

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ TỐI ƯU CỦA HỆ THỐNG NƯỚC NÓNG MẶT TRỜI KIỂU HÌNH TRỤ ĐỨNG LÀM VIỆC THEO NGUYÊN TẮC ĐỐI LƯU TỰ NHIÊN

Lê Chí Hiệp

Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia TP.HCM

(Bài nhận ngày 06 tháng 2 năm 2002, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 06 tháng 3 năm 2002)

TÓM TẮT:

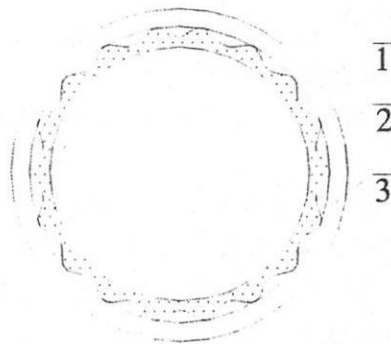
Hệ thống nước nóng mặt trời kiểu hình trụ đứng làm việc theo nguyên tắc đối lưu tự nhiên đã được nghiên cứu và đưa vào sử dụng trong vài năm gần đây. Tuy nhiên, nhằm mục đích hoàn chỉnh thiết kế để có thể đưa vào sản xuất, cần tiếp tục nghiên cứu kỹ hơn nữa quan hệ giữa các thông số để tìm ra các kích thước hợp lý nhất. Để thực hiện nhiệm vụ đó, bài báo này sẽ trình bày các mô tả toán học của các quá trình có liên quan. Trên cơ sở đó, sẽ soạn thảo chương trình để tiến hành các thí nghiệm trên máy tính và phối hợp với một số yếu tố thực tế khác để đề xuất các kết quả cụ thể.

1. MÔ TẢ CHUNG

Hệ thống nước nóng mặt trời đang được khảo sát có dạng bình hình trụ đứng bao gồm 3 lớp theo thứ tự từ ngoài vào trong như sau :

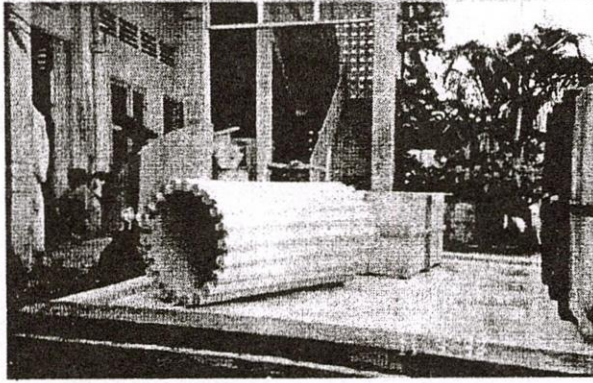
- Lớp thứ nhất làm bằng mica trong suốt.
- Lớp thứ hai làm bằng inox, đặt cách lớp thứ nhất một khoảng cách δ_1 , bề mặt ngoài được sơn đen để tăng cường khả năng hấp thụ bức xạ mặt trời.
- Lớp thứ ba làm bằng vật liệu composite với bề dày δ_2 , dạng hình ống, với mặt ngoài có dạng gợn sóng và mặt trong phẳng. Đường kính đỉnh của các gợn sóng bằng đường kính trong của lớp vỏ thứ hai. Phía trên và phía dưới của ống composite có tạo rãnh để nước có thể đi qua được.

Hình 1 mô tả các lớp theo thứ tự đã được sắp xếp. Hình 2 trình bày hình dạng thực tế của ống composite.



Hình 1

1- Lớp thứ nhất 2- Lớp thứ hai 3- Lớp thứ ba



Hình 2. Ống composite

Nhiệm vụ của ống composite là :

- Tạo các rãnh (theo các gợn sóng) để nước có điều kiện chuyển động theo hiệu ứng thermosiphon.
- Giảm tổn thất nhiệt từ lượng nước nóng ở trong bình ra môi trường xung quanh.
- Gia tăng độ cứng cho vỏ bình để có thể giảm độ dày của lớp vỏ thứ hai và tránh việc gia cường cho bình bằng cách khác,

2. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN

Gọi n là số rãnh thẳng đứng có trên ống composite. Ta xem như dòng chảy và sự lan truyền nhiệt trong các rãnh và trong bình là 1 chiều. Phương trình truyền nhiệt khi đó được viết như sau :

$$(\partial T / \partial t) + v(\partial T / \partial s) = \alpha(\partial^2 T / \partial s^2) + S_q$$

Trong đó :

T – nhiệt độ của nước.

v – vận tốc dòng chảy.

t – thời gian.

s – độ cao của vị trí đang khảo sát.

α – hệ số khuếch tán.

S_q – thành phần nguồn trên một đơn vị chiều dài dòng chảy.

Đối với các rãnh, thành phần S_q được hiểu là lượng bức xạ mặt trời đến trên bề mặt các rãnh. Ta có thể tính S_q ứng với rãnh thứ i như sau :

$$S_q = q_i / (\rho c A_i) - k.b(T - T_{kk}) / (\rho c A_i)$$

Với :

q_i – lượng bức xạ mặt trời đến trên bề mặt rãnh i .

ρ – khối lượng riêng của nước .

c – nhiệt dung riêng của nước.

A_i – diện tích mặt cắt ngang của rãnh.

b – bề ngang của rãnh.

k – hệ số truyền nhiệt.

Ta có :

$$q_i = A \cdot \exp(-B/\text{Sina}) (\pi D/n) \{ \text{Cosa} \cdot \text{Cos}(i \cdot 360/n) + 0,5[C + 0,2(C + \text{Sina})] \}$$

Góc cao độ a được xác định như sau :

$$\text{Sina} = \text{Sind} \cdot \text{SinL} + \text{Cosd} \cdot \text{CosL} \cdot \text{Cosh}$$

Trong đó :

$$d = 23,45 \cdot \text{Sin}[360(284 + n')/365]$$

$$h = (360/24)T, T = 0 \text{ ngay tại giữa trưa.}$$

Trong thực tế tốc độ biến đổi nhiệt độ của nước trong bình diễn ra rất chậm, do vậy có thể xem như chế độ chảy của nước trong các rãnh là ổn định ứng với mỗi khoảng thời gian tính toán. Từ phương trình Bernoulli có tính đến lực nổi đối với dòng chảy trong rãnh thứ i, ta viết được phương trình sau :

$$z_1 + p_1/\gamma + \alpha' v_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + \alpha' v_2^2/(2g) + h_{fi} - h_{bi}$$

$$h_{fi} = (\lambda_i L/4R)(v_i^2/2g)$$

$$h_{bi} = \int_L \beta (T_i - T_0) \text{Sin}\varphi \cdot ds$$

Ở đây :

α' - hệ số hiệu chỉnh động năng.

v_1, v_2 - tốc độ nước tại đầu vào và đầu ra của mỗi rãnh.

$z_1 + p_1/\gamma$ và $z_2 + p_2/\gamma$ - cột áp tại đầu vào và đầu ra của mỗi rãnh.

h_{fi}, h_{bi} - tổn thất cột áp và cột áp lực nổi ở trong rãnh.

φ - góc tạo nên giữa trục dòng chảy và phương nằm ngang.

• Cùng với dòng chảy trong các rãnh, lượng nước chứa trong bình cũng có một sự chuyển động nhất định nào đó. Ta viết được phương trình sau :

$$z_2 + p_2/\gamma + \alpha' v_2^2/(2g) = z_1 + p_1/\gamma + \alpha' v_1^2/(2g) + h_{fo} - h_{bo}$$

Thực tế cho thấy các tốc độ v_1 và v_2 có giá trị khá nhỏ nên có thể bỏ qua được. Ngoài ra ta cũng có thể bỏ qua tổn thất cột áp trong bình h_{fo} . Ta rút ra được kết quả sau:

$$h_{fi} - h_{bi} - h_{bo} = 0$$

Do diện tích bề mặt nhận bức xạ mặt trời ở mỗi rãnh là khá nhỏ, và do quán tính nhiệt của nước khá lớn, ta có thể xem quá trình trao đổi nhiệt diễn ra ở mỗi rãnh là ổn định trong khoảng thời gian tính toán. Đối với rãnh thứ i ta viết được phương trình sau :

$$v_i (\partial T / \partial s) = \alpha (\partial^2 T / \partial s^2) + q_i / (\rho c A_i) - k \cdot b (T - T_{kk}) / (\rho c A_i)$$

Phương trình truyền nhiệt tính cho phần bên trong bình được viết như sau :

$$\partial T/\partial s + v(\partial T/\partial s) = \alpha(\partial^2 T/\partial s^2)$$

Phương trình này được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Trong trường hợp này ta chia chiều cao của bình ra làm N đoạn, như vậy số lượng mặt cắt tính toán sẽ là N + 1.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ CÁC NHẬN XÉT

Trên cơ sở các phương trình đã nêu ở mục 2, đã viết được phần mềm tính toán các quá trình diễn biến trong hệ thống. Các kết quả nhận được từ việc tính toán bằng phần mềm khá phù hợp với những kết quả thực nghiệm tương ứng đã được thực hiện trước đó [1]. Từ phần mềm tính toán, một loạt các thí nghiệm trên máy tính đã được tiến hành với nhiều loại kích thước khác nhau. Mục đích của các thí nghiệm trên máy tính là :

- Lựa chọn khoảng cách δ_1 giữa lớp thứ nhất và lớp thứ hai.
- Xác định tỉ lệ hợp lý giữa đường kính D và chiều cao h của thân bình.
- Tính toán bề dày của lớp composite để đảm bảo yêu cầu hạn chế tổn thất nhiệt.
- Đề xuất thể tích chứa nước theo module.

Với kết cấu của bình như đã nêu ở mục 1, các kết quả thí nghiệm cho thấy – trong điều kiện bức xạ mặt trời của t/p Hồ Chí Minh – nhiệt độ nước trong bình vào cuối mỗi ngày không khác nhau nhiều lắm. Bảng 1 trình bày minh họa các giá trị nhiệt độ trung bình của nước vào 16h30 của mỗi ngày tiêu biểu trong mỗi tháng. Các số liệu cụ thể về hệ thống thí nghiệm có liên quan đến bảng 1 được nêu rõ trong mục 4.

Bảng 1
Nhiệt độ trung bình của nước, °C

Tháng	Thí nghiệm	Tính toán
1	52	52,655
2	50	51,924
3	51,5	50,748
4	50,5	49,549
5	49	49,76
6	49	49,932
7	50	49,765
8	50,5	49,419
9	51	49,981
10	51	51,209
11	51,5	52,277
12	52	52,747

So với các hệ thống nước nóng mặt trời sử dụng collector tấm phẳng, hệ thống nước nóng đang khảo sát có thể tiếp tục gia tăng nhiệt độ cho đến gần cuối mỗi ngày với tốc độ gia tăng nhiệt độ khá đồng đều theo thời gian. Các kết quả thí nghiệm trên máy tính cho thấy :

- Khả năng tích nhiệt của nước có xu hướng gia tăng khi tăng tỉ số h/D. Điều này hoàn toàn phù hợp với lý luận vì sự gia tăng tỉ số h/D kéo theo sự gia tăng mức độ đối lưu tự nhiên của nước, đồng thời cũng làm gia tăng diện tích bề mặt hiệu dụng nhận bức xạ mặt trời. Tuy nhiên, việc gia tăng tỉ số h/D bị giới hạn bởi các yếu tố mang tính thực tế khác như : độ an toàn khi lắp đặt và sử dụng, áp suất nước cấp, kích thước của các tấm mica và tôn inox hiện có trên thị trường, kỹ thuật chế tạo ống trụ composite. Chính vì vậy, trên cơ sở cân đối các yếu tố đã nêu, đã xác định được giá trị hợp lý của tỉ số h/D trong khoảng từ 1,75 đến 1,85.
- Khi gia tăng khoảng cách δ_1 , do ảnh hưởng của hiện tượng đối lưu của khối không khí ở giữa lớp thứ nhất và lớp thứ hai, khả năng tích nhiệt của nước bị giảm xuống. Khi giảm δ_1 , tổn thất nhiệt cũng có xu thế gia tăng do khả năng cách nhiệt bị giảm đi. Các thí nghiệm xác định giá trị hợp lý của δ_1 nên nằm trong khoảng từ 25 mm đến 30 mm.
- Việc hạn chế tổn thất nhiệt về cơ bản do bề dày δ_2 của ống trụ composite quyết định. Giá trị nhỏ nhất có thể chấp nhận được của δ_2 là 30 mm.
- Các kết quả nghiên cứu trước đó và các kinh nghiệm thực tế cho thấy, bình quân cần khoảng 40-50 lít nước nóng ở nhiệt độ khoảng 50°C/đầu người/ngày . Khi lựa chọn mức thể tích chứa nước/module, cần phải chú ý thêm đến các yếu tố mang tính thực tế khác . Chính vì vậy thể tích chứa nước/module được chọn khoảng 200 lít.

4. KẾT LUẬN

- Có thể sản xuất hệ thống nước nóng đang khảo sát bằng kỹ thuật và vật tư hiện có ở trong nước. Giá thành của hệ thống thích hợp với người có mức thu nhập trung bình và thấp.
- Nên sản xuất ở mức module 200 lít. Tương ứng với thể tích này, các giá trị D và h lần lượt là 560 mm và 1000 mm.
- Giá trị δ_1 và δ_2 được chọn là 25 mm và 30 mm.
- Chương trình đã được soạn thảo có thể được mở rộng để tính toán cho những trường hợp dùng nước nóng mặt trời để cấp nhiệt cho các mục đích khác, ví dụ cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ và giải phóng ẩm trong công nghệ tách ẩm bằng chất hút ẩm trong kỹ thuật điều hòa không khí.

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF VERTICAL TUBULAR THERMOSIPHON SOLAR HOT WATER SYSTEMS

Le Chi Hiep

University of Technology – VNU-HCM

(Received 06 February 2002, Revised 06 March 2002)

ABSTRACT: Vertical tubular thermosiphon solar hot water systems have been studied and applied over the past some years. However, in order to improve the efficiency of the system, the relationship of main parameters for determining its rational dimensions must be studied further. To do this research, the paper presents the mathematical simulation of main processes in the system. Based on these computational experiments, some main parameters are proposed.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Chí Hiệp – Nghiên cứu chế tạo hệ thống nước nóng mặt trời theo kiểu không truyền thống – Thuyết minh đề tài nghiên cứu cấp Bộ số B99-20-54, tháng 11-2000.
- [2] S. I. Kanbour, S.A. Kadhum – Modeling of Thermosiphon Solar Water Heating Systems – Energy and the Environment into 1990s, First World Renewable Energy Congress, Vol.2, 1990.
- [3] Solar Hot water Systems – Department of Non-Conventional Energy Sources, Ministry of Science & Technology, Government of India, 1985.
- [4] John A. Duffie, William A. Beckman – Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, Inc., 1980.
- [5] Michael Grupp, Hannelore Bergler et al. – Convective Flat Plate Collectors and Their Applications – Solar Energy, Vol.55, No/3, pp.195-207, 1995.