

Bài tập lớn nguyên lý hóa công nghiệp

### I. Lý thuyết về chưng luyện

Chưng là phương pháp dùng để tách các hỗn hợp chất lỏng cũng như các hỗn hợp khí lỏng thành các cấu tử riêng biệt dựa vào độ bay hơi khác nhau của các cấu tử trong hỗn hợp, nghĩa là khi ở cùng một nhiệt độ thì áp suất hơi của các cấu tử khác nhau.

Khi chưng ta thu được nhiều sản phẩm và thường bao nhiêu cấu tử sẽ có bấy nhiêu sản phẩm. Đối với trường hợp hỗn hợp chưng chỉ gồm hai cấu tử thì sản phẩm đỉnh gồm cấu tử có độ bay hơi lớn và một phần rất ít cấu tử có độ bay hơi bé còn sản phẩm đáy gồm cấu tử có độ bay hơi bé và một phần rất ít cấu tử có độ bay hơi lớn.

Trong sản xuất có rất nhiều phương pháp chưng như chưng đơn giản, chưng bằng hơi nước trực tiếp, chưng chân không và chưng luyện. Tùy thuộc vào điều kiện sẵn có, tính chất hỗn hợp, yêu cầu về độ tinh khiết sản phẩm mà ta chọn phương pháp chưng cho thích hợp.

- Chưng đơn giản dùng để tách các hỗn hợp gồm các cấu tử có độ bay hơi rất khác nhau. Phương pháp này thường dùng để tách sơ bộ và làm sạch cấu tử khỏi tạp chất.
- Chưng bằng hơi nước trực tiếp dùng tách các hỗn hợp gồm các chất khó bay hơi và tạp chất không bay hơi, thường dùng trong trường hợp chất được tách không tan vào nước.
- Chưng chân không dùng trong trường hợp cần hạ thấp nhiệt độ sôi cấu tử. Ví dụ như trường hợp các cấu tử trong hỗn hợp dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao hay trường hợp các cấu tử có nhiệt độ sôi quá cao.
- Chưng luyện là phương pháp phổ biến nhất để tách hoàn toàn hỗn hợp các cấu tử dễ bay hơi có tính chất hòa tan một phần hoặc hòa tan hoàn toàn vào nhau.

Chưng luyện ở áp suất thấp dùng cho các hỗn hợp dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao và hỗn hợp có nhiệt độ sôi cao.

Chưng luyện ở áp suất cao dùng cho các hỗn hợp không hóa lỏng ở áp suất thường.

Chưng luyện ở áp suất thường (áp suất khí quyển) dùng cho hỗn hợp không thuộc các trường hợp trên.

Người ta tiến hành chưng luyện hỗn hợp cần chưng trong tháp chưng luyện, tháp gồm nhiều đĩa, trên mỗi đĩa xảy ra quá trình chuyển khối giữa pha lỏng và pha hơi. Hơi đi từ dưới lên qua các lỗ của đĩa, lỏng đi từ trên xuống theo các ống chảy chuyen, nồng độ các cấu tử và nhiệt độ sôi ở mỗi đĩa thay đổi theo chiều cao của tháp. Do đó một phần cấu tử dễ bay hơi chuyển từ pha lỏng vào pha hơi và một phần ít hơn chuyển từ pha hơi vào pha lỏng, lặp lại nhiều lần bốc hơi và ngưng tụ như thế, hay nói một cách khác, với một số đĩa tương ứng, cuối cùng ở trên đỉnh tháp ta thu được cấu tử dễ bay hơi ở dạng nguyên chất và ở đáy ta thu được cấu tử khó bay hơi ở dạng nguyên chất.

Quá trình chưng luyện được thực hiện trong thiết bị loại tháp làm việc liên tục hoặc gián đoạn.

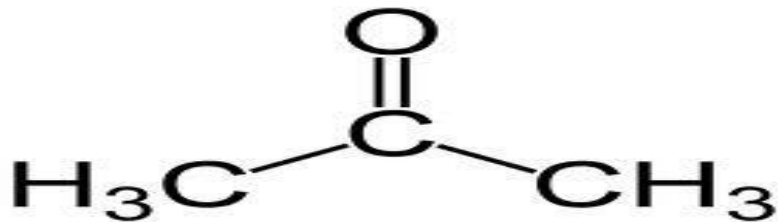
Ở đây ta sẽ thiết kế hệ thống chưng luyện làm việc liên tục với hỗn hợp chưng là acetone ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) và benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ). Khi chưng luyện liên tục, hỗn hợp đầu được đưa vào tháp ở đĩa tiếp liệu (nằm ở phần giữa thân tháp) một cách liên tục, sản phẩm đỉnh và sản phẩm đáy cũng được lấy ra liên tục.

## II, Một số tính chất của acetone-benzene.

### 1, Acetone

-Aceton là chất lỏng không màu, nhẹ hơn nước, có tỷ trọng  $d_{20} = 0,792$ , tan nhiều trong nước do phân tử phân cực, có nhiệt độ sôi  $t_s = 56,1$  oC, đông đặc ở nhiệt độ  $-95,5$  oC.

-Aceton có công thức phân tử  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $M_A = 58$ .



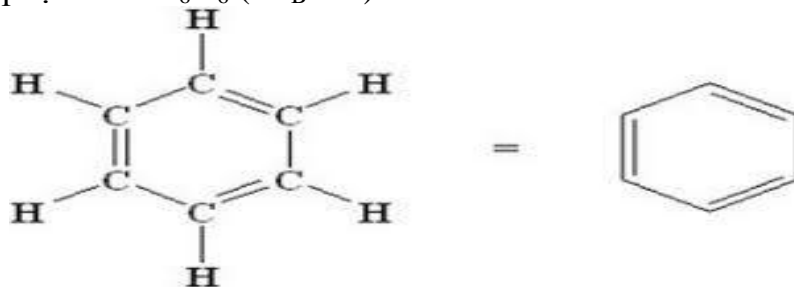
-Phương pháp quan trọng để điều chế Aceton là: oxy hóa rượu iso propanol  $\text{CH}_3\text{CH(OH)CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

-Về mặt hóa học: có cấu tạo tương tự andêhít, aceton tham gia phản ứng cộng  $\text{H}_2$  và natrihydro sun fit ( $\text{NaHSO}_3$ ) nhưng không tham gia tráng gương với  $\text{AgNO}_3$  và  $\text{Cu(OH)}_2$ , tuy nhiên có thể bị oxy hóa và cắt sát nhóm CO để tạo thành 2 axit khi nó phản ứng với chất oxy hóa mạnh.

-Ứng dụng: Aceton hòa tan tốt trong axetat, nitro xenlulo, nhựa fenol focmandêhit, chất béo, dung môi pha sơn, mực ống đồng. Nó là nguyên liệu để tổng hợp thủy tinh hữu cơ, từ Aceton có thể điều chế xêten sunphuanat (thuốc ngủ) và các halophom.

### 2, Benzene

-**Benzene:** là một hợp chất mạch vòng, ở dạng lỏng không màu và có mùi thơm nhẹ. Công thức phân tử là  $\text{C}_6\text{H}_6$ . ( $M_B = 78$ )



-Benzen không phân cực, vì vậy tan tốt trong các dung môi hữu cơ không phân cực và tan rất ít trong nước. Trước đây người ta thường sử dụng benzen làm dung môi. Tuy nhiên sau đó người ta phát hiện ra rằng nồng độ benzen trong không khí chỉ cần thấp khoảng 1ppm cũng có khả năng gây ra bệnh bạch cầu, nên ngày nay benzen được sử dụng hạn chế hơn

Các tính chất vật lí của benzen:

- Khối lượng phân tử: 78
- Tỷ trọng( $20^{\circ}\text{C}$ ): 0,879
- Nhiệt độ sôi:  $80^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ nóng chảy:  $5,5^{\circ}\text{C}$

### 3, hỗn hợp lỏng acetone-benzene.

Ta có bảng thành phần lỏng (x) – hơi (y) và nhiệt độ sôi của hỗn hợp Benzen – acetone ở 760 mmHg (áp suất khí quyển).

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	14	24,3	40	51,2	59,4	66,5	73	79,5	86,3	93,2	100
t <sub>o</sub>	80,4	78,3	76,4	72,8	69,6	66,7	64,3	62,4	60,7	59,6	58,8	56,1

*Acetone: cấu tử nhẹ, dễ bay hơi.*

*Benzene: cấu tử nặng khó bay hơi*

### III, cân bằng vật chất

Nếu gọi :

F - Lượng hỗn hợp nguyên liệu đi vào tháp, kg/h thì ta có  $F = 4000$  (kg/h).

P - Lượng sản phẩm đỉnh, kg/h

W - Lượng sản phẩm đáy, kg/h

a<sub>F</sub>, a<sub>P</sub>, a<sub>W</sub>: nồng độ% khối lượng của cấu tử dễ bay hơi (acetone) trong hỗn hợp nguyên liệu,

trong sản phẩm đỉnh và trong sản phẩm đáy:

+ a<sub>F</sub> = 37,5%

+ a<sub>P</sub> = 90,5%

+ a<sub>W</sub> = 4,5%

Phương trình cân bằng vật chất toàn tháp :  $F = P + W$

Nếu đối với cấu tử dễbay hơi :  $F \cdot a_F = P \cdot a_P + W \cdot a_W$

Ta tính được P :

$$P = F \cdot \frac{a_F - a_W}{a_P - a_W} = 4000 \cdot (0.375 - 0.045) / (0.905 - 0.045) = 1534,88 \text{ (kg/h)}$$

$$\Rightarrow W = F - P = 4000 - 1534,88 = 2465,12 \text{ (kg/h)}$$

Chuyển từ nồng độ % sang nồng độ phần mol: ( $M_A=58, M_B=78$ )  
+ nồng độ phần mol của acetone trong hỗn hợp nguyên liệu là:

$$x_F = \frac{\frac{a_F}{M_A}}{\frac{a_F}{M_A} + \frac{1 - a_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,375}{58}}{\frac{0,375}{58} + \frac{1 - 0,375}{78}} = 0,4466$$

+ nồng độ phần mol của acetone trong sản phẩm đỉnh là:

$$x_P = \frac{\frac{a_P}{M_A}}{\frac{a_P}{M_A} + \frac{1 - a_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,905}{58}}{\frac{0,905}{58} + \frac{1 - 0,905}{78}} = 0,9276$$

+ nồng độ phần mol của acetone trong sản phẩm đáy là:

$$x_W = \frac{\frac{a_W}{M_A}}{\frac{a_W}{M_A} + \frac{1 - a_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,045}{78}}{\frac{0,045}{78} + \frac{1 - 0,045}{58}} = 0,0596$$

Tính toán khối lượng mol trung bình:

+ hỗn hợp nguyên liệu:

$$M_F = x_F M_A + (1 - x_F) M_B = 0,4466 \cdot 58 + (1 - 0,4466) \cdot 78 = 69,07 \text{ (kg/kmol)}$$

+ sản phẩm đỉnh:

$$M_P = x_P M_A + (1 - x_P) M_B = 0,9276 \cdot 58 + (1 - 0,9276) \cdot 78 = 59,45 \text{ (kg/kmol)}$$

+ sản phẩm đáy:

$$M_W = x_W M_A + (1 - x_W) M_B = 0,0596 \cdot 58 + (1 - 0,0596) \cdot 78 = 76,81 \text{ (kg/kmol)}$$

Ta có bảng cân bằng vật chất toàn tháp:

Hỗn hợp	Nồng độ % khối lượng	Nồng độ phần mol	Lưu lượng khối lượng, kg/h	Lưu lượng mol, kg/h
Nguyên liệu	37,5	44,66	4000	69,07
Sản phẩm đỉnh	90,5	92,76	1534,88	59,45
Sản phẩm đáy	4,5	5,96	2465,12	76,81

#### IV, Xác định chỉ số hồi lưu $r_f$ và số đĩa lý thuyết tối thiểu $N_{min}$ .

Chỉ số hồi lưu  $r_f$  là chỉ số giữa trọng lượng lỏng hồi lưu và lượng sản phẩm đỉnh.

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	14	24,3	40	51,2	59,4	66,5	73	79,5	86,3	93,2	100
t <sub>0</sub>	80,4	78,3	76,4	72,8	69,6	66,7	64,3	62,4	60,7	59,6	58,8	56,1

##### 1- Xác định $r_f$ min

$$r_{Fmin} = \frac{x_P - y_F^*}{y_F^* - x_F}$$

Với  $y_F^*$ - nồng độ phần mol cân bằng ứng với  $x_F$

Mà theo trên ta tính được  $x_F = 44,66$  (%) ∈ (40,50) do đó dùng công thức nội suy:

$$y_F^* = y_A + (x_F - x_A) \cdot \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \text{ thay số vào ta có:}$$

$$y_F^* = 59,4 + (44,66 - 40) \cdot (66,5 - 59,4) / (50 - 40) = 62,71 \text{ (%)}$$

từ đó ta suy ra chỉ số hoàn lưu tối thiểu:  $r_F = 1,6648$

2- Xác định các giá trị  $r_f = b \cdot r_{Fmin}$  với  $b = 1,2 \div 2,5$

3- Xác định các giá trị

$$B = \frac{x_p}{r_f + 1}$$

4- Trên đường cân bằng lỏng hơi x-y của hệ hai cấu tử → Vẽ đường làm việc của:

- Đoạn luyện: bằng cách nối điểm (xP, yP) với điểm (0, B)
- Đoạn chưng: bằng cách nối điểm (xW, yW) với giao điểm của đường làm việc của đoạn luyện với đường  $x = xF$  (nếu hỗn hợp nguyên liệu vào ở điểm sôi)

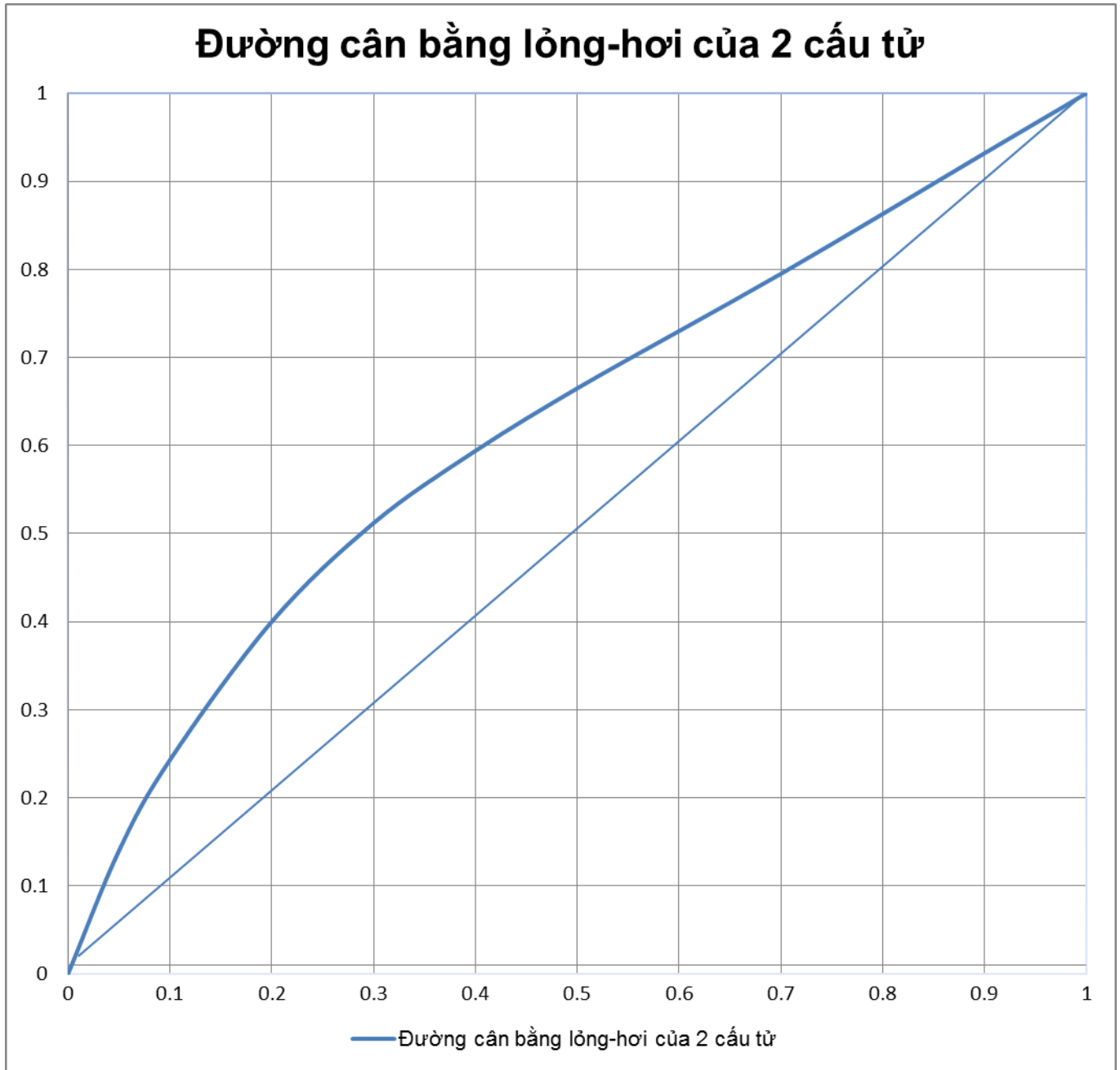
5- Xác định số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT}$  bằng cách vẽ các đường thẳng song song với trục hoành và trục tung bắt đầu từ điểm xP cho đến khi quá điểm xW.  $N_{LT}$  thông thường không phải là số nguyên.

6- Giá trị thích hợp của chỉ số hồi lưu  $r_f$  và số đĩa lý thuyết tối thiểu  $N_{min}$  tương ứng

Đầu tiên ta có được bảng sau:

b	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.2	2.4
$r_f$	1.998	2.331	2.497	2.664	2.830	2.997	3.330	3.663	3.996
B	0.309	0.278	0.265	0.253	0.242	0.232	0.214	0.199	0.186

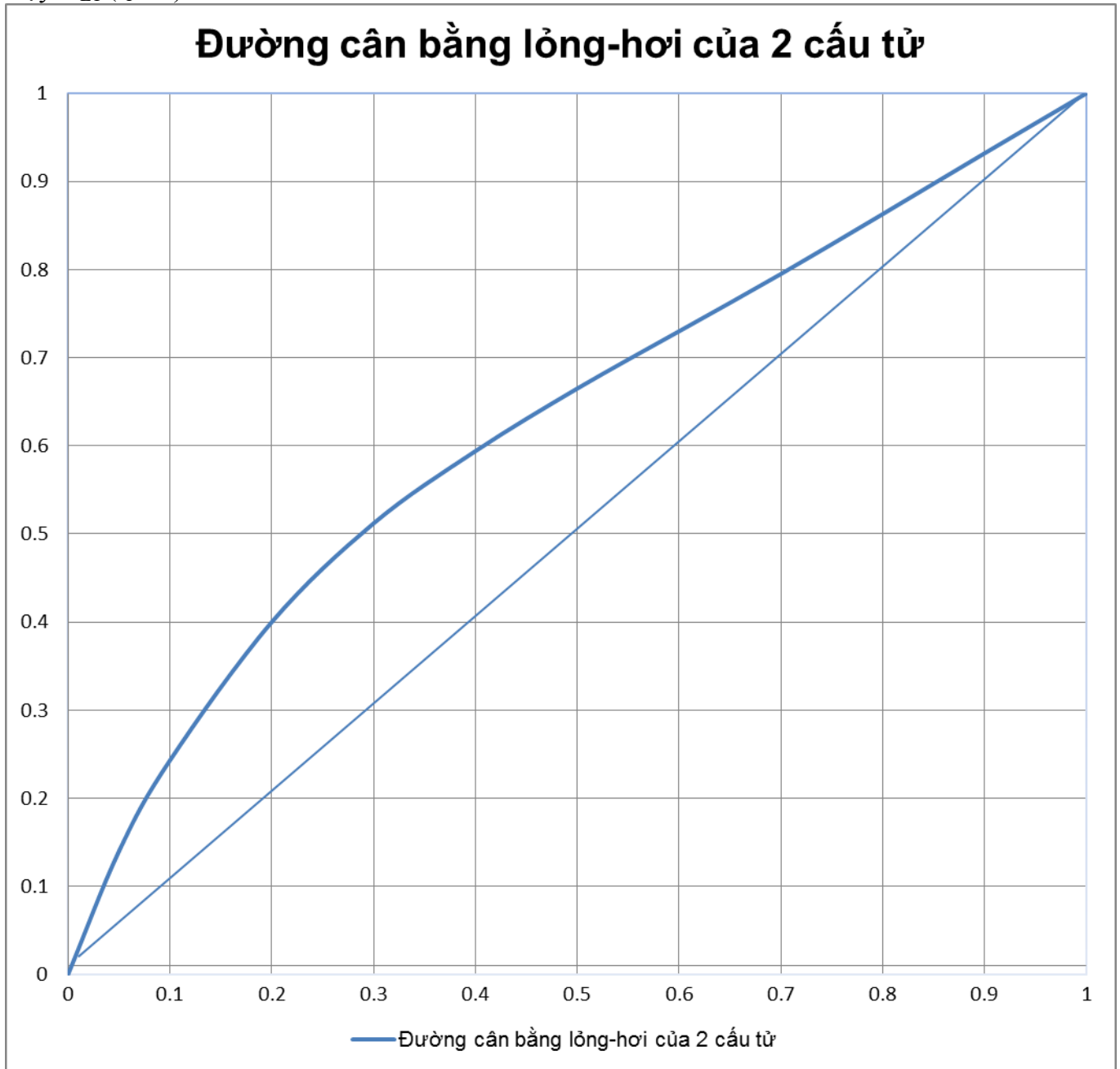
Bây giờ ta thực hiện các bước còn lại, và được kết quả như các trang sau.



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chưng và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$

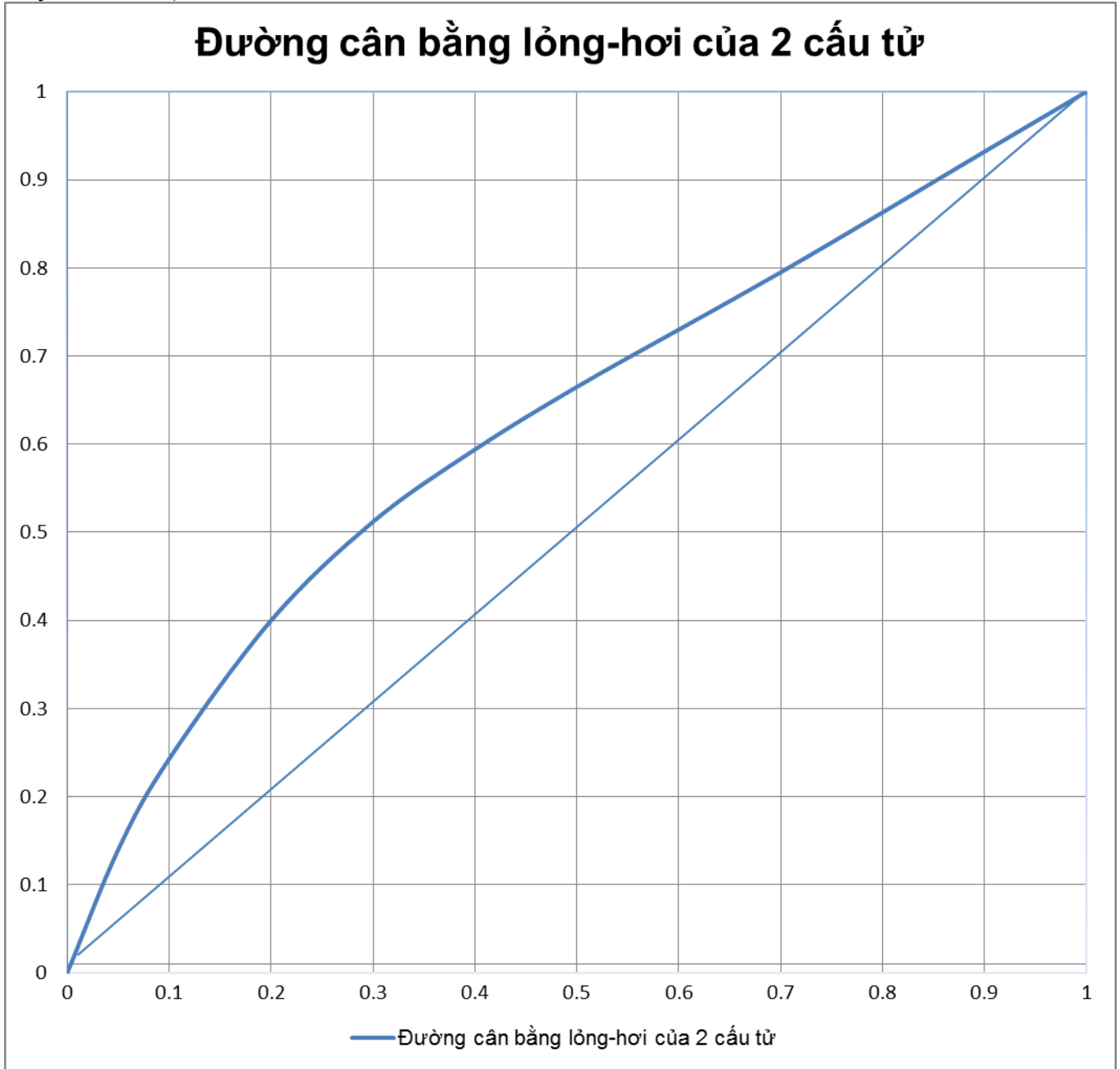


Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.



Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

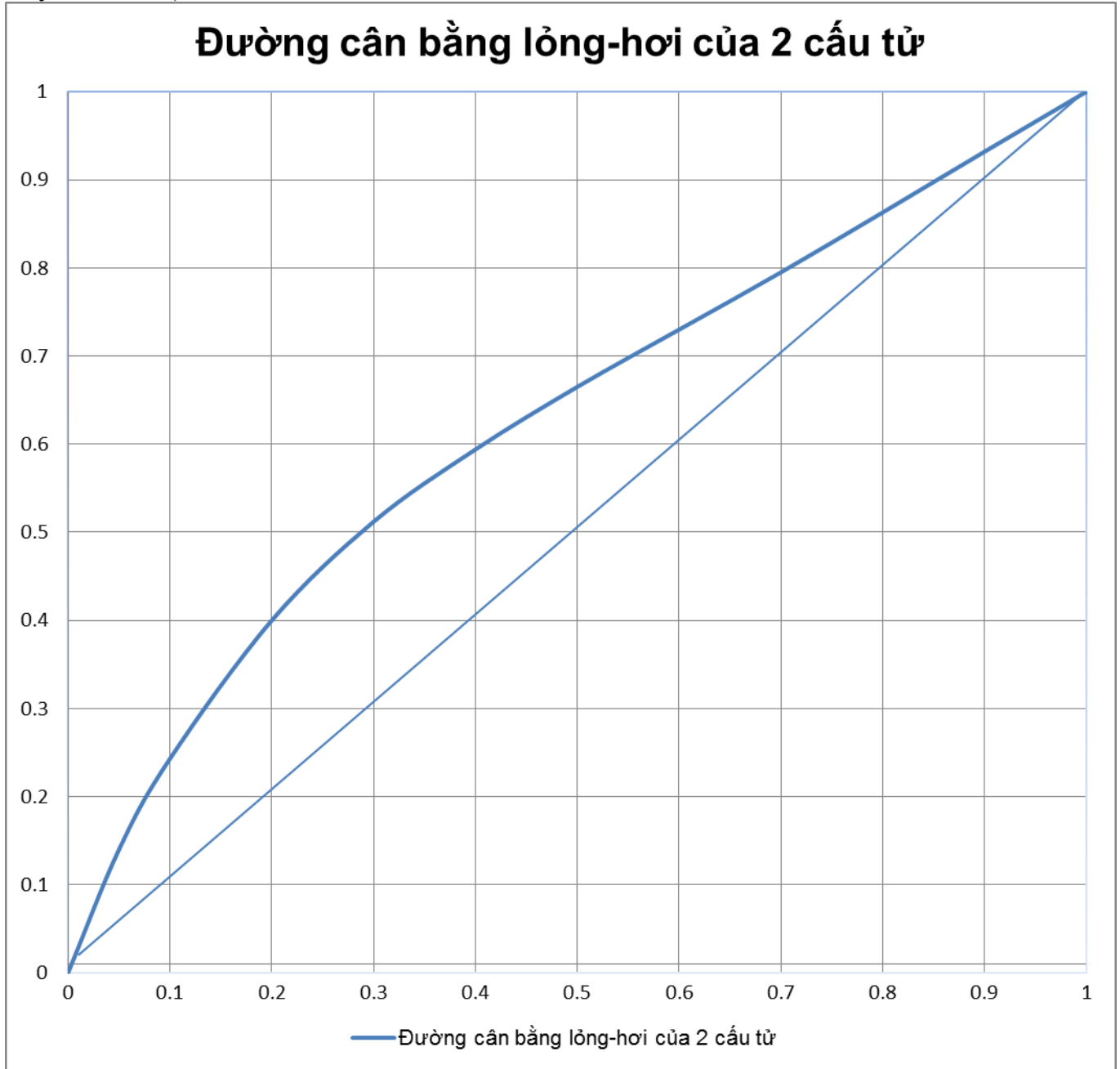
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

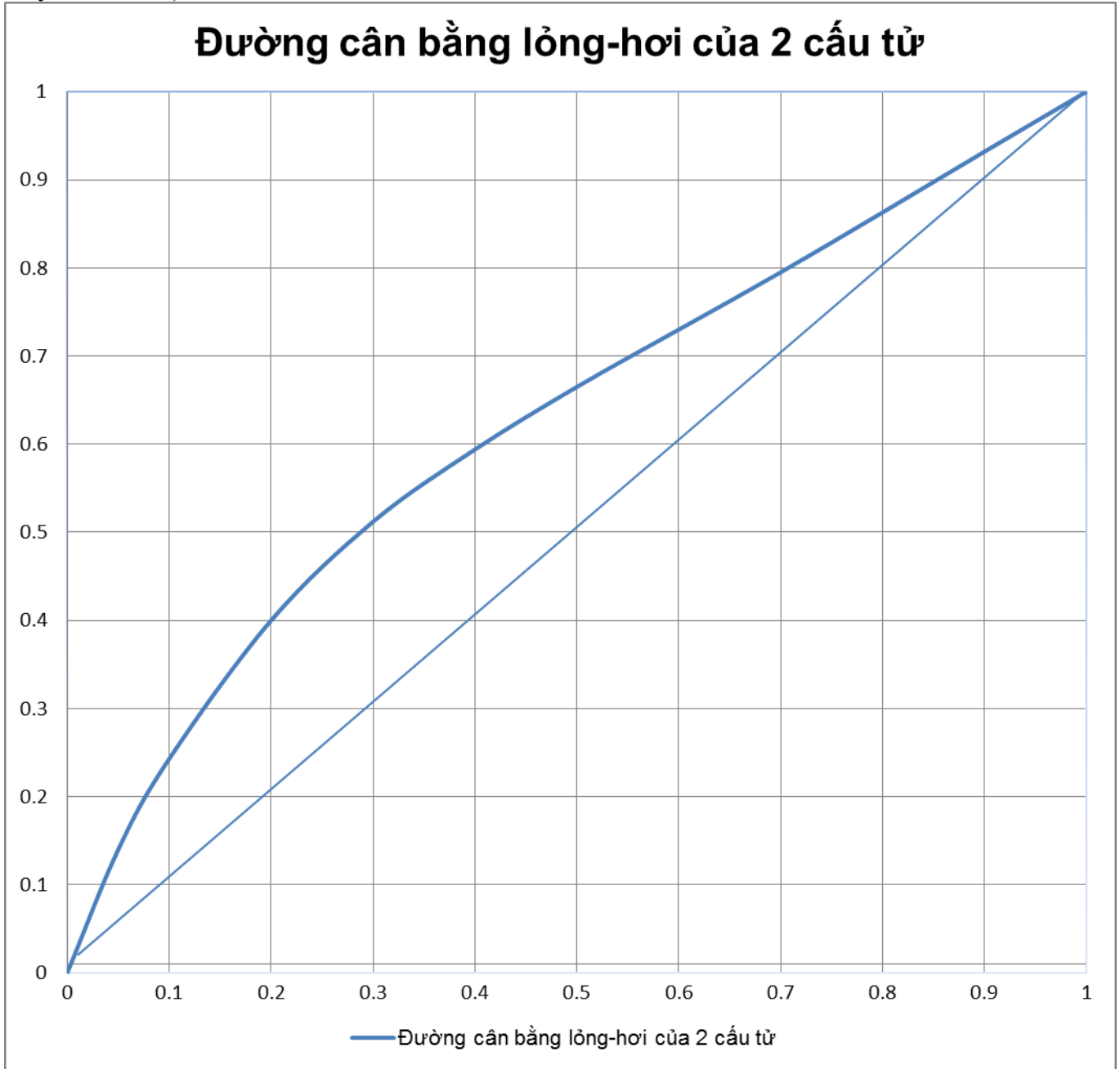
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

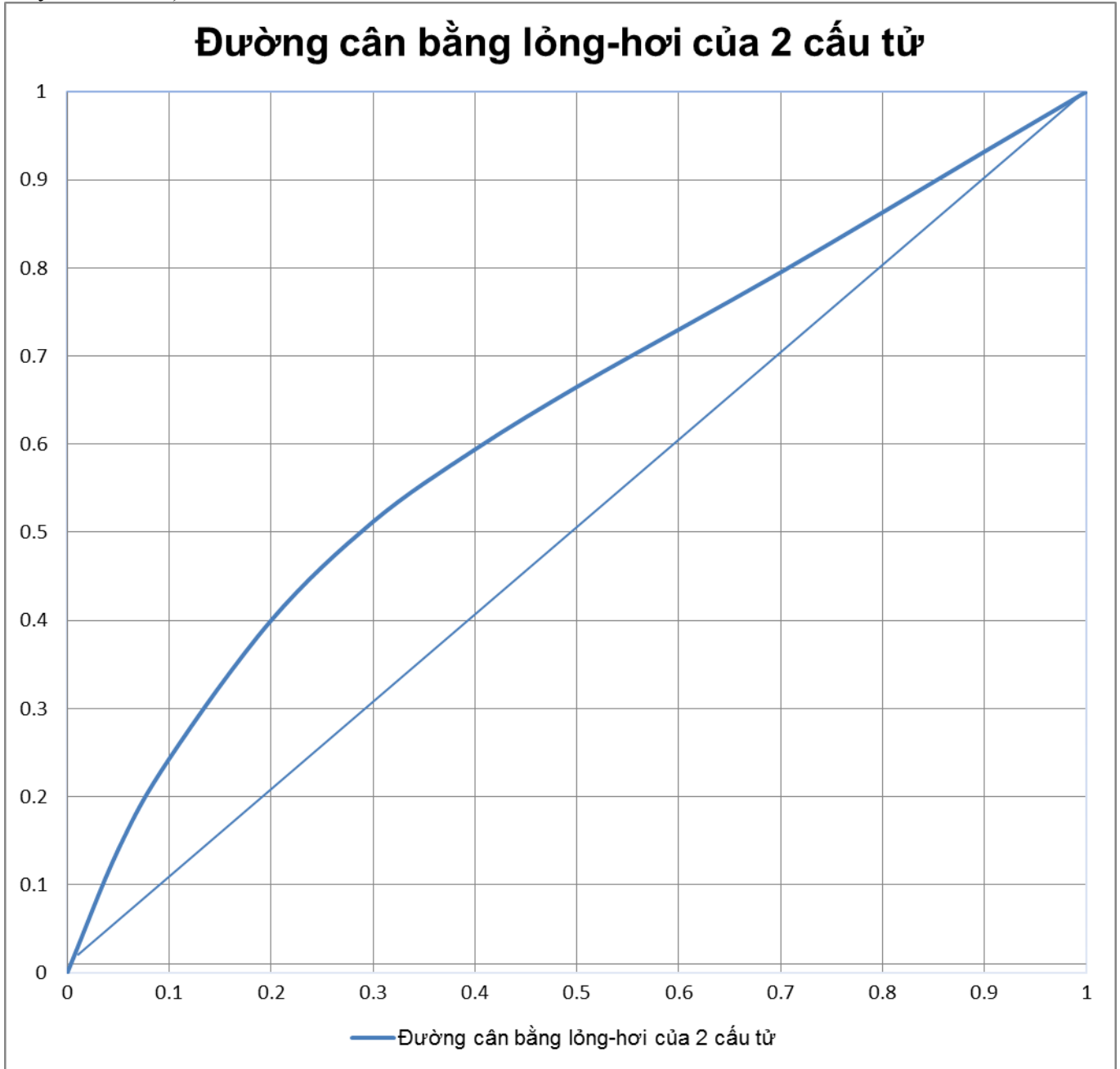
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

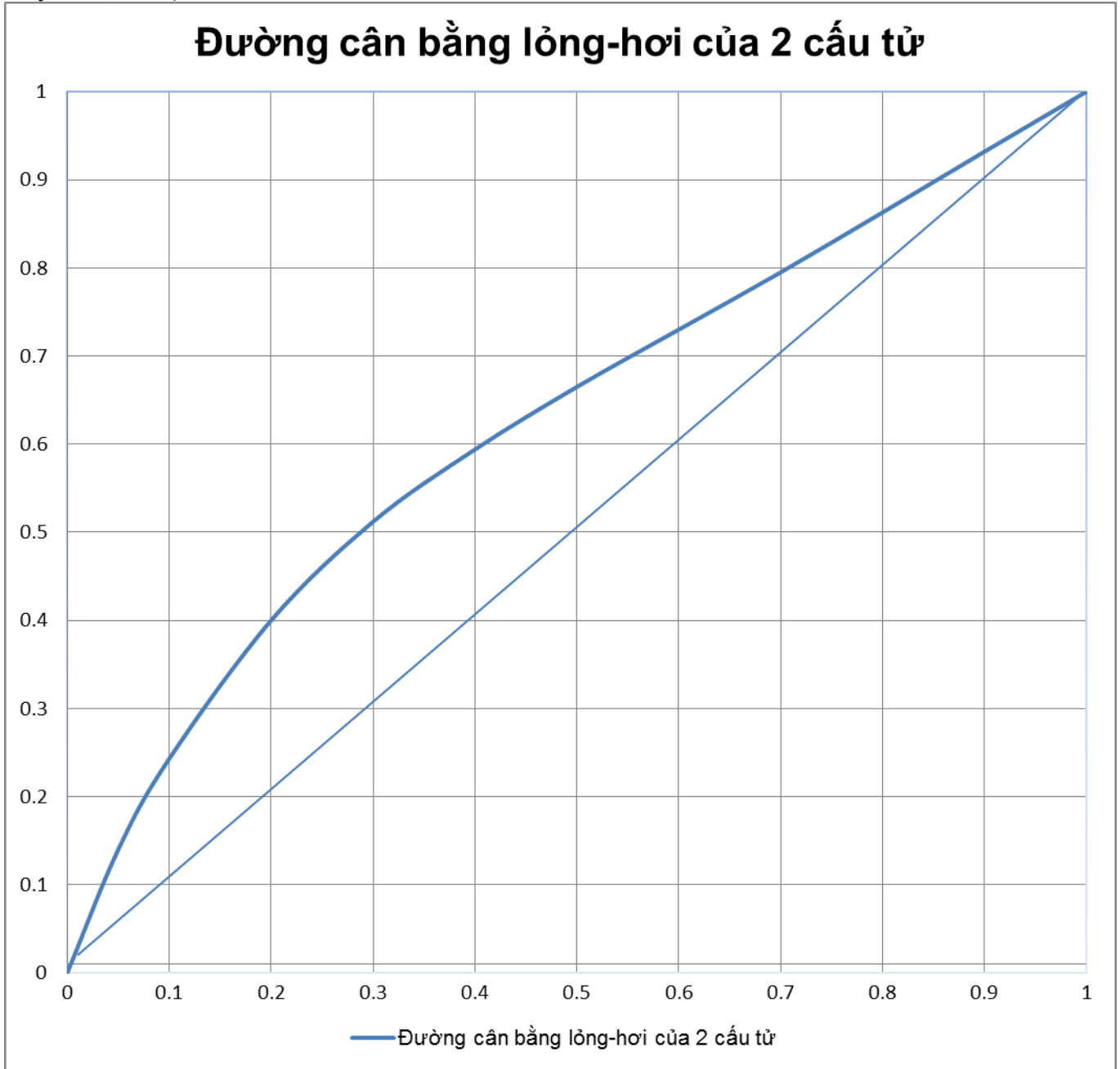
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

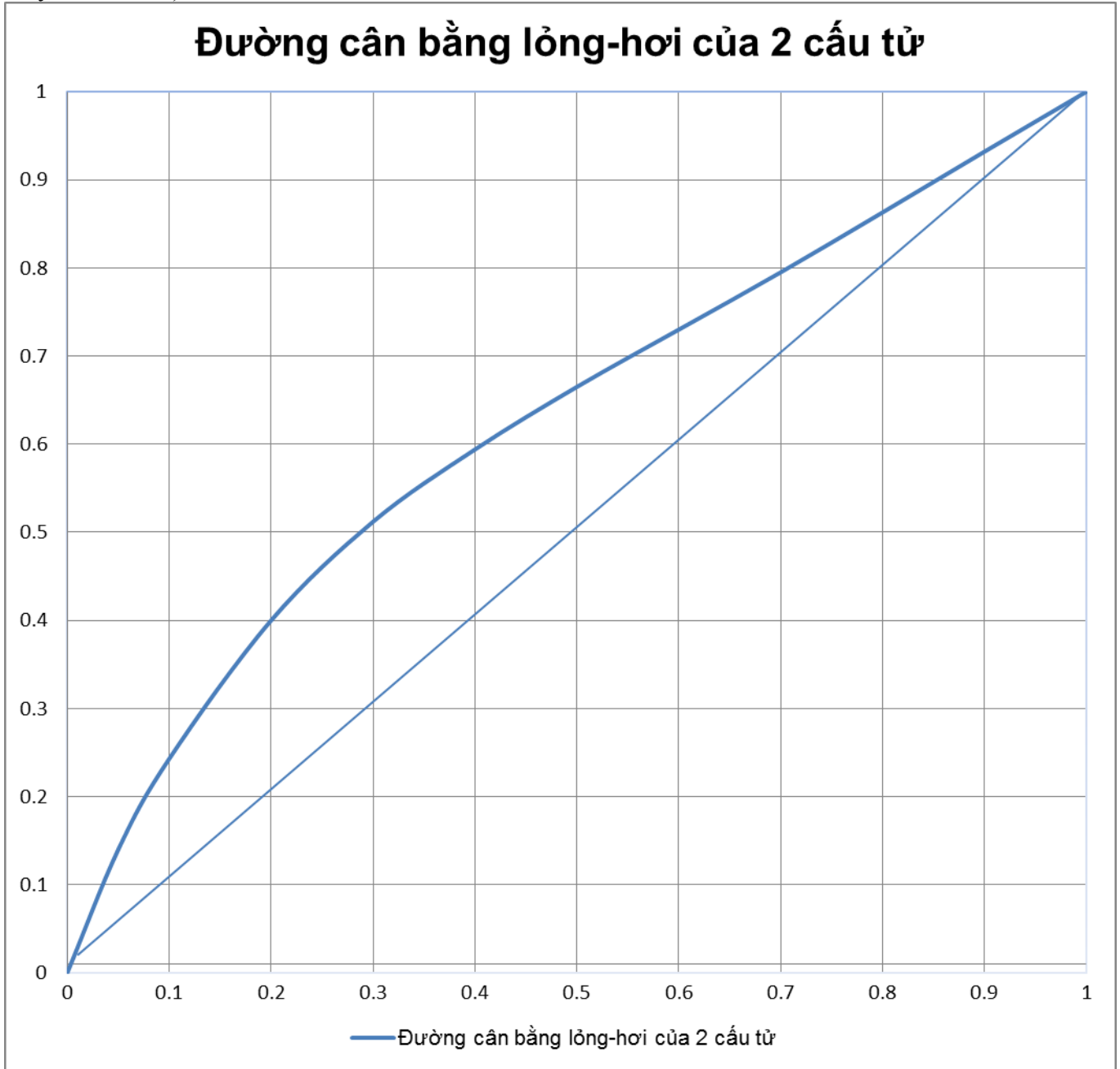
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

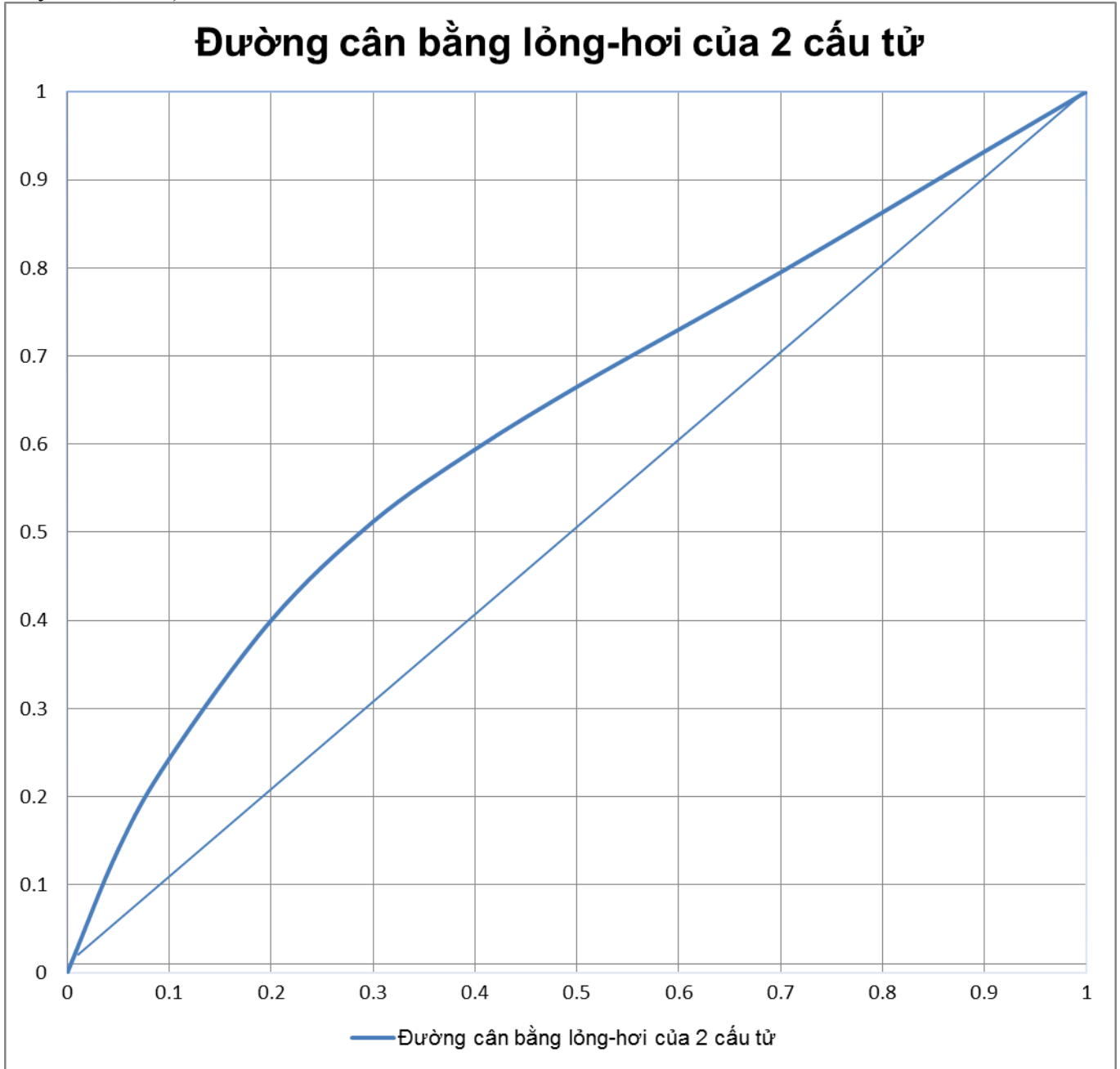
Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$



Với  $R = \dots\dots\dots$  Ta có đồ thị với các đường làm việc của đoạn chung và đoạn luyện như hình vẽ.

Từ đó ta xác định được số bậc thay đổi nồng độ  $N_{LT} = \dots\dots\dots$

Vậy  $N_{LT}(r_F + 1) = \dots\dots\dots$

Vậy ta có bảng tổng hợp:

b	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.2	2.4
$r_F$	1.998	2.331	2.497	2.664	2.830	2.997	3.330	3.663	3.996
B	0.309	0.278	0.265	0.253	0.242	0.232	0.214	0.199	0.186
$N_{LT}$									
$N_{LT}(r_F + 1)$									

**V, Xác định số đĩa thực tế.**

có nhiều phương pháp xác định số mâm thực của tháp, ngoại trừ các ảnh hưởng của thiết kế cơ khí tháp thì ta có thể xác định số mâm thực dựa vào hiệu suất trung bình:

$$N_{TT} = N_{LT}/n_{tb}$$

Trong đó:  $N_t$  – số đĩa thực tế,  $N_{lt}$  - số đĩa lý thuyết,  $n_{tb}$  – hiệu suất trung bình của thiết bị

$$n_{tb} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n}{n}$$

Trong đó  $n_i$  - hiệu suất của các bậc thay đổi nồng độ,  $n$  - số vị trí tính hiệu suất

Trong trường hợp này ta tính

$$n_{tb} = \frac{n_p + n_F + n_w}{3}$$

Với  $n_D$   $n_F$   $n_w$  - lần lượt là hiệu suất ở đĩa trên cùng, hiệu suất ở đĩa nhập liệu và hiệu suất ở đĩa dưới cùng

Hiệu suất đĩa là một hàm của độ bay hơi tương đối  $\alpha$  và độ nhớt  $\mu$  của chất lỏng:

$$n=f(\alpha, \mu)$$

Trong đó :  $\alpha$ - độ bay hơi tương đối của hỗn hợp

$\mu$ - độ nhớt của hỗn hợp lỏng, N.s/m<sup>2</sup>

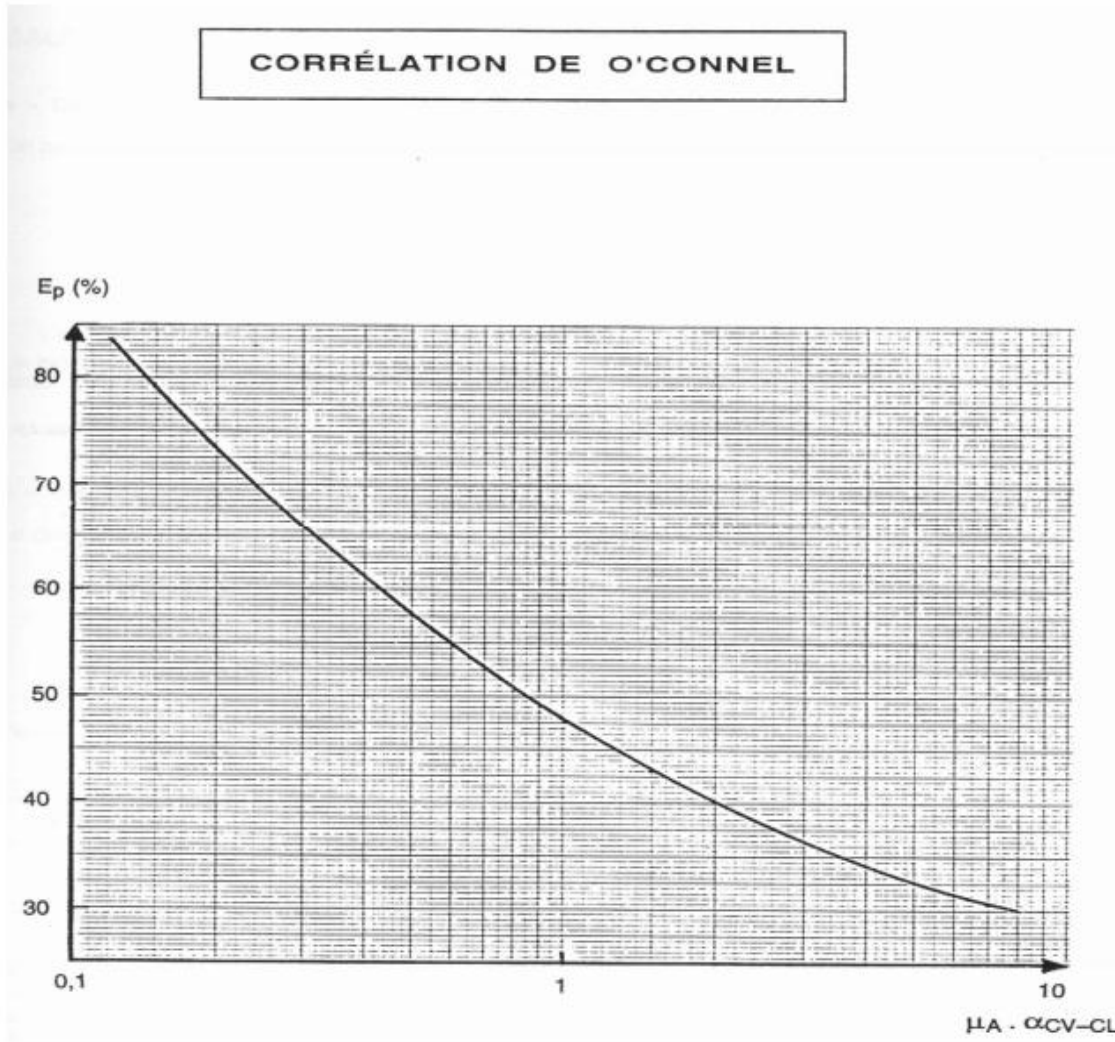
Độ bay hơi tương đối của các hỗn hợp thực được xác định theo công thức:

$$\alpha = \frac{y}{1-y} \cdot \frac{1-x}{x}$$

$y, x$  : nồng độ phần mol của cấu tử dễ bay hơi trong pha hơi và pha lỏng



Sau khi tính được tích ( $\alpha, \mu$ )  $\Rightarrow$  Tra đồ thị "Correlation de O'Connell"  $\Rightarrow$  xác định được  $\eta_P, \eta_F, \eta_W \Rightarrow$  xác định  $\eta_{tb} \Rightarrow N_{TT}$



-xác định  $\eta_p$ :

+ ta xác định bằng phần mềm ProII 9.0 bằng công cụ Shortcut ta xác định được

$$\mu=0,243 \text{ ( cp)}= 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ N.s/m}^2$$

+ ta có  $x_p=0.9276$  sử dụng công thức nội suy giá trị

$$y_p= 0,932+ ( 0,9276-0,9)(1-0,932)/(1-0,9)=0,9508 \text{ (hay 95,08 \%)}$$

$$\gg \alpha = \frac{0,9508}{1-0,9508} \cdot \frac{1-0,9276}{0,9276} = 1,5083$$

Tích  $\mu \cdot \alpha = 3,665 \cdot 10^{-4}$

>> Tra đồ thị “Correlation de O’Connel”  $\Rightarrow n_p = \dots\dots\dots$

-xác định  $n_F$ :

+ bằng công cụ Shortcut ta xác định đĩa nạp liệu là số 8 có:

$$\mu = 0,292 \text{ ( cp)} = 2,92 \cdot 10^{-4} \text{ (N.s/m}^2\text{)}$$

+ tương tự  $x_F = 0,4466$ , nội suy ta có  $y_F = 0,6271$  (62,71%)

$$\gg \alpha = \frac{0,6271}{1 - 0,6271} \cdot \frac{1 - 0,4466}{0,4466} = 2,0838$$

Tích  $\mu \cdot \alpha = 6,085 \cdot 10^{-4}$

>> Tra đồ thị “Correlation de O’Connel”  $\Rightarrow n_F = \dots\dots\dots$

-xác định  $n_W$ :

+ bằng công cụ Shortcut ta xác định:

$$\mu = 0,315 \text{ ( cp)} = 3,15 \cdot 10^{-4} \text{ (N.s/m}^2\text{)}$$

+ tương tự  $x_W = 0,0596$ , nội suy ta có  $y_W = 0,1598$  (15,98%)

$$\gg \alpha = \frac{0,1598}{1 - 0,1598} \cdot \frac{1 - 0,0596}{0,0596} = 3$$

Tích  $\mu \cdot \alpha = 9,45 \cdot 10^{-4}$

>> Tra đồ thị “Correlation de O’Connel”  $\Rightarrow n_W = \dots\dots\dots$

$$\text{Vậy } n_{tb} = \frac{n_p + n_F + n_W}{3} =$$

Từ đó ta có đĩa số đĩa thực tế là:  $N_{TT} = N_{LT}/n_{tb} = \dots\dots\dots$

## VI, Kết luận

-Việc thiết kế một hệ thống chưng luyện với đầu vào liên tục là gồm nhiều công đoạn khác nhau: cân bằng vật chất, tính toán tháp chưng cất để xác định đường kính đoạn cất, đoạn chưng, trở lực, rồi tính cân bằng nhiệt lượng ở các thiết bị, tính toán cơ khí, và tính toán các thiết bị phụ. Nhưng với nội dung kiến thức đã học thì chúng ta mới xác định được, hay là mới thực hiện được công đoạn thứ nhất là cân bằng vật chất. Và trong bài tập này thì đã xác định đầy đủ các yêu cầu: lượng sản phẩm đỉnh, sản phẩm đáy, chỉ số hồi lưu tối thiểu, số đĩa lý thuyết và số đĩa thực tế. . Bài tập lớn đã mang lại cho em nhiều kinh nghiệm để tính toán thiết kế hoàn chỉnh một quá trình trong sản xuất. Và giúp

kiểm chứng lý thuyết đã học, và sau này chúng ta có thể kiểm chứng với phần mềm PROII.....