جزئی در بالای برج هر دو به صورت یک مرحله ایده‌آل و کامل با بازده ۱۰۰٪ در نظر گرفته می‌شوند. ولی بقیه مراحل ممکن است دارای بازدهی کمتر از ۱۰۰٪ نیز باشند.

* توجیه اینکه ریبویلر در پایین ستون یک مرحله تعادلی است:

گفتیم که خروجی از هر مرحله با بخارهای هر مرحله نامگذاری می‌شود G_{Np+1} خروجی از ریبویلر است پس ریبویلر هم مرحله N_p+1 می‌باشد بطوریکه $y_{N_p+1} > x_W$ (reboiler) می‌باشد چون بخار خروجی از ریبویلر نسبت به مایعی که از آن گرفته می‌شود جزء فرار بیشتری دارد. از طرفی جهت عکس پایین ستون از نقطه $\frac{x_W}{x_W}$ رسم می‌کردیم آنجا که $y_{N_p+1} > x_W$ می‌باشد می‌توان گفت که ریبویلر به عنوان یک مرحله عملیاتی در جهت پایین ستون وظیفه عمل پایین را انجام داده است. تعریف ضریب فراریت روی هر سینی برای مخلوط دو جزئی: $y_j=1-y_i$, $x_j=1-x_i$

$$\alpha_{ij} = \alpha_N = \frac{K_i}{K_j} = \frac{\left(\frac{P_i^*}{P_t}\right)}{\left(\frac{P_j^*}{P_t}\right)} = \frac{\left(\frac{y_i}{x_i}\right)_{N_p}}{\left(\frac{y_j}{x_j}\right)_{N_p}} = \frac{\frac{y_{Np}}{x_{Np}}}{\frac{1-y_{Np}}{1-x_{Np}}} = \frac{\left(\frac{y_{Np}}{1-y_{Np}}\right)}{\left(\frac{x_{Np}}{1-x_{Np}}\right)} \Bigg| \begin{matrix} x_{Np} \\ y_{Np} \end{matrix}$$

غلظت مایع و بخار تعادلی خروجی از سینی N_p ام

Subject: ....
Year ۸۷ Month ۱ Date ۲۵ ( )

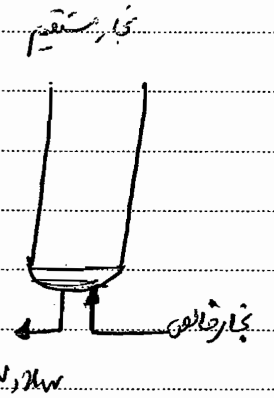
به نام خدا

روش M.T — استفاده از بخار مستقیم — بررسی مایع برگشتی سرد — بررسی ستون با دو خوراک و محلول جانبی.

"بخار مستقیم" open steam

در برخی از واحدهای عملیاتی تقطیر با مخلوط‌هایی سر و کار داریم که جزء سنگین آن آب بوده و جزء فرارتر نیز در مخلوط می‌باشد و هدف ما جداسازی اجزاء فرار از آب است. مانند بسیاری موارد تقطیر که بررسی کردیم در این موارد نیز در پایین ستون ریبویلری کار گذاشته می‌شود که بخار ورودی به ستون را تأمین می‌کند. بخاری که از طریق ریبویلر تأمین می‌گردد و به داخل ستون تزریق می‌شود حاوی بخار آب تقریباً خالص است و اجزاء فرار به میزان خیلی کمی در آن وجود دارد. چون اجزاء فرارتر و عمدتاً از بالای ستون خارج می‌شوند. در این شرایط برای کاهش هزینه عملیاتی می‌توان ریبویلر را از پایین ستون حذف کرده و بخار ورودی به ستون را از طریق یک دیگ بخار مجزا تأمین کرد که این بخار آب تقریباً خالص است. این گونه استفاده از بخار جهت تزریق به ستون را open steam یا بخار مستقیم می‌گوییم.

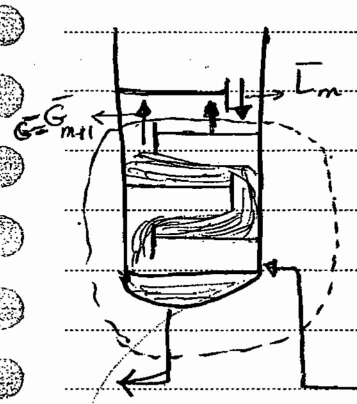
~~reboiler~~
↓
ذخیره بخار
آب تقریباً خالص
(کاهش هزینه)
آب جزء سنگین



کنترل بخار ورودی به ستون به دو صورت می‌تواند باشد ۱- بخار اشباع ۲- بخار داغ

Sunwood

الف) open steam : بخار اشباع



$$\bar{G}_{m+1} + W = G_{N_p+1} + \bar{L}_m$$

$$\bar{G} + W = G_{N_p+1} + \bar{L}$$

$$\bar{G}.y + x_w.W = \cancel{G_{N_p+1}.y_{N_p+1}} + \bar{L}x$$

G_{N_p+1}

$W, x_W \neq 0$ $\qquad y_{N_p+1} = 0$

$$y = \frac{\bar{L}}{\bar{G}}x - \frac{W}{\bar{G}}x_W$$ خط عمل پایین برج

شیب خط عمل پایین بستگی به دبی بخار ورودی از پایین دارد

مانند قبل شیب خط عمل پایین $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ است، چون $G_{N_p} = G_{N_p+1} = \bar{G}$

rate of open steam:

اکنون اگر بخار مستقیم ورودی به برج اشباع باشد آنگاه دبی بین Np تا M هیچ اختلافی بین مایع و بخار رخ نمی‌دهد و

طبق فرض M.T که دبی ثابت فرض شده است $\bar{G} = G_{N_p+1} = G_{N_p}$ و $\bar{L}$ نیز ثابت می‌ماند.

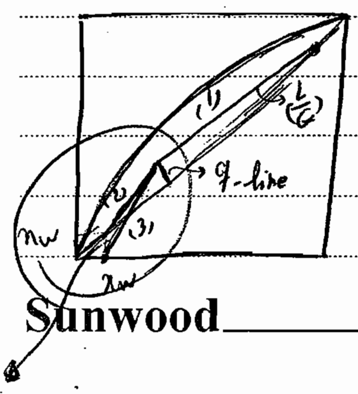
میزان انتقال جرم از فاز گاز به مایع و بر عکس ثابت می‌باشد پس در این شرایط از بیلان کلی داریم:

$G_{N_p+1} = \bar{G} \Rightarrow \boxed{\bar{L} = W} \rightarrow$ open steam بخار اشباع

(تبخیر و میعان رخ نمی‌دهد) دبی‌ها ثابت می‌مانند

پس در این حالت خط عمل پایین برج $\forall\ x = x_w \Rightarrow y = \frac{\bar{L} - W}{\bar{G}}x_w = 0$

از نقطه x_w با شیب $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ رسم می‌شود. $y = \frac{\bar{L}}{\bar{G}}(x - x_w)$



(۱) خط عمل بالای برج (۲) خط عمل پایین برج با داشتن ریبویلر

(۳) خط عمل پایین برج در صورت استفاده از بخار مستقیم

بخار مستقیم
بخار اشباع

$\bar G = G_{Np} > G_{Np+1}$ بخار خروجی > ورودی N_p (۱) ← بخار داغ ← open steam

$\bar L > W$ (مایع تبخیر می‌شود) مایع خروجی > ورودی

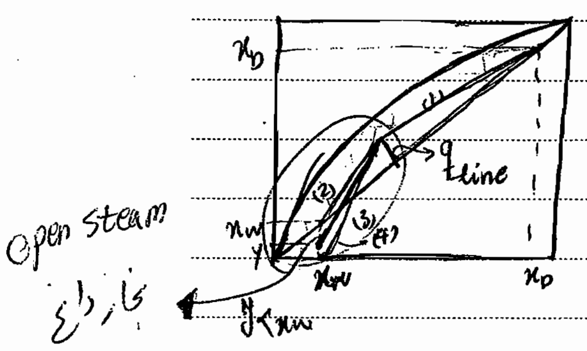
اگر بخار ورودی به پایین برج به صورت بخار داغ باشد برای تبدیل شدن به بخار اشباع خروجی از سینی N_p ام پایین مقداری از گرمای داخلی خود را از دست بدهد تا به حالت اشباع برسد و این گرمای اضافی که از دست می‌دهد باعث تبخیر شدن مقداری از مایع روی سینی N_p ام می‌شود پس دبی بخار خروجی از سینی N_p ام بیشتر از بخار ورودی به آن است و مایع خروجی از آن نسبت به مایع ورودی به آن کاهش می‌یابد یعنی:

$\bar L > W$ و $(\bar G = \bar G_{N_p}) > G_{Np+1}$ $\bar L - W = \bar G - G_{Np+1}$

$$y = \frac{\bar L}{\bar G}x - \frac{W}{\bar G}x_W \qquad \text{if } x = x_W \quad \left(\begin{matrix} \bar L = \bar L_F = \bar L_{F+1} = \dots = \bar L_{Np-1} > (\bar L_{Np} = W) \\ \bar G = \bar G_{Np} = \bar G_{Np-1} = \dots = \bar G_{F+1} > G_{Np+1} \end{matrix}\right)$$

$$y = \frac{\bar L - W}{\bar G}x_W = \left(\frac{\bar G - G_{Np+1}}{\bar G}\right)x_W = \left(1 - \frac{G_{Np+1}}{\bar G}\right)x_W$$

$\Rightarrow y < x_W$ یعنی خط عمل پایین ستون در این حالت از نقطه $\left|\begin{matrix} x_W \\ y < x_W \end{matrix}\right.$ با شیب $\left(\frac{\bar L}{\bar G}\right)$ رسم می‌شود.



(۱) خط عمل بالا

(۲) خط عمل پایین - ریبویلر

(۳) خط عمل پایین - بخار داغ عدم ریبویلر

(۴) خط عمل پایین - بخار اشباع عدم

استفاده از ریبویلر   تذکر: استفاده از بخار مستقیم تأثیر چندانی بر تعداد مراحل واقعی

نمی‌گذارد.

Subject:

Year.......Month.......Date.......( )

* گفتیم که در شرایطی که بخار ورودی داغ باشد مقداری حرارت از دست می دهد تا به اشباع تبدیل شود و این حرارت توسط مایع جوشان در سینی Np ام جذب می شود و به بخار تبدیل می شود. اکنون می خواهیم میزان مایعی که به بخار تبدیل می شود را بدست آوریم؟

آنتالپی بخار اشباع — آنتالپی بخار داغ ورودی

حرارت از دست رفته توسط بخار داغ $q = M_{ave} \cdot C_p \left(T_{\bar{G}_{Np+1}} - T_{b\,\bar{G}_{Np+1}} \right) = H_{\bar{G}_{Np+1}} - H_{\bar{G}}$

در شرایطی که بخار اشباع می شود گفتیم که تغییرات دمای اطراف سینی ناچیز است و $\underbrace{H_{\bar{G}}}_{\text{آنتالپی اشباع}} = \underbrace{H_{\bar{G}_{Np+1}}}_{\text{آنتالپی بخار اشباع ورودی}}$

مایع جوشان در سینی گرما گرفته به بخار تبدیل می شود در همان دما پس

$$q = \dot{m} \cdot h_{fg}$$

به میزان گرمای نهان یعنی h_{fg} گرما گرفته است. $[=] \frac{MJ}{Kmol}$

$$\dot{m} = \frac{\bar{G}_{Np+1}\left(H_{\bar{G}_{Np+1}} - H_{\bar{G}}\right)}{(h_{fg})_{ave,Np}}$$

اگر واحد h_{fg} به صورت $\frac{KJ}{Kmol}$ باشد و اگر به صورت $\frac{KJ}{Kg}$ باشد باید در M_{ave} ضرب شود

$$\dot{m} = \frac{\bar{G}_{Np+1}\left(H_{\bar{G}_{Np+1}} - H_{\bar{G}}\right)}{(h_{fg} \cdot M)_{ave,Np}}$$

تا به صورت $\frac{KJ}{Kmol}$ تبدیل شود پس

چون اطلاعات مایع جوشان روی سینی Np ام را نداریم با تقریب خوبی می توان از اطلاعات مایع خروجی از این سینی یعنی W استفاده کرد پس: اکنون این سوال پیش می آید که آیا با این میزان در ناحیه safe side قرار می گیریم یا نه؟

$$\bar{G} = \bar{G}_{Np+1} + \frac{\bar{G}_{Np+1}\left(H_{\bar{G}_{Np+1}} - H_{\bar{G}}\right)}{(M h_{fg})_{ave,W}}$$

Sunwood

تذکر و مینیمم: بخار داغ نسبت به بخار اشباع با همان جزء مولی‌ها دمای بالاتری دارد و گرمای بیشتری نیز در خود ذخیره دارد

با جریان آنتالپی بیشتری نسبت به حالت اشباعش با همان اجزای مولی دارد. وقتی که وارد سینی N_p ام از پایین می‌شود

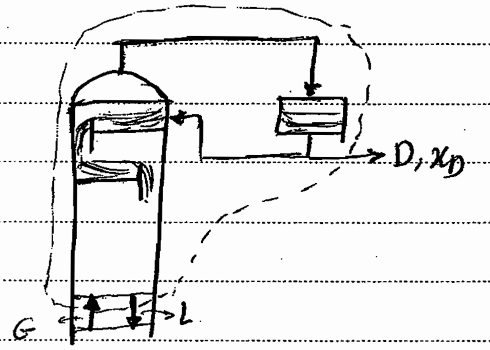
این مقدار آنتالپی ($H_{G_{N_p+1}} - H_G$) را از دست می‌دهد و مایع جوش به بخار تبدیل می‌شود. اکنون این بخار اشباع

حاصل از G_{N_p+1} شامل همان اجزای بخار داغ است که در تماس با مایع جوش روی سینی مقداری گرما از دست می‌دهد و جزء فرار

از فاز مایع به بخار منتقل می‌شود و اجزاء سنگین‌تر که گرما از دست داده‌اند از فاز بخار اشباع وارد مایع می‌شوند

ولی این تبادل جرم بین اجزای فرار مایع و سنگین بخار اشباع به گونه‌ای است که فرض M.T ارضا می‌شود.

۲) بررسی مایع برگشتی سرد:



مایع برگشتی اما به داخل ستون می‌تواند به صورت مایع سرد

باشد. مایع سرد در شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

$G = L + D$

۱. کندانسور کامل باشد و مایع خروجی از کندانسور از ابتدا مایع سرد باشد.

۲- کندانسور کامل باشد و مایع خروجی مایع جوش باشد ولی در حین انتقال به ستون به مایع سرد تبدیل شود.

۳- کندانسور جزئی باشد و مایع خروجی از ابتدا سرد باشد، یا ابتدا جوش و در حین انتقال به مایع سرد تبدیل شود.

اگر مایع برگشتی به داخل ستون سرد باشد برای تبدیل شدن به مایع جوش با همان درصد مولی اجزاء نیاز به حرارت

Subject:...............

Year.......... Month.......... Date..........( )

دارد و با بیشترین مقدار تماس میگیرد. چرا که مایع روی سینی‌ها با بیشترین به صورت مایع جوش یا اشباع. بنابراین کالری گرما

را از بخار ورودی به سینی اول جذب می‌کند و باعث کندانس شدن بخشی از بخار ورودی به سینی اول می‌شود. اکنون که به

صورت مایع جوش درآمد عمل انتقال جرم با بخار را انجام می‌دهد. پس در طی این فرآیند به خاطر کندانس شدن بخش

R اگر در نظر گرفته شود

از آنجا و تغییراتی در دبی مایع و بخار ایجاد می‌شود بطوریکه: $G_1 < G_2$

بطور کلی با در نظر گرفتن شرایط M.T می‌توان گفت که $L_1 > L_0$

در بخش بالایی ستون (بالای خوراک ورودی) $L = L_1 = L_2 = L_3 = L_4 \dots = L_{F-1} > L_0$

$$G = G_F = G_{F-1} = \dots = G_3 = G_2 > G_1$$

اکنون معادله خط عمل را در این شرایط می‌یابیم

موازنه کلی جرم

$$G = L + D$$

$$yG = xL + x_D D \qquad y = \left(\frac{L}{G}\right)x + \left(\frac{D}{G}\right)x_D$$

در این حالت نسبت مایع برگشتی R' را به این صورت $L > L_0$ تعریف می‌کنیم بطوریکه $R' = \frac{L}{D}$

پس $R' > R = \frac{L_0}{D}$

$$y = \left(\frac{R'}{R'+1}\right)x + \frac{x_D}{(R'+1)}$$

در نتیجه خط عمل بالای ستون از نقطه $\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$

$x = x_D \Rightarrow y = x_D$

با شیب $\frac{R'}{R'+1}$ به نقطه $\begin{vmatrix} 0 \\ \frac{x_D}{R'+1} \end{vmatrix}$ وصل می‌شود.

Subject:

Year........ Month........ Date........( )

محاسبه مقدار بخار کندانس شده:

$$\dot{Q} = L_o\, M_{ave}\, C_{L_o} (T_{bL_o} - T_{L_o})$$

کل گرمای حرارتی که نیاز است تا مایع برگشتی سرد

به مایع جوش با همان اجزاء می تبدیل بشود. این حرارت از طریق کندانس شدن بخار ورودی به سینی اول

تأمین می شود.

$$q = \dot{m} (h_{fg}\, M_{ave})_{G_2} \rightarrow$$ حرارتی که بخار اشباع از دست می دهد.

$$\dot{m} = \frac{\overset{\text{دبی مولی}}{\overset{\uparrow}{L_o}} (M_{ave} \cdot C_{L_o} (T_{bL_o} - T_{L_o}))}{(M\, h_{fg})_{ave \cdot G_2}} \rightarrow$$ کل بخاری که به مایع تبدیل شده و به

مایع برگشتی اضافه می شود.

بدلیل نداشتن اطلاعات بخار ورودی به سینی اول یعنی G_2 از اطلاعات بخار خروجی از سینی اول (G_1) استفاده

می کنیم. اگر کندانسور کامل باشد: $(M_{ave}\, h_{fg})_{G_1} = (M_{ave} \cdot h_{fg})_{ave \cdot D}$ کندانسور کامل

مقدار کل مایع خروجی از سینی اول:

$$L = L_o + \frac{L_o\, M_{ave} \cdot C_{L_o} (T_{bL_o} - T_{L_o})}{(M \cdot h_{fg})_{ave \cdot D}}$$

تذکر مهم: D مایع جوش کندانس شده بخار G_1

است که همان اجزاء G_1 را در داراست ولی در یک فاز متفاوت

$D = G_1$ می باشد.

$$R' = \left(\frac{L}{D}\right)$$

Sunwood

مایع سرد ← $R<R'$, $\uparrow L$ ← شیب خط عمل $\downarrow$ ← x_D کمتر

Subject:

Year. Month. Date. ( )

سوال مهم: آیا استفاده از بخار مستقیم و بخار داغ از پایین ستون و مایع برگشتی سرد در بالای ستون ما را در ناحیه safe side قرار می‌دهد یا نه؟ آیا باعث افزایش تعداد سینی های شود؟

وقتی که از مایع برگشتی سرد استفاده می‌کنیم L ها افزایش می‌یابد $R<R'$ می‌شود پس شیب خط عمل بالای ستون زیاد گردیده

به $x=y$ نزدیک می‌شود پس تعداد مراحل حتماً کم می‌شود. در حالت معمول H_{FG_2} را داریم در حالی که از H_{FG_1} استفاده می‌کنیم که

$H_{FG_1}<H_{FG_2}$ است و در این شرایط L ها بزرگتر می‌شود در تعداد مراحل بیشتر کم شود. اکنون اگر منبع به جایی که H_{FG_2} داشته باشیم تعداد مراحل

خیلی کم نشود ما در ناحیه safe side هستیم.

* با توجه به خطوط عمل بالا و پایین ستون همواره در طول ستون $y>x$ است

* یک سوال مهم و جالب:

در مسائلی معمولاً که به روش $M.T$ حل می‌کردیم x_D و x_W را داشتیم و غالباً تحت شرایطی تعداد مراحل و یا تعداد سینی ها را می‌یافتیم

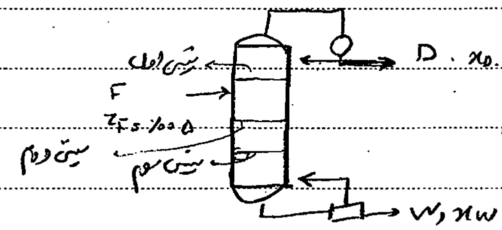
(۲ یا ۱) − مراحل = تعداد سینی (ریبویلر / ریبویلر اگر شعله شود) اکنون ممکن است تعداد سینی ها داده شود و از ما x_W و x_D خواسته شود در این صورت

$$D+W=F$$

$$Dx_D+W.x_W=F.Z_F$$

با نوشتن بیلان کلی حول ستون رابطه بین x_D و x_W را داریم یعنی

و با حدس و خطا عمل می‌کنیم تا اینکه به تعداد مراحل مورد نظر برسیم. سینی + (۱ یا ۲) = مراحل



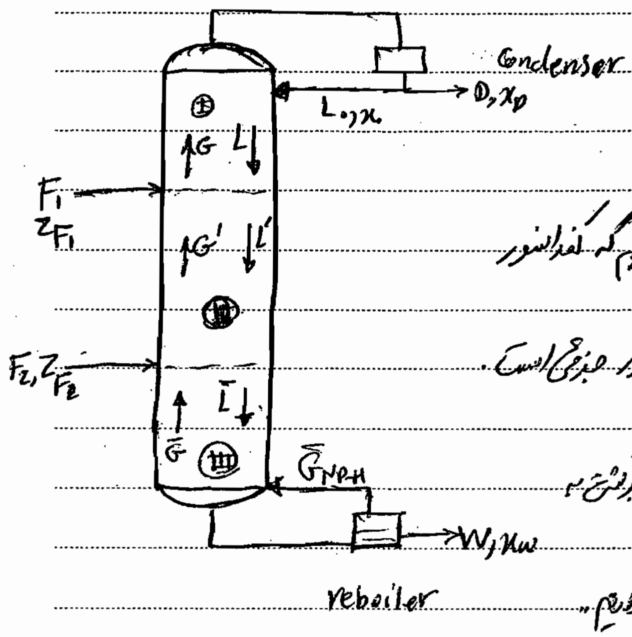
ستونی با سه سینی داریم که مایع برگشتی ۳ را مول به ازای هر مول محصول تقطیر می‌باشد و مقدار بخار تولید شده در ریبویلر ۱/۶ مول به ازای هر مول خوراک است. خوراک مخلوط اشباع بوده و بین سینی اول و دوم وارد می‌شود. کندانسور کامل است.

Sunwood

x_D و x_W را بیابید

به نام خدا

- بررسی ستونی با دو خوراک F_1 و F_2



- مثال: نحوه دستیابی به تعداد مراحل؟

تذکر مهم: اگر در مورد کندانسور چیزی گفته نشود فرض می کنیم که کندانسور به صورت کامل عمل می کند. مگر اینکه گفته شود که کندانسور جزئی است.

شرایط کنونی ستون: کندانسور کامل است. مایع برگشتی به صورت مایع جوش می باشد و در پایین ستون ریبویلر داریم.

اگر مایع برگشتی سرد باشد باید از نمودار مستقیم استفاده کنیم همچون یک حلقه قبل عمل می کنیم.

الف) رسم منحنی تعادلی $x=y$

ب) رسم خط عمل بالای ستون $y=\left(\frac{R}{R+1}\right)x+\left(\frac{1}{R+1}\right)x_D$ از نقطه $\begin{vmatrix} x_D \\ x_D \end{vmatrix}$ با شیب $\frac{R}{R+1}$

پ) رسم خط خوراک I از نقطه $\begin{vmatrix} z_{F_1} \\ z_{F_1} \end{vmatrix}$ با شیب $\left(\frac{q_1}{q_1-1}\right)$ و قطع دادن آن با خط عمل منطقه (I)

ت) رسم خط عمل منطقه II با شیب $\left(\frac{L'}{G'}\right)$ از نقطه برخورد خط عمل (I) و (q_1) اکنون L' و G' را اینگونه حساب می کنیم:

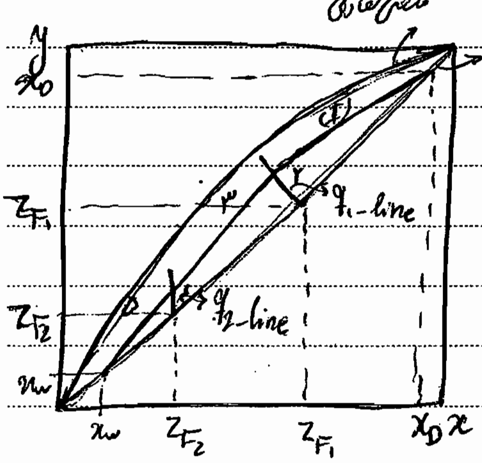
$L'-L=q_1F_1$, $G'-G=(q_1-1)F_1$

ث) رسم خط خوراک (II) q_2-line با شیب $\left(\frac{q_2}{q_2-1}\right)$ و قطع دادن آن با خط عمل منطقه (II) از نقطه $\begin{vmatrix} z_{F_2} \\ z_{F_2} \end{vmatrix}$

ج) رسم خط عمل پایین (منطقه III) با شیب $(\frac{\bar{L}}{\bar{G}})$ البته از نقطه $\left.\begin{matrix}x_w\\x_w\end{matrix}\right|$ به محل برخورد خط خوراک

II) و خط عمل منطقه II وصل می‌کنیم در نتیجه خط عمل پایین ستون بدست می‌آید.

شکل نهایی بخش‌های بالا:



۱) خط عمل منطقه I (بالای ستون) با شیب $(\frac{R}{R+1})$

۲) خط خوراک I با شیب $\frac{q_1}{q_1-1}$

۳) خط عمل منطقه II با شیب $\frac{L'}{G'}$

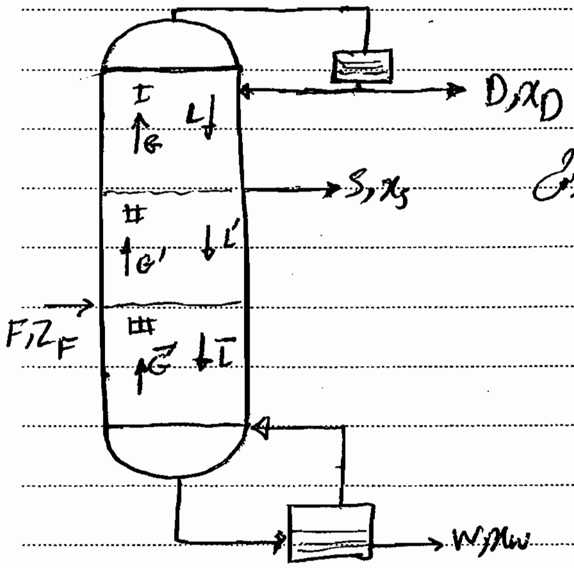
۴) خط خوراک II با شیب $\frac{q_2}{q_2-1}$

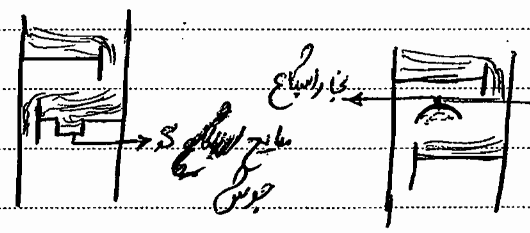
۵) خط عمل پایین ستون (منطقه III)

* بررسی ستون با محصول جانبی *

محصول جانبی S از سینی (m) به صورت مایع جوش

یا بخار اشباع گرفته می‌شود یعنی:





اگر S بخار اشباع باشد $G' = G + S_{vapor}$ ، $L' = L - S_{Liquid}$ ، $G' = G$ ⇐ اگر S مایع جوش باشد

شیب خط عمل

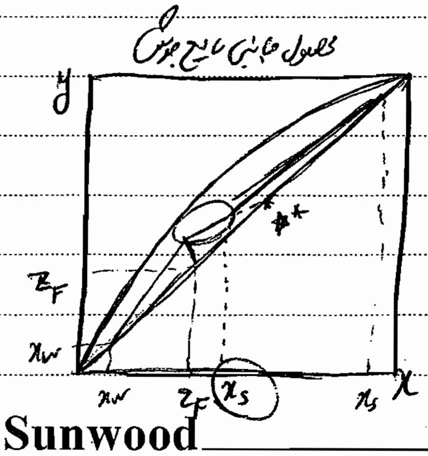
$$\frac{L'}{G'} = \frac{L-S}{G}$$

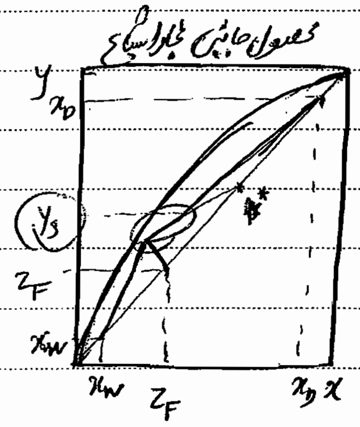
شیب خط عمل

$$\frac{L'}{G'} = \frac{L}{G+S}$$

... دستیابی به تعداد مراحل:

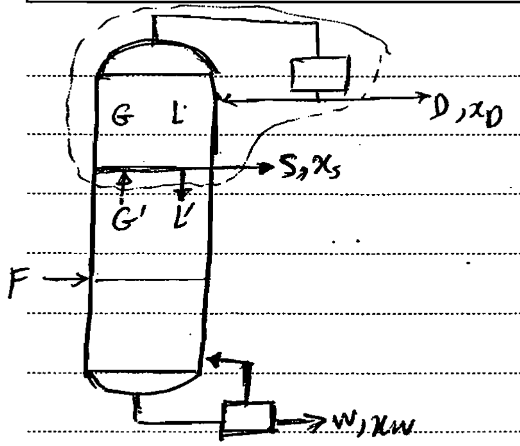
الف) رسم منحنی تعادل. ب) رسم خط عمل بالا (منطقه I) از نقطه $x_D \,|\, x_D$ با شیب $\frac{R}{R+1}$ و اتصال آن به نقطه $0 \,|\, \frac{x_D}{R+1}$ ج) رسم خط عمل منطقه II با شیب $\frac{L'}{G'}$. اکنون دو حالت پیش می‌آید: ① اگر محصول جانبی مایع جوش باشد آنگاه $G'=G$ و $L'=L-S$، خط عمل II با شیب $\frac{L-S}{G}=\frac{L'}{G'}$ از نقطه x_s روی خط عمل بالا رسم می‌شود. اگر محصول جانبی مایع جوش باشد آنگاه جهت I در II تقاطع $x=x_s$ مشترک اند و خط عمل II با یکی از مختصات مایع جوش رسم شود. ② اگر محصول جانبی بخار اشباع باشد آنگاه $L'=L$، $G'=G+S_V$ و خط عمل II با شیب $\frac{L}{G+S}=\frac{L'}{G'}$ رسم می‌شود. برعکس بخار اشباع جانبی ما y_s را داریم و این y_s همان جزء مولی بخار ورودی به سینی دوم است. پس روی خط عمل منطقه I نقطه $y=y_s$ را پیدا کرده و خطی با شیب $\frac{L'}{G'}$ رسم می‌کنیم. د) رسم خط خوراک از نقطه $z_F \,|\, z_F$ با شیب $\left(\frac{q}{q-1}\right)$ و تقاطع آن با خط عمل منطقه II. هـ) رسم خط عمل منطقه III از نقطه $x_W \,|\, x_W$ به محل برخورد خط خوراک با خط عمل منطقه II





Subject: ...

Year........ Month........ Date........ ( )



خط عمل منطقه II #

$$G' = L' + S + D$$

$$y G' = L' x + S x_S + D x_D$$

$$y = \left(\frac{L'}{G'}\right) x + \frac{S x_S + D x_D}{G'}$$

$$\checkmark\ x = x_S \Rightarrow \boxed{y = \left(\frac{L-S}{G}\right) x_S + \frac{S x_S + D x_D}{G}}$$

این خط از نقطه $x = x_S$ رسم می‌شود

اگر S مایع اشباع باشد

$$y = \frac{L x_S - \cancel{S x_S} + \cancel{S x_S} + D x_D}{G} = \frac{L x_S + D x_D}{G}$$

مختصات ابتدایی خط عمل منطقه II

$$\left| \begin{array}{l} x_S \\ \dfrac{L x_S + D x_D}{G} \end{array} \right.$$

$$\text{if } y = x \Rightarrow y\left(1 - \frac{L-S}{G}\right) = \frac{S x_S + D x_D}{G}$$

$$y \left(\frac{\overset{G - L'}{G + S - L}}{G}\right) = \frac{S x_S + D x_D}{G}$$

$$\checkmark\ y = x = \frac{S x_S + D x_D}{S + D}$$

مختصات نقطه ★ در شکل صفحه قبل

$$\checkmark\ y = x = \frac{S y_S + D x_D}{S + D}$$

اگر S: بخار اشباع باشد

S: بخار اشباع

Subject: ....
Year: ۸۷ Month: ۲ Date: ۱ ( )

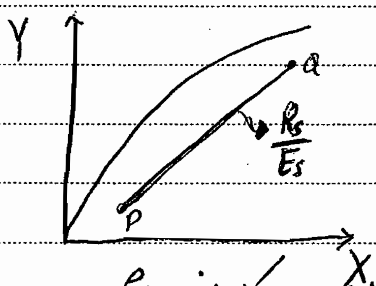
باسمه تعالی

روش پانچون - ساواریت (P.S) Panchon - Savariet

مقدمه: روش پانچون - ساواریت بر مبنای بیلان آنتالپی استوار است. همچون روش M.T از روش P.S نیز برای دستیابی به تعداد مراحل ایده‌آل و در نهایت دستیابی به ارتفاع ستون استفاده می‌شود. در این روش نیاز به داده‌های تعادلی آنتالپی دیگر شرایط تعادلی داریم تا بتوانیم نمودار H-x,y و x-y را رسم نماییم. در این روش می‌توان آنتالپی مایع جریان و بخار سیال را در سینی‌های مختلف در طول ستون بدست آورد. با استفاده از این روش می‌توان چک کرد که آیا دبی مولی مایع و گاز در طول ستون ثابت باقی می‌ماند یا خیر و اینکه آیا روش M.T روش مناسب است یا نه؟

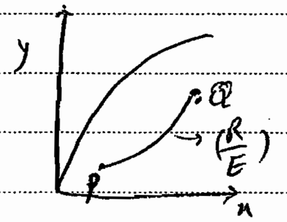
بررسی تفاوت دو روش M.T و P.S از طریق اطلاعات انتقال جرم

در فصل ۷ انتقال جرم دیدیم که اگر دبی ستون با جریان‌های موازی و غیرهمسو داشته باشیم آنگاه منحنی عملیاتی X-Y خطی با شیب $\frac{R_s}{E_s}$ می‌باشد یعنی:



$$X = \frac{x}{1-x} , \quad Y = \frac{y}{1-y}$$

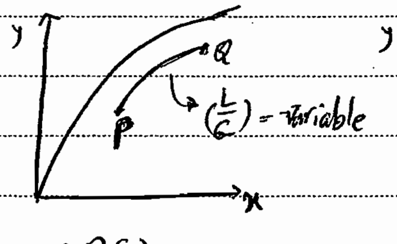
اگر منحنی تعادلی برحسب x و y تعادلی رسم شود آنگاه خط عملیاتی ستون که یک خط است تبدیل به یک منحنی می‌شود یعنی:



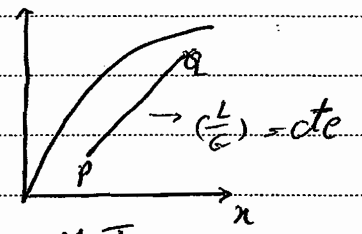
تذکر: اکنون اگر در طول ستون دبی ثابت باشد یعنی
$R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R$
$E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E$
آنگاه منحنی عملیاتی به خط عملیاتی تبدیل می‌شود و این یعنی همان روش M.T که فرض می‌کند دبی ثابت باشد و در نتیجه یک خط عملیاتی خواهیم داشت.

M.T ↓ دبی ثابت R و E ↓ منحنی ↓ تبدیل خط

در حالیکه با بخورد ... نسبت ... می‌بایست ثابت نباشد. پس به جای خط عملیاتی منحنی عملیاتی خواهیم داشت.



(P.S)



M.T

* پس تفاوت این دو روش را می‌توان از منحنی تعادل و خطوط عملیاتی (M.T) یا منحنی‌های عملیاتی (P.S) جستجو کرد.

(P.S): $y_{n+1} = \left(\frac{L_n}{G_{n+1}}\right) x_n + \frac{D x_D}{G}$ تغییر $\qquad \left(\frac{L_n}{G_{n+1}}\right)$ متغیر است

M.T: $y_{n+1} = \left(\frac{L}{G}\right) x_n + \frac{D x_D}{G} \qquad \frac{L_n}{G_{n+1}} = \frac{L}{G}$ ثابت است

هدف اصلی روش P.S

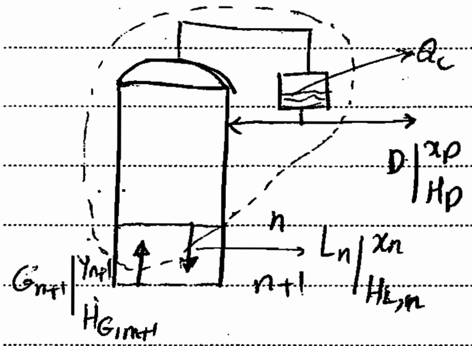
همچنین روش M.T، هدف اصلی این روش دستیابی به تعداد مراحل ایده‌آل (N_p) می‌باشد ولی یک شکل عمده تعداد بیشتری می‌گیرد و آن هم راندمان سینی است که با اعمال آن می‌خواهیم ارتفاع ستون را بدست آوریم و دستیابی به راندمان ستون نیاز به کار تجربی و آزمایشگاهی دقیق دارد.

تعداد مراحل ایده‌آل (N_p) ← تعداد مراحل واقعی ← ارتفاع فعال + ← ارتفاع منطقه‌ای برای جداسازی فازها + ← ارتفاع کل ستون

اعمال راندمان سینی — اعمال فاصله بین سینی‌ها (دو سینی)

نکته: هرچه قطر بزرگتر باشد فاصله دو سینی بیشتر می‌شود و برعکس. (کمترین فاصله بین دو سینی تقریباً ۱۵ سانتیمتر است)

منحنی عمل بالای ستون:



بیلان کلی

$$G_{n+1} = L_n + D$$

بیلان جزئی

$$y_{n+1} G_{n+1} = L_n x_n + D x_D \qquad D = G_{n+1} - L_n$$

$$y_{n+1} G_{n+1} = L_n x_n + x_D (G_{n+1} - L_n)$$

$$\text{I} \quad \frac{x_D - y_{n+1}}{x_D - x_n} = \frac{L_n}{G_{n+1}} = \frac{\text{دبی مایع خروجی از سینی (n)}}{\text{دبی گاز ورودی به همان سینی (n+1)}}$$

G_{n+1}: دبی گاز خروجی از سینی n+1ام یا ورودی به سینی nام

بیلان انتالپی:

$$Q_c + D H_D + L_n H_{L,n} = H_{G,n+1} \cdot G_{n+1}$$

بجای D از بیلان کلی معادله‌اش را میگذاریم، پس:

$$Q_c + L_n H_{L,n} + (G_{n+1} - L_n) H_D = G_{n+1} H_{G,n+1}$$

$$G_{n+1} H_{G,n+1} = L_n H_{L,n} + \underbrace{(G_{n+1} - L_n)}_{D} \underbrace{\left(H_D + \frac{Q_c}{D} \right)}_{Q'_c}$$

$$\text{II} \quad \frac{Q'_c - H_{G,n+1}}{Q'_c - H_{L,n}} = \frac{L_n}{G_{n+1}} \qquad Q'_c = \frac{Q_c}{D} + H_D$$

$$\text{I} = \text{II} \quad \frac{Q'_c - H_{G,n+1}}{x_D - y_{n+1}} = \frac{Q'_c - H_{L,n}}{x_D - x_n}$$

Subject:..

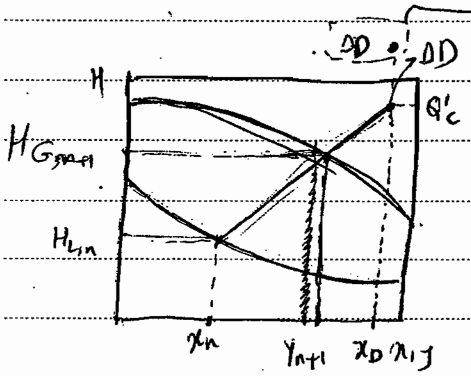
Year.............. Month.............. Date..............( )

** مطابق با قانون اهرم ها سه نقطه $L_n \left| \begin{matrix} x_n \\ H_{L_n} \end{matrix} \right.$ ، $G_{n+1} \left| \begin{matrix} y_{n+1} \\ H_{G_{n+1}} \end{matrix} \right.$ ، $\Delta D \left| \begin{matrix} z_D \\ Q'_c \end{matrix} \right.$

روی یک خط قرار می‌گیرند.   مایع خروجی   بخار اسپاید   نقطه تفاضل

* تمام صحبت‌های انجام شده و مطالب بدست آمده فقط در مورد جزئی قابل قبول است. سپس به این ترتیب می‌توان منحنی عملیاتی را یافت

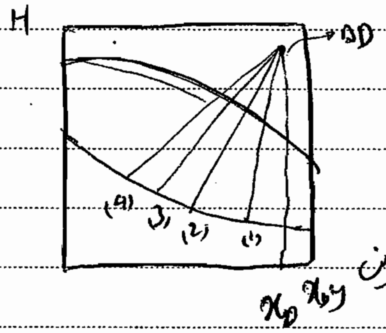
در روش پانچون نیاز داریم به اطلاعات تعادلی x، y، H_L، H_G که به ما داده می‌شوند. با رسم منحنی تعادلی Hxy روش را ادامه می‌دهیم.



تذکر: نقطه ΔD می‌تواند خارج از محدوده منحنی‌های تعادلی قرار بگیرد.

* اگر بتوانیم مختصات نقطه تفاضل $\Delta D \left| \begin{matrix} x_D \\ Q'_c \end{matrix} \right.$ را به صورت مشخص کنیم و از این نقطه $Q'_c = H_D + \frac{Q_c}{D}$

خطوط دلخواهی رسم کنیم به طوریکه منحنی‌های مایع خروجی و بخار اسپاید را قطع کند (در دستگاه Hxy) می‌توان مختصات جزء قرار در مناطق مختلف ستون بدست آورد.



با رسم خطوط (1)، (2)، (3)، (4) می‌توان نقاط $\left| \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right.$ منحنی عملیاتی را بدست آورد که نشان دهنده مایع خروجی و نقاط مختلف خروجی از هر سینی است و علاوه بر کمک این و بخار اسپاید ورودی به آن سینی

نقاط را می‌توان منحنی عملیاتی بالای ستون را رسم کرد.

x	y
x_1	y_1
x_2	y_2
x_3	y_3
x_4	y_4

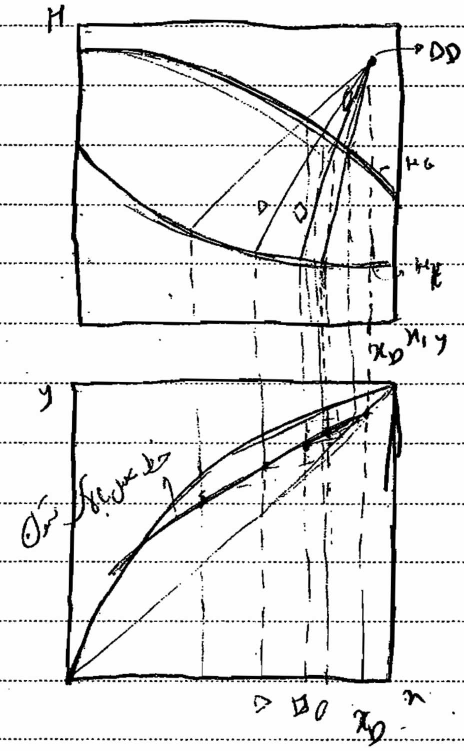
(تقریبی)

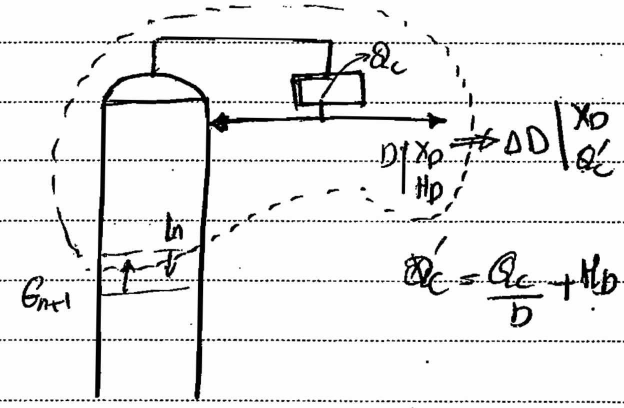
با داشتن نقاط $\left| \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right.$ دو به دو و نقاط تعادلی روی منحنی تعادلی $x-y$ می‌توان منحنی عملیاتی بالا ستون را رسم کرد.

Sunwood

* روش دیگری نیز برای رسیدن به منحنی عملیاتی بالای ستون نیز هست و آن هم روش ترسیمی است.

= روش ترسیمی





$$Q_c' = \frac{Q_c}{D} + H_D$$

$$G_{n+1} = L_n + \Delta D$$

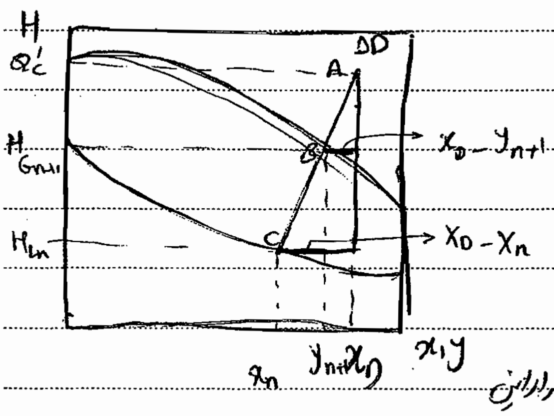
$$\frac{x_D - y_{n+1}}{x_D - x_n} = \frac{L_n}{G_{n+1}}$$

ثابت

$\underbrace{G_{n+1}}_{\text{تغییر}} - \underbrace{L_n}_{\text{تغییر}} = \Delta D$ ← نقطه تفاضل

مقدار L_n و G_{n+1} در طول ستون در حال تغییر است ولی تفاضل آنها یعنی ΔD مقداری است ثابت، به همین جهت این تفاضل را که در بالای ستون و در جوار کندانسور نیز هست به نام نقطه تفاضل می‌شناسیم.

* بررسی درستی M.T از طریق روش (P.S.)



$$\frac{x_D - y_{n+1}}{x_D - x_n} = \frac{AB}{AC} = \frac{Q_c' - H_{G,n+1}}{Q_c' - H_{L,n}} = \frac{L_n}{G_{n+1}}$$

اکنون با خط کش مقادیر AB و AC را اندازه گیری می‌کنیم و بدین ترتیب نسبت $\frac{L_n}{G_{n+1}}$ را برای هر یک مرحله خاص و با تکرار این

Subject:..

Year................ Month................ Date................( )

عمل ~~...~~ رسم خطوط دیگر می‌توان با اندازه‌گیری AC و AB' مقدار $\frac{L_n}{G_{n+1}}$ را در مقاطع دیگر ستون بدست آورد. اگر این مقادیر یکسان باشند می‌توان گفت که جریان مولی فازها در طول ستون تقریباً ثابت بوده و روش M.T صادق است.

L_n و G_{n+1} یک نقطه از خط عمل هستند چون بین دو سینی می‌باشند. L_n مایع خروجی از سینی nام و G_{n+1} بخار ورودی به سینی nام.

با رسم خطوطی از نقطه‌ی تفاضل Δ_D و قطع آن با منحنی‌های H_{xy} می‌توان x و y روی منحنی عمل را بدست آورد که برای نقاط بین سینی‌ها نیست هر چند ممکن است برخی از این نقاط واقعی نباشند ولی برای رسم منحنی عمل نیاز است.

روش P.S هم بر مبنای جرمی و هم مولی قابل حل است ولی روش M.T تنها بر مبنای بیلان مولی قابل حل است و نوشته می‌شود

P.S ← مولی و جرمی

M.T ← مولی

Subject:
Year. ۸۷ Month. ۲ Date. ۸ ( )

"[illegible]"

روش P.S - بررسی موقعیت خوراک: ۱. روی نمودار xy ۲. روی نمودار Hxy

- بررسی R_{min}: ۱. با استفاده از رابطهٔ Underwood ۲. ترسیمی

- بررسی N_{min}: ۱. با استفاده از رابطهٔ Fenske ۲. ترسیمی

- ستون با دو خوراک:

- همانطور که از قبل می دانیم در روش پانچون نیاز به داده های تجربی دقیق x و y و H داریم و نمودار xy و Hxy را رسم نماییم. پس می توان گفت که روش P.S یک روش ترسیمی است.

برای بدست آوردن تعداد مراحل و رسم منحنی های عملیاتی نقطهٔ تفاضل بالا مشخص است (فرض) و با بررسی موقعیت خوراک را بررسی نماییم و نوع خوراک و خط q را مشخص نماییم. و از طرفی چون نقطهٔ تفاضل پایین را نداریم بررسی موقعیت خوراک الزامی به نظر می آید.

$Q'_A = H_W - \frac{Q_r}{W}$ و ندارم Q'_A : ΔW

([illegible]) Q_r را نداریم پس نقطهٔ تفاضل ΔW نامعلوم است ← بررسی موقعیت خوراک الزامی است.

خوراک ورودی به داخل ستون ۵ حالت دارد:

۱. مایع سرد: در این صورت آنتالپی آن را از طریق رابطهٔ $H_F = C_L \cdot M_{ave}(T_F - T_0) + \Delta H_s$ بدست می آوریم.

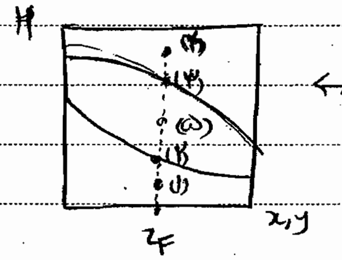
Feed مایع سرد

۲- مایع جوش باشد: در این حالت با داشتن z_F موقعیت خوراک F روی نمودار Hxy کاملاً مشخص می شود

۳- بخار اشباع باشد: در این حالت نیز با داشتن z_F و قطع آن با منحنی شبنم موقعیت خوراک F معلوم می شود

۴- بخار داغ باشد: در این صورت آنتالپی بخار داغ با استفاده از رابطه زیر بدست آورده و با داشتن z_F موقعیت خوراک روی Hxy معلوم می شود.

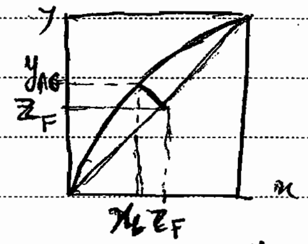
$$H_G = y_A\left[C_{L,A} \cdot M_A(T_G - T_0) + \lambda_A M_A\right] + (1-y_A)\left[C_{L,B} \cdot M_B(T_G - T_0) + \lambda_B \cdot M_B\right]$$



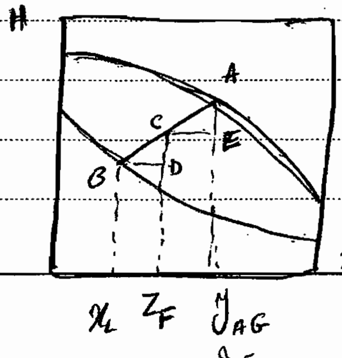
موقعیت خوراک در شرایط ذکر شده روی نمودار Hxy

۵- مخلوط بخار و مایع: در این حالت موقعیت خوراک بین منحنی مایع جوش و بخار اشباع است در واقع ۵ بین ۲ و ۳ می باشد. اکنون برای تعیین موقعیت خوراک در این شرایط به چند طریق می توان عمل کرد:

الف) منحنی تعادلی x-y را رسم کرده خط خوراک (q) را رسم می نماییم، نقاط x_L و y_G مشخص می شود



نقاط x_L و y_{AG} را با خط Tie به هم وصل کرده روی Hxy محل برخورد با Z_F نشان دهنده موقعیت خوراک است.



F: مخلوطی است که مایع و بخار را در بر دارد و Z_F کسر مولی کل جزء A در کل مخلوط است. با توجه به اینکه این جزء هم در مایع و هم در بخار حضور دارد، $x_L < Z_F < y_G$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

ب: روش ترسیمی: مطابق با قانون اهرم‌ها خوراک F به دو جریان L و G روی پیش HF الم تبدیل می‌شود یعنی

$F \swarrow^{L}_{G}$ $\quad F = L + G \quad$ در این حالت مقدار L و G مشخص است.

$$F z_F = L x_L + G\, y_G \rightarrow \frac{z_F - y_G}{z_F - x_L} = \frac{-L}{G}$$

$\frac{z_F - y_G}{z_F - x_L} = \frac{CE}{BD} = -\frac{L}{G} = \checkmark$ x_L و y_G را روی منحنی HXY به گونه‌ای تعیین می‌کنیم که نسبت

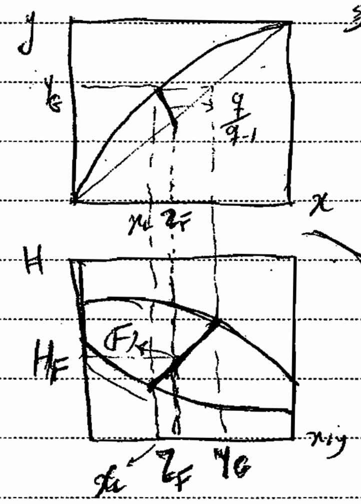
برابر شود. اگر داده‌های تعادلی معلوم باشد x و y را انتخاب می‌کنیم و با خط‌کشی CE و BD را اندازه گرفته

و در این حالت نسبت $\frac{CE}{BD}$ را با $\frac{L}{G}$ مقایسه کنیم. اگر یکسان باشد x_L و y_G درست انتخاب شده‌اند.

ج): ترسیمی: x_L: کسر مولی جزء مورد نظر در مایع خوراک

y_G: کسر مولی جزء فاز در بخش بخار خوراک

توضیح دهنده



$$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L} \qquad 1 - q = \frac{-H_L + H_F}{H_G - H_L}$$

$$\frac{q}{q-1} = \frac{z_F - y_G}{z_F - x_L} = \frac{H_G - H_F}{-H_F + H_L} \quad (1)$$

$$F H_F = G H_G + L H_L$$

$F, z_F \swarrow^{L, x_L}_{G, y_G}$

$$\frac{H_G - H_F}{H_L - H_F} = \frac{-L}{G} \Rightarrow \frac{z_F - y_G}{z_F - x_L} = \frac{-L}{G} \quad (2)$$

$$\frac{z_F - y_G}{z_F - x_L} = -\frac{L}{G} \leftarrow z_F = L x_L + y_G\, G \quad (3)$$

از (1) و (2) و (3) نتیجه می‌گیریم که در مخلوط دو فازی جزء مولی جزء فاز در مایع x_L و در بخار y_G است

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

دستیابی به تعداد مراحل از روی تصویر xy.

1. رسم منحنی تعادلی y-x و H-xy با توجه به داده‌های تعادلی

۲- دستیابی به نقطهٔ تفاضل بالای ستون. $\Delta D \left| \begin{array}{l} x_D \\ \frac{q_c}{D} + H_D = Q_c' \end{array}\right.$ همین جا می‌توان با محاسبه کندانسور را اندازه‌گیری کرد. یا می‌توان صحت روش M-T را بررسی کرد.

۳- دستیابی به موقعیت خوراک: می‌توان با آنتالپی خوراک ورودی را بدست آورد.

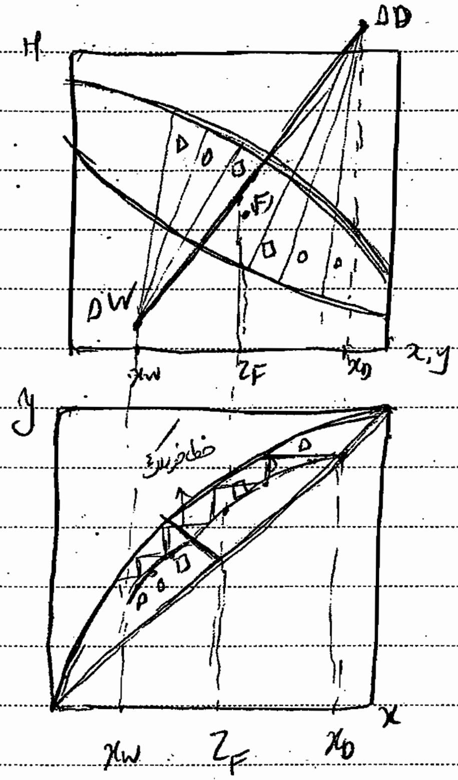
٤- دستیابی به موقعیت نقطهٔ تفاضل پایین (ΔW). از نقطهٔ ΔD به (F) وصل کرده و جایی که خط عمودی x_W را قطع کرد نشان‌دهندهٔ موقعیت ΔW می‌باشد. همین جا می‌توان با محاسبه ریبویلر (Q_r) و یا مقدار Q_W' را...

۵- رسم خطوط دلخواه از سمت راست خط $\Delta D F \Delta W$ و تصویر کردن نقاط تعادلی روی تصویر xy به منظور دستیابی به خط عمل بالای ستون. چند خط را به دلخواه رسم می‌کنیم.

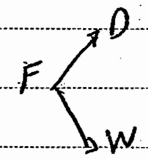
۶- رسم خطوط دلخواه از ΔW و قطع دادن آن با خطوط رابط روی تصویر H-xy و تصویر نقاط تعادلی روی تصویر xy به منظور دستیابی به خط عمل پایین.

۷- رسم خطوط افقی و عمودی و دستیابی به منحنی عمل پایین ستون.

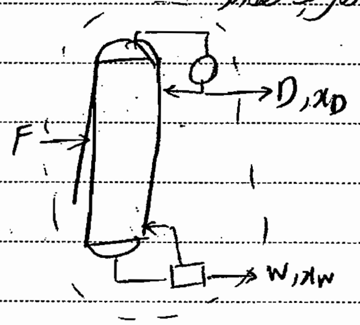
PAPCO



بیلان کل ستون



طبق قانون اهرم ها، نقاط F ، ΔW ، ΔD در یک خط اند.



* اگر مخلوط بخار و مایع را بعنوان خوراک در نظر بگیریم که شامل Z_F (درصد جزئی) جزء فرار باشد این خوراک وارد سینی خوراک »

صورت مایع و بخار کاملا اشباع در می آید

$$F, Z_F \to L, x_L \quad ; \quad G, y_G$$

$$F Z_F = L x_L + G \cdot y_G \rightarrow$$ این x_L و y_G جزء مولی های تعادلی خروجی خوراک (F) می باشند

$$F = D + W$$

$$F H_F + Q_r = W H_W + D H_D + Q_c$$

$$F H_F = W\left(H_W - \frac{Q_r}{W}\right) + D\left(H_D + \frac{Q_c}{D}\right) \qquad F H_F = D Q'_c + W Q'_r$$

پس F ، ΔD ، ΔW روی یک خط اند.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* مطلب بسیار مهم: در حالتی که خوراک مخلوط مایع جوش و بخار اشباع باشد جزء مولی کلی جزء فرار در خوراک z_F در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی مخلوط ما شامل مقداری مایع و بقیه بخار است یعنی: $F=L+G$

هر جزء مولی مایع x_L و جزء مولی جزء فرار در بخار y_G است و $Fz_F = Lx_L + Gy_G$

خطوط بخار و مایع که خوراک را تشکیل می‌دهند یک نقطه در حالت تعادل است. (به ترمودینامیک فلش‌ها در ترمو مراجعه کنید)

اکنون برای یافتن این x_L و y_G تعادلی می‌توان خط خوراک را از $\begin{bmatrix} z_F \\ z_F \end{bmatrix}$ رسم کرده و با منحنی تعادلی قطع داد هرجا که قطع کرد x_L و y_G را می‌دهد. اثبات این مطلب:

$$F = L + G$$

$$FH_F = LH_L + GH_G \qquad Fz_F = Lx_L + G\cdot y_G$$

$$(L+G)H_F = LH_L + GH_G \qquad (L+G)z_F = Lx_L + Gy_G$$

$$\frac{H_G - H_F}{H_L - H_F} = \frac{-L}{G} \quad (1) \qquad \frac{y_G - z_F}{x_L - z_F} = -\frac{L}{G} \quad (2)$$

$$q = \frac{H_G - H_F}{H_G - H_L}, \quad q - 1 = \frac{H_L - H_F}{H_G - H_L} \Rightarrow \frac{q}{q-1} = \frac{H_G - H_F}{H_L - H_F} \quad (3)$$

از ۱ و ۲ و ۳ نتیجه می‌گیریم که:

$$\frac{H_G - H_F}{H_G - H_F} = \frac{q}{q-1} = \frac{y_G - z_F}{x_L - z_F}$$

این نتیجه بدین معنی است که $\begin{vmatrix} x_L \\ y_G \end{vmatrix}$ روی خط خوراک و منحنی تعادل است.

$$\boxed{y_G = \frac{q}{q-1}x_L - \frac{z_F}{q-1}}$$

PAPCO

Subject:
Year. ۸۷ Month. ۲ Date. ۲۲

نسیم فدا

«استخراج مایع - مایع»

مقدمه: جداسازی عبارتست از تماس دو فاز با یکدیگر و انتقال جزء یا اجزائی از یک فاز به فاز دیگر. که شامل انواع مختلف است:

الف) جداسازی گاز و مایع: عبارتست از جداسازی جزء یا اجزائی از فاز گاز توسط فاز مایع (جذب)

ب) استریپینگ: عبارتست از تماس دو فاز مایع و گاز و انتقال جزء یا اجزائی از فازها به مایع.

ج) extraction. liq-liq: جداسازی مایع و مایع یعنی انتقال اجزائی از فاز مایع به فاز دیگر مایع.

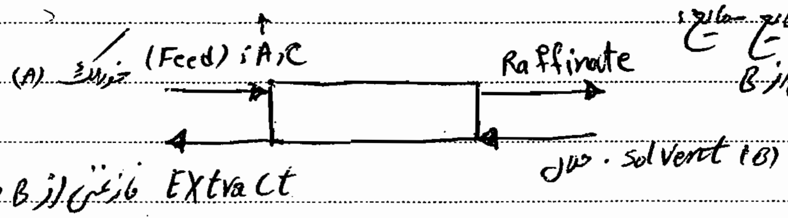
آنچه که ما در این بخش در مورد آن صحبت می‌کنیم استخراج مایع و مایع یعنی انتقال از یک مایع به مایع دیگر است.

اختلاط دو مایع سه حالت کلی را شامل می‌شود: ۱. کاملاً قابل امتزاج: دو مایع پس از اینکه روی هم ریخته می‌شوند بصورت یک محلول یکنواخت درمی‌آیند و نمی‌توان آنها را جداگانه از هم تشخیص داد.

۲. نسبی قابل امتزاج ۳. غیر قابل امتزاج. استخراج مایع-مایع در شرایط غیر قابل امتزاج در مخلوط ۲ جزء بررسی نمی‌شود است
که موضوع بحث عملیات را هم.

* آنچه تحت عنوان استخراج مایع - مایع از آن بحث می‌شود مربوط به نسبی قابل امتزاج و در مایع غیر قابل امتزاج است.

شکل کلی واحد عملیاتی استخراج مایع - مایع:



A: جزء حل کننده Carrier ، C: solute جزء منتقل شده.

معمولاً فورفورال که شامل A و C است تازه‌کار است و حلال تازه آن می‌باشد.

** معمولاً هنگامی از استخراج مایع ـ مایع استفاده می‌کنیم که از نظر عملیاتی از نظر استفاده از روش‌های دیگر محدودیت داشته باشیم و یا اینکه این روش مقرون به صرفه‌تر باشد.

انتخاب حلال: در انتخاب حلال مناسب جهت جداسازی مایع ـ مایع عوامل تأثیرگذاری دارند از جمله:

1- selectivity گزینش‌پذیری:
$$\beta = \frac{(y_C/x_C)}{(y_A/x_A)} = \left(\frac{y_C}{y_A}\right)\left(\frac{x_A}{x_C}\right)$$

y_A و y_C جزء مولی اجزاء A و C در extract و x_A و x_C درصد مولی اجزاء در Raffinate.

حلالی خوب و مناسب است که تنها یک جزء خاص (C) را جذب کند و جدا نماید و مقدار کمتری از A را در خود وارد کند.

یعنی هرچه y_C بالاتر باشد مطلوب است و به تبع آن x_C نیز کوچکتر می‌شود پس β بزرگ می‌شود

در طول یک واحد عملیاتی β تغییر می‌کند در برخی نقاط β بزرگ است و حلال بسیار مناسب بوده و خوب عمل کرده است و در برخی نقاط β کوچک است یعنی حلال چندان خوب کار نکرده است.

β در liq liq همچون ضریب فراریت نسبی در سیستم‌های گاز ـ مایع تعریف می‌شود.

۲- ضریب توزیع "Distribution Coefficient" که به $m = \frac{y_C}{x_C}$

K-value تعریف شده است. هرچه m بزرگتر باشد یعنی C بیشتر در حلال جذب شده و حلال مناسب است.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

۳- solvency : بیان کننده‌ی میزان انحلال حلال در خوراک است. هرچه کمتر باشد بهتر است چون
دیگر نیازی به جداسازی حلال از فاز Raffinate نیست و مصرف حلال کاهش می‌یابد. اگر solvency
زیاد باشد بایستی حلال را از فاز R جدا کرد و این هزینه‌ها را افزایش می‌دهد.

۴- Recovery : حلال بایستی به گونه‌ای باشد که بتوان براحتی آن را از فاز E جدا کرده و بازیابی
نمود و دوباره وارد فاز solvent نمود. هر قدر حلال راحتتر و کمتر بازیابی شود بهتر است و در این صورت میزان
مصرف حلال کاهش می‌یابد.

۵- avalibility : در دسترس بودن : حلال مورد استفاده بایستی براحتی در دسترس باشد و بتوان
آن را تهیه کرد. وقتی که یک plant طراحی شود بر مبنای بکارگیری حلال خاص است و اگر حلال نباشد یعنی
در دسترس نباشد کل واحد عملیاتی (Plant) از کار افتاده می‌خوابد.

۶- قیمت : در صنایع استراکشن در دسترس بودن حلال مهم‌تر از قیمت آن است.

۷- سمیت ۸- اشتعال پذیری ۹- اختلاف دانسیته ۱۰- کشش بین سطحی

* هرچه اختلاف دانسیته بیشتر باشد بهتر است:

(۱۰) کشش بین سطحی : بیانگر نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی و نیروهای بین مولکولی در یک مایع است. هرچه کشش بین

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

سطحی بیشتر باشد مولکولهای مایع کمتر شکسته می‌شوند و میل به ائتلاف بیشتر می‌شود و بیشتر ائتلاف رخ می‌دهد.

* اگر کشش بین سطحی حلال کم باشد مولکولهای حلال خیلی شکسته می‌شود و ریز می‌شوند قطره‌های حلال خیلی پراکنده می‌گردد

* در ستون ضربه‌ای سینی‌دار و این ممکن است باعث طغیان و تغییر جهت انتقال جرم بشود که این نامطلوب است

بین هرچه کشش بین سطحی بیشتر باشد بهتر است ولی کشش زیاد باعث می‌شود که شکست مولکولی خیلی کاهش یابد و

بدین ترتیب سطح انتقال جرم و میزان انتقال جرم نیز کم شود.

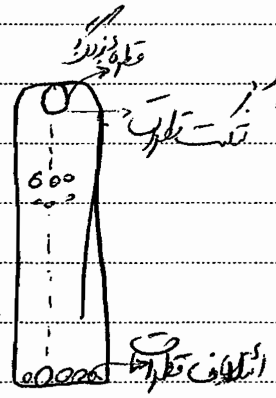
نتیجه: σ بزرگتر باشد شکست مشکل و ائتلاف راحتر است زیرا size قطرات بزرگتر است.

اکنون این سوال پیش می‌آید که شکست بهتر است یا ائتلاف؟ شکست خیلی مزیت دارد از جمله اینکه سطح انتقال جرم را

افزایش می‌دهد باعث افزایش تلاطم در سیستم می‌شود سبب میزان انتقال جرم افزایش می‌یابد. ولی اگر پدیده شکست خیلی

رخ دهد قطرات بیش از اندازه کوچک می‌شوند و توانایی حرکت رو به پایین (بالا) را ندارند و همراه فاز مداوم به بالا حرکت دارند

می‌شوند و بدین ترتیب محصول نامطلوب بوده و درصد خلوص آن کاهش می‌یابد.



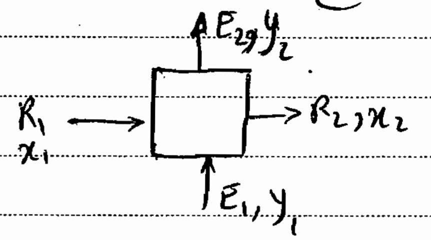
واحدهای عملیاتی استخراج مایع - مایع

واحدهای عملیاتی دو نوع‌اند: مرحله‌ای و دیفرانسیلی . و

واحدهای دیفرانسیلی عبارتند از: Packed (پرشده) - RDC - SPRY (پاشنده)

واحدهای مرحله‌ای عبارتند از: میکسر ستلرها ، سینی دار (ناودانی)

- بررسی واحدهای عملیاتی استخراج مایع - مایع برای دو فاز غیرقابل امتزاج:



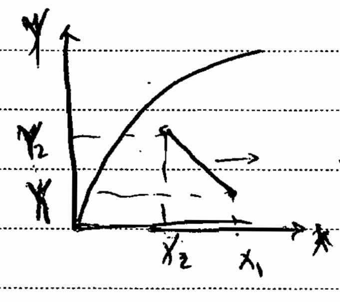
a) یک مرحله‌ای تماس

$$R_s = R_1(1-x_1) = R_2(1-x_2)$$

$$E_s = E_1(1-y_1) = E_2(1-y_2)$$

$$R_s x_1 + E_s y_1 = R_s x_2 + E_s y_2$$

$$-R_s(X_2 - X_1) = E_s(Y_2 - Y_1) \Rightarrow \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{-R_s}{E_s}$$ خط عملیاتی داریم.

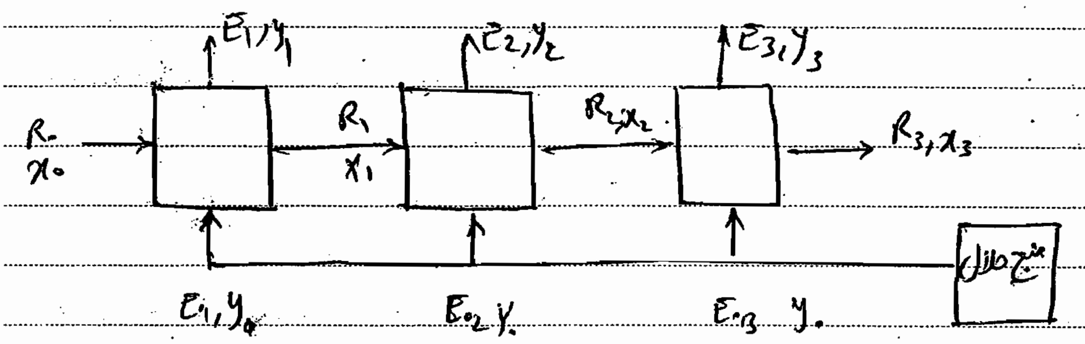


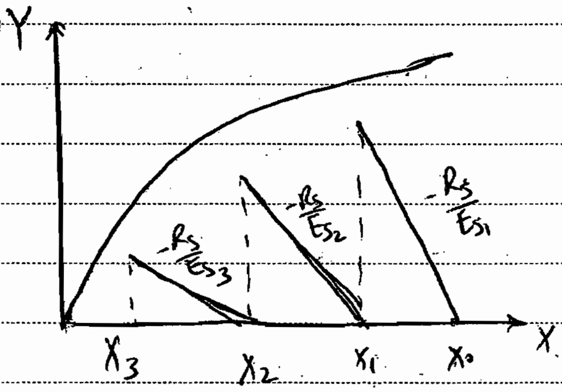
انتقال جرم از R به E رخ داده است.

$$\text{شیب} = -\frac{R_s}{E_s}$$

خط عملیاتی واحد باید تغییرات غلظت در طول واحد باشد.

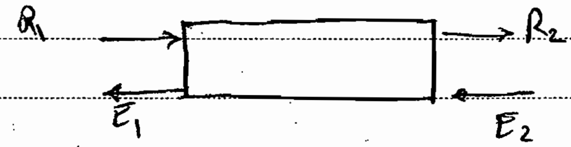
b) مجموعه چند مراحل متقاطع (مسیر تیرها، که هر مسیر تماس یک مرحله متقاطع می باشد)





شیب خط عملیاتی هر مرحله $-\frac{R_s}{E_{si}}$ می باشد.

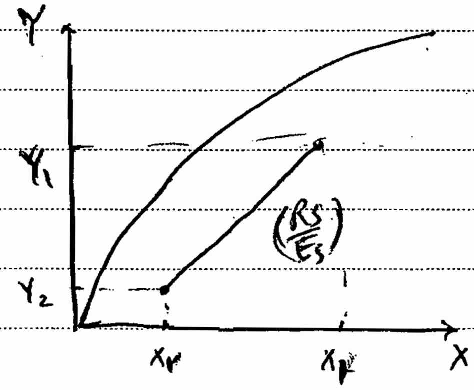
c- یک مرحله‌ای موازی غیر همسو: این ... extra ... به کار می رود



$$R_1 + E_2 = R_2 + E_1$$

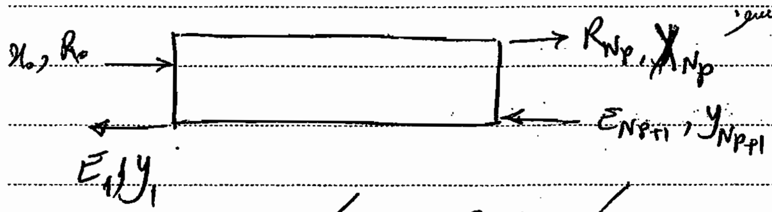
$$R_s X_1 + E_s Y_2 = R_s X_2 + E_s Y_1 \qquad R_s(X_2 - X_1) = E_s(Y_2 - Y_1)$$

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{R_s}{E_s}$$

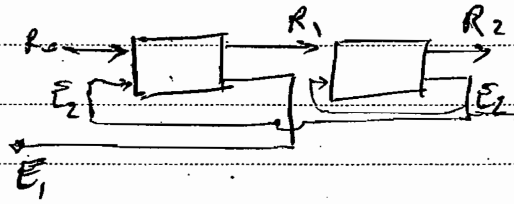


Subject:
Year. Month. Date. ( )

c) مجموعه مراحل موازی غیر همسو



در مجموعه مراحل غیر همسو و موازی، هر مرحله در اصل یک مرحله متقاطع است که به صورت



همسو موازی نشان داده می‌شود. بین خط عمل هر مرحله

به صورت $\dfrac{Y_{i+1}-Y_i}{X_{i+1}-X_i} = \dfrac{-R_s}{E_s}$ برابر است

خط عمل کلی متفاوت است:

$$R_0 X_0 + E_{Np+1} Y_{Np+1} = R_{Np} X_{Np} + E_1 Y_1$$

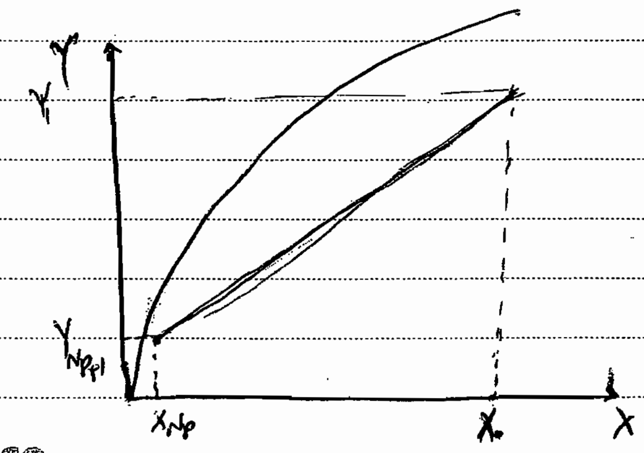
انتقال جزء از R به E داریم پس

$$R_s X_0 + E_s Y_{Np+1} = R_s X_{Np} + E_s Y_1$$

$X_0 > X_{Np}, \quad Y_{Np+1} < Y_1$

$$R_s (X_0 - X_{Np}) = E_s (Y_1 - Y_{Np+1})$$

$$\frac{Y_1 - Y_{Np+1}}{X_0 - X_{Np}} = \frac{R_s}{E_s} \rightarrow$$ منحنی خط عمل کلی ستون ***



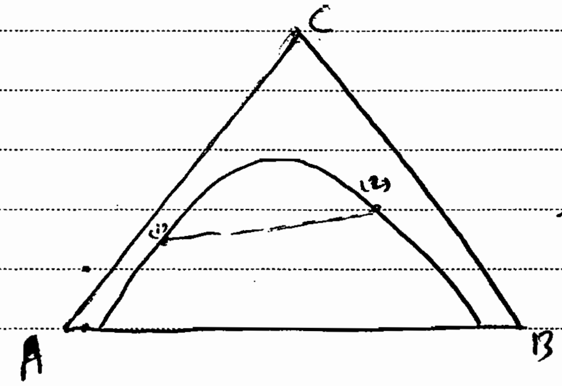
به تعریف تعادل مثلثی:

فرض کنید به سیستم تولوئن (C) ، اسید استیک (B) و آب (A) را داشته باشیم. مقادیری از این سه ماده را مخلوط کرده خوب به هم بزنیم، سپس سیستم را رها کنیم تا دو فاز که در آن جداگانه تشکیل شود. اکنون در هر یک از فازها می توان درصد اجزاء را یافت. این نقطه یک نقطه تعادلی است که دو فاز جدا و در حال تعادل تشکیل شده بود.

فاز غنی از A (ماده آبی) را Raffinate و فاز غنی از B (آلی) را extract گوییم.

Raffinate A	Raffinate B	Raffinate C	Extract A	Extract B	Extract C	
						غلظت اجزاء فاز E را با y_A ، y_B ، y_C
/۹۱	/۰۲	/۰۷	/۰۵	/۹	/۰۵	
/۸۷	/۰۳	/۱	/۰۷	/۸۵	/۰۸	نشان می دهیم و غلظت اجزاء در
۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۱	۱	۱	۱	۱	۱	فاز R را با x_A ، x_B ، x_C
/۴۲	/۳	/۲۸	/۴۲	/۳	/۲۸	

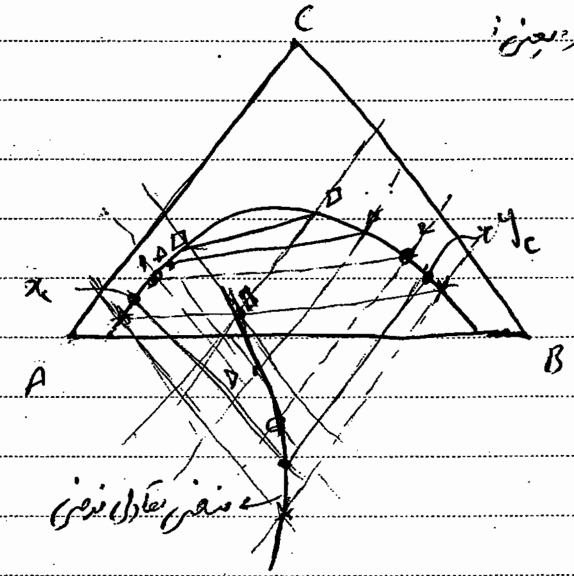
نشان می دهیم. C جزء منتقل شونده بین دو فاز می باشد.



هر خط tie که تعادل (۱) و (۲) را به هم وصل می کند نشان دهنده یک نقطه تعادلی است.

* نکته مهم: جهت میانیابی از منحنی (یعنی یافتن y متناظر با x) بایستی ابتدا یک منحنی تعادلی یاریگر را رسم

با کمک این رسم میانیابی در منحنی شکل را انجام داد یعنی:



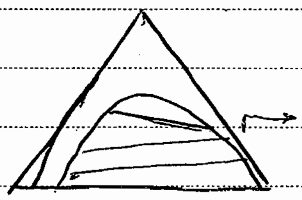
از نقطه ۱، خط موازی با BC رسم می‌کنیم و سپس

از نقطه ۲ نیز یک خط موازی ضلع AC

رسم می‌کنیم محل تلاقی این خطوط نشان دهنده

نقطه ۵ مشابه نقطه با tie عبوری از 1-2

می‌باشد. اکنون برای تعیین y_c مشابه نقطه x_c مورد نظر است. ابتدا از x_c خطی موازی با BC رسم کرده تا منحنی تعادلی فرضی را قطع کند و از این نقطه خطی موازی با AC رسم می‌کنیم تا منحنی مثلثی را قطع کند. این محل نشان دهنده y_c است.



این حالت از نمودار تعادلی مثلثی مانند آزئوتروپ است

بدین ترتیب که ابتدا yها بزرگتر سپس xها از yها بزرگتر می‌شوند:

Subject:
Year. ۸۷ Month. ۲ Date. ۲٤

دنباله فرا

تصویر تعادلی مثلثی: داده‌های تعادلی هستیم کلروبنزن (B) - پیریدین (C) - آب (A) را در ترسیم.

اکنون با توجه به این داده‌های تعادلی

	R: A	B	C	E: B	A	C
○	۹۹٫۹۲	٪۸	۰	۹۹٫۹۵	٪۰۵	۰
□	۹٤٫۸۲	٪۱۶	۵٫۰۲	۸۸٫۲۸	٪۶۷	۱۱٫۰۵
△	۸۸٫۷۱	٪۲٤	۱۱٫۰۵	۷۹٫۹	۱٫۱۵	۱۸٫۹۵
*	۶۳٫۰۵	۱٫۸۵	۳۶٫۱۰	۶۵٫۵۸	۳٫۸۵	۳۱٫۵۵
⊛	۱۳٫۲	۳۷٫۸	٤۹	۳۷٫۸	۱۳٫۲	٤۹

بعضی سوالات مطرح می‌شوند که

بعضی از آنها پرداخته شده است:

تقدیر ... و دقیقاً منفی شیب نقطه‌ی ... نشستند.

$\alpha_{1} = \frac{y_C/x_C}{y_A/x_A} = \frac{\cdot}{\cdot} * \frac{x_A}{y_A} = \frac{x_A}{y_A}$

۱. کدام یک فاز R و کدام یک فاز E است؟ فاز R غنی از A است و غنی از B است. و E (extract)

معلوم‌ترین B دارد که C را در خود حل کرده و مقدار کمی هم A دارد.

* C: جزء منتقل شونده بین دو فاز است ولی A و B نیز در دو فاز نفوذ کرده و انتقال جرم برای آنها نیز وجود دارد

و این اشکال است و هر چه نفوذ B در R کمتر باشد بهتر است در solvent پایین می‌آید.

۲. آیا با توجه به این اطلاعات می‌توان مشخص کرد که کدام یک از فازها پراکنده و دیگری مداوم است؟ تعیین فاز پراکنده بستگی

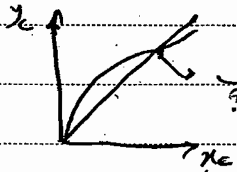
به مکانیسم انتقال جرم و جهت انتقال جرم دارد. انتقال جرم همواره از فاز پراکنده به مداوم صورت می‌گیرد.

البته دبی، ویسکوزیته و معیارهای ... می‌توانند باشند. ولی دلیل اصلی مکانیسم و جهت انتقال جرم است.

۳. در کدام ستون کدام یک از بالا به پایین و بر عکس حرکت می‌کند؟ این بستگی به دانسیته فازها دارد. هر کدام که

دانسیته کمتری داشته باشد در داخل یک ستون از پایین به بالا حرکت می‌کند.

۴- آیا می‌توان تشخیص داد که یک سیستم‌های مایع-گاز دارای آزئوتروپ است یا نه؟ بله با رسم داده‌های تعادلی x_c بر y_c رسم کرد و از روی آن تشخیص داد.



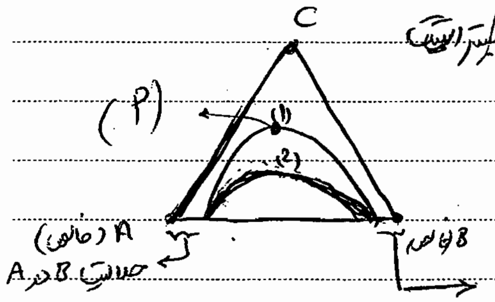
۵- آیا حلال مناسب است یا نه؟ توضیح دهید. برای تعیین اینکه آیا حلال مناسب است یا نه باید چه چیزی را بررسی کرد؟

از داده‌های تعادلی β را تعریف کرده و مقدار آن را یافت. $\beta = \frac{(y_c/x_c)}{(y_A/x_A)}$ (ضریب پخش C در حلال / ضریب پخش A در حلال) β معرف گزینش‌پذیری حلال است. هرچه β بزرگتر باشد حلال بهتر است و عملکرد بهتری در عمل استخراج داشته است. با این تعریف β در برخی از نقاط بسیار ممکن است کم شود و در برخی مقاطع دیگر خیلی بزرگ باشد یعنی در برخی مقاطع عملکرد خوبی نداشته است.

برای داده‌های اول، چون x_c و y_c صفر مطلق هستند، $y_c/x_c \equiv 1$ در نظر می‌گیریم

⊛	*	△	□	○
۱	۱۹٫۰۳	۱۳۴٫۲۹	۳۰۱٫۵	۱۹۹۸

!!! نکته: β را باید در محدوده عملیاتی بررسی کنیم چون شدیداً تابع محدوده عملیاتی است.



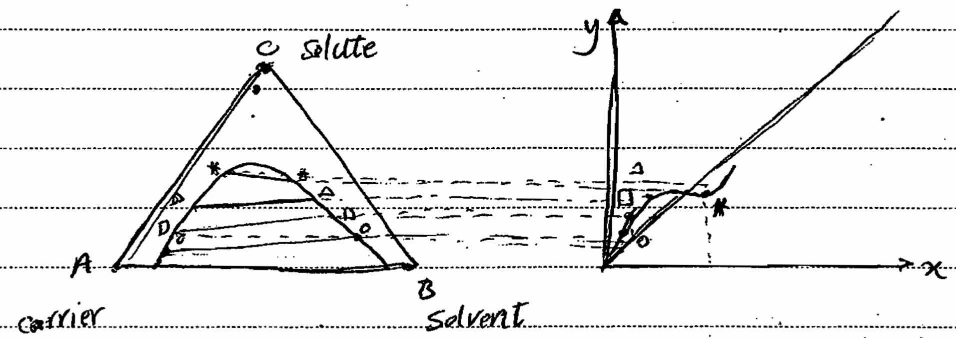
رسم داده‌های تعادلی. در منحنی تعادلی (1) حلالیت C بیشتر است نسبت به منحنی تعادلی (2)

* نکته: P نقطه‌ای که دو فاز E و R به یکدیگر می‌رسند و Plate Point گوییم و در نقطه تک فازی و دو فازی است.

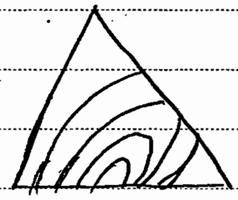
از این نقطه دو فاز کاملاً متعادل و جدا از هم E و R داریم ولی در نقطه Plate دو فاز به یکدیگر می‌رسند و به یک فاز تبدیل می‌شوند. بین E,R یک منحنی همگن واحد شکل می‌دهند.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

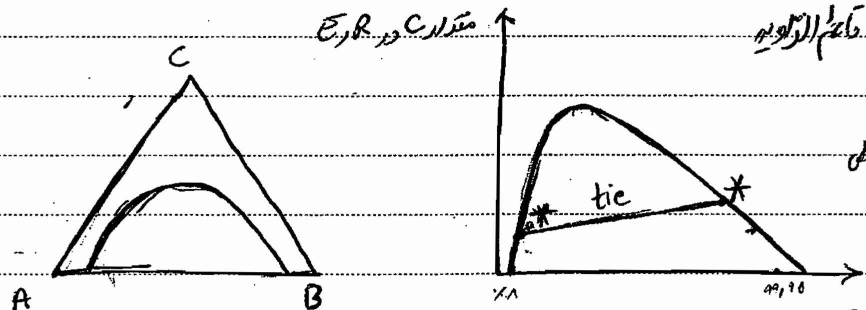
انواع تصاویر تعادلی در extraction: ۱ مثلثی متساوی‌الاضلاع ۲ تعادلی x و y ۳ رسم تصویر تعادلی مثلث قائم‌الزاویه



نکته: اگر سیستم دو جزئی نسبی قابل امتزاج باشد تصویر تعادلی به صورت زیر خواهد شد.

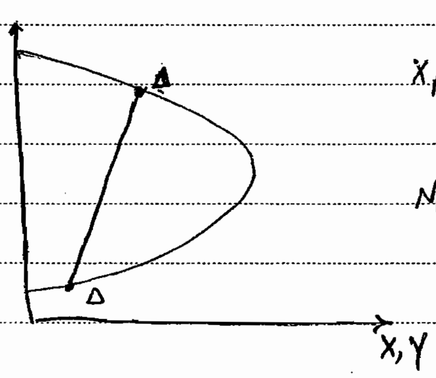


تصویر تعادلی مثلث قائم‌الزاویه



این خط، خط تعادلی بین دو فاز R و E است.

تصویر تعادلی جنیک



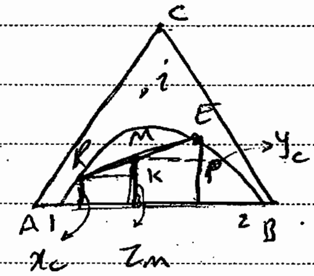
$$X_R = \left(\frac{m_C}{m_C + m_A}\right)_R \ (kg)$$

$$N_R = \left(\frac{m_B}{m_A + m_C}\right)_R$$

$$Y_E = \left(\frac{M_C}{M_C + M_A}\right)_E , \quad N_E = \left(\frac{M_B}{M_B + M_A}\right)_E$$

نسبت وزنی C در مخلوط عاری از حلال در فاز E

نکته ۱: در مورد خطوط ... مایع - مایع نیز قانون اهرم ها صادق است. یعنی اینکه اگر مخلوط R با جزء مولی x_R و مخلوط E با جزء مولی y را با یکدیگر مخلوط کنیم، مخلوط حاصل M می شود با جزء مولی Z_m به طوری که:



$$\frac{R}{E} = \frac{ME}{RM}$$

$R + E = M$ بیلان کلی

$R.x + Ey = M(Z)$ بیلان جزئی

$$Rx + Ey = (R+E)Z_m \Rightarrow (Z_m - x)_R = E(y - Z_m)$$

$$\frac{R}{E} = \frac{y_c - Z_m}{Z_m - x_c} = \frac{Ep}{MK} = \frac{ME}{RM}$$ قانون تشابه مثلث:

پس: $R \times \overline{Rm} = E \times \overline{ME}$

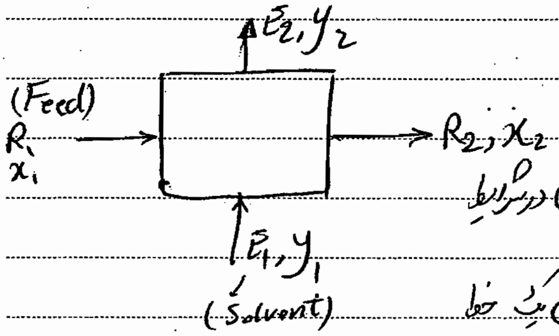
$$\checkmark \quad R(Z_m - x_c) = E(y - Z_m)$$

نکته ۲: هر نقطه خارج از منحنی مثل نقطه i یک فاز مخلوط همگن و یکنواخت پایدار است و یک فازی است.

هر نقطه مانند M زیر منحنی نشان دهنده یک نقطه ناپایدار است که سریعاً به دو فاز جدا از هم R، E تبدیل می شود.

پس هر نقطه زیر منحنی ناپایدار و دو فازی است. و خطوط اتصال روی منحنی 1-RE-2 حد فاصل بین تک فازی و دو فازی اند.

واحدهای عملیاتی استخراج مایع و مایع و نحوه حل مسائل:



الف) یک مرحله متقاطع:

فرض می کنیم که واحد عملیاتی ایده آل است و جریان های آن در شرایط تعادلی اند. بین R_2 و E_2 یک نقطه تعادل اند و نقاط انتهایی یک خط tie روی منحنی شکل اند. برای حل مسائل ابتدا یکی از منحنی های تعادلی را رسم می کنیم.

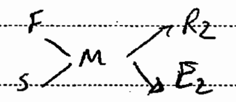
روش حل: ۱ـ رسم نمودار تعادلی مثلثی با توجه به داده های تعادلی

۲ـ تعیین موقعیت خوراک روی خط AC و موقعیت حلال را نیز تعیین می کنیم

از مخلوط کردن R_1 (F) خوراک و E_1 (حلال Solvent) در مرحله یک مخلوط جدید حاصل می شود (M) که این نقطه محل است که F و S در منحنی مثلثی روی یک خط راست قرار می گیرند.

۳ـ تعیین موقعیت نقطه M بین حلال و خوراک از طریق Z_m مساوی با

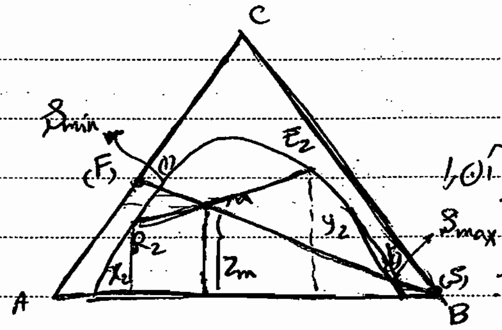
$$Z_m = \frac{F \cdot x_F + S y_S}{F+S} = \frac{R_1 x_1 + E_1 y_1}{R_1 + E_1}$$



۴ـ رسم خط tie عبوری از M بین F و S.

پس از اختلاط خوراک و حلال با یکدیگر مخلوط M تشکیل می شود که خود به R_2 و E_2 تبدیل می شود. پس با رسم خط tie عبوری از M می توان موقعیت R_2 و E_2 را یافت.

PAPCO



منحنی شکل تعیین کرد.

فرض می‌کنیم که حلال خالص باشد وگرنه با تغییر موقعیت آن را

تعیین کرد. خوراک شامل A و جزئی از B می‌باشد

اگر خط tie عبوری از F از S منحنی تعادلی مثلثی را قطع نکند

جداسازی ممکن نیست هر مقدار حلال مناسب نیست و اگر منحنی را قطع کند جداسازی صورت می‌گیرد.

نقطه (1) حداقل مقدار حلال و نقطه (2) حداکثر مقدار حلال را نشان می‌دهد. اگر مقدار حلال از S_{min} کمتر باشد حلال

به طور کامل در خوراک حل شده و سیستم تک فازی می‌شود و اگر حلال از S_{max} هم بیشتر شود خوراک به طور

کامل در حلال حل شده و سیستم تک فازی می‌شود. پس باید $S_{min} < S < S_{max}$ انتخاب بشود.

$$\begin{matrix} R_1 \\ E_1 \end{matrix} > M < \begin{matrix} R_2 \\ E_2 \end{matrix}$$

گفتیم که قانون اهرم‌ها در مورد استخراج مایع-مایع نیز صادق است و اثبات کردیم که:

$$\frac{R}{E} = \frac{\overline{ME}}{\overline{RM}}$$

با توجه به همین نتیجه می‌توان گفت که:

$$F + S \to M \qquad F \; \text{———} \; M \; \text{———} \; S$$

$$\frac{F}{S} = \frac{\overline{Fm}}{\overline{MS}} \Rightarrow F \cdot \overline{Fm} = S \cdot \overline{MS}$$

$$F \cdot \overline{FM}_1 = S \cdot (\overline{SM})_1 \Rightarrow S_{min} = F \cdot \frac{\overline{Fm_1}}{\overline{MS_1}}$$ کمترین مقدار حلال

$$S_{max} = F \cdot \frac{\overline{Fm_2}}{\overline{MS_2}}$$ بیشترین مقدار حلال

نجار اقدام

در استخراج ۷-۴ و ۷-۸ یک ماتریس شیری بیان کننده‌ی یک مرحله‌ی متقاطع می‌باشد. فرض می‌کنیم که خوراک شیرین

بین دو جسم مخلوط مایع حاوی جزء خالص باشد. و ویژگی‌های خوراک اعم مقدار R_1 و X_1 معلوم می‌باشند

و قصد داریم توسط حلال که مقدار آن مشخص است جداسازی را انجام دهیم. اکنون اولین سوال که پیش

می‌آید این است که حداقل مقدار حلال چقدر است؟ دوم اینکه مقادیر خروجی چه قدر هستند؟

نحوه‌ی حل: ۱- ابتدا اطلاعات تعادلی مثلثی را رسم می‌کنیم ۲- موقعیت F و S را با توجه به x و y تعیین می‌کنیم

خط tie عبوری از F و S را رسم می‌کنیم

۳- حداقل مقدار حلال را همانطور که گفته شد حساب می‌کنیم

حداقل مقدار * ضریب P = مقدار حلال

۴- تعیین موقعیت واقعی M

۵- رسم خط tie عبوری از M و تعیین R_2 و E_2

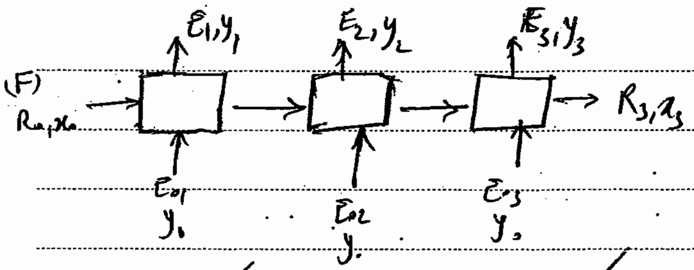
راندمان یک مرحله‌ی متقاطع:

$$\text{راندمان} = \frac{X_1 - X_2^{act}}{X_1 - X_2^{ideal}}$$

با داشتن راندمان می‌توان X_2^{act} واقعی را پیدا کرد و محل آن روی خط AC تعیین کرد و به M وصل نمود و با منحنی

مثلثی قطع کرده موقعیت E_2^{act} را تعیین کنیم.

مجموعه مراحل متقاطع:



برای حل مسئله ابتدا نمودار تعادلی مثلثی یا قائم الزاویه را رسم می‌کنیم با توجه به داده‌های تعادلی که در صورت مسئله موجود است. در حقیقت خوراک را با توجه به x_F روی نمودار تعادلی نشان می‌دهیم. موقعیت حلال را نیز تعیین می‌کنیم که حلال اگر خالص باشد در نقطهٔ B قرار می‌گیرد و اگر نباشد و مقداری A و C داشته باشد در نقطه‌ای نزدیک B داخل مثلث محل آن را تعیین می‌کنیم. اگر مقدار حلال مشخص نباشد ابتدا حداقل آن را یافته در ضریب مربوطه مقدار واقعی آن را تعیین می‌کنیم. F را به B وصل کرده و سپس محل M_1 را با توجه به رابطهٔ

$$Z_{M_1} = \frac{R_0 x_0 + E_{01} y_0}{R_0 + E_{01}}$$

روی خط واصل B به F تعیین می‌کنیم.

$M_1 = R_0 + E_{01}$

$Z_{M_1} \cdot M_1 = R_0 x_0 + E_{01} y_0$

اکنون خروجی‌های تعادلی E_1 و R_1 هستند که در واقع روی خط tie عبوری از M_1 هستند. پس با توجه به داده‌های تعادلی و موقعیت M_1 می‌توان tie عبوری را از آن رسم کرد. برای رسم خط tie عبوری از M_1 دو راه وجود دارد: یکی اینکه خطوط tie ای که در کناره‌های یا اطراف نقطهٔ M_1 می‌گذرند را رسم کنیم و بین آنها تقریبی خطی را رسم کنیم که از M_1 بگذرد. دوم اینکه منحنی تعادلی x, y را رسم کنیم یک نقطه را حدس بزنیم و سپس tie عبوری از این نقطه را روی نمودار تعادلی رسم کنیم. این حدس و خطا را آنقدر

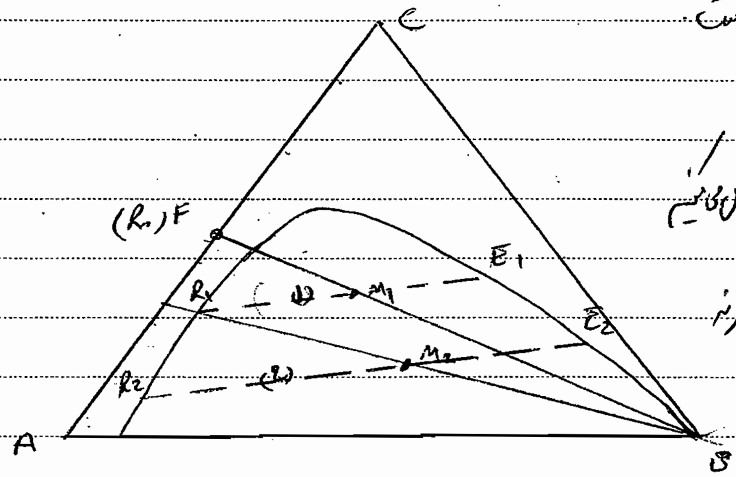
فرض می‌کنیم که tie حاصل از M_1 بگذرد. این روش طولانی است و برای امتحان توصیه نمی‌شود ولی روش خیلی دقیق جهت تعیین موقعیت R_1 و E_1 می‌باشد.

اکنون با توجه به موقعیت R_1 و E_1 می‌توان x_1 و y_1 را خواند سپس مقدار دبی‌های خروجی E_1 و R_1 را تعیین کرد یعنی:

$$\left.\begin{aligned} Z_{M_1} M_1 &= R_1 x_1 + E_1 y_1 \\ M_1 &= R_1 + E_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow R_1, E_1 \checkmark$$

خروجی‌های مرحله اول.

حلالیت A در B خیلی کم است.



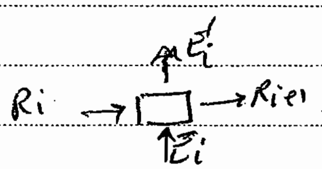
اکنون برای مرحله دوم نیز اینگونه عمل می‌کنیم

با این تفاوت که محل M_2 تغییر می‌کند و ...

کلیه روابط مراحل i ام از مرحله دوم از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$Z_{M_2} = \frac{R_1 x_1 + E_0 y_0}{R_1 + E_{02}}$$

$$Z_{M_i} = \frac{R_i x_i + E_i y_i}{R_i + E_i} \qquad M_i = R_i + E_i$$



Subject:
Year.   Month.   Date.   ( )

نکته و تذکرات مهم: مسئله دوم خروجی R_1 است که در مرحله اول بدست می‌آید و حلال خالص است. که با توجه به اطلاعات مسئله موجود است. پس بدین ترتیب می‌توان Z_{m_2} را یافت:

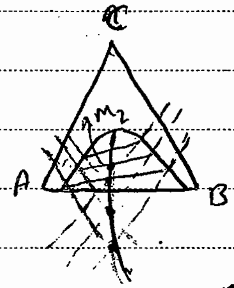
$$Z_{m_2} = \frac{R_1 x_1 + E_{0,2} y_0}{R_1 + E_{0,2}}$$

از نقطه R_1 به B وصل می‌کنیم و با توجه به Z_{m_2} محل M_2 را روی خط R_1B تعیین می‌نماییم.

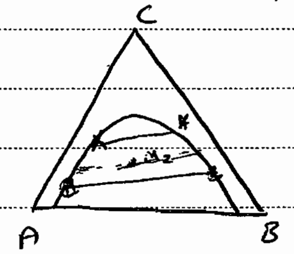
مجدداً به سراغ داده‌های تعادلی رفته و x_2 و y_2 ای را می‌یابیم که خط واصل آنها، tie عبوری از M_2 باشد و بدین ترتیب R_2 و E_2 را می‌یابیم.

توضیح رسم خط tie عبوری از M_2 از طریق دو روش:

روش 1: روش استفاده از منحنی y-x که با توجه به خطوط موازی اضلاع مثلث تعیین می‌شود. بدین ترتیب که ابتدا این منحنی را یافته و سپس نقطه روی آن را در نظر می‌گیریم و محل آن را روی منحنی تعیین می‌کنیم، tie عبوری از آن را رسم می‌کنیم اگر از M_2 عبور کرد همان نقطه مورد نظر ماست. اگر نه این کار را مجدداً تکرار می‌کنیم.



روش 2: با توجه به داده‌های تعادلی دو خط tie عبوری از بالا و پایین (M_2) آن را رسم کرده و بین آنها یک خط tie عبوری به صورت تقریبی و میانی عبور می‌دهیم که از M_2 بگذرد.



PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )

* در حل مسائل مجموعه مراحل متقاطع (مکابه-تیلرها) بطور کلی دو سوال اساسی وجود دارد:

1- مقدار x_n (کسر مولی نهایی) وجود دارد. می خواهیم بدانیم که پس از چند مرحله به این x می‌رسیم. به روش گفته شده در صفحات پیش عمل می‌کنیم تا جایی که x صورت‌تحلیل مانند x_n کوچکتر شود.

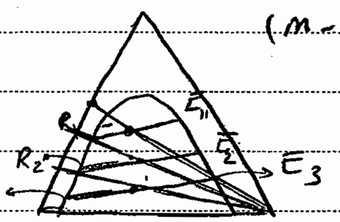
۲- تعداد مراحل را داریم می‌خواهیم x نهایی را پیدا کنیم.

تذکر نهایی: اگر مراحل ایده‌آل نباشند بایستی در هر مرحله بازده را اعمال کرد و بر اساس مقادیر واقعی در آن مرحله کار کرد. ؟؟؟ در نهایی باشد در پیچ از هر مرحله مقدار نهایی از مقدار مشخص کمتر تا
مراحل بعدی را ادامه داد.
آیا همچون اطلاعات هیچ کاری کنیم.

*** اگر پس از m مرحله مقدار x_m خروجی از x نهایی متعلق کوچکتر باشد بایستی تعداد مراحل را به زیر بیابیم:

x نهایی متعلق

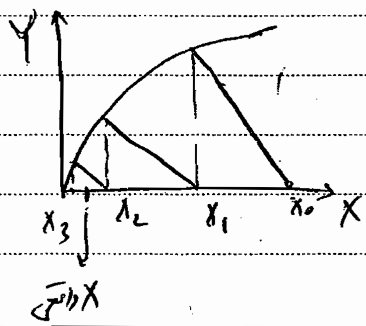
$$(m-1)+\frac{x_{m-1}-x_f}{x_{m-1}-x_m}$$



فرض کنیم که $x_3=\%1$ و $x_2=\%22$ و x نهایی مثلاً $\%15$ باشد پس تعداد مراحل عبارتست از:

$$2+\frac{\%15-\%1}{\%22-\%15}=2+\frac{\%5}{\%7}=2{,}71$$ مراحل ایده‌آل

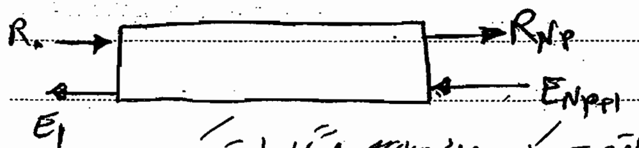
شبیه انتقال جرم عمل می‌کنیم:



$$\text{مراحل}=2+\frac{x-x_2}{x_3-x_2}=2.71$$

P4PCO

* مجموعه مراحل موازی غیر همسو *



در یک مجموعه موازی غیر همسو هر مرحله در واقعیت یک مرحله متقاطع است که

به صورت موازی و همسو نشان داده می‌شود $x_0 = x_F$, $y_s = y_{N_P+1}$

بیلان کلی: $\overset{F}{R_0} + \overset{S}{E_{N_P+1}} = E_1 + R_{N_P} = M$

$$F x_F + S y_s = M z_m \Rightarrow z_m = \frac{F x_F + S y_s}{F+S}$$

در حالت کلی برای یک مجموعه موازی غیر همسو بین ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌توان از قانون اهرم‌ها استفاده کرد چون M بین F و S و نیز بین R_{N_P} و E_1 می‌باشد.

بیلان جرم برای هر مرحله: $R_{i-1} + E_{i+1} = R_i + E_i$

تعریف نقطه تفاضل P: $R_1 + E_3 = E_2 + R_2 \Rightarrow R_1 - E_2 = R_2 - E_3 = P$

$P = R_0 - E_1 = R_{N_P} - E_{N_P+1}$

طبق قانون اهرم‌ها نقطه P و $\overset{(F)}{R_0}$, E_1 و همچنین R_{N_P} , S روی یک خط قرار دارند.

همچنین برای کلیه مراحل دیگر مثلاً مرحله i ام داریم: $P = R_{i-1} - E_i = R_i - E_{i+1}$

* نقطه P مانند نقطه تفاضل در روش ناهمسو می‌باشد.

* نحوه حل مسائل مجموعه مراحل موازی و غیر همسو

۱. اولین کار رسم منحنی تعادلی مثلثی است که اطلاعات لازم برای رسم آن موجود است.

* دبی خوراک (F) و R و مقدار جزء منتقل شونده در خوراک (x_F) و نیز x_{Np} و y_{Np+1} (y_s) موجود و جزو اطلاعات مسئله است. ما پیمانی داریم با دبی F که شامل x_F٪ جزء خاص است، جهت جداسازی این خوراک (مثلاً ۴۰٪) با حلالی است به دبی S (که ممکن است نامعلوم باشد) و y_s تا x_{Np}٪ (مثلاً ۵٪) باشد تعداد مراحل را بیابید.

اگر مقدار حلال معلوم نباشد بایستی ابتدا S_{min} را یافت سپس آن را در ضریبی ضرب کرده تا مقدار واقعی S را بیابیم.

۲. تعیین موقعیت خوراک با توجه به x_F روی خط AC و نیز تعیین موقعیت حلال.

۳. از نقطه خوراک (F) به محل حلال (B) نقطه وصل می‌کنیم و موقعیت M را روی خط FB با توجه به رابطه

$$Z_M = \frac{F x_F + S.y_s}{S+F}$$

مشخص می‌کنیم.

۴. محل R_{Np} را با توجه به x_{Np} روی منحنی تعادلی معین می‌کنیم. با توجه به قانون اهرم‌ها و رابطه $M=R_{Np}+E_1$ موقعیت E_1 را مشخص می‌کنیم چون M بین R_{Np} و E_1 نیز هست.

۵. با توجه به موقعیت E_1 و مقدار y_1 از داده‌های تعادلی x_1 و محل R_1 را تعیین می‌کنیم.

۶. خطوط $F-E_1-P$ و $P\,R_{Np}\,E_{Np+1}$ را رسم می‌کنیم تا یکدیگر را قطع کنند این نقطه P یا نقطه تفاضل است.

PAPCO

۷- با توجه به رابطه $P = R_1 - E_2$ در قانون اهرم‌ها R_1 بین P و E_2 است. از P به R_1 وصل کرده ادامه می‌دهیم تا منحنی تعادلی را قطع کند این نقطه E_2 است. از داده‌های تعادلی x_2 متناظر با y_2 را می‌یابیم محل R_2 مشخص می‌شود. مجدد ~~x~~ از P به R_2 متصل کرده، ادامه می‌دهیم تا E_3 را تعیین کنیم و همین ترتیب ادامه می‌دهیم. تا x نهایی از x_{Np} کوچکتر شود. بدین ترتیب تعداد مراحل بدست می‌آید.

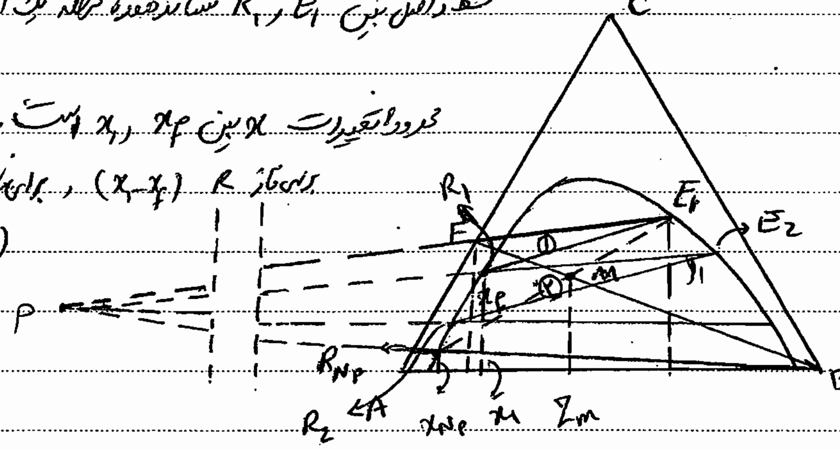
* تذکر: نشان می‌کنیم که خروجی‌های هر مرحله در حال تعادل با یکدیگر باشند یعنی E_1 و R_1 دو سر یک tie line که روی منحنی $n-y$ یک نقطه را نشان می‌دهند.

* هم اگر مقدار خوراک خیلی زیاد باشد جریان تفاضل از پایین منحنی خارج می‌شود و نقطه تفاضل P سمت چپ منحنی قرار می‌گیرد.

اگر مقدار حلال زیاد باشد جریان تفاضل از بالا خارج می‌شود و نقطه P سمت راست منحنی تعادلی قرار می‌گیرد.

خط واصل بین E_1 و R_1 نشان‌دهنده مرحله یک است که

محدوده تغییرات x بین x_p و x_1 است. (منطقه عملیاتی است) برای فاز R (x_1-x_p) و برای فاز E بین (y_2, y_1)



Subject:
Year. Month. Date. ( )

** اگر مقدار حلال زیاد باشد و بیشتر از R_{Np} زیاد بوده و R_1 و R_2 خیلی به هم نزدیک باشند و از R_{Np} فاصله زیادی داشته باشند

تعداد مراحل افزایش می‌یابد و در این صورت کار کردن روی منحنی مثلثی مشکل است و در این صورت کار را روی

تصویر $x-y$ انجام می‌دهیم. در این شرایط فاصله نقاط E_1 و E_2 ... خیلی به هم نزدیک می‌شود.

دستیابی به تعداد مراحل از طریق تصویر تعادلی $x-y$

ابتدا کار را با تصویر مثلثی شروع می‌کنیم بدین ترتیب که ابتدا تصویر را رسم کرده و سپس تصویر $x-y$ متناظر آن

را رسم می‌کنیم و منحنی تعادلی را مشخص می‌نماییم. سپس روی تصویر مثلثی از F به S وصل کرده و سپس موقعیت

M را معین می‌کنیم. از R_{Np} به M وصل کرده و E_1 مشخص می‌شود. خطوط FE_1P و $R_{Np}E_{Np+1}P$ را رسم کرده

تا نقطه P (محل تقاطع خطوط) حاصل شود. اکنون از P چند خط دلخواه رسم می‌کنیم تا تصویر را قطع کند

"روش کار"

* با توجه به اینکه نقاط روی منحنی عملیاتی در هر مرحله (مثلاً R_1 و E_2 برای مرحله اول) می‌توان مختصات

نقاط R_i و E_{i+1} را به تصویر xy منتقل کرده و منحنی عملیاتی را تعیین کرده و سپس با روش افقی

- عمودی تعداد مراحل را می‌یابیم.

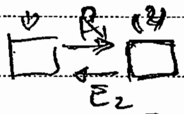
روش دوم: روش بهتر برای دستیابی به منحنی عملیاتی کل سطوح

اگر از نقطه P خطوطی را رسم کنیم که تصویر مثلثی را قطع کنند نقاط تقاطع خطوط دلخواه و تصویر تعادلی مثلثی

نقاط بین سینی‌ها را نشان می‌دهد. چون بین دو سینی متوالی نقاط R_i, E_{i+1}

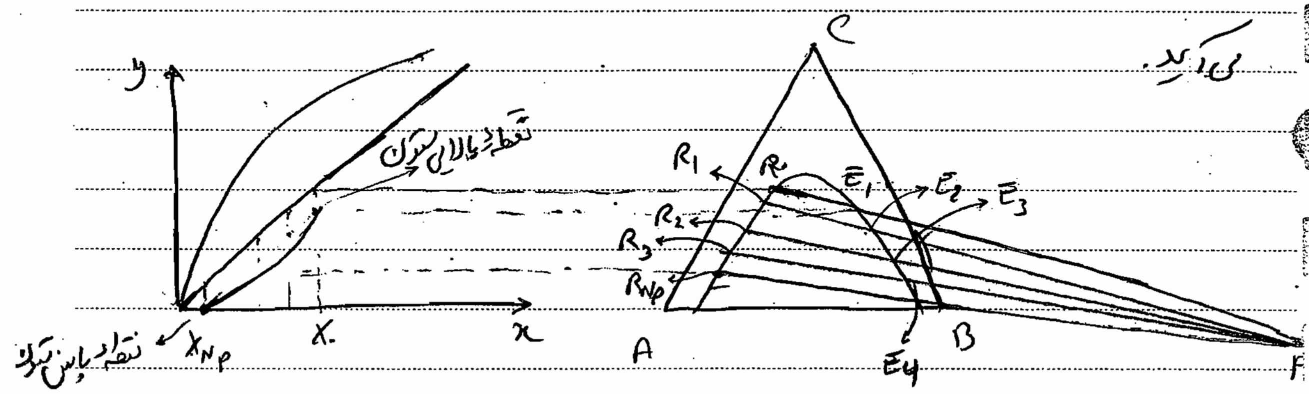
PAPCO

مثلاً برای سینی اول و دوم نقطه میانی R_1 و E_2 است.



و به همین ترتیب برای سینی های دیگر R_2, E_3 — R_3, E_4 و ... و R_{Np}, E_{Np+1}.

مختصات محل تلاقی ها به تصویر xy منتقل می کنیم و به یکدیگر وصل می کنیم، منحنی عملیاتی کل بدست می آید.

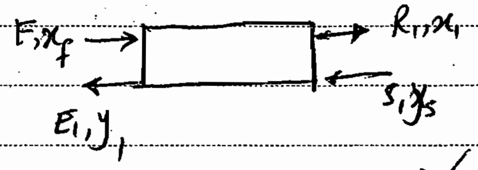


روی منحنی عملیاتی از $\frac{x_0}{y_2}$ به $\frac{x_1}{y_1}$ به جهت تصویر تعادلی می رویم ولی نقاط روی منحنی عملیاتی نقاط میانی سینی ها یعنی R_0, E_1 و R_1, E_2 و R_2, E_3 و ... می باشند. یعنی محل تقاطع خطوط دلخواه و تصویر تعادلی.

برای یافتن ارتفاع ستون از رابطه $Z = HETP \times N_p$ استفاده می کنیم.

به نام خدا

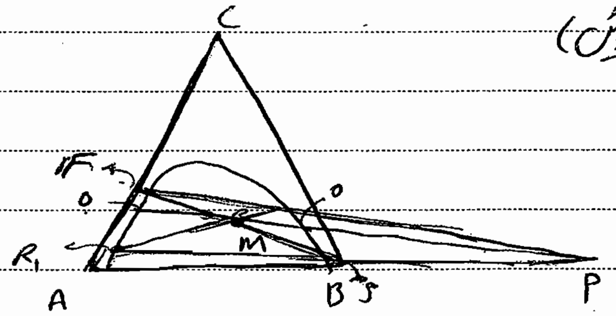
پ) یک مرحله متوالی و غیر همسو



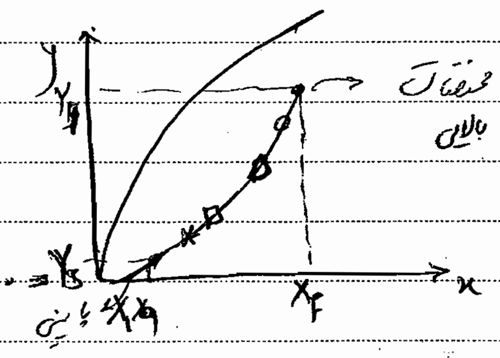
حساب: با دبی F و درصد x_F و x_1 و y_S نیز معلوم اند.

اولین کار رسم منحنی تعادلی مثلثی است. محل F و حلال را تعیین می کنیم.

از F به B وصل می کنیم و نقطه M را بدست می آوریم. خط tie عبوری از M و x_1 را رسم کرده محل E_1 (y_1) بدست می آید. برای تعیین نقطه P خطوط FE_1P و SR_1P را رسم کرده محل تقاطع P است. برای رسم منحنی عملیاتی می توانیم از P چندین خط فرضی رسم کرده محل تقاطع آن با منحنی مثلثی تعادلی فاصله بین نقاط داخل مرحله را نشان می دهد. این نقاط را به منحنی xy منتقل کرده منحنی عملیاتی این مرحله بدست می آید (مشابه صفحه پیش)



x	y
o	o
Δ	Δ
□	□
*	*



* دستیابی به حداقل مقدار حلال

ابتدا به تعیین تعادلی مثلثی را رسم می‌کنیم و موقعیت F (x_F)، حلال (Y_s) و R_{NP} را معین می‌کنیم

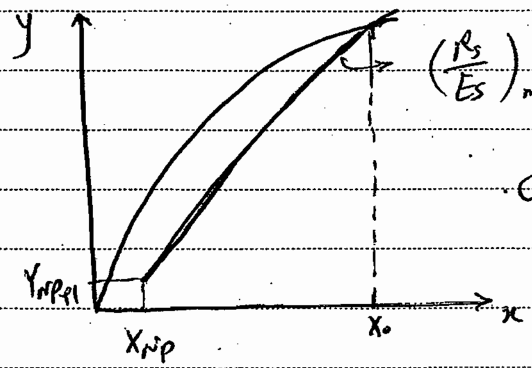
با توجه به این نکته که حداقل حلال جایی است که منحنی تعادلی و خط عملیاتی یکدیگر را قطع می‌کنند باید خط tie را از F عبور دهیم که امتداد آن P را قطع کند. یعنی این جا است که اگر از نقطه P به F وصل کنیم و آن را ادامه دهیم و منحنی مثلثی را قطع کنیم E_1 بدست می‌آید که این F، E_1 یک خط از منحنی عملیاتی است. اکنون اگر خط tie رسم کنیم که از F و امتداد P عبور کند این نقطه علاوه بر اینکه یک نقطه از منحنی عملیاتی است یک نقطه از منحنی تعادلی نیز هست و به این ترتیب P_{min} معین مشخص می‌شود

** برای رسم خط tie عبوری از F می‌توان دو خط tie بالا و پایین آن رسم کرد و به شکل تقریبی خط tie عبوری از F را تعیین کنیم. با مشخص شدن P_{min} و E_{min} می‌توان R_{NP} را به E_{min} وصل کرد و نقطه Z_m^{min} و m_{min} را تعیین کرد و از رابطه مقابل حداقل مقدار حلال S را بدست آورد.

$$Z_{m\,min} = \frac{\overset{(F x_F)}{R_o x_o}}{F+S_{min}} \rightarrow S_{min} \checkmark$$

$$\text{حداقل حلال} \times \overline{BM}_{min} = F \times \overline{FM}_{min}$$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

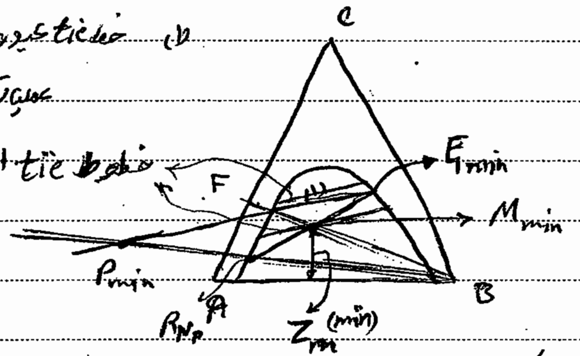


$\left(\frac{R_s}{E_s}\right)_{max} \rightarrow E_{s\,min}$

نقطه شروع روی منحنی تعادلی و خط عملیاتی است

ط) خط tie عبوری از F و E_{min} است که یک نقطه روی منحنی عملیاتی نیز هست

خطوط tie اطراف خوراک



فصل ۱۰ کتاب ترایبال مسائل 1 و 2 و 3 و 4 و 5

اضافه کنید این مسائل را به سوالات مذکور

سوال 3 این مقدار حلال که بدست می‌آید چند برابر حداقل است؟ این مقدار چه ضریبی از حداقل حلال است؟
اگر با راندمان 70% کار کند در این صورت چه مقدار حلال نیاز است؟

سوال 4 اگر از یک مرحله به جای مجموعه مراحل متقاطع استفاده کنیم و مقدار حلال مصرفی در این مرحله
برابر با مجموع حلال مصرفی در سه مرحله قبل باشد آیا راندمان کمتر می‌شود؟ یا بیشتر؟ توجیه کنید.
آیا از نظر عملیاتی کار کردن با این داده راحت‌تر است یا مشکل‌تر است؟

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مسئله ۵ :

دستگاه واحد عملیاتی استخراج مایع - مایع داریم

$Z = H_{tOG} \cdot N_{tOG} = N_{tOR} \cdot H_{tOR}$ ⟸ روش دیفرانسیلی جهت دستیابی به

$Z = HETP \cdot N_P$ ارتفاع ستون (استوانه‌های Packed و spray و RDC)

روش مرحله‌ای جهت دستیابی به ارتفاع ستون

* منحنی‌های تعادلی فازی

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

** دقت کنید در یک مسئله مشابه می‌خواهیم حداقل حلال را بیابیم نقطه M دقیقاً روی منحنی تعادلی قرار نمی‌گیرد چون

اگر ~~[illegible]~~ روی منحنی قرار بگیرد آنگاه $F = M_1 = R_1$ و $E_1 = 0$ است و استخراج صورت نمی‌گیرد پس

اگر M_1 روی منحنی تعادلی قرار بگیرد یعنی تواند خط عبوری از M_1 ... $M_1 = R_1 + E_1$ پس R_1 و E_1 را داریم که $R_1 = M_1$ می‌شود و $E_1 = 0$ و حلال را نداریم.

در یا حالتی چنین کنیم که از منحنی تعادلی فاصله گیرد و در این حالت حداقل مقدار استخراج را خواهیم داشت

یعنی اگر S_{min} باشد آنگاه مقدار استخراج extract حاصل خیلی کم است و E_1 min را خواهیم داشت.

در این حالت
برای تعیین حداکثر S_{max} بزرگترین است و کمترین مقدار پس‌ماند یا حداقل R را داریم

پس وقتی که S_{min} باشد بیشترین پس‌ماند را داریم و ماکزیمم R را داریم چون جداسازی C خیلی کم صورت گرفته است.

و وقتی که S_{max} باشد کمترین پس‌ماند را داریم و ~~[illegible]~~ مقدار زیادی C جداسازی می‌شود و خیلی کم از C در پس‌ماند

باقی می‌ماند. اگر مقدار حلال از S_{max} بیشتر شود کل مخلوط R را در خود حل می‌کند و اگر از S_{min} کمتر شود حلال

در فاز R حل می‌شود و هیچ جداسازی رخ نمی‌دهد

** هنگام تعیین موقعیت خوراک روی منحنی باید دقت کرد که خوراک تنها مخلوطی از A و C است و حلال ندارد.

موقعیت F روی ضلع AC است و یا در مثلث قائم الزاویه موقعیت F روی ضلع C و A (عمودی) قرار بگیرد پس از مرحله

برای خواندن x_i باید از نقطه تعادلی R_1 بر ضلع AB عمود کنیم و x_i را بخوانیم چون مخلوطی از A و B و C است.

PAPCO

ب ـ روش ترسیمی

خط $x_D = y_D$ را روی دو مختصات H_{xy} و xy رسم می‌کنیم چون y_D و x_D درحالت تعادل هستند، می‌توان روی منحنی تعادلی این نقطه را یافت و با رسم خطی عمود از این نقطه بمقدار L_0 (روی منحنی جوش) و x_0 روی مختصات xy بدست می‌آید. با توجه به رابطه مقدار R به صورت زیر است.

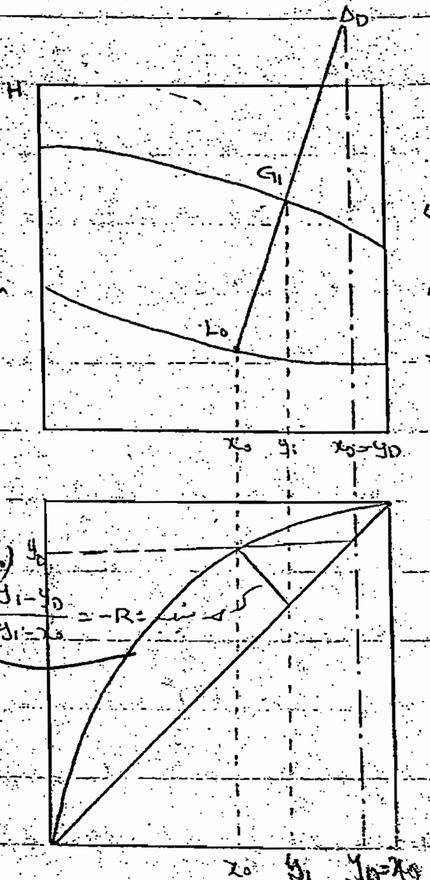
[redacted] $(R+1)y_1 = y_D + Rx_0$

از نقطه تعادلی $\left|\begin{matrix}x_0\\y_D\end{matrix}\right.$ خطی با شیب $-R$ رسم کرده تا خط $y = x$ را قطع کند. از این نقطه خطی عمودی رسم کرده تا منحنی بخار اشباع را در G_1 و مختصات xy را در y_1 قطع کند. از نقطه L_0 به G_1 وصل کرده و امتداد می‌دهیم تا خط $x = y_D$ را در نقطه Δ_D قطع کند.

اگر بلند شود دفعی با شیب ثابت را Rmin را تعیین کنیم باید ... را اندازه گرفته رسم نا ... H_{G1} را پیدا کنیم چون

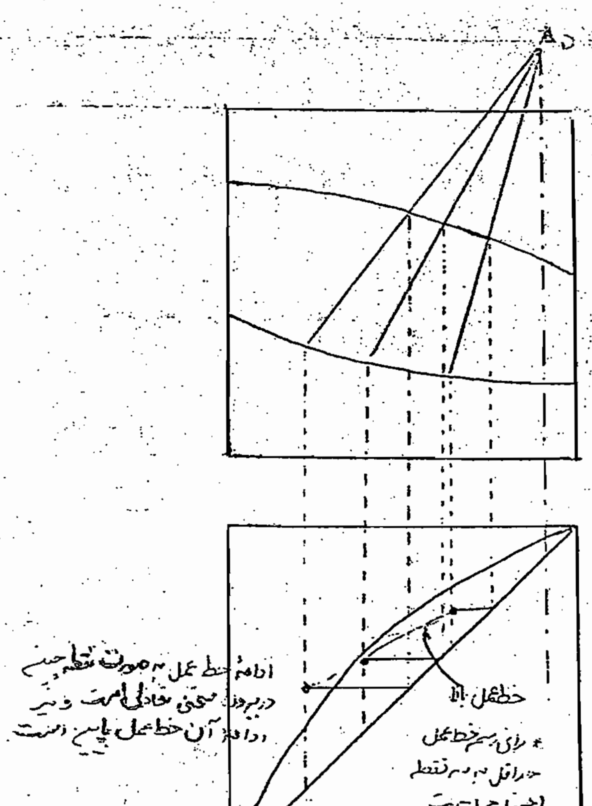
$H_{\Delta min} = R_{min}(H_{G_1} - H_{L_0}) + H_{G_1}$

$\frac{y_1 - y_D}{y_1 - x_0} = -R$

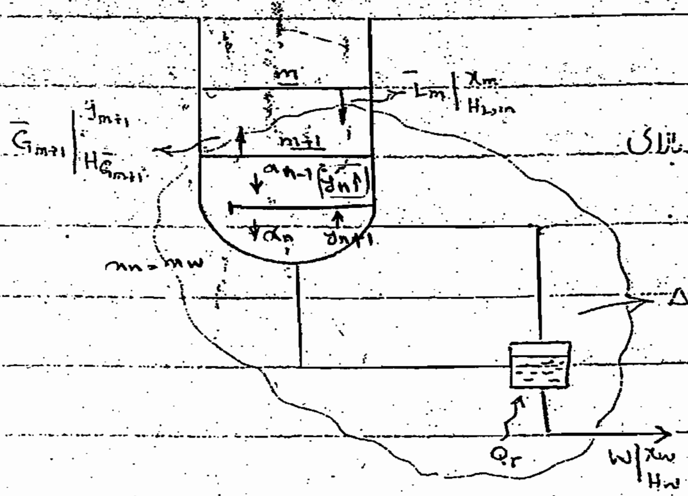


اکنون که نقطه Δ_D بدست آمد، می‌توان با رسم خطوط دلخواه از آن و قطع منحنی‌های جوش و اشباع، نقاط خط عمل بالا را بدست آورده، با انتقال آنها به مختصات xy منحنی عمل بالا را رسم نمود.

به جز نقطه $\left|\begin{matrix}x_D\\x_D\end{matrix}\right.$ حداقل به سه نقطه دیگر برای رسم منحنی عمل **بالا نیاز است**. این نقاط ممکن است روی خط **تو پر عمل بالا** قرار گیرد **و یا روی خط چین عمل بالا** باشند که به این مفهوم است که بعد از نقطه تقاطع خط عمل **بالا با خط عمل پایین قرار گرفته** است.



[redacted]:



در این جا روش کار دقیقاً مشابه نقطه تفاضل بالای ستون است. در زیر برج نقطه Δ_W با مختصات

$$\Delta_W \;\Big|\; \begin{matrix} x_W \\ Q'_r = H_W - \dfrac{Q_r}{W} \end{matrix}$$

تعریف می کنیم. یک بیلان جرم و یک بیلان انتالپی به صورت زیر می نویسیم

$$\begin{cases} \bar{L}_m = \bar{G}_{m+1} + W \\ \bar{L}_m x_m = \bar{G}_{m+1} y_{m+1} + W x_W \\ \bar{L}_m H_{L,m} + Q_r = \bar{G}_{m+1} H_{G,m+1} + W H_W \end{cases}$$

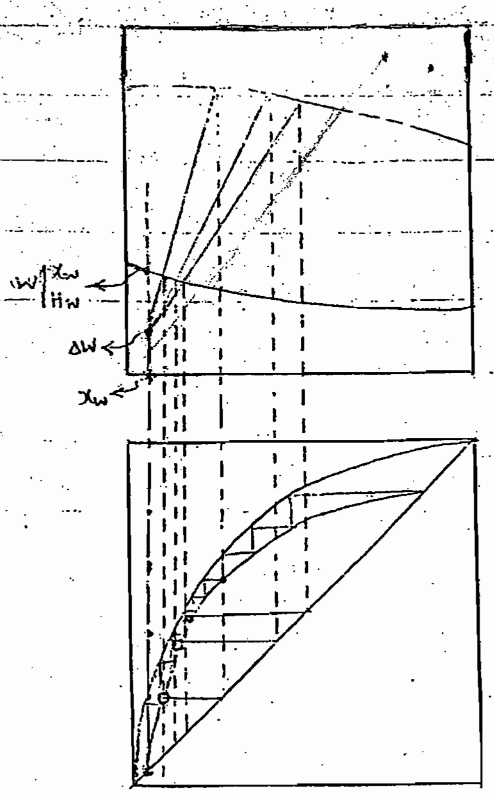
$$\boxed{\frac{y_{m+1} - x_W}{x_m - x_W} = \frac{\bar{L}_m}{\bar{G}_{m+1}}}$$

از روی بیلان می توان نتیجه گرفت که سه نقطه L_m و G_{m+1} و Δ_W روی یک خط هستند. Δ_W یک نقطه تفاضل در پایین ستون. L_m مایع جوش و G_{m+1} بخار اشباع است [redacted]

[redacted]

مقدار ثابت

[redacted]



با داشتن x_W و رسم خط عمود و تقاطع منحنی جوش نقطه $W \mid x_W, H_W$ بدست می آید. از این مقدار به اندازه $\frac{Q_r}{W}$ پایین می رویم تا به نقطه Δ_W برسیم.

بنابراین تفاضل $H_W - \Delta_W$ مقدار بار حرارتی ریبویلر به ازای واحد مول خروجی پایین ستون یعنی $\frac{Q_r}{W}$ است.

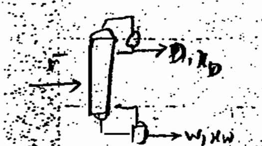
④ مطابق تغییر ریبویلر، با داشتن مختصات $\Delta_W \big| x_W, Q'_r$ و رسم خطوط دلخواه از آن و تقاطع منحنی های جوش و بخار اشباع، نقاط L_m و G_{m+1} بدست می آید. با انتقال این نقاط بر مختصات xy، نقاط منحنی عمل

$$\boxed{\frac{H_{G,m+1} - Q'_r}{H_{L,m} - Q'_r} = \frac{\bar{L}_m}{\bar{G}_{m+1}}} \qquad \boxed{Q'_r = H_W - \frac{Q_r}{W}} \qquad \frac{H_{G,m+1} - Q'_r}{y_{m+1} - x_W}$$

پایین را بدست آورده و می توان خط عمل پایین ستون را رسم کرد

با رسم منحنی عمل بالا و پایین نقطه تقاطع آنها بدست آمده و با رسم خطوط افقی و عمودی می توان تعداد مراحل را بدست آورد.

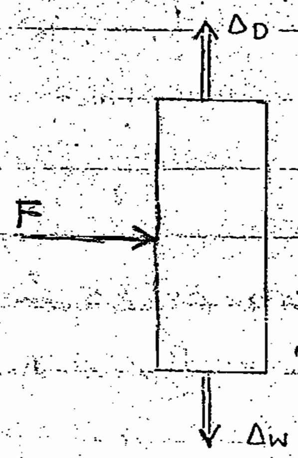
این روش برای هنگامی است که مختصات ΔW یعنی مقادیر x_W و Q'_r مشخص باشند. اگر مقدار Q'_r داده نشده بود، باید ابتدا مقادیر ΔD و F (جریان ورودی خوراک) را بدست آوریم و از آنجا مقدار ΔW را می پیدا کنیم زیرا مقادیر [redacted]



$$FH_F + Q_r = Q_c + H_D D + W H_W \Rightarrow FH_F = D\left(\frac{Q_c}{D} + H_D\right) + W\left(H_W - \frac{Q_r}{W}\right)$$

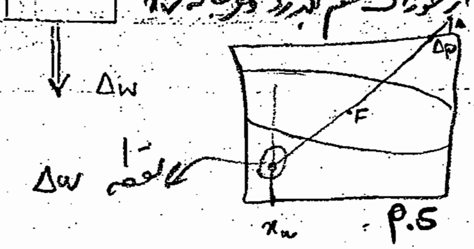
$$FH_F = Q'_c D + W Q'_r$$

با توجه به روش P.S. نمایی مختصر از مجموعه برج تقطیر به صورت زیر خواهد بود.

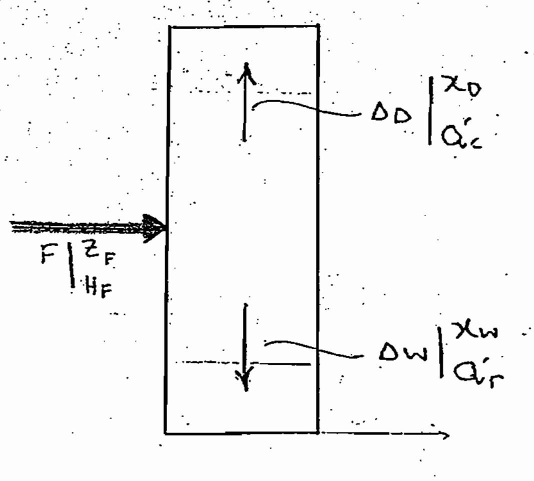


با توجه به اینکه بدست آوردن ΔW برای ما مشکل است ما نیاز داریم نقطه ورودی خوراک را بدست آوریم و با توجه به اینکه F و ΔD و ΔW روی یک خط واقعند به راحتی می توان ΔW را بدست آورد.

برای بدست آوردن ΔW با داشتن منحنی H که ΔD را داریم و خوراک هم برای ما مشخص است پس از ΔD خطی رسم می کنیم که از خوراک هم بگذرد و جایی که x_W را قطع کرد آن نقطه، نقطه ΔW است.



دستیابی به تعداد مراحل در روش P.S



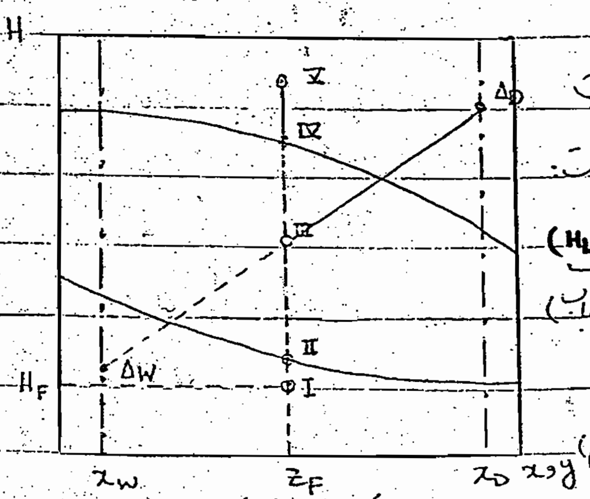
برای دستیابی به تعداد مراحل دو روش کلی وجود دارد:

1) استفاده از نمودار x-y

2) استفاده از نمودار H-x-y

F خوراک ورودی بین دو نقطهٔ Δ_D و Δ_W قرار دارد. فرض کنید Δ_D را داریم
موقعیت F را هم می‌توانیم بدست بیاوریم. در این صورت می‌توان با رسم خطی که از F و Δ_D
در نمودار Hxy به نقطهٔ Δ_W مطابق نمودار دست یافت.

* موقعیت F *



برای خوراک های مختلف موقعیت های متفاوت
برای نقطهٔ F در روی نمودار قابل مشاهده است:

I : مایع سرد $(H_L = C_L M_{av}(T_L - T_0) + \Delta H_S)$

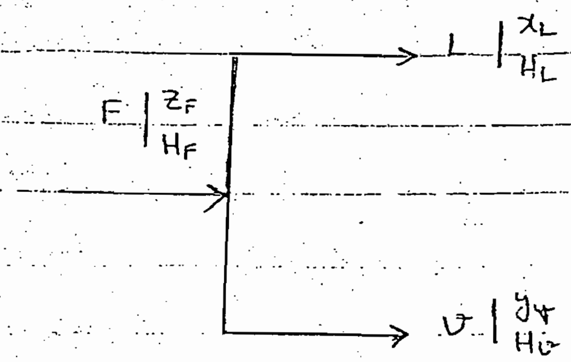
II : مایع جوش (رسم خط عمود از z_F و قطع با منحنی حباب)

III : مخلوط مایع و بخار

IV : بخار اشباع (رسم خط عمود از z_F و قطع با منحنی شبنم)

V : بخار داغ (با مقدار گرمای آشکار اضافه شده به بخار اشباع و اگر دارای آنتالپی H_G است به مقدار H_G اضافه کنیم.)

* اگر خوراک مخلوط مایع و بخار باشد، بسته به کیفیت آن جایی بین دو نقطهٔ II و IV قرار می‌گیرد
که نقطهٔ III بیانگر آن است.



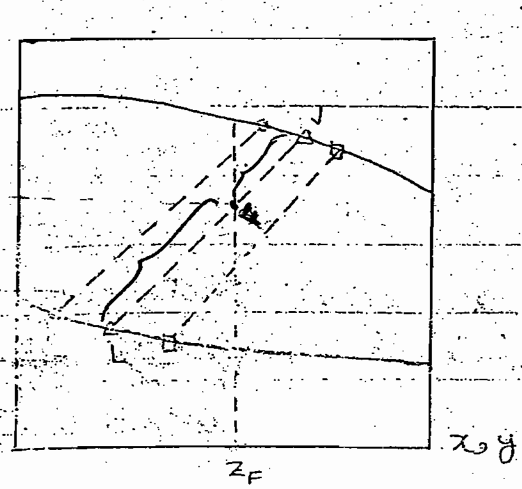
$$\left\{\begin{array}{l} F = L + V \\ F z_F = L x_L + V y_V \\ \dfrac{L}{V} = \text{----} \text{ قانون اهرم‌ها} \\ y_V = f(x_L) \text{ منحنی تعادلی} \end{array}\right. \longrightarrow \left|\begin{array}{l} x_L \\ y_V \end{array}\right.$$

بنابراین با محاسبه $\frac{x_L}{y_V}$ دو نقطه L و V را بهم متصل کرده و نقطه تقاطع خط با $z = z_F$ که همان نقطه III است را بدست می‌آوریم.

هم چنین قانون اهرم‌ها صادق است. L و V در حال تعادلند. با خواندن x و y در حال تعادل و منتقل کردن آنها روی نمودار Hxy خط LV را رسم می‌کنیم تا خط $z = z_F$ را قطع کند. داریم:

تعادلی

x	y
□	□
△	△
○	○



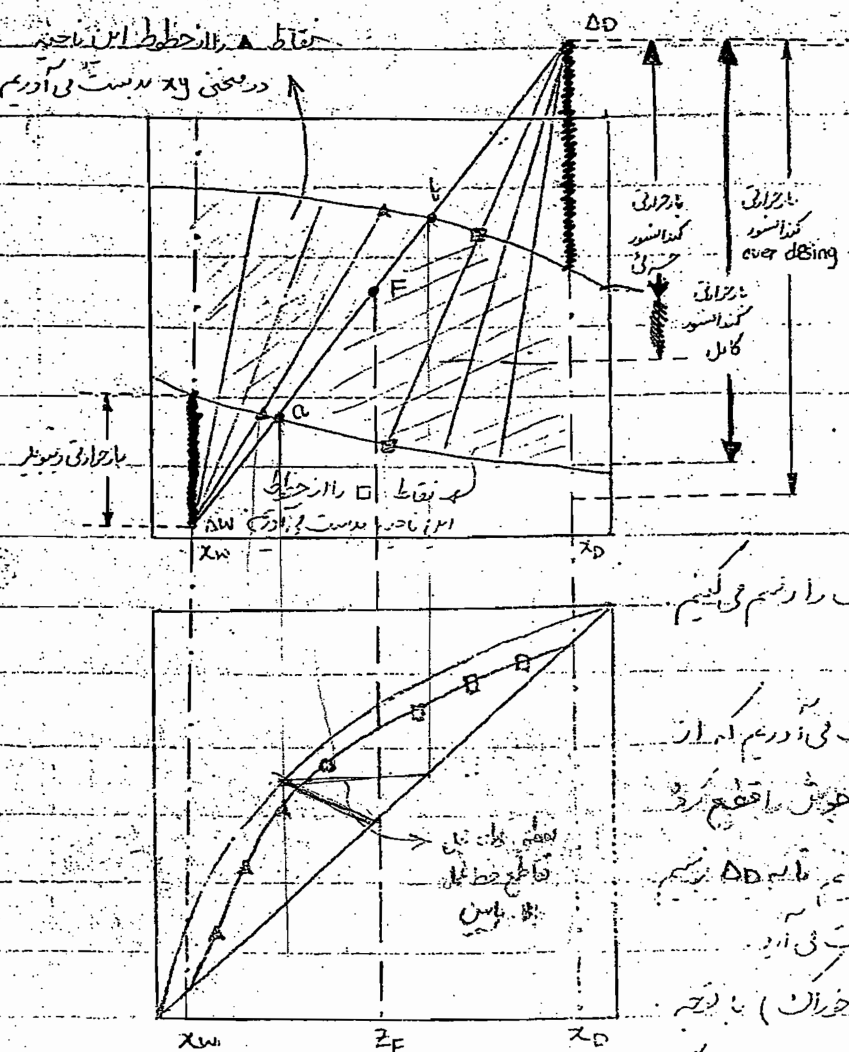
دیدیم که قانون اهرم‌ها به صورت زیر بود:

$$L \cdot \overline{LF} = V \cdot \overline{VF}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{L}{V} = \frac{\overline{VF}}{\overline{LF}}}$$

ولی باید حواسمان جمع باشد که این دو نقطه در قانون اهرم جزء داده‌های تعادلی خامی باشند پس از داده‌های تعادلی استفاده می‌کنیم تا نقطه خوراک به دست آید

[redacted]



با استفاده از منحنی xy قادر خواهیم بود تا به استفاده از مراحل زیر به تعداد مراحل دست پیدا کنیم.

(1) تصویر xy و Hxy حاصل از آن را رسم می‌کنیم.

(2) نقطه ΔD را به این صورت بدست می‌آوریم که از x_D یک خط عمودی رسم کرده تا منحنی جوش را قطع کند. در حقیقت ... سپس به آن اضافه می‌کنیم تا به ΔD برسیم. در این مرحله بارحرارتی کندانسور هم بدست می‌آید.

(3) دستیابی به F (موضع ورودی خوراک) با توجه به نوع خوراک ورودی یکی از موقعیت‌های پنج گانه بدست می‌آید. مثلاً موقعیت III که برای خوراک مخلوط از بخار و مایع اشباع است.

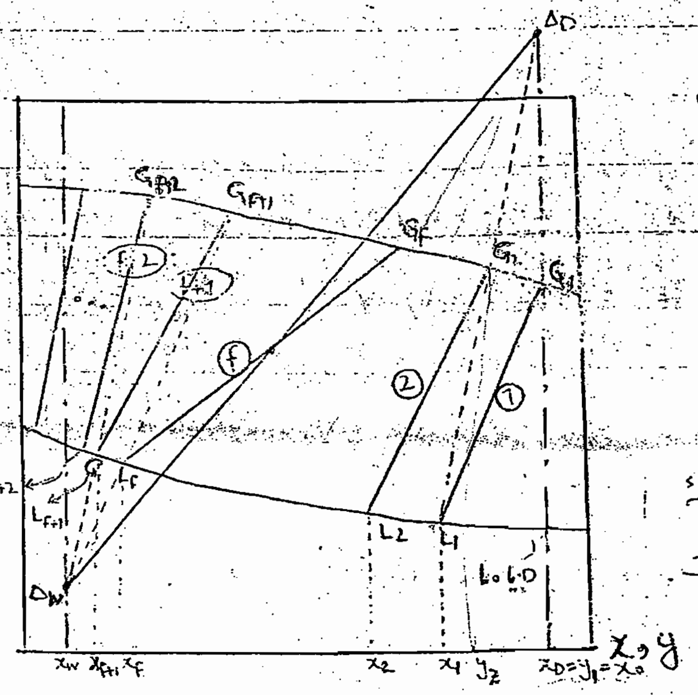
(4) دستیابی به ΔW که از رسم خط واصل ΔD و F و قطع آن با x_w بدست می‌آید.
به علاوه در این مرحله با توجه به شکل می‌توانیم بارحرارتی ریبویلر را بدست بیاوریم.

(5) منطقه بالای ستون سمت راست خط (ΔD و F و ΔW) است. خطوط دلخواهی از ΔD در این منطقه رسم کرده و محل تلاقی آنها با منحنی جوش و شبنم را به تصویر xy منتقل می‌کنیم تا منحنی عمل بالای ستون بدست آید. خود خط (ΔD و F و ΔW) نیز یکی از همان خطوط است. بنابراین نقطه a هم روی منحنی عمل بالا و هم منحنی عمل پایین قرار دارد و نقطه تلاقی این دو است. به عبارت دیگر مرحله (5) مرحله دستیابی به منحنی عمل بالا است.

۶) دستیابی به منحنی عمل پایین: با رسم خطوط دلخواه از Δ_W و قطع منحنی های جوش و شبنم و انتقال این تصویر نقاط به تصویر xy است. در این مرحله منحنی عمل پایین رسم می شود. محل تلاقی منحنی بالا و پایین نقطه ab است.

۷) در این مرحله با رسم خطوط افقی عمودی بین منحنی عمل و منحنی تعادلی تعداد مراحل را بدست می آوریم. هم چنین در این مرحله با توجه به تصویر می توان موضع خوراک ورودی سینی مربوطه را یافت.

[redacted] ۸

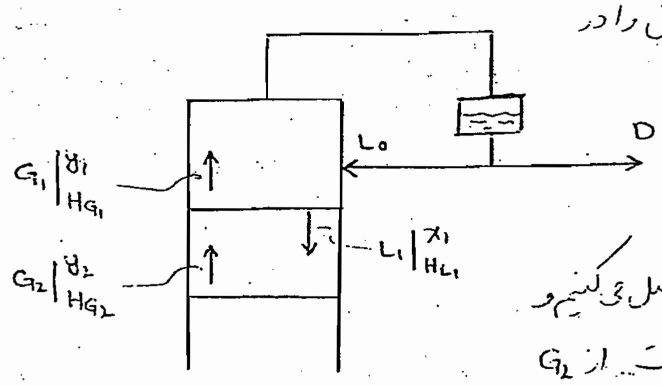


۱) با داشتن مقادیر H_G، H_L و x و y تصویر Hxy را رسم می کنیم

۲) با فرض کامل بودن کندانسور نقطه Δ_D را بدست می آوریم

۳) نقطه تقاطع $x=x_D$ با منحنی جوش نقطه L_0 یا D بدست می آید که مایع جوش است.

۴) G_1 با L_1 در حال تعادلند. بنابراین با خواندن y_1 از داده های تعادلی مقدار x_1 را بدست آورده و از x_1 خط عمودی رسم کرده تا منحنی جوش را در L_1 قطع کند.



از L_1 به G_1 وصل می کنیم. خط واصل نشان دهنده سینی ۱ است. G_2 و L_1 یک نقطه از منحنی عمل بالا است. بنابراین از Δ_D به L_1 وصل می کنیم و هر جا که منحنی اشباع را قطع کند نقطه G_2 است. از G_2

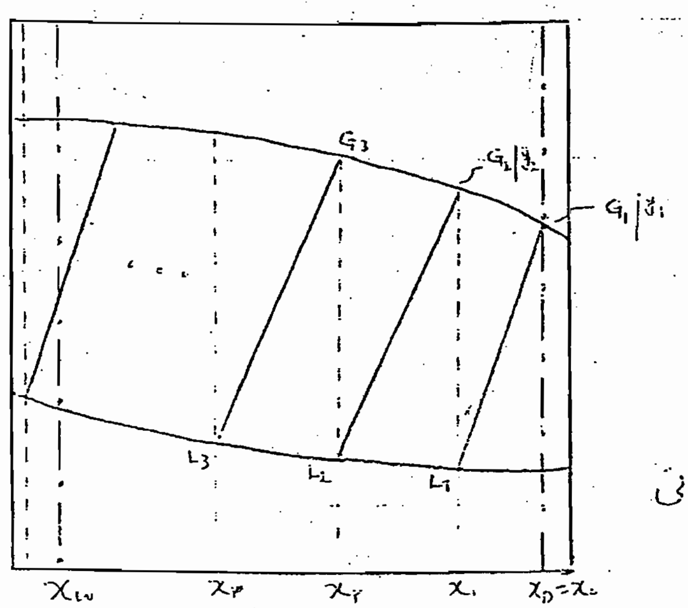
خط عمودی رسم می‌کنیم تا y_2 بدست آید. همین طور با داشتن y_2 و استفاده از داده‌های تعادلی x_2 را بدست آورده خط عمودی از آن رسم کرده تا منحنی جوش را در L_2 قطع کند. L_2 را به Δ_D متصل می‌کنیم تا منحنی اشباع را در G_2 قطع کند.

این عمل را به همین ترتیب ادامه می‌دهیم تا زمانی که خطی که از L_f به Δ_D رسم می‌کنیم، خط ($\Delta_D \Delta_W$) را قطع کند. این سینی (سینی f ام) محل ورود خوراک است. از این به بعد در منطقه‌ی عمل پایین خواهیم افتاد.

از این مرحله به بعد این فرایند فوق را از پایین ادامه می‌دهیم به این ترتیب که از Δ_W به L_f وصل کرده و امتداد می‌دهیم تا منحنی اشباع را در G_{f+1} قطع کند خط عمودی از G_{f+1} رسم کرده تا y_{f+1} را بدست بیاوریم. با استفاده از منحنی تعادلی x_{f+1} را بدست آورده و از آن خط عمودی رسم می‌کنیم تا منحنی جوش را در L_{f+1} قطع کند سپس از L_{f+1} به G_{f+1} وصل می‌کنیم تا سینی $f+1$ بدست آید. این عمل را به همین ترتیب ادامه می‌دهیم تا خط $x = x_W$ توسط خط سینی قطع شود. این سینی آخرین سینی ستون است.

اگر در سیستم ریبویلر داشته باشیم، سینی آخر مربوط به ریبویلر خواهد بود.

* حداقل تعداد سینی‌ها (مایع برگشتی کامل): در این روش نقطه‌ی حداقل بالا این معنی است



در محاسبه‌ی حداقل سینی‌ها یعنی

هنگامی به تعداد حداقل ... $N \rightarrow N_{min}$

خواهیم رسید که مایع برگشتی کامل ...

به سمت بی‌نهایت میل می‌کند یعنی ...

$R \rightarrow \infty$

در این جا ما دو روش ترسیمی داریم؛ پنچان ساواری

داریم:

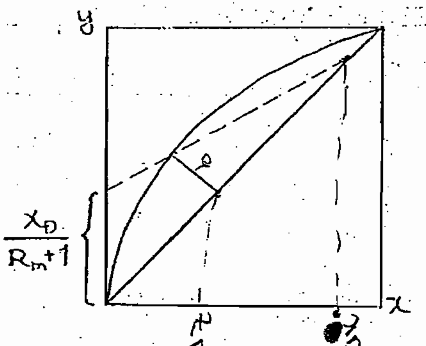
۱- روش محاسباتی

روابط قبل از روش M.T قابل استفاده است.

۲- روش ترسیمی

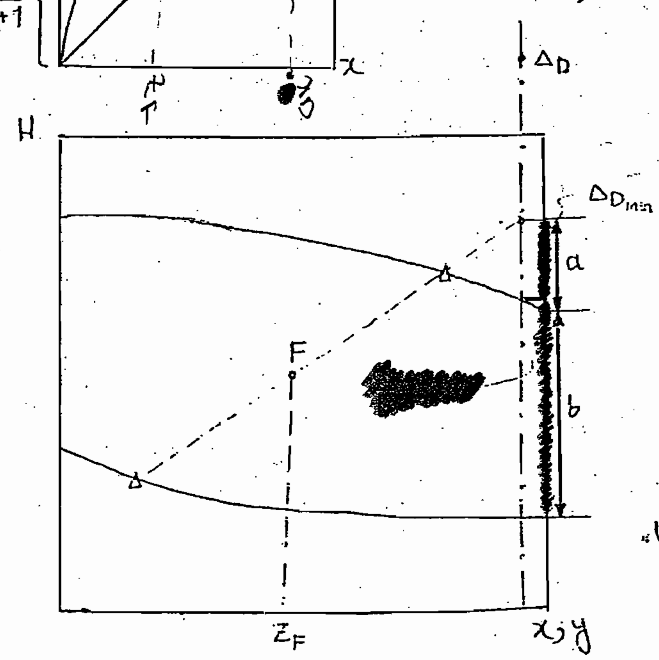
خط $x = x_D$ را رسم کرده تا منحنی اشباع را در نمودار $H\,xy$ در G_1 به مختصات y_1 قطع کند. با استفاده از منحنی تعادلی x_1 را بدست آورده و از آن خط عمودی رسم کرده تا منحنی اشباع را در L_1 قطع کند. از L_1 خطی عمودی رسم می‌کنیم تا G_2 را در منحنی اشباع قطع کند. با داشتن y_2، مقدار x_2 را بدست می‌آوریم. به همین ترتیب مراحل را مجدداً تکرار می‌کنیم تا خط $x = x_W$ را قطع کنیم. به این ترتیب حداقل تعداد سینی‌ها بدست می‌آید. این مراحل در نمودار صفحهٔ قبل نشان داده شده‌اند.

*** دستیابی به حداقل نسبت مایع برگشتی :**



حداقل ~~...~~ نسبت مایع برگشتی هنگامی بدست می‌آید که تعداد مراحل بیشمار باشد یعنی:

$$N \to \infty \Rightarrow R \to R_{min}$$



در این یک نقطه پیچ خواهد بود و تقاطع خط عملی و خط q روی منحنی تعادلی قرار می‌گیرد.

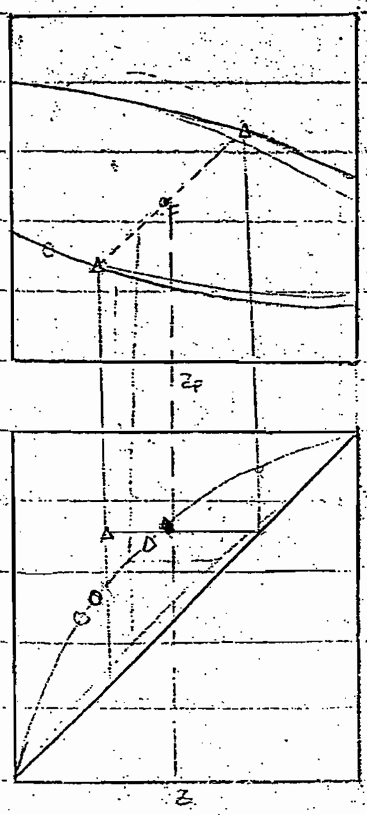
در این جا نیز از دو روش محاسباتی و ترسیمی می‌توان استفاده نمود:

۱- روش محاسباتی

در این روش از رابطهٔ «Underwood» استفاده می‌کنیم.

۲- روش ترسیمی

به دنبال نقطه‌ای هستیم که روی خط عمل بالا و منحنی تعادلی باشد و خط عمل ورودی خوراک نیز باشد.

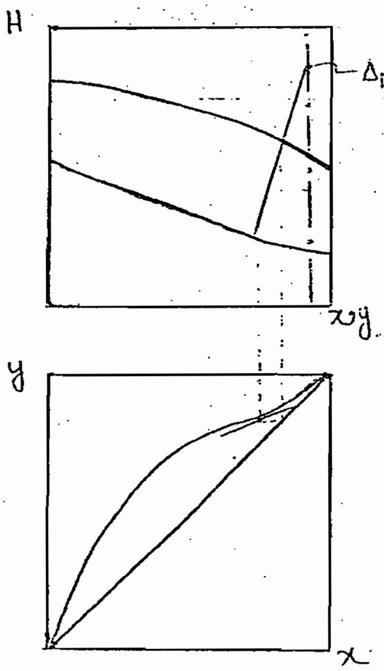


بنابراین ابتدا تصویر Hxy را رسم می‌کنیم نقطه F را با داشتن z_F مشخص می‌کنیم و نیز از $x=x_D$ خط عمودی رسم می‌کنیم

در ادامه از داده‌های تعادلی استفاده کرده و نقاط تعادلی را با خط‌کش طوری منتقل می‌کنیم که روی منحنی اشباع و جوش قرار گیرد. ما در این جا به دنبال نقطه تعادلی‌ای هستیم که خط واصل xy آن از نقطه F عبور کند. این خط xy هر کجا که خط $x=x_D$ را قطع کند $\Delta_{D_{min}}$ را به ما خواهد داد. مقدار R بدست آمده از روی شکل در این شرایط مقدار R_{min} خواهد بود.

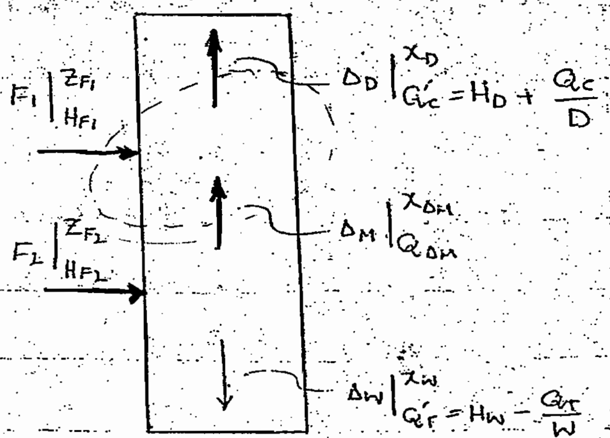
$$\boxed{R_{min}=\frac{a}{b}}$$

اگر R واقعی ۲ یا ۳ برابر باشد، R_{min} را در ضریب ضرب کرده و از منحنی اشباع به اندازه آن بالا می‌رویم تا Δ_D واقعی بدست آید.



اگر داده‌های تعادلی موجود طوری نبود که خط واصل xy در تصویر Hxy نقطه F را قطع کند، باید تصویر تعادلی xy را رسم کرده و نقطه بین دو نقطه تعادلی موجود را از روی این منحنی پیدا کرده و به تصویر Hxy منتقل کنیم تا خط واصل xy نقطه F را قطع کند (تصویر بالای صفحه)

ایجاد تفکیک با دو خوراک ورودی بر روی نمودار Hxy :



با بستن بیلان کلی در روی برج به شکل روبه رو که در آن دو خوراک وارد می شوند و هم چنین بیلان های جزئی روی قسمت های مختلف برج می توان نیز مختصات Δ_M را بدست پیدا کرد معادلات به صورت زیر است. این عملیات را می توان روی نمودار Hxy و یا xy حاصل از آن پیگیری کرد.

$$\Delta_M + F_1 = D$$

اگر فرض کنیم که M و ... پائین باشد آنگاه

$$H_{\Delta M} + F_2 H_{F_2} = W Q'_r$$

$$x_{\Delta M} = \frac{D x_D - F_1 Z_{F_1}}{D - F_1} \quad (1)$$

$$F_1 H_{F_1} + \Delta_M \times H_{\Delta M} = D Q'_C$$

$$H_{\Delta M} = \frac{D Q'_C - F_1 H_{F_1}}{D - F_1} \quad (2)$$

و چون بار حرارتی و ... مشخص است جریان تقاضی را در نه بالا در نظر می گیریم. پس همواره به این نکته باید توجه کنیم که خود ... دستگاه استخراجی است و از تقاطع خطوط دیگر آنگاه ... حاصل می شود ... چون ... را نداریم. پس هر جریانی که بالاتر از ... وارد ستون شود به عنوان خوراک و یا به عنوان ... خارج شود جریان تقاضی آن را رو به بالا می گیریم چون Q_r را نداریم.

Δ_M [redacted]

F_1 و Δ_D و Δ_M روی یک خط هستند به طوری که F_1 بین Δ_D و Δ_M قرار دارد.

F_2 و Δ_W و Δ_M روی یک خط هستند به طوری که F_2 بین Δ_W و Δ_M قرار دارد.

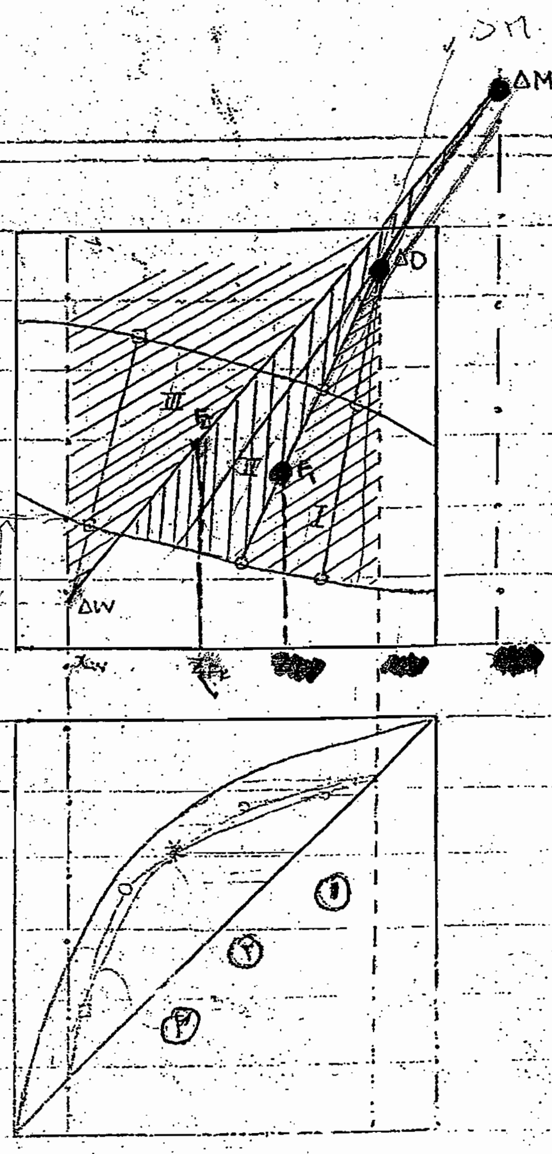
سه خط عملیاتی وجود دارد. از نقطه x_D خط عمودی رسم می کنیم و مقدار Δ_D را با داشتن مقدار R بدست می آوریم. با داشتن نقطه Z_F عمودی از آن رسم کرده و موقعیت F_1 را مشخص

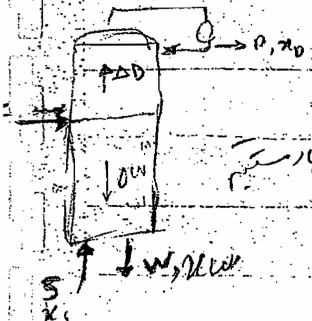
برای منطقه I خط دلخواه از ΔD رسم کرده و محل تقاطع با منحنی ... را می‌دهد

$\frac{x_D - y_{n+1}}{x_D - x_n} = \frac{L}{G}$ منطقه I

برای منطقه II از ΔM خط دلخواه می‌کشیم که تقاطع ... II است

برای منطقه III از ΔW خط دلخواه ... محل تقاطع با منحنی ... خط عمل منطقه III می‌باشد





می‌کنیم و از ΔD به F1 وصل می‌کنیم و آن را ادامه می‌دهیم تا در $x = x_D$ نقطه تقاطع ΔM را به وجود آورد.

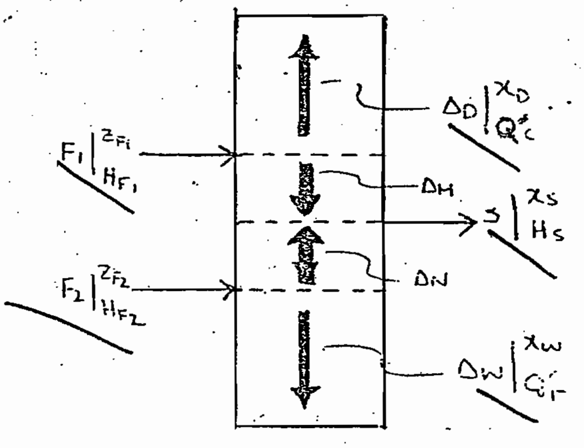
با داشتن F2 و موقعیت z_{F_2} از ΔD به F2 وصل می‌کنیم و آن را امتداد می‌دهیم تا خط $x = x_W$ را در ΔW قطع کند.

حال سه منطقه عملیاتی داریم. در هر منطقه عملیاتی دو یا سه خط دلخواه رسم می‌کنیم و محل تلاقی آنها با منحنی جوشش و اشباع را به منحنی x-y منتقل می‌کنیم و سه خط منحنی عملیاتی مربوطه که متعلق به سه ناحیه تصویر Hxy هستند را رسم می‌کنیم.

با رسم خطوط افقی و عمودی تعداد مراحل بدست می‌آید.

ستونی با دو خوراک ورودی و یک خروجی در روی تصویر Hxy و xy :

à faire Camai



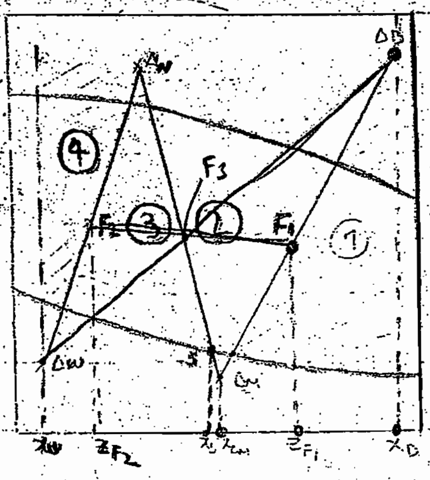
ستونی مطابق تصویر روبرو را در نظر بگیرید.

در این ستون مختصات ΔH و ΔN را می‌توان با نوشتن بیلان در روی آن بدست آورد.

منحنی Hxy برای این ستون مطابق تصویر صفحه بعد است:

در این تصویر F_1 بین Δ_M و Δ_D، یک بین Δ_N و Δ_M و F_2 بین Δ_N و Δ_W است

محصول جانبی این ستون یعنی S یک مایع جوش است. از آنجا که در این تصویر چهار منطقه عملیاتی داریم، در تصویر xy رابطه چهار منحنی عملیاتی خواهیم داشت.



اگر F_1 و F_2 ترکیب شوند در آن صورت خوراک F_3 بدست می‌آید

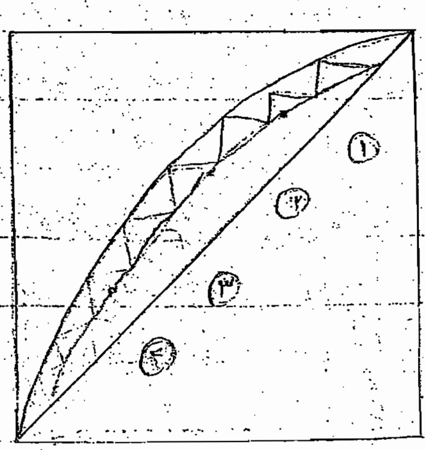
F_3 و ΔD، ΔW روی یک خط راست قرار می‌گیرند

z_{F_3}

F_1
F_2 F_3

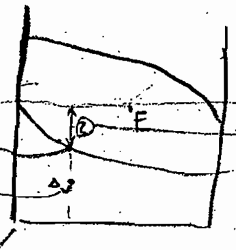
نقطه S در تصویر Hxy از تقاطع خط عمودی از $x=x_S$ با منحنی جوش حاصل می‌شود. از نقطه Δ_M به S رسم کرده و امتداد می‌دهیم تا در $x=x_{\Delta N}$، نقطه تقاطع Δ_N حاصل شود.

همچنین از Δ_N به F_2 وصل کرده و امتداد می‌دهیم تا در $x=x_W$ نقطه تقاطع Δ_W حاصل شود



Δ.

۲۲۲ بررسی: بررسی کنید که اگر به جای ریبویلر از بخار اشباع و یا بخار داغ در ستونی که جزء سنگین آن آب است استفاده کنیم، روش دستیابی به تعداد مراحل چگونه خواهد بود؟ اصلاً از $(0, x_W)$ شروع می‌شود یعنی نقطه انتهایی مار نمودار Hxy نقطه $(0, x_W)$ می‌شود. چون دیگر ریبویلر نداریم در ریبویلر آن Q_R نداریم یعنی اینجا نقطه ΔW با دقیقاً روی منحنی Hx منطبق می‌شود. در تصویر آن بر روی منحنی xy این نقطه به نقطه $(0, x_W)$ منتقل می‌شود. چون در ورود مستقیم بخار به مایع به بخار و مایع سنگین از بخار به مایع منتقل می‌شود. [illegible] در بخار داغ نقطه ΔW بین [illegible] و نقطه ΔW روی نمودار بخار با نمودار جابه‌جا می‌شود



وقتی بخار داغ باشد

ریبویلر وارد: Δ بخار

حالت عادی که ریبویلر را

ثبت نایج برگشت بعینه ازه صفحه ۵۵۹ کتاب تریبال خوانده شود.

(extract)

« استخراج مایع ـ مایع »

مقدمه ای بر استخراج:

استخراج در حقیقت تماس بین دو فاز گاز و مایع است که انتقال جزء یا اجزائی از گاز به مایع صورت می‌گیرد یا تماس بین دو فاز جامد و مایع است که انتقال جزء یا اجزاء از جامد به مایع صورت می‌گیرد (لیچینگ) یا تماس بین دو فاز مایع مایع است که انتقال از یک مایع به مایع دیگر صورت می‌گیرد.

میدانهای فرآیند تقسیم بندی به صورت زیر خواهد بود:

- Leaching ← گاز ـ مایع
- Absorption استخراج ← جامد ـ مایع
- L.L extrac ← مایع ـ مایع:
  1. کاملاً قابل امتزاج (eau - alcool)
  2. نسبی قابل امتزاج (eau - butanol)
  3. غیر قابل امتزاج (eau - toluene)

آنچه تحت عنوان استخراج مایع مایع از آن یاد می‌شود مربوط به نسبی قابل امتزاج و غیر قابل امتزاج است.

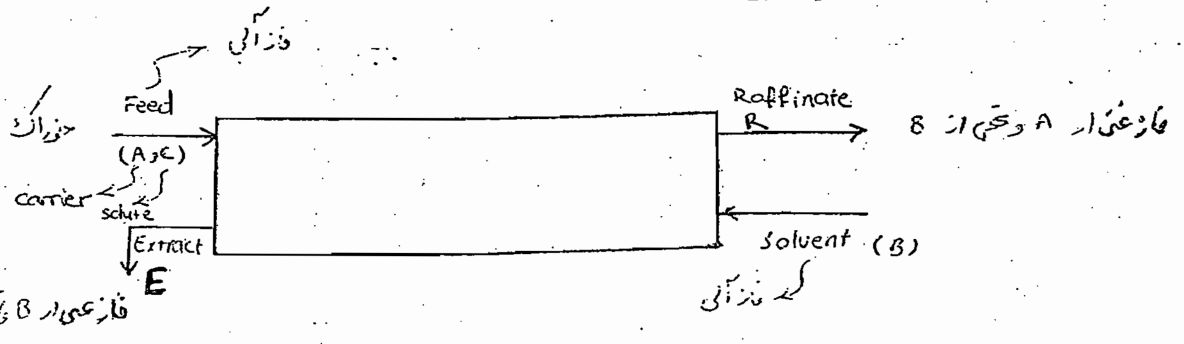
Feed ـ solvent

آبی ـ آلی

dispersed

continuous

شکل کلی واحد عملیاتی استخراج مایع ـ مایع:



معمولاً به خوراک فاز آبی و به حلال فاز آلی می‌گویند. این فازها هم می‌توانند continuous هم پراکنده باشند dispersed