

THIẾT KẾ CẢI TIẾN HỆ THỐNG CHUNG CÁT CỒN TUYỆT ĐỐI

Phan Văn Thơm
Trường Đại học Tây Đô
(Email: pvthom@tdu.edu.vn)

Ngày nhận: 15/02/2024

Ngày phản biện: 20/02/2024

Ngày duyệt đăng: 24/6/2024

TÓM TẮT

Sản phẩm cồn tuyệt đối cần thiết cho các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Hệ thống sản xuất cồn tuyệt đối bằng phương pháp hồi lưu nhiều bậc cồn nhược điểm cần được khắc phục. Xuất phát từ công dụng và nhu cầu sử dụng cồn tuyệt đối, trên cơ sở nhiều phương pháp lựa chọn, nghiên cứu được thực hiện nhằm cải tiến hệ thống chưng cất, nâng cao chất lượng và khả năng thu hồi cồn tuyệt đối, phục vụ thiết thực cho nhu cầu của các phòng thí nghiệm của trường Đại học Tây Đô. Kết quả đạt được là Hệ thống thiết bị được chế tạo bằng kim loại chống ăn mòn, kết cấu kín, sản phẩm cồn tuyệt đối có nồng độ đạt 99,5% thể tích, và hiệu suất thu hồi đạt 80%. Hệ thống đã được cải tiến hiệu quả so với hệ thống chưng cất trước đây.

Từ khóa: Chưng hóa - lý kết hợp, cồn tuyệt đối, hệ thống chưng cất

Trích dẫn: Phan Văn Thơm, 2024. Thiết kế cải tiến hệ thống chưng cất cồn tuyệt đối. Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Phát triển kinh tế Trường Đại học Tây Đô. 20: 102-117.

*PGS.TS. Phan Văn Thơm - Ủy viên Hội đồng Trường, Trưởng Khoa Đào tạo sau đại học, Trường Đại học Tây Đô

1. GIỚI THIỆU

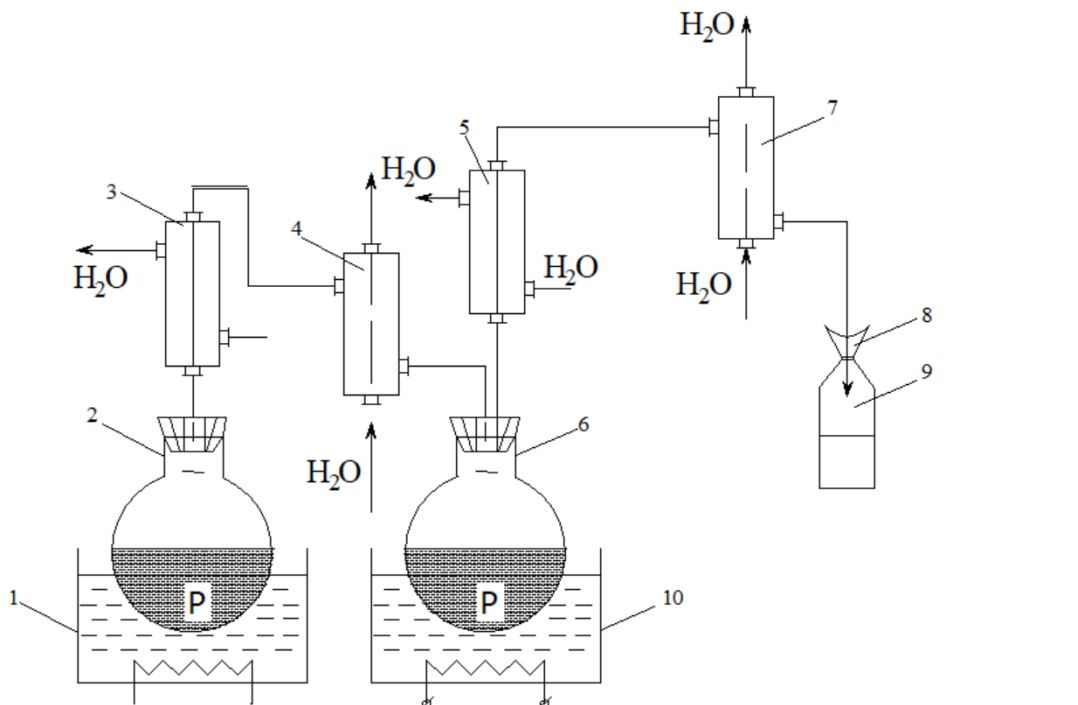
Hệ thống nghiên cứu sản xuất cồn tuyệt đối trước đây được nghiên cứu tại Trường Đại học Tây Đô còn nhiều nhược điểm, thiết bị công kênh, dễ nứt bể do vật liệu làm bằng thủy tinh không thích hợp với điều kiện nhiệt độ luôn thay đổi. Lượng nước tiêu tốn để ngưng tụ làm lạnh nhiều, hiệu suất thu hồi sản phẩm thấp, chỉ đạt khoảng 70%. Do vậy, cần thiết nghiên cứu hệ thống mới đạt hiệu suất cao hơn nhằm tạo ra được sản phẩm tốt phục vụ cho nghiên cứu khoa học và đào tạo của Nhà trường.

Mục tiêu của nghiên cứu nhằm chế tạo hệ thống chưng cất cồn tuyệt đối làm việc gián đoạn có tuổi thọ bền và hiệu suất thu hồi sản phẩm cao.

Nội dung nghiên cứu là vận dụng lý thuyết về truyền khối và truyền nhiệt, dựa trên kết quả đã nghiên cứu ở giai đoạn trước để làm cơ sở cho việc tính toán, nghiên cứu cải tiến tiếp theo của hệ thống mới. Từ đó tính toán để có các số liệu cần thiết. Thiết kế cải tiến hệ thống thiết bị. Chế tạo và lắp đặt hệ thống thiết bị làm việc ổn định. Thí nghiệm đánh giá hiệu suất thu hồi tăng. Đảm bảo chất lượng với nồng độ cồn từ 99 - 99,5 % thể tích.

2. THIẾT KẾ CẢI TIẾN HỆ THỐNG CHƯNG CẤT CỒN TUYỆT ĐỐI

2.1. Hệ thống thiết bị thí nghiệm cũ



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm sản xuất cồn tuyệt đối bằng phương pháp hồi lưu nhiệt bậc

1 và 10: Thiết bị gia nhiệt; 4 và 7: Thiết bị ngưng tụ; 2 và 6: Thiết bị phản ứng;
8: Bình lọc sản phẩm; 3 và 5: Thiết bị ngưng tụ hồi lưu; 9: Bình chứa sản phẩm

2.2. Những ưu nhược điểm của hệ thống cũ

Hệ thống phức tạp, cồng kềnh vì gồm 4 thiết bị ngưng tụ và làm lạnh.

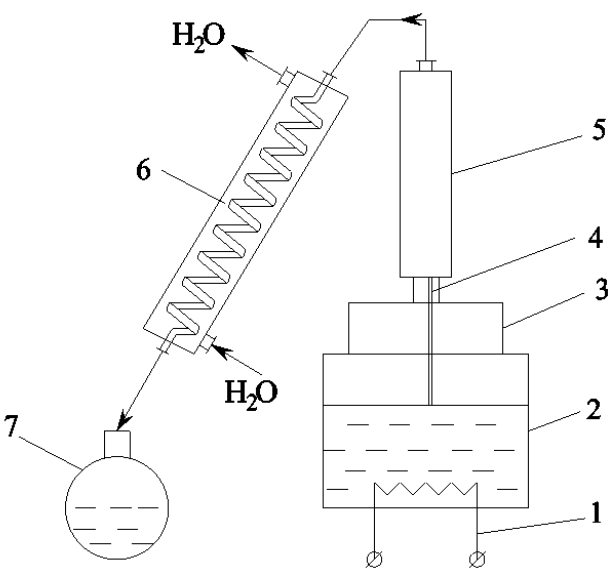
Tốn nhiều nước dùng cho ngưng tụ và làm lạnh.

Hệ thống toàn làm bằng vật liệu thủy tinh nên tuổi thọ thấp, nhất là các nồi

đun dễ nứt bể do tiếp xúc với nguồn nhiệt thay đổi.

Hiệu suất thu hồi thấp (khoảng 70%) do các mối nối bằng cao su với thủy tinh có độ giãn nở nhiệt của vật liệu khác nhau nên thường bị hở làm thất thoát sản phẩm.

2.3. Sơ đồ hệ thống cải tiến mới



Hình 2. Sơ đồ thiết kế mới

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1: Nguồn điện gia nhiệt; | 2: Nồi cung cấp nhiệt; |
| 3: Nồi chưng; | 4: Ống tuần hoàn; |
| 5: Thiết bị ngưng tụ hồi lưu; | 6. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh sản phẩm; |
| 7. Thùng chứa sản phẩm. | |

Nhận xét

- Hệ thống chưng cất cũ có 4 thiết bị truyền nhiệt, thiết kế cải tiến mới chỉ còn 1 thiết bị truyền nhiệt là thiết bị ngưng tụ làm lạnh.

- Hệ thống cũ dùng nước để làm lạnh, ngưng tụ. hệ thống mới chỉ có một thiết bị dùng nước để làm lạnh, ngưng tụ. còn một thiết bị dùng nguyên tắc giãn nở thể tích hơi → áp suất hơi giảm

xuống → nhiệt độ hơi giảm xuống và hơi ngưng tụ. lượng nước dùng để ngưng tụ làm lạnh chỉ bằng 1/4 hệ thống cũ.

- Hệ thống thiết bị cũ toàn bộ làm bằng thủy tinh, dùng để thí nghiệm tìm ra qui trình công nghệ, nên hay nứt bể do nhiệt độ thường xuyên thay đổi. theo thiết kế mới sẽ dùng vật liệu kim loại để chế tạo hệ thống thiết bị nhằm đảm bảo hoạt động bền vững.

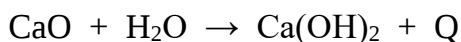
- Hệ thống cũ có hiệu suất thu hồi thấp ($\approx 70\%$) do hệ số giãn nở không đều khi thay đổi nhiệt độ của nút đẩy bằng cao su và cửa thủy tinh, trong khi áp suất hơi bên trong thiết bị lớn nên hơi dễ chui qua khe hở ra ngoài, làm hiệu suất thu hồi giảm đáng kể. hệ thống mới thiết kế và lắp đặt hoàn toàn kín nên hạn chế được mất mát hơi, giúp tăng hiệu suất thu hồi.

2.4. Chưng đơn giản khi nồng độ sản phẩm đỉnh không đổi

- Trong quá trình chưng đơn giản, hơi tạo thành được lấy ra ngay và cho ngưng tụ thành chất lỏng.

- Đặc điểm của phương pháp chưng này là: Chưng gián đoạn “từng mẻ”. Nguyên liệu đầu là cồn công nghiệp có nồng độ 96% thể tích (94% khối lượng) được cho vào nồi chưng có chứa một lượng cầu tử phân ly thích hợp. Để đơn giản, ta coi nguyên liệu đầu chỉ có hai thành phần là nước và Ethanol (ví dụ: trong 100 g nguyên liệu thì chỉ có 94 g Ethanol và 6 g nước).

Khi chưng, Ethanol sẽ bốc lên, còn nước sẽ được cầu tử phân ly (CaO) tách ra khỏi nguyên liệu theo cơ chế phản ứng:



Khi bốc lên, Ethanol kéo theo một số phân tử nước tự do. Muốn sản phẩm thu được chỉ là Ethanol nguyên chất, ta cần cho phần lớn hơi bốc lên ngưng tụ lại và hoàn lưu về nồi chưng để cầu tử phân ly giữ lại các phân tử nước bằng phản ứng hóa học. Sau một thời gian nhất định, khi phản ứng hóa học đã gần triệt để, có

thể ngưng hơi lưu và hoàn thành một qui trình chưng cất.

2.5. Tính cân bằng vật liệu

2.5.1. Điều kiện

- Nồng độ nguyên liệu đầu: $x = 96\%$ thể tích (94% khối lượng).

- Nồng độ sản phẩm đáy: $x_1 = 0,1\%$ thể tích.

- Nồng độ sản phẩm đỉnh: $x_p = 99,9\%$ thể tích (98% khối lượng).

- Lượng nguyên liệu đầu: $W = 6$ lít (4,8 kg).

- Lượng Ethanol nguyên chất tính theo thể tích: $V = 6\ell \times 96\% = 5,76\ell$

- Lượng Ethanol nguyên chất tính theo khối lượng: $g = 4,8 \text{ kg} \times 94\% = 4,512 \text{ kg}$.

2.5.2. Tính cân bằng vật liệu

Gọi: W : Lượng nguyên liệu đầu, ℓ .

W_1 : Lượng sản phẩm lưu lại ở đáy nồi sau khi chưng, ℓ .

P : Lượng sản phẩm đỉnh, ℓ .

V : Lượng Ethanol nguyên chất có trong nguyên liệu đầu, ℓ .

v : Lượng Ethanol nguyên chất còn lại ở đáy nồi sau khi chưng, ℓ .

Ta có phương trình cân bằng vật liệu:

$$V = W.x = W_1.x_1 + (W-W_1).x_p \quad (2-1)$$

$$\text{và } W = W_1 + P \quad (2-2)$$

Từ (2-1) và (2-2), suy ra lượng sản phẩm còn lại ở đáy nồi sau khi chưng là:

$$v = W_1 (x_1 - x_p) + W.x_p$$

Rút ra:

$$W_1 = \frac{v - W \cdot x_p}{x_1 - x_p} = \frac{5,76 - 6 \times 0,999}{0,001 - 0,999} = \frac{5,76 - 5,994}{-0,998} = 0,234 \ell$$

Vậy lượng Êtanol nguyên chất còn lại ở đáy nồi là:

$$v = W_1 \cdot x_1 = 0,234 \ell \times 0,001 = 0,234 \cdot 10^{-3} \ell$$

Suy ra lượng sản phẩm đỉnh:

$$P = V - v = 5,76 \ell - 0,234 \cdot 10^{-3} \ell = 5,759 \ell$$

2.5.3. Tính lượng hơi trung bình bốc lên và ngưng tụ

Lượng hơi bốc lên từ nồi chưng phụ thuộc nhiều yếu tố:

- Thành phần nồng độ nguyên liệu đầu.
- Tính chất và lượng cấu tử phân ly.
- Nhiệt độ của dung dịch.
- Bề mặt bốc hơi.
- Điều kiện áp suất làm việc,...

Khối lượng riêng trung bình của Ethanol ở thể lỏng là $\rho = 780 \div 800 \text{ kg/m}^3$, còn ở thể hơi là $\rho_h = 1,655 \text{ kg/m}^3$. Qua nhiều lần thí nghiệm, nhận thấy: Thời gian trung bình để bốc hơi hết “một mẻ” 6 ℓ từ lúc dung dịch bắt đầu sôi, thường là một giờ, trong đó 30 phút đầu có quá trình bốc hơi mãnh liệt nhất, còn giai đoạn sau thì lượng hơi giảm mạnh cho tới khi dừng hẳn. Thường sản phẩm đỉnh thu được ở giai đoạn bốc hơi mãnh liệt từ 3 $\div$ 5 ml/s . Để an toàn trong quá trình tính toán, ta chọn lượng sản phẩm ngưng tụ thành lỏng là 4 ml/s ($4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$).

2.6. Tính toán, thiết kế

2.6.1. Nồi chưng

Dựa vào năng suất chứa hỗn hợp đầu kể cả cấu tử phân ly khoảng 8 lít, ta chọn

dung tích nồi chưng là 12 lít. Tính cụ thể ta có:

- Đường kính nồi chưng $D = 250 \text{ mm}$.

- Chiều cao nồi chưng: $H = 250 \text{ mm}$.

Kiểm tra:

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H = \frac{3,14 \times (0,25)^2}{4} \times 0,250 = 0,012 \text{ m}^3 = 12 \ell$$

Vật liệu gia công làm bằng Inox.

2.6.2. Chọn thiết bị ngưng tụ hồi lưu

a. Điều kiện chọn

Vì lượng hơi đi vào thiết bị quá nhỏ nên ta chỉ cần chọn một khoảng không gian cần thiết để hơi từ ống có đường kính $\Phi 19 \text{ mm}$ đi vào một khoảng không gian có đường kính lớn hơn là có thể ngưng tụ được hơi.

Chọn đường kính thiết bị $D_1 = 60 \text{ mm}$.

Chọn chiều cao thiết bị: $H_1 = 360 \text{ mm}$.

b. Nguyên lý ngưng tụ hơi

Hơi từ ống có tiết diện nhỏ vào ống có tiết diện lớn hơn sẽ giãn nở thể tích, làm áp suất hơi giảm xuống và nhiệt độ hơi sẽ giảm theo, đưa đến hơi sẽ ngưng tụ lại. Để các phân tử nước bị kéo theo khi bốc hơi quay lại nồi chưng nhằm thực hiện tiếp phản ứng hóa học với cấu tử phân ly, ta cho nước ngưng hồi lưu trở lại nồi chưng đường ống có đường kính $\Phi 5 \text{ mm}$. Ống hồi lưu này có tác dụng là không cho nước ngưng khi quay lại nồi chưng bị hơi bốc lên cuốn theo.

2.6.3. Tính thiết bị ngưng tụ làm lạnh sản phẩm đỉnh

a. Điều kiện ban đầu

- Lượng hơi trung bình đi vào thiết bị ngưng tụ làm lạnh: $V_{tb} = 4.10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

- Lượng hơi này ngưng tụ hoàn toàn nên tính theo khối lượng ta có: $g_{tb} = 3,2.10^{-3} \text{ kg/s}$.

- Nhiệt độ hơi ngưng tụ: $t_{1d} = 80^\circ\text{C}$.

- Nhiệt độ sản phẩm: $t_{1c} = 30^\circ\text{C}$.

- Nhiệt độ nước dùng ngưng tụ làm lạnh ban đầu: $t_{2d} = 25^\circ\text{C}$.

- Nhiệt độ nước dùng ngưng tụ làm lạnh ban cuối: $t_{2c} = 45^\circ\text{C}$.

- Ẩn nhiệt ngưng tụ của hơi Ethanol: $r = 207 \text{ kcal/kg}$ (tr.58.I).

$r = 207 \text{ kcal/kg} \times 4,18.10^3 = 852,84.10^3 \text{ J/kg}$

- Hệ số truyền nhiệt: $k = 230 \div 460 \text{ w/m}^2 \text{ độ}$ (tr.212.I).

- Ta chọn: $k = 400 \text{ W/m}^2 \text{ độ} = 1672 \text{ J/m}^2 \text{ độ}$.

- Thiết bị truyền nhiệt loại ống xoắn.

b. Tính nhiệt lượng

Nhận thấy quá trình trao đổi nhiệt có hai giai đoạn: Ngưng tụ hơi và làm lạnh nước ngưng. Phương trình trao đổi nhiệt:

$$Q = Q_I + Q_{II} = G_2.C_{2tb}(t_{2c} - t_{2d}) \quad (2-3)$$

Ở đây:

Q : Nhiệt lượng trao đổi giữa lưu thể nóng và lưu thể nguội, J/s

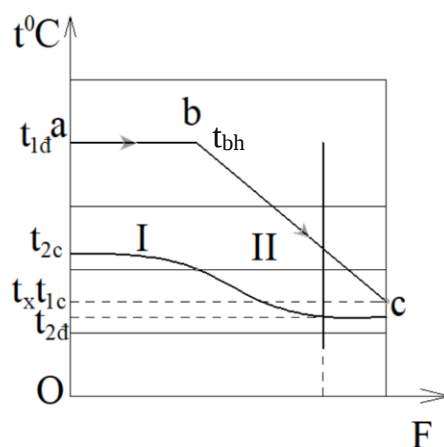
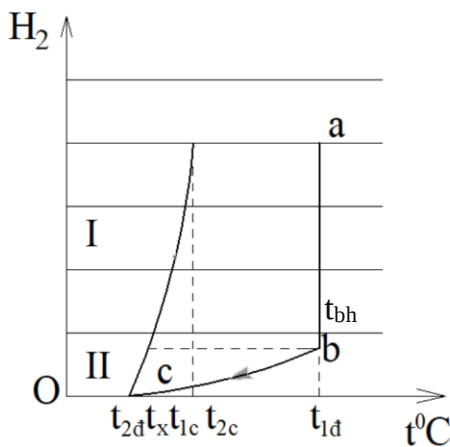
Q_I : Nhiệt lượng do hơi ngưng tụ trao cho lưu thể nguội, J/s

Q_{II} : Nhiệt lượng do nước ngưng tụ trao cho lưu thể nguội, J/s

G_2 : Lượng nước dùng để ngưng tụ hơi và làm lạnh sản phẩm, kg/s.

C_{2tb} : Nhiệt dung riêng trung bình của nước dùng ngưng tụ và làm lạnh, J/kgđộ

t_{2d}, t_{2c} : Đã giải thích ở trên, $^\circ\text{C}$.



Hình 3. Sơ đồ truyền nhiệt

a). Thay đổi nhiệt độ theo chiều cao thiết bị. b). Thay đổi nhiệt độ theo bề mặt thiết bị

$t_{1d} = 80^\circ\text{C}$, $t_{1c} = 30^\circ\text{C}$, $t_{2d} = 25^\circ\text{C}$, $t_{2c} = 45^\circ\text{C}$, $t_x = 30^\circ\text{C}$

Giai đoạn I (ab): Ngưng tụ hơi.

$$Q_I = g_{tb} \cdot r, \text{ J/s} \quad (2-4)$$

Ở đây: g_{tb} : Lượng hơi trung bình đã ngưng tụ, kg/s.

r : Ẩn nhiệt ngưng tụ, J/kg ($r = 852,84 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$).

$$Q_I = 3,2 \cdot 10^{-3} \times 852,84 \cdot 10^3 = 2729 \text{ J/s (W)}$$

Giai đoạn II (bc): Làm lạnh sản phẩm ngưng tụ.

$$Q_{II} = g_{tb} \cdot C_{1tb} (t_{bh} - t_{1c}), \text{ J/s} \quad (2-5)$$

Trong đó:

C_{1tb} : Nhiệt dung riêng của sản phẩm tính theo nhiệt độ trung bình, J/kg độ.

$$C_{1tb} = 3820 \text{ J/kg độ (tr172.II)}$$

t_{bh} : Nhiệt độ hơi bão hòa bằng nhiệt độ hơi ngưng tụ, $t_{bh} = t_{1d} = 80^\circ\text{C}$.

$$Q_{II} = 3,2 \cdot 10^{-3} \times 3820 (80 - 30) = 611,2 \text{ J/s (W)}$$

Vậy tổng nhiệt lượng trao đổi của thiết bị là:

$$Q = Q_I + Q_{II} = 2729 + 611,2 = 3340,2 \text{ J/s (W)}$$

c. Tính lượng nước cần dùng để ngưng tụ làm lạnh

Tính lượng nước: Nhiệt do hơi ngưng tụ và làm lạnh tỏa ra bao nhiêu thì nước sẽ thu vào bấy nhiêu (bỏ qua tổn thất nhiệt ra môi trường).

Ta có phương trình cân bằng nhiệt lượng:

$$Q = G_2 \cdot C_{2tb} (t_{2c} - t_{2d}), \text{ J/s} \quad (2-6)$$

Ở đây:

G_2 : Lượng nước cần dùng để ngưng tụ và làm lạnh, kg/s.

C_{2tb} : Nhiệt dung riêng trung bình của nước, J/kg độ.

$$t_{2tb} = \frac{t_{2d} + t_{2c}}{2} = \frac{25 + 45}{2} = 35^\circ\text{C}$$

$$C_{2tb} = 4,17 \cdot 10^3 \text{ J/kg độ (tr.165.II)}$$

Vậy lượng nước tiêu hao là:

$$G_2 = \frac{Q}{C_{2tb}(t_{2c} - t_{2d})} = \frac{3240,2}{4,17 \cdot 10^3 (45 - 25)} = 0,038 \text{ kg/s}$$

Khối lượng riêng của nước ở nhiệt độ 35°C là $\rho_2 = 995 \text{ kg/m}^3$ (tr.11.II), nên tính theo thể tích ta có:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,038}{995} = 0,0381 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} (0,038 \text{ l/s})$$

d. Tính nhiệt độ của nước ở thời điểm sản phẩm ngưng bắt đầu được làm lạnh

Vì lượng nước đi qua thiết bị ngưng tụ làm lạnh ở cả hai giai đoạn I, II đều bằng nhau và bằng nước tiêu tổn chung nên ta có phương trình truyền nhiệt ở giai đoạn II là:

$$Q_{II} = G_2 \cdot C_{2tb} (t_x - t_{2d}), \text{ J/s} \quad (2-7)$$

Trong đó: G_2 , C_{2tb} : đã giải thích ở trên.

t_x : Nhiệt độ của nước ở thời điểm sản phẩm ngưng tụ bắt đầu được làm lạnh, $^\circ\text{C}$.

$$t_x = \frac{Q_{II}}{G_2 \cdot C_{2tb}} + t_{2d} = \frac{611,2}{0,038 \times 4,17 \cdot 10^3} + 25^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

e. Tính bề mặt truyền nhiệt

- Bề mặt truyền nhiệt giai đoạn I (giai đoạn ngưng tụ hơi).

Từ phương trình truyền nhiệt:

$$Q_I = K_I \cdot F_I \cdot \Delta t_{tbI}, \text{ J/s} \quad (2-8)$$

Ta rút ra: $F_I = \frac{Q_I}{K_I \cdot \Delta t_{tbI}}, \text{ m}^2$

Ở đây

K_I : Hệ số truyền nhiệt giai đoạn I bằng hệ số truyền nhiệt giai đoạn II và bằng hệ số truyền nhiệt chung $K_I = K_{II} = K = 400 \text{ W/m}^2 \text{ độ}$ ($1672 \text{ J/m}^2 \text{ độ}$).

Δt_{tbI} : Hiệu số nhiệt độ trung bình giai đoạn I, $^{\circ}\text{C}$.

Công thức tổng quát:

$$\Delta t_{tbI} = \frac{\Delta t_{dI} - \Delta t_{cI}}{\ln \frac{\Delta t_{dI}}{\Delta t_{cI}}}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2-9)$$

Trong đó

$$\Delta t_{dI} = t_{1d} - t_{2c} = 80^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{cI} = t_{bh} - t_x = 80^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

Chú ý: Trong truyền nhiệt ngược chiều, Δt nào lớn lấy làm Δt_d , Δt nào nhỏ lấy làm Δt_c . Như vậy ở đây $\Delta t_d = 50^{\circ}\text{C} = \Delta t_{dI}$ và $\Delta t_n = 35^{\circ}\text{C} = \Delta t_{cI}$

Vậy công thức (2-9) có dạng:

$$\Delta t_{tbI} = \frac{\Delta t_{dI} - \Delta t_{nI}}{\ln \frac{\Delta t_{dI}}{\Delta t_{nI}}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Khi $\frac{\Delta t_d}{\Delta t_n} < 2$ thì ta có thể tính hiệu số

nhiệt độ trung bình như sau:

$$\Delta t_{tbI} = \frac{\Delta t_d + \Delta t_n}{2}$$

Trường hợp này: $\frac{\Delta t_d}{\Delta t_n} = \frac{50}{35} < 2$

Nên: $\Delta t_{tbI} = \frac{50 + 35}{2} = 42,5^{\circ}\text{C}$

Vậy bề mặt truyền nhiệt giai đoạn I là:

$$F_I = \frac{Q_I}{K_I \cdot \Delta t_{tbI}} = \frac{2729}{1672 \times 42,5} = 0,038 \text{ m}^2$$

- Bề mặt truyền nhiệt giai đoạn II (giai đoạn làm lạnh sản phẩm).

Ta có phương trình truyền nhiệt:

$$Q_{II} = K_{II} \cdot F_{II} \cdot \Delta t_{tbII}, \text{ J/s} \quad (2-10)$$

Ta rút ra: $F_{II} = \frac{Q_{II}}{K_{II} \cdot \Delta t_{tbII}}, \text{ m}^2$

Ở đây

K_{II} : Hệ số truyền nhiệt giai đoạn II bằng hệ số truyền nhiệt giai đoạn I và bằng hệ số truyền nhiệt chung $K_I = K_{II} = K = 400 \text{ W/m}^2 \text{ độ}$ ($1672 \text{ J/m}^2 \text{ độ}$).

Δt_{tbII} : Hiệu số nhiệt độ trung bình giai đoạn II, $^{\circ}\text{C}$

Công thức tổng quát:

$$\Delta t_{tbII} = \frac{\Delta t_{dII} - \Delta t_{nII}}{\ln \frac{\Delta t_{dII}}{\Delta t_{nII}}}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2-11)$$

Trong đó:

$$\Delta t_{dII} = t_{bh} - t_x = 80^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{nII} = t_{1c} - t_{2d} = 30^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

Vậy: $\Delta t_{tbII} = \frac{50 - 5}{\ln \frac{50}{5}} = \frac{45}{2,3026} = 19,56^{\circ}\text{C}$

Ta có bề mặt truyền nhiệt giai đoạn

$$\text{II: } F_{\text{II}} = \frac{Q_{\text{II}}}{K_{\text{II}} \cdot \Delta t_{\text{tbII}}} = \frac{611,2}{1672 \times 19,56} = 0,018 \text{ m}^2$$

Vậy tổng bề mặt truyền nhiệt của thiết bị là:

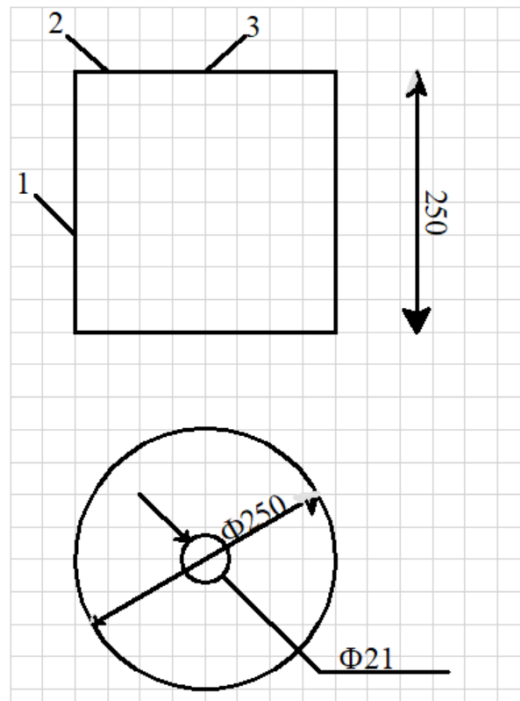
$$F = F_{\text{I}} + F_{\text{II}} = 0,038 \text{ m}^2 + 0,018 \text{ m}^2 = 0,056 \text{ m}^2$$

2.7. Gia công

2.7.1. Nồi chưng

- Đường kính nồi chưng: $D = 250$ mm.

- Chiều cao nồi chưng: $H = 250$ mm



Hình 4. Nồi chưng

1. Nồi chưng 2. Nắp nồi 3. Lỗ nối ống hơi

2.7.2. Thiết bị ngưng tụ hồi lưu

Thiết bị này đơn giản vì chỉ cần một khoảng không gian rộng để hơi giãn nở thể tích.

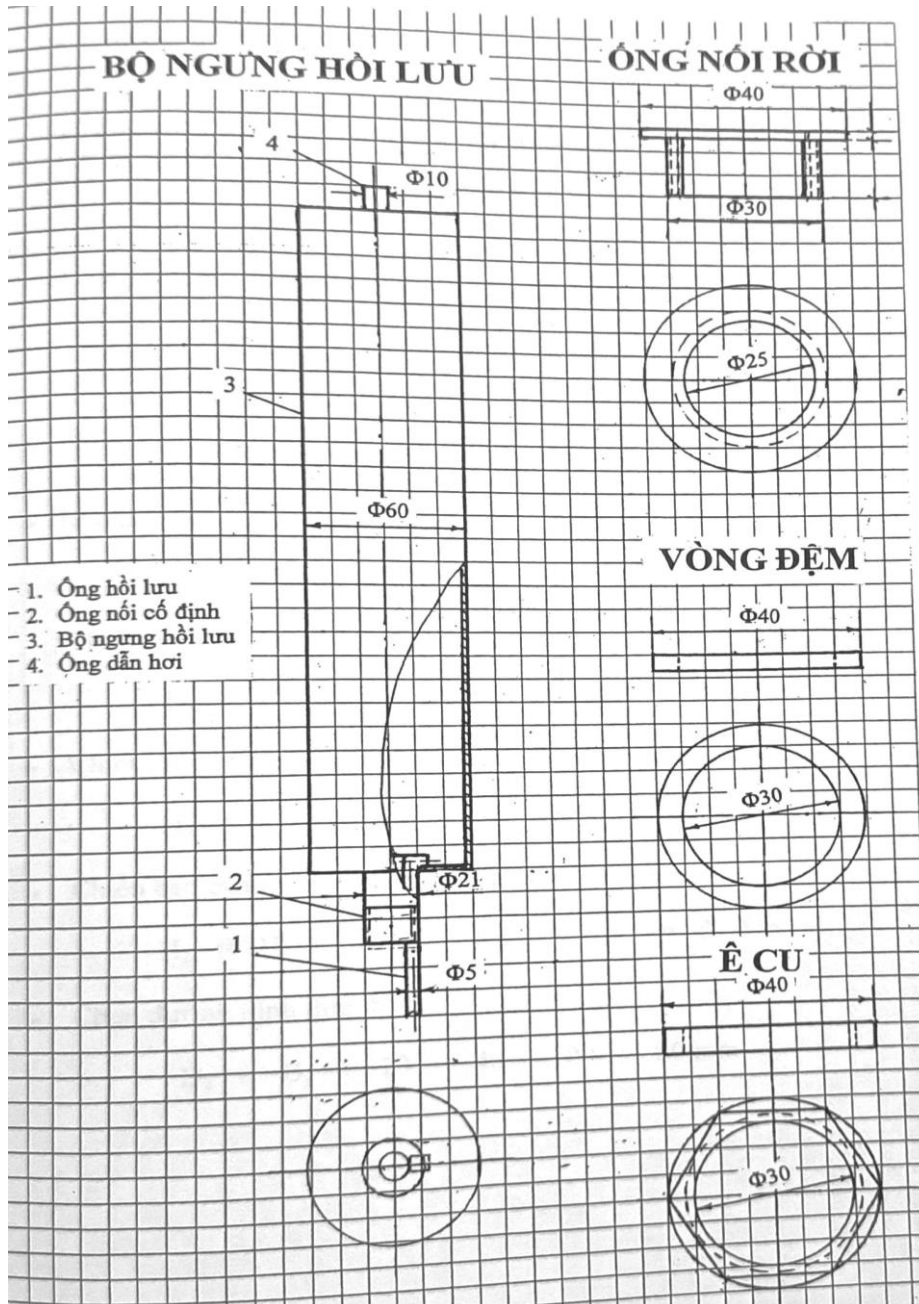
Ta chọn:

- Đường kính thiết bị: $D_1 = 60$ mm.

- Chiều cao thiết bị: $H_1 = 360$ mm.

- Ống nối với nồi chưng có đường kính $\Phi 19$ mm.

- Ống nối với thiết bị ngưng tụ làm lạnh có đường kính $\Phi 10$ mm.



Hình 5. Thiết bị ngưng tụ hồi lưu

2.7.3. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh

- Bề mặt truyền nhiệt là $F = 0,056 \text{ m}^2$.
- Chọn đường kính ống truyền nhiệt $d = 10 \text{ mm}$. Vật liệu ống là đồng thau và thiết bị loại ống xoắn có đường kính

vòng xoắn $D_x = 40 \text{ mm}$, bước xoắn $t = 10 \text{ mm}$.

- Chiều dài ống xoắn là:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{0,056}{3,14 \times 0,010} = 1,78$$

- Chiều dài mỗi vòng xoắn:

$$\ell = \pi \cdot D_x = 3,14 \times 40 \cdot 10^{-3} = 0,125 \text{ m.}$$

- Số vòng xoắn:

$$n = \frac{L}{\ell} = \frac{1,78}{0,125} = 14,2 \text{ vòng}$$

- Khoảng cách giữa hai vòng xoắn:

$$h_x = (1,5 \div 2) d = 1,5 \times 10 \cdot 10^{-3} = 0,015 \text{ m}$$

- Chiều dài một bước xoắn:

$$h_{bx} = h_x + d = 0,015 + 0,010 = 0,025 \text{ m}$$

- Chiều cao toàn bộ ống xoắn:

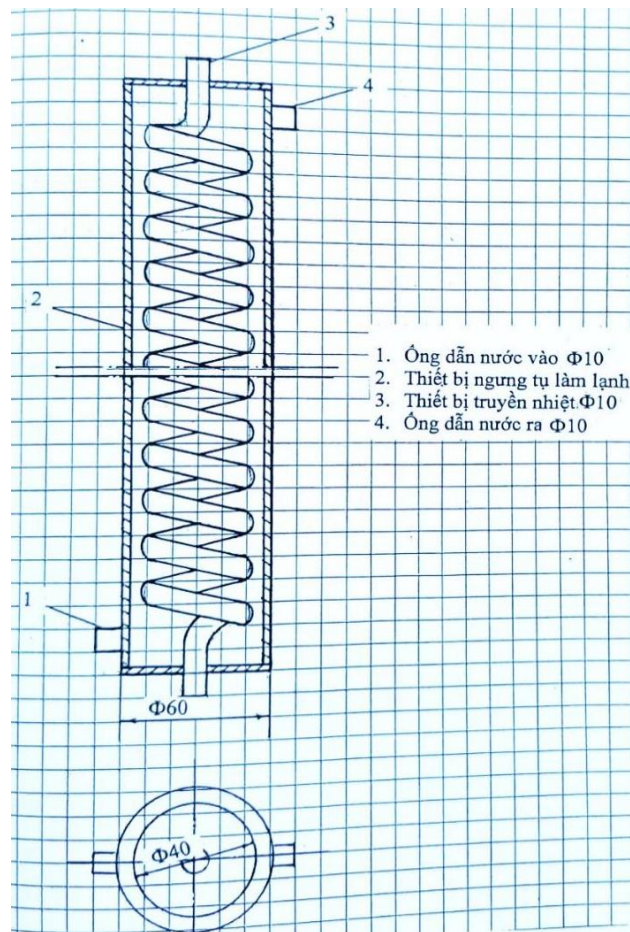
$$H_x = n \times h_{bx} = 4,2 \times 0,025 = 0,35 \text{ m}$$

- Chiều cao của thiết bị ngưng tụ hồi lưu:

$$H_2 = H_x + 0,02 = 0,35 + 0,02 = 0,37 \text{ m}$$

- Chọn đường kính thiết bị:

$$D_2 = D_x + 20 = 40 + 20 = 60 \text{ mm}$$



Hình 6. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh

1. Ống dẫn nước vào Ø10

2. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh

3. Thiết bị truyền nhiệt Ø10

4. Ống dẫn nước ra Ø10

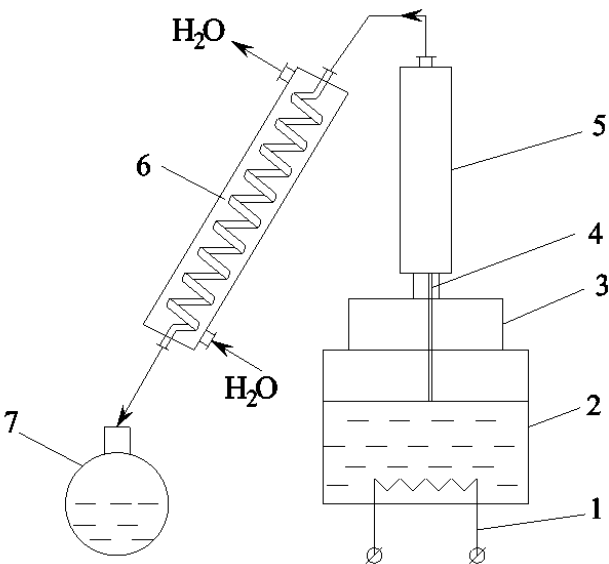
3. HỆ THỐNG CẢI TIẾN MỚI

3.1. Chạy khởi động để kiểm tra sự ổn định của hệ thống

- Cho nguyên liệu vào nồi chưng.
- Bật nguồn gia nhiệt.

- Mở van nước làm lạnh ngưng tụ.
- Kiểm tra độ kín của hệ thống.
- Kiểm tra hoạt động của bảng điều khiển.

3.2. Sơ đồ thí nghiệm



Hình 7. Sơ đồ thí nghiệm cải tiến

1. Nguồn điện gia nhiệt.
2. Nồi cung cấp nhiệt.
3. Nồi chưng.
4. Ống tuần hoàn.
5. Thiết bị ngưng tụ hồi lưu.
6. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh sản phẩm.
7. Thùng chứa sản phẩm.

- Đổ 6000 ml cồn nguyên liệu có nồng độ 96% thể tích vào nồi chưng số 3, cho vào nồi chưng một lượng cầu tử phân ly là 2000 g.

- Tiến hành chưng cất. Đo sự thay đổi nồng độ sản phẩm và lượng sản phẩm

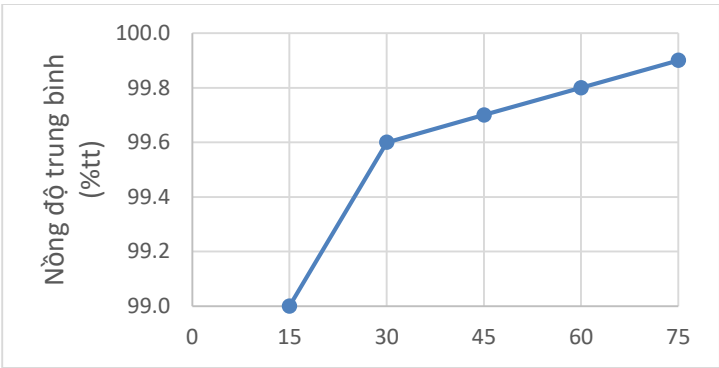
theo thời gian. Thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần, ghi giá trị trung bình.

- Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 3-1 và đồ thị Hình 8. Hình 9, biểu diễn mối quan hệ giữa lượng sản phẩm trung bình thu được với thời gian.

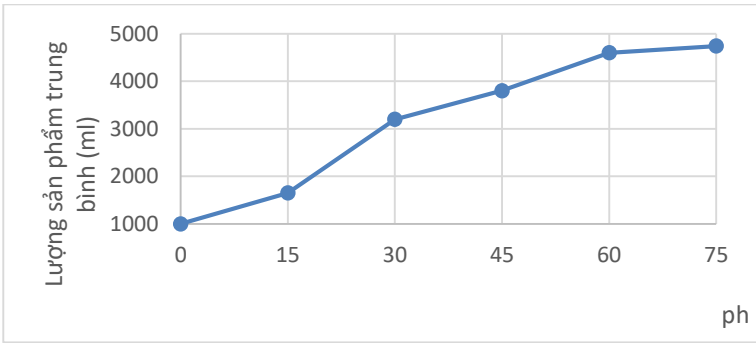
Bảng 1. Thay đổi nồng độ và lượng sản phẩm theo thời gian

Thời gian (ph)		0	15	30	45	60	75
Nồng độ sản phẩm (% thể tích)	x ₁	0	98,9	99,7	99,6	99,7	99,9
	x ₂	0	99,1	99,5	99,7	99,9	99,9
	x ₃	0	99,0	99,6	99,8	99,8	99,9
	x_{tb}	0	99,0	99,6	99,7	99,8	99,9
Lượng sản phẩm (ml)	V ₁	0	1503	3247	3854	4612	4614
	V ₂	0	1502	3249	3855	4611	4613
	V ₃	0	1501	3248	3856	4613	4612
	V_{tb}	0	1502	3248	3855	4612	4613

(Nguồn: tác giả)



Hình 8. Thay đổi nồng độ % thể tích/ph theo thời gian



Hình 9. Lượng sản phẩm trung bình thu được theo thời gian ml/ph

Nhận xét

- Sản phẩm còn tuyệt đối có nồng độ đạt mục tiêu đề ra là 99,5% thể tích.
- Việc tiến hành ngưng tụ hồi lưu đã tạo điều kiện cho phản ứng tách nước được triệt để; nghĩa là cấu tử phân ly

liên kết với nước có hiệu quả nhất. Nồng độ sản phẩm giai đoạn đầu cao nên làm cho nồng độ trung bình của cả quá trình cũng rất cao.

- Sản phẩm được lọc trước khi vào bình chứa nên trong suốt và tinh khiết.

3.3. Hiệu suất thu hồi

Hiệu suất thu hồi là tỉ số giữa lượng sản phẩm còn nguyên chất thực tế thu được với lượng còn nguyên chất lý thuyết ban đầu:

$$\eta = \frac{V_t}{V} \times 100\% = \frac{x_{tb} \times V_{tb}}{V} \times 100\%$$

Trong đó:

V_t, V_{tb}: Lượng còn nguyên chất thực tế và lượng sản phẩm thực tế trung bình thu được theo thời gian, ml

V: lượng còn có trong nguyên liệu đầu (5760 ml).

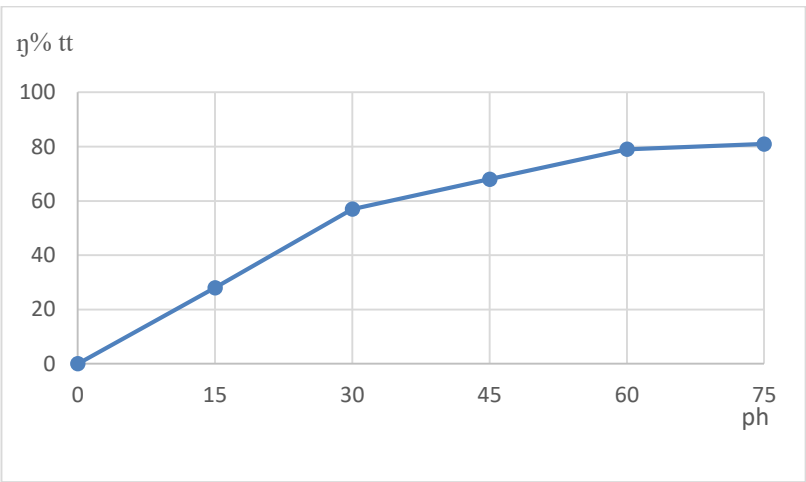
x_{tb}: nồng độ trung bình của sản phẩm theo thời gian, % thể tích

Ở đây, ta dùng lượng còn nguyên liệu là 6000 ml với nồng độ 96% thể tích. Vậy lượng Ethanol chứa trong nguyên liệu là 5760 ml. Theo lý thuyết, ta cần rút hết số còn này ra để có hiệu suất thu hồi là 100%. Song, trong thực tế không bao giờ đạt được yêu cầu trên. Do vậy, cần khảo sát sự biến thiên của hiệu suất thu hồi thông qua lượng sản phẩm thu được.

Bảng 2. Hiệu suất thu hồi còn tính từ lúc dung dịch bắt đầu sôi (%)

Thời gian (ph)	0	15	30	45	60	75
V _{tb} (ml)	0	1502	3248	3855	4612	4613
x _{tb} (%)	0	99,0	99,6	99,7	99,8	99,9
η (%)	0	25,81	56,16	66,72	79,90	80,00

(Nguồn: Tác giả)



Hình 10. Sự thay đổi của hiệu suất theo thời gian

Dựa vào Bảng 3.2 và theo công thức, tính hiệu suất khi đã biết lượng còn nguyên chất ban đầu là 5760 ml.

Nhận xét: Trong khoảng thời gian 15 phút đầu kể từ khi chất lỏng sôi, hiệu suất thu hồi thấp. Sau đó, hiệu suất tăng nhanh trong khoảng 45 phút, rồi tăng

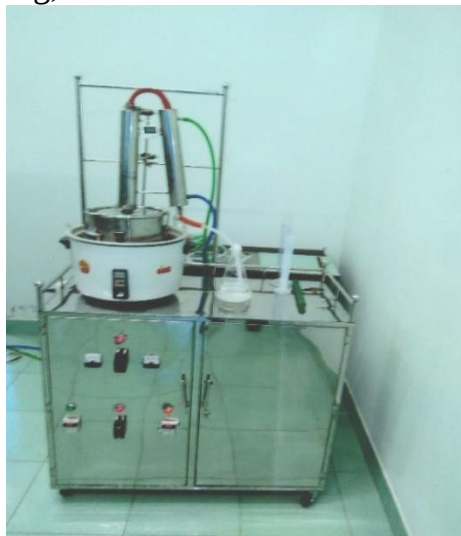
không đáng kể và kết thúc. Như vậy, nếu hệ thống thí nghiệm đảm bảo kín, nguyên liệu đầu và cấu tử phân ly có chất lượng tốt thì hiệu suất thu hồi còn trong khoảng từ $75 \div 80$ % thể tích.

Hệ thống được cải tiến từ 4 thiết bị truyền nhiệt chỉ còn 1 thiết bị truyền nhiệt và một thiết bị ngưng tụ hồi lưu. Từ chỗ 2 nồi chưng, cải tiến chỉ còn lại 1 nồi chưng. Cải tiến nguyên lý dùng nước để ngưng tụ hơi gián tiếp bằng cách cho hơi giãn nở thể tích trong một khoảng không rộng. Kết quả là thể tích hơi tăng làm áp suất hơi giảm xuống, kéo theo

hiệu suất của hơi cũng giảm theo và hơi sẽ ngưng tụ thành lỏng.

Tiết kiệm được $3/4$ lượng nước dùng để ngưng tụ làm lạnh theo hệ thống cũ. Hệ thống thiết bị được chế tạo bằng kim loại chống ăn mòn, kết cấu kín, tuổi thọ cao và hiệu suất thu hồi tăng lên đến 80% so với hệ thống cũ là 70%.

Tìm được chế độ làm việc thích hợp bằng đồng thời liên kết hóa học với hồi lưu hơi ngưng tụ để nâng cao chất lượng sản phẩm, đảm bảo năng suất và hiệu suất thu hồi.



Hình 11. Hệ thống chưng cất cồn tuyệt đối cải tiến

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được quy trình công nghệ và hệ thống thiết bị sản xuất đơn giản, dễ lắp ráp và vận hành. Sản phẩm có chất lượng tốt và giá thành thấp. Hệ thống thiết bị được chế tạo bằng kim loại chống ăn mòn, kết cấu kín, sản phẩm cồn tuyệt đối có nồng độ đạt 99,5% thể tích và hiệu suất thu hồi tăng, đạt 80%. Tiết kiệm được $3/4$ lượng

nước dùng để ngưng tụ làm lạnh. Kết quả nghiên cứu góp phần làm phong phú thêm phương pháp sản xuất cồn tuyệt đối và có thể bổ sung kiến thức vào giáo trình truyền khối.

Tuy nhiên, hệ thống sản xuất vẫn là thủ công, thời gian cho một chu kỳ sản xuất từ lúc nạp liệu đến khi kết thúc hoàn toàn kéo dài. Vì thế phương pháp này phù hợp với quy mô sản xuất nhỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đỗ Văn Đài và Nguyễn Trọng Khuông, 2006. Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa học T1,T2 .Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- John Perry, 1993. Chemical engineers handbook.
- Nguyễn Đình Thương và Nguyễn Thanh Hằng, 2000. Công nghệ sản xuất và kiểm tra cồn êtylic. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- Robert E. Treybal, 1995. Mass Transfer operation. Third edition .
- Trần Thị Mai và Nguyễn Đình Soa, 1976. Hóa chất tinh khiết. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội .
- Võ Thị Ngọc Tươi, 1993. Các quá trình truyền khối. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

IMPROVED THE ABSOLUTE ALCOHOL DISTILLATION DESIGN SYSTEM

Phan Van Thom
Tay Do University
(Email: pvthom@tdu.edu.vn)

ABSTRACT

Absolute alcohol products are essential for laboratory studies. The distillation system of this product using the multi-step reflux method still has inefficiencies that need to be improved. Chemical-physical distillation methods can be used to produce absolute alcohol. Based on the need to use absolute alcohol, determined by applying various selection methods, research was carried out to improve the distillation efficiency, and lower the product cost to serve the practical needs of the laboratories of Tay Do University. The result achieved was with a stainless stress equipment system, a sealed structure, and the emerging absolute alcohol product had a concentration of 99.5% volume, and a recovery efficiency of 80%. The system has improved efficiently compared to the previous distillation system.

Keywords: *absolute alcohol, chemical - physical distillation, distilled system*