

# NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC NÓNG SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CÓ TRỮ NHIỆT

## RESEARCH ON HOT SOLAR WATER SYSTEM USING HEAT STORAGE

SVTH: TRƯƠNG MINH TOÀN

Lớp 05N2, Trường Đại Học Bách Khoa, Đại Học Đà Nẵng

GVHD: PGS.TS. HOÀNG DƯƠNG HÙNG

Khoa Công Nghệ Nhiệt – Điện Lạnh, Đại Học Bách Khoa Đà Nẵng

### TÓM TẮT

Ngày nay, bên cạnh các nguồn năng lượng sạch như năng lượng gió, địa nhiệt... năng lượng Mặt trời đã được khai thác và ứng dụng nhiều trong nhiều lĩnh vực. Một trong những ứng dụng cụ thể và hiệu quả là sử dụng bộ thu năng lượng mặt trời để cấp nhiệt phục vụ cho sản xuất và sử dụng trong gia đình. Tuy nhiên, do sự lệch pha giữa chu kỳ của năng lượng mặt trời và chu kỳ sử dụng nhiệt trong bình tích trữ nên sự thiếu hụt nguồn nhiệt cho nhu cầu sử dụng trong suốt thời gian ban đêm là không thể tránh khỏi. Hệ thống tích trữ năng lượng nhiệt ẩn sử dụng chất chuyển pha là môi trường tích trữ có những thuận lợi như: dung lượng tích trữ nhiệt cao, kích thước thiết bị nhỏ gọn và đặc tính đẳng nhiệt trong suốt quá trình chuyển pha

### ABSTRACT

Today, along with renewable energy resources such as Wind, Geothermal energy...Solar energy has been exploiting and applying to domestic and industrial fields. One of the effective application of Solar energy is utilizing the Solar collector to supply hot water for industrial and domestic purposes. However, storage of solar energy as sensible heat has been inefficient means of thermal energy storage because of the intermittent nature of solar. Conversely, latent heat thermal energy storage systems using paraffin as a storage medium offers advantages such as high heat storage capacity, small unit size and isothermal behavior during phase change period.

### I. Mở đầu

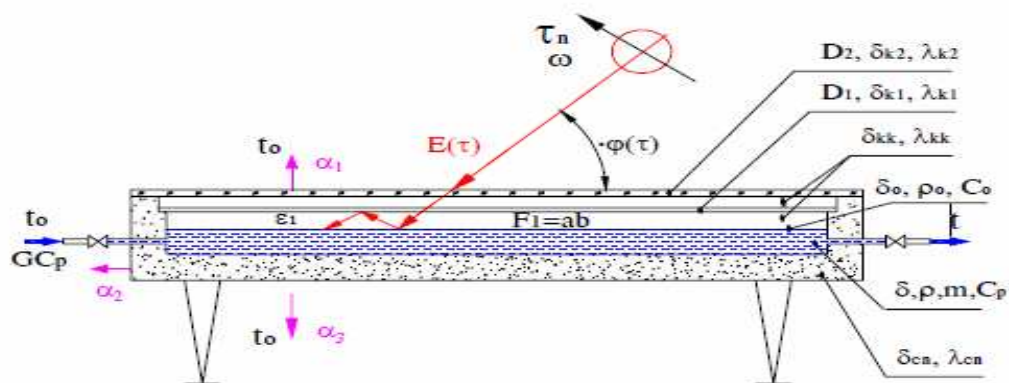
Do tốc độ phát triển về nhu cầu năng lượng của con người tăng rất nhanh, trong khi các nguồn năng lượng hóa thạch là có hạn và việc sử dụng các nguồn nhiên liệu này đã thải ra môi trường các loại khí độc làm ô nhiễm môi trường mà hậu quả tác hại là đã làm thay đổi khí hậu, tác động xấu đến cuộc sống hiện nay và tương lai của con người. Do vậy, các nguồn năng lượng mới như năng lượng mặt trời (NLMT) đã và đang được nghiên cứu sử dụng ngày càng nhiều nhằm thay thế dần các nguồn năng lượng truyền thống góp phần bảo vệ môi trường. Một thiết bị năng lượng mặt trời đang được dùng rất phổ biến hiện nay là hệ thống nước nóng dùng năng lượng mặt trời sử dụng trong các hộ gia đình, nhưng trong thực tế quá trình hấp thu NLMT của hệ thống thiết bị và sử dụng năng lượng của hộ tiêu thụ không tương ứng với nhau về mặt thời gian cũng như về công suất nên việc nghiên cứu hệ thống tích trữ nhiệt từ nguồn NLMT để cấp nhiệt hiệu quả cho nhu cầu dân dụng và công nghiệp là rất cần thiết và có ý nghĩa rất lớn trong việc góp phần thực hiện chương trình quốc gia về tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

### II. Tính toán thiết kế

#### 2.1 Tính toán nhiệt cho bộ thu

##### 2.2.1. Tính toán nhiệt cho bộ thu phẳng $2m^2$ :

Mục đích là lập phương trình cân bằng nhiệt để xác định hàm phân bố nhiệt độ của môi chất lỏng trong bộ thu năng lượng mặt trời trong chu kỳ một ngày để đánh giá khả năng làm việc của bộ thu và từ đó xác định thông số đặc trưng của bộ thu.



Hình 2.1 Cấu tạo bộ thu kiểu hộp tấm phẳng.

Tính toán cho một bộ thu tấm phẳng có cấu tạo như hình 2.2. Hộp thu có kích thước  $axb \times \delta = 1,2 \times 1,6 \times 0,01 \text{ m}^3$ , được làm bằng thép dày  $\delta_t = 0,001 \text{ m}$ ,  $C_0 = 460 \text{ J/kg}$ . Mặt thu  $F_1 = 1,92 \text{ m}^2$ , độ đen  $\varepsilon = 0,95$ ; lớp không khí dày  $\delta_{kk} = 0,01 \text{ m}$ ; tấm kính dày  $\delta_k = 0,005 \text{ m}$ ;  $\lambda_k = 0,8 \text{ W/mK}$ ; độ trong  $D = 0,95$ . Lớp cách nhiệt bằng thủy tinh dày  $\delta_c = 0,05 \text{ m}$ ;  $\lambda_c = 0,055 \text{ W/mK}$ . Dòng nước qua bộ thu có  $G = 0,0045 \text{ kg/s}$  với  $t_0 = 28^\circ \text{C}$ . Cường độ bức xạ cực đại  $E_n$  lấy trung bình trong năm tại Đà Nẵng ở vĩ độ  $16^\circ$  Bắc là:  $E_n = 940 \text{ W/m}^2$ .

Cần tìm hàm phân bố nhiệt độ chất lỏng trong bộ thu theo thời gian  $\tau$  và tất cả các thông số đã cho :

$$t = t(\tau, ab\delta\delta_1, m_0C_0, mC_p, \varepsilon DF_1, G, \delta_c, \delta_{kk}, \delta_K, \lambda_c, \lambda_{kk}, \lambda_K, \alpha, t_0, \omega_0, E_n).$$

Lập hệ phương trình vi phân cân bằng nhiệt cho hộp thu :

$$\begin{cases} T'(\tau) + bT(\tau) = asin^2(\omega\tau) & (1) \\ \text{với điều kiện đầu } T(0) = 0 & (2) \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được hàm phân bố nhiệt độ môi chất trong hộp thu :

$$T(\tau) = \frac{a}{2b} \left[ 1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}} \sin \left( 2\omega\tau + \text{artg} \frac{b}{2\omega} \right) - \frac{e^{-b\tau}}{1 + \left( \frac{b}{\omega} \right)^2} \right] \quad \text{Hình 2.3}$$

*chỉ số 170*

Bảng 2.1 Các thông số đặc trưng của panel tĩnh  $2 \text{ m}^2$

Thông số tính toán	Công thức tính	Giá trị	Đơn vị
Độ gia nhiệt max	$T_m = \frac{a}{2b} \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}} \right)$	60	$^\circ \text{C}$
Nhiệt độ max	$t_m = t_0 + \frac{a}{2b} \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}} \right)$	88	$^\circ \text{C}$
Thời điểm đạt $T_m$	$\tau_m = \tau_n \left( \frac{3}{8} - \frac{1}{4\pi} \text{artg} \frac{b}{2\omega} \right)$	5,8	h
Nhiệt độ cuối ngày	$t_c = t_0 + \frac{2a\omega^2}{b(4\omega^2 + b^2)}$	33	$^\circ \text{C}$
Độ gia nhiệt TB	$T_n = \frac{a}{2b}$	31,25	$^\circ \text{C}$

Công suất hữu ích TB	$Q_n = \frac{a}{2b} GC_p$	587,8	W
Sản lượng nhiệt 1 ngày	$Q = \frac{a\tau_n}{4b} GC_p$	25	MJ
Hiệu suất nhiệt panel	$\eta = \frac{\pi a GC_p}{4b E n F_1}$	51,15	%

## 2.2 Tính toán bình trữ nhiệt

Công suất thừa của bộ thu:  $Q = G.C_p.\Delta t = 0,0045.4180.(88-60)=526,68 \text{ W}$

Thời gian bắt đầu làm nóng nước ở  $60^\circ\text{C}$

$$\tau_{s1} = \frac{\tau_n}{4\pi} \left[ \pi - \text{artg} \frac{b}{2\omega} + \ar \sin \left( (2bT_n - a) \frac{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}}{ab} \right) \right] = 2,96 \text{ h}$$

Thời gian kết thúc làm nóng nước

$$\tau_{s2} = \frac{\tau_n}{4\pi} \left[ 2\pi - \text{artg} \frac{b}{2\omega} + \ar \sin \left( (2bT_n - a) \frac{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}}{ab} \right) \right] = 8,26 \text{ h}$$

Thời gian làm nóng nước:  $\Delta\tau = \tau_{s2} - \tau_{s1} = 8,26 - 2,96 = 5,3 \text{ h}$

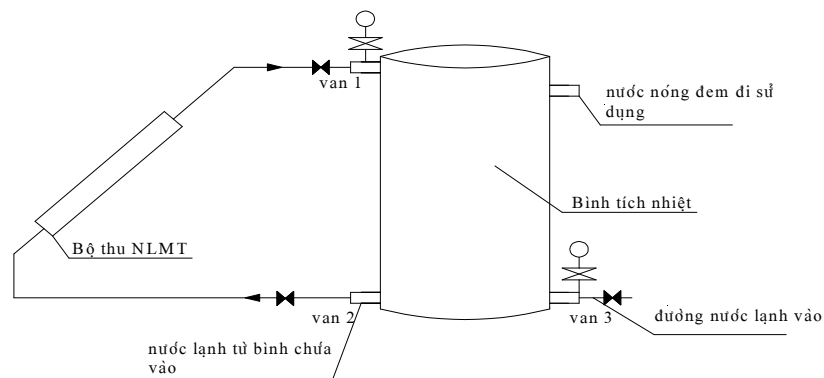
Nhiệt lượng thừa thu được từ bộ thu:  $Q_t = Q. \Delta\tau = 526,68.5,3.3600 = 10049,05 \text{ KJ}$

Nhiệt độ nóng chảy của paraffin là  $t_c = 52^\circ\text{C}$  ;

Nhiệt độ nước ở đầu ra bình chứa chọn  $t_r = 45^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{Khối lượng paraffin cần dùng là : } G &= \frac{Q_t}{C_{pr}(t_m - t_c) + r + C_{pl}(t_c - t_r)} \\ &= \frac{10049,05}{2,9(60 - 52) + 220 + 2,93(52 - 45)} = 36,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Thể tích paraffin cần dùng là : } V = \frac{G}{\rho} = \frac{36,1}{0,9} \approx 40 \text{ lit}$$



Hình 2.2 Sơ đồ cấu tạo hệ thống nước nóng dùng năng lượng mặt trời có trữ nhiệt

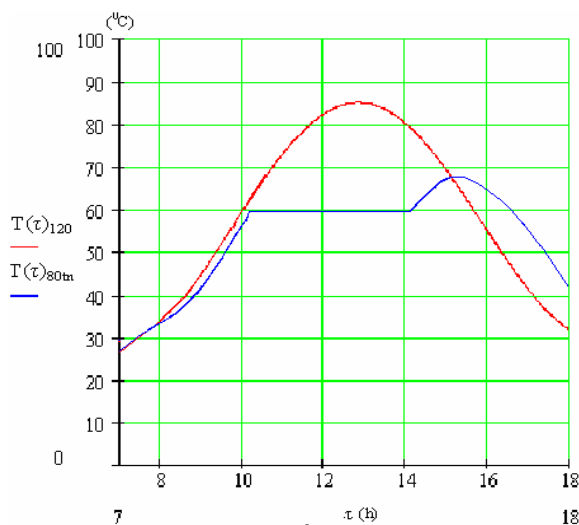
## 2.3 So sánh hiệu quả của phương án cung cấp nước nóng bằng năng lượng mặt trời có trữ nhiệt và không có trữ nhiệt

a) Hệ thống sử dụng chất chuyển pha dùng bình chứa 80 lit

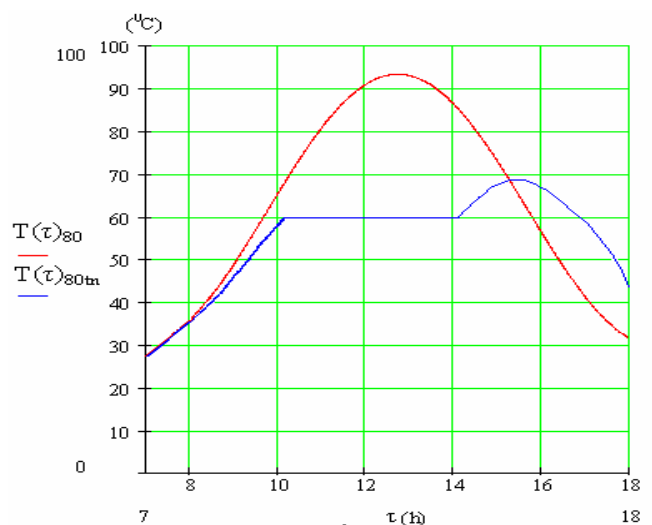
- \_ Lượng nhiệt cần thiết để làm tăng nhiệt độ nước từ  $t_0$  đến  $T_m = 60^{\circ}\text{C}$   
 $Q_{ct} = m_n \cdot C_{pn} \cdot \Delta t = 40 \cdot 1.16 \cdot (60 - 28) = 1,48 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt tích trữ của paraffin là:  $Q_{tt} = m_f \cdot C_{pr} \cdot (t_c - t_0) + r \cdot m_f + m_f \cdot C_{pl} \cdot (t_m - t_c) = 3,42 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt hữu ích hệ thống nhận được :  $Q_{hi} = Q_{ct} + Q_{tt} = 1,48 + 3,42 = 4,9 \text{ KWh}$
- b) Hệ thống không sử dụng chất chuyển pha dùng bình chứa 80 lit
- \_ Lượng nhiệt cần thiết để làm tăng nhiệt độ nước từ  $t_0$  đến  $T_m = 65^{\circ}\text{C}$   
 $Q_{ct} = m_n \cdot C_{pn} \cdot \Delta t = 80 \cdot 1.16 \cdot (65 - 28) = 3,43 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt tích trữ của nước là:  $Q_{tt} = m_n \cdot C_{pn} \cdot (T_n - t_0) = 0,58 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt hữu ích hệ thống nhận được :  $Q_{hi} = Q_{ct} + Q_{tt} = 3,43 + 0,58 = 4,01 \text{ KWh}$
- c) Hệ thống không sử dụng chất chuyển pha dùng bình chứa 120 lit
- \_ Lượng nhiệt cần thiết để làm tăng nhiệt độ nước từ  $t_0$  đến  $T_m = 56^{\circ}\text{C}$   
 $Q_{ct} = m_n \cdot C_{pn} \cdot \Delta t = 120 \cdot 1.16 \cdot (61 - 28) = 4,59 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt tích trữ của nước là:  $Q_{tt} = m_n \cdot C_{pn} \cdot (T_n - t_0) = 0,139 \text{ KWh}$
  - \_ Nhiệt hữu ích hệ thống nhận được  $Q_{hi} = Q_{ct} + Q_{tt} = 4,59 + 0,139 = 4,73 \text{ KWh}$

*Bảng 2.2 So sánh hệ thống có sử dụng chất chuyển pha và không sử dụng chất chuyển pha*

Loại hệ thống	Hệ thống có sử dụng chất chuyển pha	Hệ thống không sử dụng chất chuyển pha	
		80	120
<b>Thể tích bình chứa (l)</b>	80	80	120
<b>Diện tích bộ thu (<math>\text{m}^2</math>)</b>	2	2	2
<b>Nhiệt lượng cung cấp cho bộ thu (KWh)</b>	$Q_{cc} = 4,9 \cdot 1,92 = 9,4$	$Q_{cc} = 4,9 \cdot 1,92 = 9,4$	$Q_{cc} = 4,9 \cdot 1,92 = 9,4$
<b>Nhiệt hữu ích hệ thống nhận được (KWh)</b>	$Q_{hi} = 4,9 \text{ KWh}$	$Q_{hi} = 4,01$	$Q_{hi} = 4,73$
<b>Sản lượng nước nóng thu được</b>	$M = 227,6$	$M = 158,4$	$M = 186,2$



*Hình 2.3; Đồ thị so sánh giữa bình chứa 120 lít không trữ nhiệt và bình chứa 80 lít có trữ nhiệt*



*Hình 2.4 Đồ thị so sánh giữa bình chứa 80 lít và bình chứa 80 lít có trữ nhiệt*

## 2.4 So sánh hiệu quả kinh tế phương án cung cấp nước nóng bằng năng lượng mặt trời có trữ nhiệt và không có trữ nhiệt

a) Hệ thống sử dụng năng lượng mặt trời không có trữ nhiệt dùng bình chứa 80 lit

Giá thành ban đầu của hệ thống :  $T = 5600000$  VNĐ

Lượng nước nóng sản xuất ra trong 1 ngày  $M = 158,4$  lit

Giả sử giá thành 1 kg nước nóng là 300VNĐ

$$\text{Thời gian hoàn vốn của hệ} : \tau = \frac{T}{300.M} = \frac{5600000}{300.158,4} \approx 117 \text{ ngày} \approx 3,9 \text{ tháng}$$

Số tiền do hệ tạo ra sau 1 năm :  $P = 300.158,4.365 = 17344800$  VNĐ

b) Hệ thống sử dụng năng lượng mặt trời không có trữ nhiệt dùng bình chứa 120 lit

Giá thành ban đầu của hệ thống :  $T = 6500000$  VNĐ

Lượng nước nóng sản xuất ra trong 1 ngày  $M = 186,2$  lit

Giả sử giá thành 1 kg nước nóng là 300VNĐ

$$\text{Thời gian hoàn vốn của hệ} : \tau = \frac{T}{300.M} = \frac{6500000}{300.198} \approx 119 \text{ ngày} \approx 3,8 \text{ tháng}$$

Số tiền do hệ tạo ra sau 1 năm:  $P = 300.198.365 = 20388900$  VNĐ

c) Hệ thống sử dụng năng lượng mặt trời có trữ nhiệt dùng bình chứa 80 lit

Giá thành ban đầu của hệ thống :  $\sum T = T_{\text{paraffin}} + T_{\text{thép}} + T_{\text{panel+bình chứa}}$

$$T_{\text{paraffin}} = 36,1 \cdot 24000 = 866400 \text{ VNĐ}; T_{\text{thép}} = 174 \cdot 15000 = 2610000 \text{ VNĐ}$$

$$T_{\text{panel+bình chứa}} = 5600000 \text{ VNĐ}$$

$$\text{Vậy} : \sum T = 866400 + 2610000 + 5600000 = 9076400 \text{ VNĐ}$$

Lượng nước nóng sản xuất ra trong 1 ngày  $M = 227,6$ lit

Giả sử giá thành 1 kg nước nóng là 300VNĐ

$$\text{Thời gian hoàn vốn của hệ} : \tau = \frac{T}{300.M} = \frac{9076400}{300.227,6} \approx 132 \text{ ngày} \approx 4,4 \text{ tháng}$$

Số tiền do hệ tạo ra sau 1 năm:  $P = 300.227,6.365 = 24922200$  VNĐ

Bảng 2.3 So sánh hiệu quả kinh tế

Chỉ tiêu so sánh	Hệ thống có sử dụng chất chuyển pha		Hệ thống không sử dụng chất chuyển pha	
	80	120	80	120
Thể tích bình chứa (l)	80	120	80	120
Diện tích bộ thu (m <sup>2</sup> )	2	2	2	2
Sản lượng nước nóng thu được trong 1 ngày (l)	M = 227,6	M = 186,2	M = 158,4	M = 186,2
Giá thành đầu tư ban đầu (VNĐ)	T = 9031400	T = 9076400	T = 5600000	T = 6500000
Thời gian hoàn vốn	$\tau = 4,4$ tháng	$\tau = 4,4$ tháng	$\tau = 3,9$ tháng	$\tau = 3,8$ tháng
Số tiền do hệ tạo ra sau 1 năm (VNĐ)	P = 24922200	P = 24922200	P = 17344800	P = 20388900
Lợi nhuận thu được trong 1 năm đầu tiên (VNĐ)	P' = P - M = 15845800	P' = P - M = 15845800	P' = 11744800	P' = 13888900

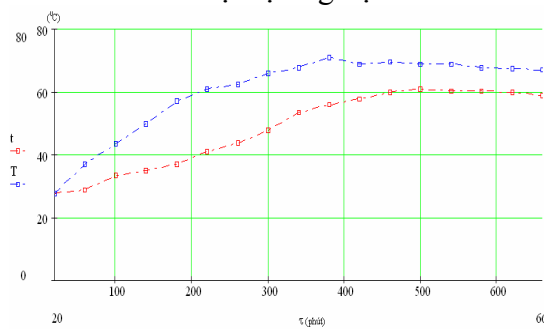
## 2.5. Xây dựng mô hình thí nghiệm



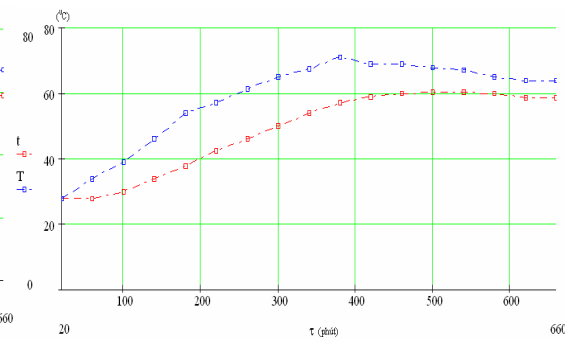
Thiết bị thí nghiệm có  $F_{\text{panel}} = 2 \text{ m}^2$

- \_ Bình chứa được nối với 2 bộ thu  $1 \text{ m}^2$  mắc song song như hình vẽ
- \_ Nước được lấy từ phía dưới bình chứa đi vào phía dưới bộ thu
- \_ Nước từ bộ thu đi ra được đưa vào phía trên bình chứa
- \_ Nhiệt độ paraffin và nước được lấy ở 2 đầu bình chứa
- \_ Lưu lượng nước được đo đầu ra bộ thu
- \_ Các ống chứa paraffin trong bình chứa được bao phủ bởi nước

Hình 2.5 Thiết bị thực nghiệm



Đồ thị Nhiệt độ nước đầu vào và ra bình chứa theo thời gian



Đồ thị nhiệt độ paraffin đầu vào và đầu ra theo thời gian

Hình 2.6 Giá trị nhiệt độ đo được của nước và paraffin theo thời gian trong ngày

### III. Kết luận

Với thể tích bình chứa bằng 80 lit thì thể tích bình chứa của hệ thống sử dụng paraffin có thể cung cấp nước nóng lớn hơn hệ thống không sử dụng chất chuyển pha dùng bình chứa 80 lit là 69,2lit và 29,6 lit so với hệ thống dùng bình chứa 120 lit. Tuy nhiên giá thành đầu tư ban đầu của hệ thống này lớn hơn do phải chi phí cho chất chuyển pha và các ống chứa chất đó. Sau khoảng thời gian 4,4 tháng thì hệ thống paraffin sẽ hoàn vốn. Sau đó cứ mỗi ngày thì hệ thống paraffin có lợi nhuận lớn hơn hệ thống dùng bình chứa 80 lit là  $69,2 \cdot 300 = 20760 \text{ VNĐ}$  và hệ thống dùng bình chứa 120 lit  $41,4 \cdot 300 = 12420 \text{ VNĐ}$

Vậy phương án sử dụng hệ thống cung cấp nước nóng dùng năng lượng mặt trời có trữ nhiệt là hoàn toàn hợp lý về mặt kinh tế và về vấn đề môi trường

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Hoàng Dương Hùng (2007), *Năng lượng Mặt trời lý thuyết và ứng dụng*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
- [2] Nguyễn Bôn- Hoàng Dương Hùng, *Hàm phân bố nhiệt độ chất lỏng trong panel mặt trời*, Tạp chí khoa học và công nghệ các trường Đại học kỹ thuật, số 25+26 năm 2000
- [3] Hoàng Đình Tín (2001), *Truyền nhiệt & Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
- [4] Hoàng Dương Hùng – Mai Vinh Hòa (2010), *Nghiên cứu hệ thống tích trữ năng lượng nhiệt mặt trời*, Tạp chí KHCN Đại học Đà Nẵng
- [5] Anthony F. Mills, *Heat and Mass Transfer*, University of California at Los Angeles. Năm 1995..



