

Design, Manufacture of Water Distillation Equipment by Spraying Using Solar Energy

Huu Nghia Nguyen*, Van Thao Huynh, Duc Vu Luong, Van Phuc Nguyen
Nha Trang University, Vietnam

*Corresponding author. Email: nghianh@ntu.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 29/04/2025
Revised: 22/07/2025
Accepted: 15/08/2025
Published: 28/02/2026

KEYWORDS

Solar energy;
Water distillation;
Desalination;
Spraying evaporation;
Salinity intrusion.

ABSTRACT

Solar energy is considered a renewable energy source and is widely used in industry and life. This article presents the results of research on the design and manufacture of a water distillation device, using solar energy to heat seawater, combined with a spraying flash evaporation to collect fresh water, towards applications in saline intrusion areas. The device includes a solar collector with an area of 2 m², a heating tank with a volume of 15 liters, a spray chamber with dimensions D x H = 52 x 65cm, spray pressure p = 3 bar, a spiral condenser with d = 6mm, l = 5m. The test results show that in the period from 8 am to 4 pm, the radiation intensity was from 300 to 1200 W/m², the amount of fresh water collected was from 0,5 to 1,12 liter/h, the average electricity consumption was 0,433 kWh/liter. The research result suggests that the designing and manufacturing water distillation equipment at temperatures without boiling and combining with renewable energy to save energy.

Thiết kế, chế tạo thiết bị chưng cất nước bằng phương pháp phun sử dụng năng lượng mặt trời

Nguyễn Hữu Nghĩa*, Huỳnh Văn Thọ, Lương Đức Vũ, Nguyễn Văn Phúc
Trường Đại học Nha Trang, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: nghianh@ntu.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 29/04/2025
Ngày hoàn thiện: 22/07/2025
Ngày chấp nhận đăng: 15/08/2025
Ngày đăng: 28/02/2026

TỪ KHÓA

Năng lượng mặt trời;
Chưng cất nước;
Khử mặn;
Phun bay hơi;
Xâm nhập mặn.

TÓM TẮT

Năng lượng mặt trời được xem là nguồn năng lượng tái tạo và được ứng dụng nhiều trong công nghiệp và đời sống. Bài báo này trình bày kết quả tính toán thiết kế, chế tạo thiết bị chưng cất nước, sử dụng nguồn năng lượng mặt trời để gia nhiệt nước biển, kết hợp với quá trình phun bay hơi để thu nhận nước ngọt, hướng đến ứng dụng cho các vùng bị xâm nhập mặn. Thiết bị gồm tấm thu năng lượng mặt trời có diện tích 2 m², bình gia nhiệt có dung tích 15 lít, buồng phun có D x H = 52 x 65cm, áp suất phun p = 3bar, bộ ngưng tụ dạng ống xoắn có đường kính d = 6mm, l = 5m. Kết quả vận hành thử nghiệm cho thấy trong khoảng thời gian từ 8 giờ – 16 giờ, cường độ bức xạ đo được từ 300 – 1200 W/m², lượng nước ngọt thu được từ 0,5 - 1,12 lít/h, lượng điện tiêu thụ trung bình 0,433 kWh/lít. Kết quả nghiên cứu mở ra hướng thiết kế chế tạo thiết bị chưng cất nước ở nhiệt độ không cần đun sôi và việc kết hợp với năng lượng tái tạo để tiết kiệm năng lượng.

DOI: <https://doi.org/10.54644/jte.2025.1893>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Hiện nay, vấn đề xâm nhập mặn ngày càng nghiêm trọng, dẫn đến sự khan hiếm nước ngọt và ảnh hưởng nhiều đến đời sống của người dân và cây trồng ở các vùng này. Nhiều nhà khoa học trong nước

đã nghiên cứu về công nghệ khử mặn nước mặn để cung cấp nước ngọt cho sinh hoạt, điển hình có nghiên cứu về các công nghệ khử mặn [1], đã phân tích, đánh giá và lựa chọn loại công nghệ khử mặn hiệu quả để cấp nước sinh hoạt cho dân cư nông thôn đồng bằng sông Cửu Long; nghiên cứu ứng dụng công nghệ màng thẩm thấu ngược để khử mặn phục vụ cấp nước cho sinh hoạt vùng duyên hải và hải đảo [2]; nghiên cứu sử dụng màng lọc để khử mặn và cho thấy hiệu quả cao [3]; nghiên cứu chung cất khử mặn để sản xuất nước ngọt từ nước biển trong môi trường áp suất thấp [4], kết quả cho thấy hệ thống có hiệu quả cao. Bên cạnh đó, nghiên cứu khử mặn bằng phương pháp chung cất, trong đó chú ý đến việc sử dụng nguồn nhiệt là năng lượng mặt trời (NLMT) để tiết kiệm năng lượng cũng được nhiều nhà khoa học quan tâm, điển hình có nghiên cứu về thiết bị chung cất nước bằng NLMT, kết quả cho thấy sản lượng nước chung cất đạt $4,9 \text{ kg/m}^2$, ứng với bức xạ trung bình 635 W/m^2 [5]; nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm thiết bị chung cất nước sử dụng NLMT dạng bậc thang, sản lượng nước ra $4,265 \text{ kg/m}^2$, với bức xạ trung bình 586 W/m^2 [6]; nghiên cứu công nghệ xử lý nước nhiễm mặn sử dụng NLMT để cung cấp nước ngọt quy mô hộ gia đình [7]; nghiên cứu chung cất nước ngọt bằng NLMT có cấp nhiệt bổ sung bằng collector ống nhiệt chân không, kết quả thu được $4 \text{ lít/m}^2/\text{ngày}$ [8]; nghiên cứu chung cất nước sử dụng NLMT dạng single basin kết hợp ống thủy tinh chân không, kết quả sản lượng nước đạt $5,86 \text{ kg/m}^2$, với bức xạ trung bình 516 W/m^2 [9]. Nhìn chung, vấn đề cung cấp nước ngọt cho các vùng bị xâm nhập mặn được nhiều nhà khoa học quan tâm, việc nghiên cứu sử dụng NLMT làm nguồn nhiệt để chung cất và thu hồi nước ngọt đã được nghiên cứu trong thời gian gần đây.

NLMT được sử dụng làm nguồn nhiệt để chung cất nước được nhiều nhà khoa học nước ngoài quan tâm, điển hình có: nghiên cứu thiết bị chung cất dùng NLMT để làm bay hơi nước dựa trên hiệu ứng nhà kính, kết quả cho thấy hiệu quả cao về mặt năng lượng để thu được nước tinh khiết [10], [11]; nghiên cứu thiết bị chung cất NLMT với 04 công suất khác nhau đánh giá hiệu quả, kết quả cho thấy thiết bị sản xuất được nước tinh khiết đạt $0,0288 \text{ lít/m}^2/\text{giờ}$ [12]; U. Sahoo và cộng sự đã nghiên cứu thiết bị chung cất nước NLMT dạng tấm phẳng [13], kết quả đạt sản lượng nước cất $6,03 \text{ lít/ngày/m}^2$ ở nhiệt độ môi trường 23°C , trong thời gian 8–9 giờ. Bên cạnh đó, chung cất nước mặn, nước lợ hướng đến cung cấp nước ngọt cho vùng khan hiếm cũng được nhiều nhà khoa học tập trung nghiên cứu, điển hình có nghiên cứu [14] đã sử dụng pin NLMT công suất 975W , để đun nóng làm bay hơi nước, thu được lượng nước là $5,57 \text{ lít/ngày}$; nghiên cứu ảnh hưởng các thông số như độ quá nhiệt, áp suất, vòi phun đến hiệu quả khử mặn [15]; nghiên cứu tổng quan về quá trình khử mặn bằng phương pháp phun bay hơi [16], đã so sánh các hệ thống khử mặn dạng 1 cấp, nhiều cấp, một cấp với tấm thu nhiệt NLMT dạng tấm phẳng, dạng khử ẩm kết hợp bay hơi nhanh, chung cất bằng NLMT kết hợp bay hơi nhanh, cho thấy lượng nước thu được với diện tích tấm thu nhiệt 2 m^2 đạt $8,5 \text{ lít/ngày}$; nghiên cứu khử mặn bằng phương pháp bay hơi nhanh có sử dụng NLMT làm nguồn nhiệt kết hợp với việc bổ sung thêm vật liệu chuyên pha dạng viên nang [17], kết quả cho thấy hiệu quả tăng $23,1\%$, năng lượng tiêu thụ giảm $18,3\%$; nghiên cứu khử mặn bằng phun bay hơi một cấp, sử dụng tấm thu NLMT 1m^2 [18], kết quả năng suất đạt $9 \text{ lít/m}^2/\text{ngày}$, tổng chất rắn hòa tan của nước ngọt là 40 ppm , chi phí mỗi lít là $0,029 \text{ USD/lít}$; nghiên cứu khử mặn bằng NLMT sử dụng vật liệu chuyên pha và bơm chân không, kết quả cho thấy với bức xạ từ $312,5 \text{ W/m}^2 - 925 \text{ W/m}^2$, năng suất chung cất đạt $1,5 - 2,2 \text{ lít/ngày}$ với diện tích $0,54 \text{ m}^2$ [19].

Kết quả tổng quan cho thấy NLMT có tiềm năng lớn để chung cất nước, với điều kiện khí hậu ở phía Nam của Việt Nam có cường độ bức xạ mặt trời lớn, nên nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị chung cất nước sử dụng NLMT nhằm hướng đến cung cấp nước ngọt cho vùng bị xâm nhập mặn là rất cần thiết.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là thiết bị chung cất nước sử dụng NLMT.

Phạm vi nghiên cứu: nhiệt độ làm việc từ $50 \div 80^\circ\text{C}$, năng suất $0,5 \div 1 \text{ lít/h}$, nước biển có độ mặn từ $30 \div 35 \%$, nước ngọt sản xuất ra để tưới tiêu có độ mặn $< 0,5 \%$.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để có cơ sở thiết kế, nhóm nghiên cứu tiến hành nghiên cứu tổng quan về các nghiên cứu của các nhà khoa học trong và ngoài nước về thiết bị chung cất nước, đặc biệt là phương pháp phun sử dụng năng lượng mặt trời. Từ đó, chọn dạng thiết bị phù hợp để tiến hành tính toán thiết kế. Vận dụng cơ sở lý thuyết về truyền nhiệt và thiết bị trao đổi để thực hiện tính toán thiết kế. Sau đó tiến hành gia công, chế tạo, lắp đặt và vận hành hệ thống để đánh giá khả năng chung cất. Cụ thể như sau:

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết:

+ Nghiên cứu tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước, thu thập các số liệu cần thiết chuẩn bị cho tính toán và thiết kế như về bức xạ mặt trời, độ mặn của nước biển, các chỉ tiêu về nước ngọt sử dụng để tưới tiêu, các thông số ảnh hưởng đến quá trình gia nhiệt, phun bay hơi, ngưng tụ.

+ Tính toán cân bằng vật chất và năng lượng cho hệ thống:

- Tính nhiệt lượng:

$$Q = V \cdot \rho \cdot C_p (t_2 - t_1), \text{ kJ} \quad (1)$$

Trong đó: V là thể tích (lít), ρ là khối lượng riêng (kg/m^3), C_p là nhiệt dung riêng (kJ/kgK), t_1 là nhiệt độ ban đầu ($^{\circ}\text{C}$), t_2 là nhiệt độ sau gia nhiệt ($^{\circ}\text{C}$),

- Tính diện tích trao đổi nhiệt: xác định độ chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit:

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (2)$$

Từ phương trình truyền nhiệt:

$$Q_{gn} = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (3)$$

Tính diện tích trao đổi nhiệt:

$$F = \frac{Q_{gn}}{k \cdot \Delta t_{tb}}, \text{ m}^2 \quad (4)$$

- Tính nhiệt lượng cần lấy đi để hơi ngưng tụ nước:

$$Q_k = G_r (i_x - i') \quad (5)$$

Trong đó: G_r là lưu lượng nước ra (kg/s), i_x là entanpy của hơi ẩm, i' là entanpi của nước (kJ/kg).

- Tính chọn bơm:

Công suất của bơm được tính theo công thức:

$$N_b = \frac{G \Delta p}{\rho \eta}, \text{ W} \quad (6)$$

Trong đó: G - là lưu lượng khối lượng chất lỏng (kg/s), Δp - là tổng trở lực trên đường ống (Pa), ρ - là khối lượng riêng (kg/m^3), η - là hiệu suất của bơm, N_b - là công suất bơm (W)

- Tính tổng trở lực đường ống (Δp):

$$\Delta p = \Delta p_m + \Delta p_c \quad (7)$$

+ Tổng thất áp suất do ma sát (Δp_m) được tính:

$$\Delta p_m = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho \cdot \frac{\omega^2}{2} \quad (8)$$

Trong đó: λ - là hệ số ma sát, d - là đường kính trong của ống (m), L - là chiều dài của ống (m), ω - là tốc độ nước trong đường ống (m/s)

+ Tính tổn thất áp suất do cục bộ (Δp_c) được tính:

$$\Delta p_c = \zeta \rho \frac{\omega^2}{2} \quad (9)$$

Trong đó: ζ - là hệ số tổn thất áp suất cục bộ.

Dựa trên các kết quả đã tính toán, tiến hành thiết kế hệ thống thiết bị chưng cất nước bằng phương pháp phun sử dụng NLMT. Hoàn thiện bản vẽ thiết kế mô hình hệ thống thiết bị.

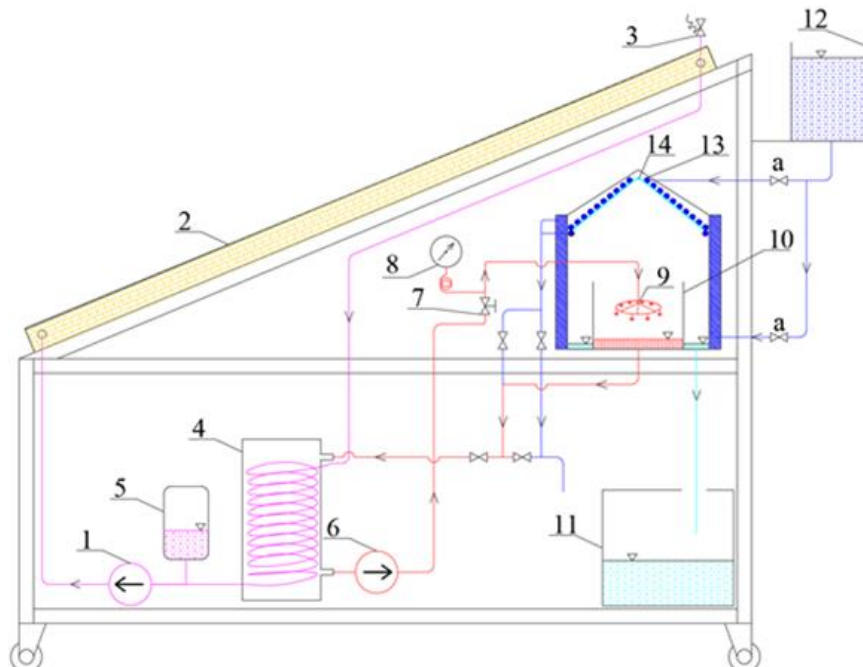
2.2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm:

Gia công, lắp đặt hệ thống thiết bị sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT. Vận hành thử nghiệm hệ thống, điều chỉnh các thông số kỹ thuật thiết bị thích hợp để đảm bảo hiệu quả cao nhất.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả phân tích chọn sơ đồ nguyên lý hệ thống

Từ tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước, đặc biệt là nghiên cứu [18], nhóm tác giả đề xuất sơ đồ nguyên lý thiết bị chưng cất nước sử dụng NLMT như Hình 1. Nước được sử dụng như chất tải nhiệt, tuần hoàn khép kín nhận nhiệt từ tấm thu NLMT (2) và gia nhiệt cho nước mặn tại bình gia nhiệt (4). Tại đây, nước mặn được gia nhiệt nóng lên và được bơm phun (6) phun dạng sương vào buồng phun (10), một phần nước bay hơi lên trên, có dàn ống ngưng tụ (13) làm mát, hơi nước ngưng tụ và chuyển thành lỏng chảy xuống bình chứa nước ngọt (11), phần nước mặn chưa bay hơi được tuần hoàn về lại bình gia nhiệt (4) hoặc xả ra ngoài khi nồng độ muối cao. Van (a) để điều chỉnh lượng nước làm mát cho dàn ngưng tụ ống xoắn (13) và áo nước làm mát.

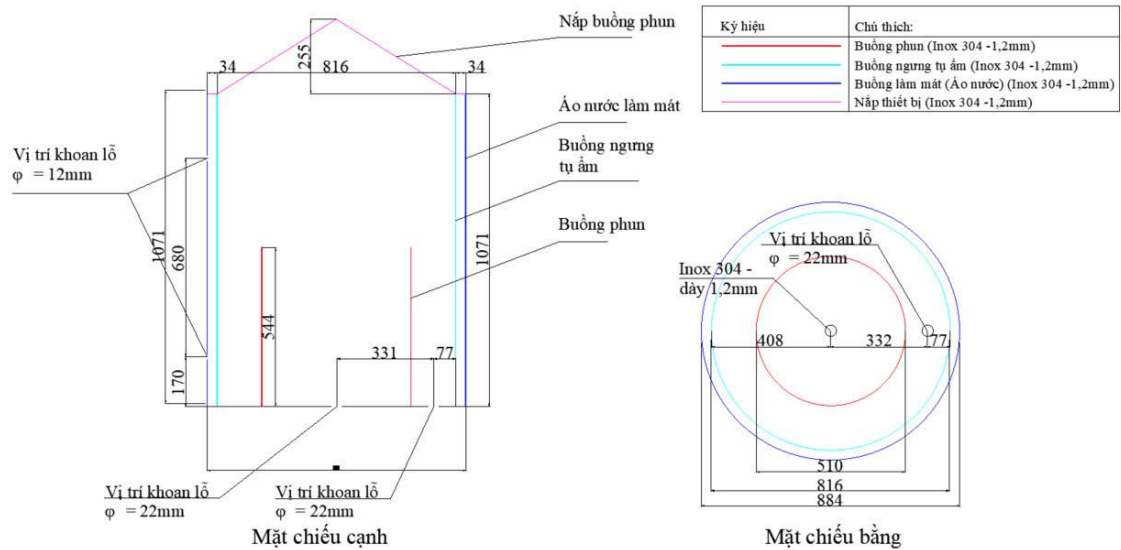


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời.

3.2. Kết quả phân tích chọn sơ đồ nguyên lý hệ thống

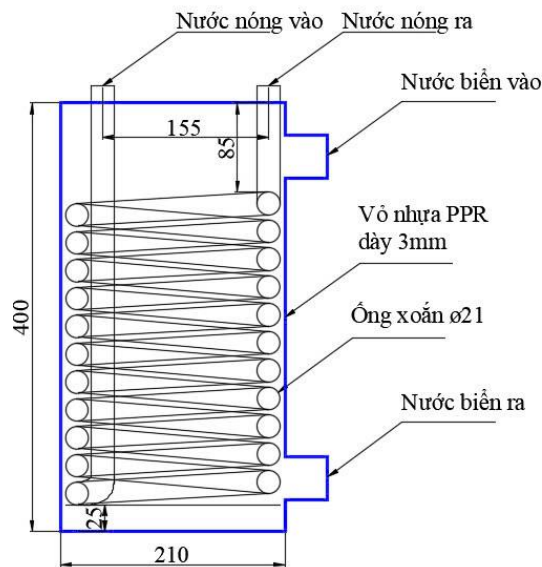
3.2.1. Tính chọn kích thước cho buồng phun

Trên cơ sở khảo sát hình dạng của nước sau khi được phun ra khỏi vòi phun và tham khảo mô hình thiết bị [18], nhóm tác giả đã chọn kết cấu và kích thước của buồng phun như thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Buồng phun.

3.2.2. Tính toán thiết kế bình gia nhiệt



Hình 3. Bình gia nhiệt.

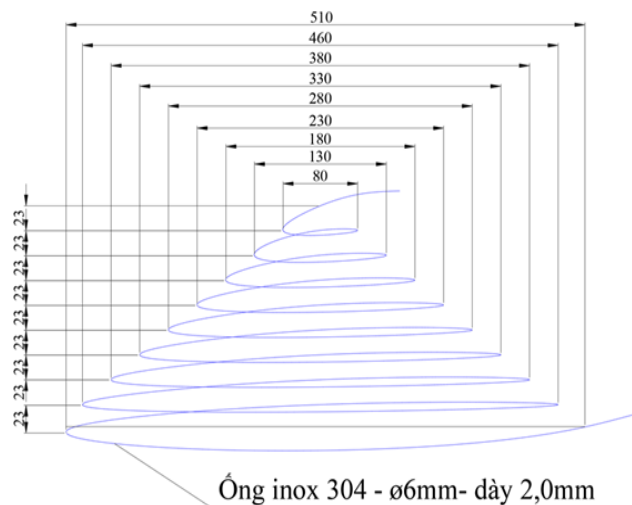
- Xác định lưu lượng nước biển cần cấp vào buồng phun: từ năng suất sản xuất nước ngọt dự kiến $G_r = 1,0$ lít/h và từ thử nghiệm cho thấy, khi phun nước biển ở nhiệt độ $t = 70^{\circ}\text{C}$, áp suất phun $p = 3,5$ bar, có tỉ lệ nước bay hơi trung bình $n = 2,65\%$. Tính được lưu lượng nước biển cần cấp: $G_v = 1,0 \times 100 / 2,65 = 38$ lít/h. Để đáp ứng được lượng nước ngọt sản xuất ra thì lưu lượng nước biển cấp vào $G_v > 38$ lít/h.
- Xác định dung tích bình gia nhiệt: theo sơ đồ ở Hình 1, nước biển sau khi phun, một phần bay hơi và phần còn lại sẽ tuần hoàn về lại bình gia nhiệt. Để đảm bảo nước biển cấp vào buồng phun được liên tục và nhiệt độ ổn định. Chọn dung tích bình gia nhiệt là $V_{gn} = 15$ lít.

- Tính nhiệt lượng cần cấp cho bình gia nhiệt: tính theo công thức (1) với $V_{gn} = 15 \text{ lít} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $t_1 = 30^\circ\text{C}$, $t_2 = 80^\circ\text{C}$, $C_p \text{ nước biển} = 3,343 \text{ kJ/kgK}$, $\rho_{nb} = 1050 \text{ kg/m}^3$, thời gian gia nhiệt dự kiến là $\tau_{gn} = 30 \text{ phút}$. Tính được $Q_{gn} = 2632 \text{ (kJ)}$.
- Tính công suất thiết bị thu NLMT: $P_{NLMT} = \frac{Q_{gn}}{\tau_{gn}} = \frac{2632}{30.60} = 1,46 \text{ kW}$
- Chọn tấm thu NLMT: khu vực Nha Trang có cường độ bức xạ dao động từ $E = 800\text{-}1100 \text{ W/m}^2$, chọn cường độ bức xạ trung bình $E = 1000 \text{ W/m}^2$, chọn tấm thu NLMT có diện tích là 2 m^2 . Công suất gia nhiệt thực tế của thiết bị là $Q_{gn} = P_{NLMT} = E.F = 1000.2 = 2000 \text{ W}$.
- Tính diện tích trao đổi nhiệt: tính theo công thức (2), với $Q_{gn} = P_{NLMT} = E.F = 1000 \times 2 = 2000 \text{ W}$, $t_v = 75^\circ\text{C}$, $t_r = 80^\circ\text{C}$, $t_{nmv} = 60^\circ\text{C}$, $t_{nmr} = 70^\circ\text{C}$. Tính được $F = 0,48 \text{ m}^2$. Chọn bình trao đổi nhiệt dạng ống xoắn, bằng vật liệu titan có $d = 0,021 \text{ m}$, $l = 7,3 \text{ m}$, thể hiện ở Hình 3.

3.2.3. Tính thiết kế bộ ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ gồm 02 phần: (1) phần ngưng tụ dạng ống xoắn, (2) phần ngưng tụ dạng áo nước. Tính nhiệt lượng cần lấy đi để hơi nước ngưng tụ thành lỏng theo công thức (3) với $i' = 293 \text{ kJ/kg}$, $i_x = 355 \text{ kJ/kg}$, tính được $Q_k = 0,5 \text{ kW}$. Do hơi bay lên 01 phần tiếp xúc với dàn ống xoắn và 01 phần tiếp xúc với áo nước xung quanh. Nên nhiệt lượng cần lấy đi được chia thành 02 nguồn: Q_{k1} là nhiệt lượng được lấy đi bởi dàn ống xoắn, Q_{k2} là nhiệt lượng được lấy đi bởi áo nước. Giả sử $Q_{k1} = Q_{k2} = Q_k/2 = 0,25 \text{ kW}$.

- Tính diện tích trao đổi nhiệt của phần ngưng tụ dạng ống xoắn, làm bằng vật liệu inox 304 theo công thức (2) với $t_{xv} = 30^\circ\text{C}$, $t_{rv} = 40^\circ\text{C}$, $t_{bp} = 70^\circ\text{C}$, $k_{ox} = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tính được $F_{ox} = 0,07 \text{ m}^2$. Chọn ống đường kính $d_{ox} = 6 \text{ mm}$, $l_{ox} = 5 \text{ m}$, thể hiện ở Hình 4.



Hình 4. Bộ ngưng tụ ống xoắn.

- Tính diện tích trao đổi nhiệt của phần ngưng tụ áo nước, dạng ống lồng ống theo công thức (2) với $t_{xv} = 30^\circ\text{C}$, $t_{xr} = 40^\circ\text{C}$, $t_{bp} = 70^\circ\text{C}$, tính đến ảnh hưởng của màng nước ngưng tụ và cấu cặn nên lấy $K_{an} = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tính được diện tích trao đổi nhiệt của bộ ngưng tụ dạng áo nước là $0,14 \text{ m}^2$. Chọn áo nước có chiều cao $h = 0,53 \text{ m}$, đường kính $d = 0,48 \text{ m}$.

3.2.4. Tính toán thủy lực đường ống và chọn bơm

- + Trở kháng ma sát (Δp_m) được tính theo công thức (6), với $d = 0,02 \text{ m}$, $L = 3 \text{ m}$, $\omega = 1,0 \text{ m/s}$.

Thông số vật lý của nước muối: khối lượng riêng trung bình $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$, nhiệt dung riêng $C_p = 3,843 \text{ kJ/kg.K}$, hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0,593 \text{ W/mK}$, độ nhớt $\nu = 1,03 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tính Reynolds (Re_f): $Re_f = \frac{\omega x d}{\nu} = 19417 > 10^4$, nước chảy rối trong ống.

Tính hệ số ma sát λ khi $Re_f > 1 \times 10^4$, $\lambda = \frac{1}{(1,82 \lg Re_f - 1,64)^2} = 0,026$

Tính được trở kháng ma sát $\Delta p_m = 2047$ Pa.

+ Tính trở kháng cục bộ (Δp_c) được tính theo công thức (7), với ζ là hệ số trở kháng cục bộ, gồm: hệ số trở kháng tại chỗ vào $\zeta_v = 1,5$; hệ số trở kháng tại co $90^\circ \zeta_v = 3 \times 0,5 = 1,5$; hệ số trở kháng tại chỗ ra (vòi phun): $\zeta_r = 6,0$; hệ số trở kháng qua van $\zeta_v = 1 \times 6 = 6,0$;

Tổng hệ số trở kháng cục bộ: $\zeta = 15$.

Tính được trở kháng cục bộ: $\Delta p_c = 7875$ Pa.

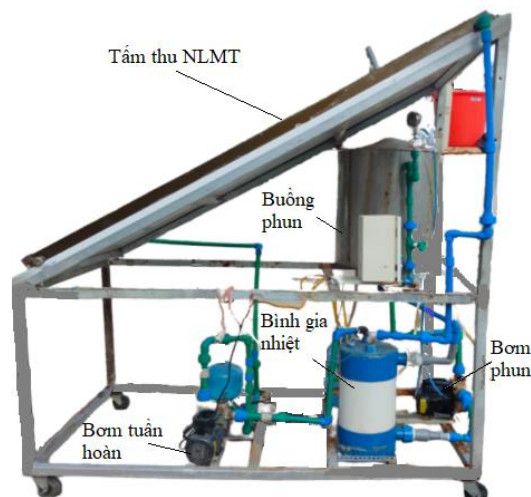
Tổng trở lực qua thiết bị: $\Delta p = \Delta p_m + \Delta p_c = 9922$ Pa.

Chọn hiệu suất của bơm là $\eta = 0,65$, tính được công suất bơm: $N_b = \frac{G \Delta p}{\rho \eta} = 0,116$ kW.

Chọn bơm phun dạng bơm ly tâm để bơm nước nóng, hãng sản xuất Rheken - Nhật Bản, công suất 200 W, cột áp tối đa 25 m. Tính toán tương tự để chọn bơm tuần hoàn nước nóng.

3.2.5. Thiết kế khung đỡ

Từ sơ đồ ở Hình 1, khung đỡ được thiết kế dựa theo kích thước của các thiết bị: bình gia nhiệt, buồng phun, bình chứa nước biển vào, bình chứa nước sau chưng cất. Thiết bị chưng cất nước bằng phương pháp phun sử dụng NLMT được tính toán thiết kế, chế tạo và lắp đặt hoàn chỉnh thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Thiết bị chưng cất nước bằng phương pháp phun sử dụng NLMT.

Kết quả thử nghiệm cho thấy, trung bình trong khoảng thời gian từ 8 giờ –16 giờ, cường độ bức xạ đo được từ 300 – 1200 W/m², áp suất phun $p = 3$ bar, lượng nước ngọt thu được từ 0,5 - 1,12 lít/h, lượng điện tiêu thụ trung bình 0,433 kWh/lít. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu thể hiện ở [16] và [19].

4. Kết luận

Thiết bị chưng cất nước bằng phương pháp phun sử dụng NLMT để gia nhiệt nước biển và thu nhận nước ngọt đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm. Thiết bị gồm tấm thu NLMT có diện tích 2 m², bình gia nhiệt có dung tích 15 lít, buồng phun có kích thước D x H = 52 x 65cm, áp suất phun $p = 3$ bar, bộ ngưng tụ dạng ống xoắn có đường kính $d = 6$ mm, $l = 5$ m. Kết quả thử nghiệm cho thấy trong khoảng thời gian từ 8 giờ –16 giờ, cường độ bức xạ đo được từ 300 – 1200 W/m², thu được lượng nước ngọt từ 0,5 - 1,12 lít/h, lượng điện tiêu thụ trung bình 0,433 kWh/lít.

Lời cảm ơn

Công trình này thuộc đề tài nghiên cứu khoa học năm 2024 được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Nha Trang.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V. H. Pham and T. T. T. Khuong, "Công nghệ khử mặn hiệu quả cấp nước sinh hoạt cho các cụm dân cư nông thôn Đồng bằng sông Cửu Long," *Tạp chí Khoa học – Trường Đại học Cần Thơ*, no. 45, pp. 33–42, 2016.
- [2] X. H. Dang, "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ màng thẩm thấu ngược trong quá trình khử mặn phục vụ cấp nước cho sinh hoạt vùng duyên hải và hải đảo," *Tạp chí Hóa học và Ứng dụng*, no. 12, pp. 35-39, 2009.
- [3] T. S. Le, T. D. Nguyen, and T. D. Nguyen, "Ảnh hưởng của nhiệt độ và chiều dày của lớp đệm khí đến hiệu quả khử mặn của mô đun chưng cất màng đệm khí," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 225, no. 02, pp. 17–23, 2020.
- [4] D. N. Ngo and V. C. Pham, "Tính toán thiết kế mô hình thiết bị chưng cất nước ngọt từ nước biển trong môi trường áp suất thấp," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải*, no. 17-11, pp. 47–51, 2015.
- [5] X. A. Tran, X. P. Le, V. V. Hoang, and T. B. Nguyen, "Đánh giá ảnh hưởng của góc nghiêng và bộ ngưng tụ phụ đến sản lượng của thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời," *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, no. 1+2, pp. 197-203, 2016.
- [6] X. P. Le, V. V. Hoang, and T. B. Nguyen, "Mô phỏng số thiết bị chưng cất nước sử dụng NLMT dạng bậc thang kết hợp bộ ngưng tụ phụ," *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, no. 1+2, pp. 208-214, 2016.
- [7] V. T. Pham, M. V. Tran, L. T. Huynh, V. T. Nguyen, and P. D. T. Van, "Đánh giá công nghệ xử lý nước nhiễm mặn sử dụng năng lượng mặt trời cung cấp nước ngọt quy mô hộ gia đình," *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, vol. 59, Special Issue on Environment and Climate Change, pp. 104–113, 2023.
- [8] M. P. Nguyen, T. N. H. Hoang, and T. M. T. Nguyen, "Nghiên cứu chưng cất nước ngọt bằng năng lượng mặt trời có cấp nhiệt bổ sung bằng Collector ống nhiệt ống chân không," *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, no. 6, pp. 27-32, 2017.
- [9] V. V. Hoang, X. P. Le, T. D. Nguyen, X. A. Tran, and T. B. Nguyen, "Lý thuyết tính toán và thực nghiệm thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời dạng single basin kết hợp ống thủy tinh chân không," *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, no. 6, pp. 104-111, 2015.
- [10] C. Parkhi, S. S. Daurewar, A. M. Gedam, D. M. Telang, S. H. Lonare, and A. S. Makode, "Solar water distillation," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 6, no. 4, pp. 3753-3757, 2024.
- [11] D. W. Medugu and L. G. Ndatuwong, "Theoretical analysis of water distillation using solar still," *International Journal of Physical Sciences*, vol. 4, no. 11, pp. 705–712, 2009.
- [12] S. L. Jadhav, B. L. Chavan, and S. S. Patil, "Designing, fabrication and performance analysis of solar still for purification of water," *Innovative Systems Design and Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 1-7, 2011.
- [13] U. Sahoo, S. K. Singh, I. Barbate, R. Kumar, and P. C. Pant, "Experimental study of an inclined flat plate-type solar water distillation system," *Renewables*, vol. 3, pp. 1-5, 2016.
- [14] S. P. Reddy, M. S. Abd-Elhady, N. Mansoura, and D. Dahlhaus, "Enhancing the efficiency of solar-powered water distillation units by utilization of waste heat," *Water Practice & Technology*, vol. 20, no. 1, pp. 65-77, 2024.
- [15] F. Fathinia, M. Khiadani, and Y. M. Al-Abdeli, "Experimental and mathematical investigations of spray angle and droplet sizes of a flash evaporation desalination system," *Powder Technology*, vol. 355, pp. 542–551, 2019.
- [16] M. M. A. Raj, K. K. Murugavel, T. Rajaseenivasan, and K. Srihar, "A review on flash evaporation desalination," *Desalination and Water Treatment*, pp. 1–10, 2015.
- [17] Q. Chen, G. Xu, and P. Xia, "The performance of a solar-driven spray flash evaporation desalination system enhanced by microencapsulated phase change material," *Thermal Engineering*, no. 27, art. 101267, 2021.
- [18] S. A. El-Agouz, G. B. A. El-Aziz, and A. M. Awad, "Solar desalination system using spray evaporation," *Energy*, vol. 76, pp. 276–283, 2014.
- [19] C. H. Kiran, U. C. Veerabhadrapa, H. N. Chethan, M. S. Madhu, and H. T. Maruthi, "Solar desalination using phase change materials and vacuum pump," *Journal of Applied Science and Computations*, vol. 5, no. 5, pp. 103-114, 2018.

Huu Nghia Nguyen: Education: 1996-2001: B.S. at University of Fisheries (now Nha Trang University), Specialized in seafood Processing Technology; 2004-2006: M.S. at University of Technology, Vietnam National University – Ho Chi Minh City, Specialized in Thermal Engineering; 2013-2015: PhD. at Yeungnam University, Korea, Specialized in Mechanical Engineering. Experience: 2001- 2011: Lecturer, Faculty of Food Processing Technology, Nha Trang University, Vietnam; 2011 ~ present: Lecturer, Faculty of Mechanical Engineering, Nha Trang University, Vietnam. Major: Mechanical Engineering, Thermal Engineering, Saving Energy, Renewable Energy.

Email: nghianh@ntu.edu.vn. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6169-1624>. CP: 0971684968.

Van Thao Huynh: Education: 2013-2017: B.S. at Nha Trang University, Specialized in Thermal Engineering Technology; 2018-2021: M.S. at Nha Trang University, specialized in Thermal Engineering. Experience: 2019 ~ present: Lecturer, Faculty of Mechanical Engineering, Nha Trang University, Vietnam. Major: Heat Pumps, Heat exchangers, Drying Engineering, Thermal Engineering, Saving Energy.

Email: thaohv@ntu.edu.vn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0744-2959>.

Duc Vu Luong: Education: 1998-2003: B.S. at University of Fisheries (now Nha Trang University), Specialized in seafood Processing Technology; 2018-2023: M.S. at Nha Trang University, Specialized in Thermal Engineering; 2022: Energy Auditor Certification and Energy Manager Certification; 2022 – 2024 Bachelor of English Language at Hue University. 2024. Experience: 2003- 2011: Lecturer, Faculty of Food Processing Technology, Nha Trang University, Vietnam; 2011 ~ present: Lecturer, Faculty of Mechanical Engineering, Nha Trang University, Vietnam. Major: Mechanical Engineering, Thermal Engineering, Saving Energy, Renewable Energy.

Email: vuld@ntu.edu.vn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4502-0914>.

Van Phuc Nguyen: Education: 2003-2008: B.S. at Nha Trang University, Specialized in Thermal and Refrigeration Engineering Technology; 2013-2016: M.S. at National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine, Specialized in Energy Management; 2021-Now: Student PhD. at Hanoi University of Science and Technology, Vietnam, Specialized in Thermal Engineering. Experience: 2008-2011: Lecturer, Faculty of Food Processing Technology, Nha Trang University, Vietnam; 2011 ~ present: Lecturer, Faculty of Mechanical Engineering, Nha Trang University, Vietnam. Major: Drying Engineering, Thermal Engineering, Saving Energy, Renewable Energy.
Email: phucnv@ntu.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0009-0002-0179-4191>.