

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ HỆ THỐNG CHUNG CÁT NƯỚC CHÂN KHÔNG TỰ NHIÊN DÙNG PHẦN MỀM EES

Trịnh Tiến Thọ^{1*}, Nguyễn Minh Huy¹, Nguyễn Minh Phú²

¹Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: thott@cntp.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/03/2017; Ngày chấp nhận đăng: 22/04/2017

TÓM TẮT

Nước ngọt là nhu cầu không thể thiếu cho con người, nhất là những nơi thiếu nước ngọt như vùng biên hoặc vùng nông thôn. Công nghệ chân không tự nhiên chung cát nước thành nước ngọt là một công nghệ đơn giản, vận hành hoàn toàn bằng nhiệt và cần nguồn cấp nhiệt có nhiệt độ thấp như năng lượng mặt trời. Trong bài báo này chúng tôi xây dựng chương trình tính toán hệ thống chung cát chân không tự nhiên để thiết kế và phân tích hệ thống. Chương trình được xây dựng dùng phần mềm EES gọn nhẹ và tính toán nhanh. Chương trình cần cung cấp những thông số thiết kế như nhiệt độ nước cần chung cát, lưu lượng nước sạch cần thiết, nhiệt độ nguồn nhiệt, nhiệt độ môi trường, tỷ lệ xả đáy, tính toán nhiệt lượng và diện tích của các bộ trao đổi nhiệt cũng như hiệu quả chung cát.

Từ khóa: Chung cát nước, chân không tự nhiên, EES, sôi, ngưng tụ.

1. GIỚI THIỆU

Nước đóng một vai trò hết sức quan trọng trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta, lượng tiêu thụ nước đang tăng lên từng ngày vì nhu cầu sử dụng trong việc công nghiệp hoá, tự động hoá và tăng chất lượng cuộc sống [1]. Lượng dự trữ nước trên trái đất có hạn sẽ không đáp ứng đủ cho nhu cầu của con người. Theo ước tính của tổ chức quốc gia của Mỹ, nếu tình trạng này cứ tiếp tục thì đến năm 2025, 1,8 tỷ người trên thế giới sẽ sống trong tình trạng thiếu nước để sử dụng. Xét riêng đối với Việt Nam, đặc biệt là khu vực biên đảo, nguồn nước này vô cùng ít ỏi chủ yếu là nước mưa và các mạch nước ngầm. Khu vực này, điều kiện sinh sống của người dân vô cùng thiếu thốn. Ở đây, vào mùa khô, người dân phải rất vất vả để có được từng giọt nước cho việc sinh hoạt với giá cả vô cùng đắt đỏ. Đã có nhiều biện pháp đưa ra như: đào giếng, dẫn nước từ suối nguồn, dự trữ nước vào các bồn, lu, hũ... nhưng tình hình vẫn chưa có nhiều hướng đi tích cực hơn.

Để giải quyết tình trạng này, người ta phải tìm ra các cách để tự sản xuất nước sạch và công nghệ chung cát nước ngọt đã được phát triển. Tuy nhiên, việc chung cát này đòi hỏi phải tiêu tốn nhiều năng lượng, bên cạnh đó là các tác động ngược lại đối với môi trường. Do đó, việc ứng dụng các nguồn năng lượng tái tạo như: năng lượng mặt trời, gió đang được xem xét

cho việc chưng cất nước ngọt. Hầu hết các công nghệ đều cần tới nguồn nhiệt, hoặc cơ năng để thực hiện việc chưng cất.

Có rất nhiều công nghệ chưng cất nước ngọt, trong đó có hệ thống chưng cất nước ngọt chân không tự nhiên. Công nghệ này có thiết bị đơn giản, không có chi tiết chuyển động, không cung cấp cơ năng có khả năng dùng nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp khoảng 50 °C. Nếu hệ thống được cung cấp bằng năng lượng mặt trời thì hầu như không cần cấp thêm năng lượng cho quá trình chưng cất nước. Miền Nam Việt Nam nắng quanh năm cùng với các bộ thu năng lượng mặt trời sản xuất nước nóng ngày càng hoàn thiện và sử dụng rộng rãi. Do đó, đây là một công nghệ hứa hẹn áp dụng rộng rãi tại Việt Nam ở phạm vi công suất nhỏ. Bảng 1 trình bày so sánh phạm vi và chi phí sản xuất nước ngọt của các công nghệ [2]. Ta có thể thấy công nghệ được đề xuất phù hợp với năng suất nhỏ và chi phí thấp nhất.

Bảng 1. So sánh các công nghệ chưng cất.

Công nghệ	Năng suất (m ³ /ngày)	Chi phí (\$/m ³)
Chưng cất bằng năng lượng mặt trời	0,5 ÷ 1	12 ÷ 12,5
Chưng cất nhiều cấp	85	7 ÷ 10
Thẩm thấu ngược	1	12,05 ÷ 15,6
Dùng màng	<1	13 ÷ 18
Dùng điện mặt trời	<1	12,9
Chân không tự nhiên	0,5	3 ÷ 7

Cấu tạo hệ thống gồm: bồn chứa nước biển, nước ngọt, nước muối nồng độ cao, một bộ gia nhiệt, các đường ống. Chu trình được mô tả ở Hình 1. Nước cần chưng cất được đưa vào hệ thống nhờ chân không Torricelli, nước biển được đẩy lên độ cao khoảng 10m. Ở đây ta dùng 1 bộ gia nhiệt để làm bay hơi nước, hơi nước được dẫn qua 1 đường ống và ngưng tụ lại, sau đó sẽ tự động chảy xuống bồn chứa và được sử dụng. Hệ thống có một số hạn chế như: tiêu thụ năng lượng lớn, về lý thuyết bằng ẩn nhiệt hóa hơi của nước, cao độ đủ lớn và đường ống dài dẫn đến trở kháng dòng chảy và tổn thất nhiệt.

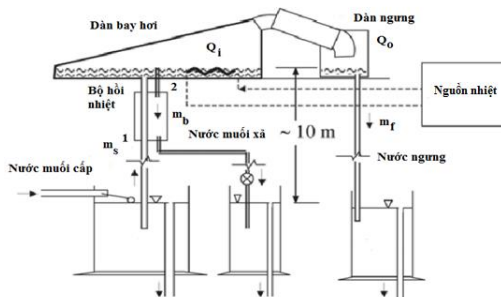
Trong bài báo này, chúng tôi xây dựng một chương trình tính toán nhiệt động của toàn hệ thống và thiết kế các thiết bị trao đổi nhiệt chính của hệ thống gồm: bộ hồi nhiệt ống lồng ống ngược chiều, bình bay hơi dùng ống trơn và dàn ngưng ống cánh tròn. Nguồn nhiệt cấp cho bình bay hơi được thiết kế ở nhiệt độ thấp phù hợp với ứng dụng nước nóng năng lượng mặt trời. Chương trình được viết dùng phần mềm EES [3] vì phần mềm có khả năng lập trình, truy xuất các thông số nhiệt vật lý của lưu chất và xây dựng giao diện.

2. MÔ HÌNH TOÁN VÀ GIAO DIỆN

2.1 Nguyên lý làm việc của hệ thống

Trước tiên xem xét 2 cột áp suất ở nhiệt độ môi trường, một bên là nước muối và một bên là nước sạch được kết nối với nhau. Các cột áp suất này có những cột áp tương đương đối với áp suất khí quyển tạo ra áp chân không trong đoạn kết nối. Nhờ vào áp suất chân không tự nhiên này, đoạn kết nối của 2 cột áp suất sẽ bao gồm hơi nước của cả hai lưu chất ở áp suất riêng phần của chúng. Nếu hai cột áp này được kết nối với nhau ở nhiệt độ môi trường, hơi nước sẽ ngưng tụ từ bên cột nước sạch sang cột nước muối, bởi vì áp suất của nước sạch cao hơn 1 chút so với

áp suất của nước muối ở nhiệt độ môi trường. Tuy nhiên, nếu tăng nhiệt độ của nước muối lên cao hơn nhiệt độ của nước sạch để áp suất của nước muối cao hơn nước ngưng, thì hơi nước sẽ ngưng tụ về phía cột nước sạch. Độ chênh lệch nhiệt độ vào khoảng 15 °C là đủ để tạo ra sự chênh lệch áp suất và tạo điều kiện cho việc điều khiển dòng hơi ngưng tụ.



Hình 1. Hệ thống chưng cất nước ngọt dùng chân không tự nhiên.

Sơ đồ ở Hình 1 được nghiên cứu trong bài báo này, cấu tạo của hệ thống gồm: bình bay hơi, một dàn ngưng đối lưu tự nhiên, một bộ hồi nhiệt và ba cột cao 10 m. Ba cột này bao gồm: một cột nước muối cấp, một cột nước muối xả, và một cột nước ngưng. Những bồn chứa được đặt dưới đất, dàn ngưng được lắp trên cao 10m để tạo ra áp suất chân không. Ở trên cột nước ngưng được nối với đầu ra của dàn ngưng.

Khi nhiệt độ nước cấp trong bình bay hơi được tăng lên 10 ÷ 20 °C so với nhiệt độ môi trường, hơi nước sẽ chuyển động từ bình bay hơi sang dàn ngưng, nơi hơi nước sẽ ngưng tụ và chảy xuống cột nước ngưng. Bằng cách duy trì mực nước cố định trong các bồn chứa, cùng với tỉ lệ nước muối xả và nước ngưng thích hợp, điều này sẽ cho phép quá trình chưng cất diễn ra một cách liên tục mà không cần bất kỳ năng lượng cơ khí để lưu chuyển lưu chất hoặc giữ áp chân không.

Ở đây, chúng tôi lựa chọn hệ thống này vì hệ thống đơn giản về mặt kết cấu, chỉ sử dụng nhiệt năng, không sử dụng các hệ thống cơ khí, không có chi tiết chuyển động. Từ đó, ứng dụng thực tiễn của hệ thống là hết sức khả thi. Có thể ứng dụng cho cuộc sống của người dân.

2.2 Tính nhiệt động

Nhiệt lượng trao đổi ở bộ hồi nhiệt, bình bay hơi và dàn ngưng được tính lần lượt như sau:

$$Q_{HE} = m_b c_{pb} (t_{b2} - t_{b1}) = m_s c_{ps} (t_{s2} - t_{s1})$$

$$Q_i = m_b h_4 + m_f h_3 - m_s h_1 = m_n c_p (t_{vao} - t_{ra})$$

$$Q_o = m_f (h_3 - h_4)$$

Trong đó: m_b, m_f, m_s, m_n lần lượt là: lưu lượng khối lượng của nước muối xả đáy, nước sạch, nước muối cấp vào hệ thống, nước nóng cấp cho bình bay hơi. h_1, h_3, h_4 lần lượt là: enthalpy của nước muối vào bình bay hơi, hơi nước bay ra khỏi bình bay hơi, nước bão hòa. t_{s1}, t_{s2} là nhiệt độ nước cấp đi vào và đi ra bộ hồi nhiệt, t_{b1}, t_{b2} là nhiệt độ nước muối đậm đặc đi vào và đi ra bộ hồi nhiệt và c_p là nhiệt dung riêng của lưu chất.

Cân bằng khối lượng như sau: $m_s = m_b + m_f$

Để đảm bảo chất lượng nước trong bình bay luôn sạch, cần phải xả đáy liên tục bình bay hơi. Do đó định nghĩa hệ số xả đáy như sau:

$$x_{\text{aday}} = m_b / m_f$$

Hệ thống được đánh giá hiệu quả theo hai chỉ số sau:

- Hiệu quả năng lượng: $\eta_{ht} = Q_o / Q_i$ [%]

- Nhiệt lượng cần cấp để sản xuất 1 kg nước sạch: $NLR = Q_i / m_f$ [kJ/kg].

2.3. Bộ hồi nhiệt ống lồng ống

Ở đây ta dùng ống lồng ống vì thiết bị này về hiệu quả trao đổi nhiệt rất tốt, ngoài ra kết cấu đơn giản, giá thành rẻ, đặc biệt đối với hệ thống dân dụng như mô tả.

Các thiết bị trao đổi nhiệt được thiết kế dùng phương pháp độ chênh nhiệt độ trung bình logarit. Phương trình truyền nhiệt được viết như sau:

$$Q = UA \Delta T_{lm}$$

Trong đó UA là tích số hệ số truyền nhiệt và diện tích trao đổi nhiệt. ΔT_{lm} là độ chênh nhiệt độ trung bình logarit. UA được tính như sau:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{\eta_f h_o A_o}$$

Trong đó h là hệ số trao đổi nhiệt đối lưu, D là đường kính ống truyền nhiệt, L là chiều dài ống, k là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu làm ống, A là diện tích truyền nhiệt, η_f là hiệu suất bề mặt làm cánh. Chỉ số i, o lần lượt là phía ống và phía vỏ. Đối với bề mặt không làm cánh thì $\eta_f = 1$.

Trong thiết bị hồi nhiệt, tốc độ của các lưu chất rất thấp do đó chế độ dòng chảy là chảy tầng. Số Nusselt dùng để tính toán hệ số trao đổi nhiệt đối lưu chảy tầng như sau [4]:

$$Nu = 0,015 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,25}$$

Trong đó: Re, Pr, Gr lần lượt là hệ số Reynolds, hệ số Prandtl, hệ số Grashof của lưu chất ở nhiệt độ tính toán. Còn Pr_w là hệ số Prandtl của lưu chất ở nhiệt độ vách ống.

Hệ số trao đổi nhiệt của các thiết bị khác được trình bày trong phần sau.

2.4. Bình bay hơi

Dàn ống được chọn là ống trơn vì đây là hệ thống nhỏ, ống trơn có kết cấu đơn giản hơn nhiều so với ống cánh, giá thành rẻ hơn và hiệu quả trao đổi nhiệt là chấp nhận được trong trường hợp này. Nước nóng chuyển động trong ống ở chế độ chảy rối để tăng hiệu quả truyền nhiệt. Nước cần chưng cất sôi bên ngoài ống ở áp suất 0,09 [bar] [5].

Đối với dòng một pha chảy rối, số Nusselt được tính như sau [4]:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr / Pr_w)^{0,25}$$

Đối với lưu chất sôi bên ngoài ống tròn, chúng tôi sử dụng quan hệ sôi nhân của Rohsenow được tạo sẵn trong EES có dạng như sau:

$$q''_s = \text{Nucleate_Boiling}(\text{Fluid}, T_{\text{sat}}, T_w, C_{s_f})$$

Trong đó q''_s là mật độ dòng nhiệt, Fluid\$ là lưu chất sôi, T_{sat} là nhiệt độ sôi, T_w là nhiệt độ bề mặt vật rắn và C_{s_f} là hệ số bề mặt.

2.5. Dàn ngưng tụ

Dàn ngưng tụ dùng không khí ngoài trời để ngưng tụ hơi nước thành nước tinh khiết có thể dùng được. Trong nghiên cứu này hơi nước ngưng tụ trong ống, không khí nhận nhiệt đối lưu tự nhiên qua bề mặt ngoài của ống có cánh tròn. Ta dùng cánh tròn vì hiệu quả trao đổi nhiệt của cánh là rất tốt, đơn giản, dễ gia công, giá thành rẻ.

Đối với lưu chất ngưng tụ bên trong ống tròn, chúng tôi sử dụng quan hệ của Dobson và Chato được thành lập sẵn trong EES có dạng như sau:

$$\text{Cond_HorizontalTube_avg}(\text{Fluid}\$, m_dot, T_{sat}, T_w, D, x_1, x_2 : h_m)$$

Trong đó m_dot là lưu lượng hơi ngưng, x_1 là độ khô hơi vào dàn, x_2 là độ khô sau khi ngưng tụ. h_m là hệ số ngưng tụ EES tính được.

Đối với không khí trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên bên ngoài ống cánh tròn, chúng tôi sử dụng quan hệ của Tsubouchi và Masuda [6] như sau:

$$Nu_{co} = \frac{Ra}{12\pi} \left\{ 2 - \exp \left[- \left(\frac{c_1}{Ra} \right)^{3/4} \right] - \exp \left[- \beta \left(\frac{c_1}{Ra} \right)^{3/4} \right] \right\}$$

Trong đó Ra là số Rayleigh

$$\beta = 0,17 \cdot \xi + e^{-4,8\xi}, \quad \xi = d_2 / d_3$$

d_2, d_3 lần lượt là đường kính ngoài của ống và đường kính của cánh.

$$c_1 = \frac{23,7 - 1,1(1 + 152\xi^2)^{0,5}}{(1 + \beta)^{4/3}}$$

2.6. Giao diện

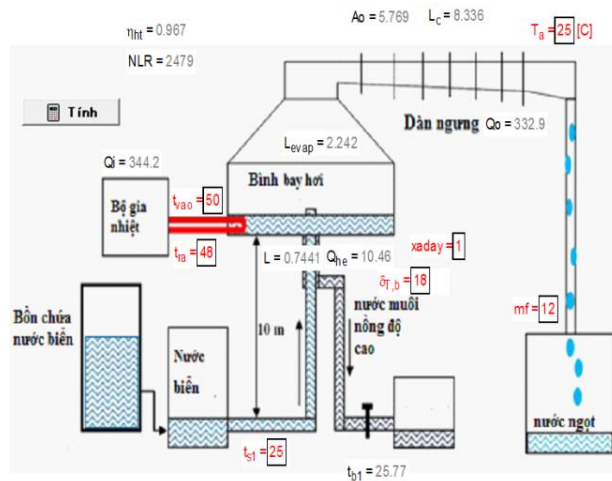
Giao diện tính toán được xây dựng như Hình 2. Chương trình nhập vào 7 thông số cần thiết gồm:

- Nhiệt độ nước cần chưng cất t_{s1} [°C]
- Nhiệt độ nước nóng vào bình bay hơi t_{vao} [°C]
- Nhiệt độ nước nóng ra khỏi bình bay hơi t_{ra} [°C]
- Nhiệt độ môi trường t_a [°C]
- Hệ số xả đáy xaday []
- Độ chênh nhiệt độ của nước muối xả đáy qua bình hồi nhiệt $\delta_{T,b}$ [K]
- Lưu lượng nước sạch mf [kg/ngày]

Chương trình xuất ra các thông số cần thiết kể như sau:

- Nhiệt lượng cần cung cấp Q_i [W].
- Nhiệt lượng dàn ngưng nhả ra Q_o [W].
- Nhiệt lượng trao đổi trong bình hồi nhiệt Q_{hc} [W].

- Chiều dài ống truyền nhiệt trong bình hồi nhiệt L [m].
- Chiều dài ống truyền nhiệt trong bình bay hơi L_{evap} [m].
- Chiều dài ống dàn ngưng L_c [m]
- Hiệu quả năng lượng: η_{ht} [%]
- Nhiệt lượng cần cấp để sản xuất 1 kg nước sạch: NLR [kJ/kg].



Hình 2. Giao diện của hệ thống chưng cất nước ngọt dùng chân không tự nhiên.

2.7. Khảo sát năng lượng mặt trời cho bình bay hơi

Cấp nhiệt cho hệ thống được bố trí như Hình 3. Để cấp nhiệt từ mặt trời ở đây dùng collector tấm phẳng diện tích $2m^2$ như hình, một điện trở phụ và một bơm cấp. Điện trở phụ sẽ gia nhiệt cho nước nóng khi năng lượng mặt trời không làm nhiệt độ nước đạt yêu cầu.

Tính toán phân cấp nhiệt bằng năng lượng mặt trời dùng phần mềm TRNSYS [7]. Hệ thống được mô phỏng như Hình 4. Dữ liệu thời tiết sử dụng trong mô phỏng là dữ liệu ở Tp.HCM có sẵn trong thư viện của TRNSYS.

Tính toán phân cấp nhiệt bằng năng lượng mặt trời dùng phần mềm TRNSYS [7]. Hệ thống được mô phỏng như Hình 4. Dữ liệu thời tiết sử dụng trong mô phỏng là dữ liệu ở Tp.HCM có sẵn trong thư viện của TRNSYS.

Các thông số quan tâm ở đây là To_{Pump} , To_{Coll} , To_{Aux} , Q_{Coll} , Q_{aux} tương ứng là nhiệt độ nước ra khỏi bơm ($^{\circ}C$), nhiệt độ nước ra khỏi collector ($^{\circ}C$), nhiệt độ nước ra khỏi điện trở phụ ($^{\circ}C$), nhiệt lượng của collector, nhiệt lượng của điện trở phụ. Ví dụ, ở đây ta chọn ngày 3/1, ta sẽ nhận được đồ thị như Hình 5.

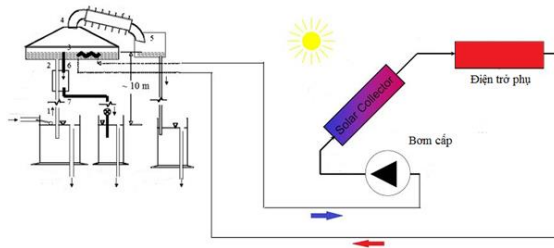
Đối với ngày này, ta có thể nhận thấy rằng, bức xạ mặt trời là rất tốt, năng lượng collector nhận được gần như là xuyên suốt từ 8 h đến 16 h, thậm chí đến 18 h collector vẫn còn hoạt động với năng lượng nhỏ. Do đó, điện trở phụ rất ít hoạt động, gần như là không hoạt động, chỉ hỗ trợ vào 2 thời điểm từ lúc 8 h đến 10 h và 18 h đến 20 h.

Ta có thể tính toán công suất trung bình mà điện trở phụ sử dụng bằng cách tính tổng nhiệt lượng điện năng mà điện trở tiêu thụ, sau đó chia trung bình cho số giờ hoạt động dựa vào đồ thị. Vào buổi sáng, từ 8h đến 10h, điện năng mà điện trở gia nhiệt tối đa là khoảng 250 kJ/h, còn vào buổi chiều từ 16h đến 20h thì điện năng điện trở gia nhiệt tối đa là vào khoảng 600 kJ/h.

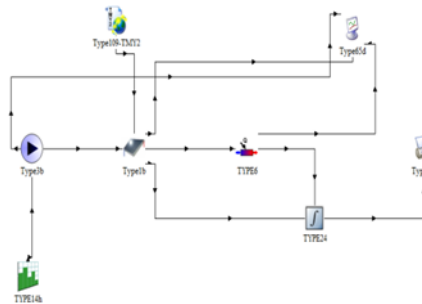
Dựa vào hình dạng đồ thị, ta tính điện năng tiêu thụ bằng cách tính diện tích 2 tam giác trên đồ thị sau đó chia trung bình, ta được:

$$P_{tb} = \frac{0,5.2.250 + 0,5.4.600}{12} = 120,83(kJ/h) = 33,56W$$

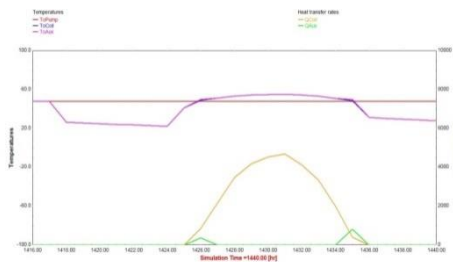
Ta có thể nhận thấy được rằng, công suất cần cấp cho điện trở phụ là rất thấp.



Hình 3. Sơ đồ hệ thống cấp nhiệt cho hệ thống.



Hình 4. Hệ thống cấp nhiệt mô phỏng bằng phần mềm TRNSYS.



Hình 5. Đồ thị năng lượng cho ngày 1/3

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

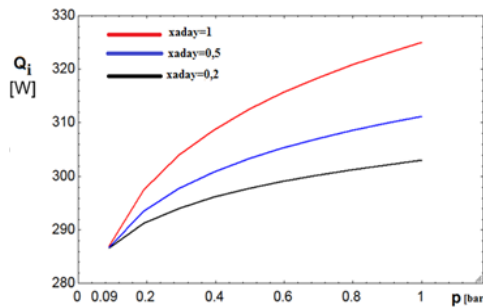
Phần này trình bày nghiên cứu ảnh hưởng qua lại của các thông số thiết kế. Hình 6, trình bày ảnh hưởng của áp suất đối với nhiệt lượng cần cung cấp cho quá trình chưng cất nước dùng chân không với công suất 10 lít nước sạch một ngày. Ở đây, chúng ta thấy rằng khi áp suất càng tăng thì nhiệt lượng cần thiết cũng tăng theo. Chúng ta có thể giải thích điều này như sau: khi áp suất hệ thống tăng lên, nhiệt độ bay hơi của nước trong hệ thống cũng sẽ tăng theo, dẫn đến nhiệt lượng cần cung cấp để đạt đến nhiệt độ bay hơi cũng sẽ tăng theo. Ngoài ra, ứng với phần

trăm nước muối xả khác nhau, nhiệt lượng cần thiết cung cấp cho quá trình cũng khác nhau, cụ thể là khi phần trăm nước muối xả tăng, nhiệt lượng cung cấp cũng sẽ tăng theo. Nhưng ở đây có một điểm đặc biệt, đó là ứng với áp suất $p = 0,09$ bar, nhiệt lượng cần cung cấp gần như là như nhau ứng với phần trăm nước muối xả khác nhau. Do đó, chúng ta có thể dựa vào điều này để chọn áp suất hệ thống, cũng như lựa chọn phần trăm nước muối xả cho phù hợp với các điều kiện sẵn có, cũng như tối ưu hóa hệ thống.

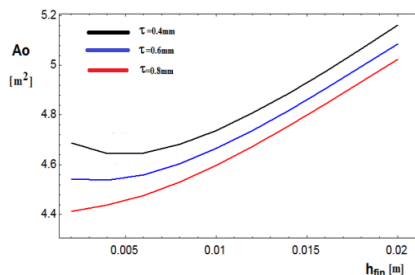
Theo Hình 7, ta thấy được mối quan hệ giữa chiều cao cánh và tổng diện tích truyền nhiệt của dàn ngưng. Ở đây khi ta tăng chiều cao cánh thì diện tích truyền nhiệt cũng đồng thời tăng theo. Điều này có thể giải thích như sau, khi tăng chiều cao cánh mà vẫn giữ nguyên các thông số về đường kính ngoài của ống, bước cánh thì diện tích truyền nhiệt phần cánh tăng theo, còn diện tích phần không cánh là không thay đổi, do đó tổng diện tích truyền nhiệt tăng lên. Ngoài ra chúng ta có thể nhận thấy rằng khi chúng ta thay đổi bề dày cánh (τ) như trên đồ thị, thì khi bề dày cánh tăng, diện tích trao đổi nhiệt có xu hướng giảm xuống. Khi bề dày cánh tăng, mà bước cánh không thay đổi thì phần diện tích cánh sẽ tăng lên, nhưng diện tích phần không cánh lại giảm xuống, mà diện tích phần không cánh lại giảm nhiều hơn so với diện tích phần cánh, do đó tổng diện tích trao đổi nhiệt bị giảm xuống.

Để rõ hơn về thiết kế dàn ngưng, ta sẽ khảo sát ảnh hưởng của bước cánh đến chiều dài ống dàn ngưng như Hình 5.

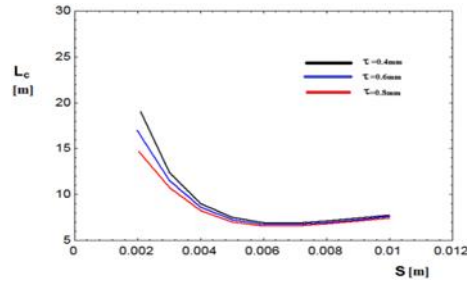
Dựa vào Hình 8, ta thấy mối quan hệ này theo một đường cong với giá trị cực trị là tại điểm có bước cánh $S = 0,006m$, ta có thể thấy rằng khi bước cánh đi từ 0,001 m đến 0,006 m thì chiều dài dàn ngưng giảm, còn khi bước cánh tăng từ 0,006m đến 0,01m thì chiều dài dàn ngưng tăng dần. Ngoài ra, khi bước cánh tăng, chiều dài dàn ngưng cũng giảm theo. Thông qua Hình 8 ta nhận thấy rằng bước cánh $S = 0,006m$ là một giá trị rất đáng quan tâm, đây là điểm hội tụ đồng thời là điểm cực trị của hai hình trên. Do đó đây là giá trị ta sử dụng để thiết kế dàn ngưng.



Hình 6. Mối quan hệ giữa áp suất hệ thống và nhiệt lượng cần cung cấp.



Hình 7. Mối quan hệ giữa chiều cao cánh và tổng diện tích truyền nhiệt dàn ngưng.



Hình 8. Mối quan hệ giữa bước cánh và chiều dài dàn ngưng.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, một chương trình được xây dựng để tính toán hệ thống chưng cất nước dùng công nghệ chân không tự nhiên một cách hoàn chỉnh. Chương trình và giao diện được viết dùng phần mềm EES. Hệ thống có thể vận hành bằng nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp là năng lượng mặt trời phù hợp với qui mô hộ gia đình. Chương trình tính toán nhiệt động hệ thống, thiết kế các thiết bị chính gồm: bình hồi nhiệt ống lồng ống, bình bay hơi ống tròn và dàn ngưng ống cánh tròn. Các kết quả trong quá trình phân tích chỉ ra rằng:

1. Về mặt hiệu quả năng lượng: Năng lượng tiêu tốn cho hệ thống thấp hơn nhiều so với các kiểu chưng cất dùng chân không khác, hiệu suất chưng cất đạt khoảng 98%, tiêu thụ năng lượng riêng khoảng 2480kJ/kg nước tinh khiết, không cần cung cấp cơ năng;

2. Về kết cấu thiết bị: Diện tích truyền nhiệt có thể đạt tối ưu theo các thông số như: chiều cao cánh, bước cánh. Chương trình nhỏ gọn, tính toán nhanh các thông số nhiệt hệ thống và diện tích các bề mặt trao đổi nhiệt của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H. Sharon, K.S. Reddy, A review of solar energy driven desalination technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 41, January 2015, Pages 1080-1118, ISSN 1364-0321.
2. Gude, V.G., et al., Feasibility study of a new two-stage low temperature desalination process. Energy Conversion and Management, 2012. 56: p. 192-198.
3. S.A. Klein, Engineering equation solver, f-chart software, version Pro. 9.478-3D.
4. Hoàng Đình Tín, Bùi Hải, Bài tập Nhiệt động học kỹ thuật và truyền nhiệt, NXB Đại học quốc gia TPHCM, 2011.
5. Veera Gnaneswar Gude, Nagamany Nirmalakhandan, Desalination at low temperatures and low pressures, Desalination, Volume 244, Issues 1-3, August 2009, Pages 239-247, ISSN 0011-9164.
6. Warren Rohsenow, James Harnett, Young Cho, Handbook of Heat transfer, Third Edition, McGraw-Hill, 1998.
7. Solar Laboratory of Energy (USA): Manuals of TRNSYS ver.16, University of Wisconsin-Madison, USA, 1994.

ABSTRACT

**A COMPUTER PROGRAM TO CALCULATE AND DESIGN SYSTEM OF NATURAL
VACUUM DESALINATION BY USING EES SOFTWARE**

Trịnh Tiến Thọ^{1,*}, Nguyễn Minh Huy¹, Nguyễn Minh Phú²

¹*Ho Chi Minh City University of Food Industry*

²*Ho Chi Minh City University of Technology*

*Email: *thott@cntp.edu.vn*

Potable water is the vital demand of human, especially in coastal or rural areas. The technology of natural vacuum distillation is simple, thermally driven, and of heat source of low temperature as solar thermal energy required. In this study, a computer program for design and analysis of the distillation system was developed. The program established by using EES software was compact and fast calculation. The program is inputted design parameters such as make-up seawater temperature, heat source temperature, ambient temperature, yield of the process. The program is to estimate heat transfer rates and areas of heat exchangers as well as distillation performance

Keyword: vacuum desalination, natural vacuum, EES software.