

# NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM MÔ HÌNH MÁY LẠNH HẤP PHỤ MẶT TRỜI SỬ DỤNG ZEOLITE – NƯỚC

## RESEARCH THEORETICAL AND EXPERIMENTAL MODEL SOLAR ADSORPTION REFRIGERATOR USING ZEOLITE – WATER

Hoàng An Quốc<sup>(1)</sup>, Trần Văn Vang<sup>(2)</sup>, Lê Chí Hiệp<sup>(3)</sup>, Quảng Thị Cẩm Thi<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh,

<sup>(2)</sup> Trường Đại Học Bách Khoa Đà Nẵng,

<sup>(3)</sup> Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh

### TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm mô hình máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite – nước, thiết bị này có thể sử dụng cho các mục đích khác nhau như bảo quản rau quả, thực phẩm hay điều hòa không khí... Mô hình được cho vận hành chạy thử lấy số liệu vào tháng 11 năm 2012 tại quận 7 thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu suất bộ thu năng lượng mặt trời đạt được chỉ nằm trong khoảng  $h_t = 5,3, 6,9\%$  và hiệu suất làm lạnh của máy cũng đạt được giá trị  $h_l = 4,02, 6,02\%$ . Tuy cường độ bức xạ tương đối thấp nhưng hệ thống vẫn đạt được hiệu quả như trên điều đó có nghĩa máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite – Nước cũng có thể ứng dụng được nếu được nghiên cứu cải tiến và tiến hành vào thời điểm có cường độ bức xạ cao hơn.

**Từ khóa:** Máy lạnh hấp phụ; máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời; Zeolite-nước; làm lạnh bằng năng lượng mặt trời; Năng lượng mặt trời.

### ABSTRACT

This article presents the results of theoretical and experimental research model solar adsorption refrigerator using Zeolite-water, this machine can be used for different purposes such as preserving fruits and vegetables, food or air conditioning ... The commissioning data of this model is taken in November 2012 in district 7 Ho Chi Minh city. The experimental results show that the solar collector performance gain index range  $h_t = 5,3, 6,9\%$  and cooling performance of the machine is achieved value  $h_l = 4,02, 6,02\%$ . Although the radiation intensity is relatively low but with achieved effective of system on which means the solar adsorption refrigerator using Zeolite-water can apply in practice if it is studied, improved and carried out at the time points higher radiation intensity.

**Key words:** Adsorption frigerator; Solar Adsorption frigerator; Zeolite-water; solar cooling; Solar energy.

### I. GIỚI THIỆU

Trong những thập niên gần đây cả thế giới đau đầu về vấn đề tìm nguồn năng lượng mới thay thế nguồn năng lượng hóa thạch đang dần cạn kiệt. Và năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng thay thế hiệu quả và đang rất được quan tâm.

Ngày nay, máy lạnh hấp phụ mặt trời dùng trong kỹ thuật lạnh nói chung và điều hòa không khí nói riêng đã và đang được nghiên cứu để có thể triển khai rộng rãi ra thực tế. Việc nghiên cứu máy lạnh hấp phụ mặt trời không chỉ là đáp ứng nhu cầu làm lạnh mà còn là phương án nhằm giải quyết bài toán năng lượng đang nóng dần lên trên toàn Thế

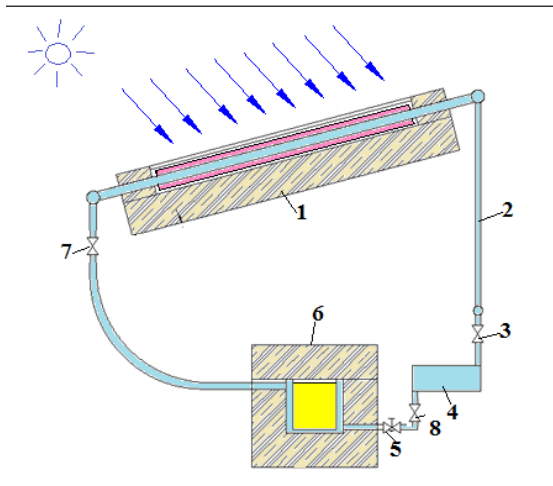
Giới. Việt Nam chúng ta cũng không nằm ngoài xu hướng trên. Để chạy máy lạnh hấp phụ mặt trời có rất nhiều cặp môi chất được sử dụng khác nhau như: than hoạt tính – methanol, Silicagel – nước, Calcium Chloride – ammoniac, Zeolite – nước, ... Việc tìm kiếm cặp môi chất làm việc nào là thật sự hiệu quả và ứng dụng được cho điều kiện khí hậu ở Việt Nam vẫn đang được các nhà nghiên cứu và các trường đại học trong cả nước tiến hành thử nghiệm, cải tiến và sửa chữa.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm mô hình máy lạnh hấp phụ sử dụng Zeolite – nước, mô hình này có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như; bảo quản rau quả thực phẩm, điều hòa không khí ...

## II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp phụ

Mô hình máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite – nước được mô tả như hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ nguyên lý của MLHP mặt trời loại gián đoạn sử dụng Zeolite – nước.

1 – Bộ hấp thu; 2 – Dẫn ngưng; 3, 7, 8 – Van chặn; 4 – Bình chứa; 5 – Van tiết lưu; 6 – Thiết bị bay hơi;

Mô hình máy lạnh hấp phụ mặt trời này làm việc theo kiểu gián đoạn.

- *Giai đoạn phát sinh – tích trữ môi chất lạnh:*

Vào ban ngày khi collector nhận năng lượng mặt trời ta mở van chặn 3, đóng van chặn 7, 8 và van tiết lưu 5. Trong giai đoạn này, dưới tác động của các tia bức xạ mặt trời, tác nhân lạnh sẽ bốc hơi khỏi Zeolite, được ngưng tụ trong thiết bị ngưng tụ 2 và chứa tại bình chứa 4. Vào cuối giai đoạn phát sinh, van chặn 3 nên được đóng lại.

- *Giai đoạn làm lạnh – hấp phụ môi chất lạnh:*

Vào ban đêm xảy ra quá trình làm lạnh, khi nhiệt độ của bộ hấp thu giảm, Zeolite làm nhiệm vụ hấp thụ môi chất lạnh nước. Mở van chặn 7, giải nhiệt cho bộ thu, khi áp suất trong hệ thống giảm xuống đến áp suất bay hơi thì mở van chặn 8 và van tiết lưu 5. Môi chất lạnh sẽ được tiết lưu vào thiết bị bay hơi, thu nhiệt sản phẩm và bay hơi, hơi môi chất được Zeolite hấp phụ lại. Trong giai đoạn này cần chú ý để thiết bị hấp thu được giải nhiệt dễ dàng vì đây là quá trình sinh nhiệt.

### 2.2 Công thức tính toán:

- Năng suất lạnh của hệ thống được tính theo công thức:

$$Q_0 = \frac{k \cdot Q}{b}, W$$

Chọn  $k = 1,02$  và  $b = 0,7$  [2].

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, W$$

Trong đó

$Q_1$  – dòng nhiệt đi qua kết cấu bao che, W

$Q_2$  – dòng nhiệt để làm lạnh nước, W

$Q_3$  – dòng nhiệt để làm lạnh bình bay hơi và làm lạnh bình chứa nước, W

Nhiệt lượng cần thiết để cung cấp cho thiết bị bay hơi trong suốt thời gian làm việc của hệ thống:

$$Q' = Q_0 \cdot t$$

Lượng nước cần cung cấp:

$$M_{mc} = \frac{Q'}{r}$$

Với  $r$  - nhiệt ẩn hoá hơi của nước,  $r = 2500$  kJ/kg K

- Xác định lượng Zeolite cần nạp

Dựa vào áp suất bay hơi của nước và đồ thị đường hấp phụ đẳng nhiệt của Zeolite đối với nước theo [11]. Suy ra hoạt độ tính của Zeolite-nước ở  $p = 4,5773$  mmHg ứng với nhiệt độ môi trường xung quanh vào ban đêm chọn là  $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$  là:

$a = 24\text{lb}$  nước/100lb Zeolite = 0,24 kg nước/kg Zeolite.

Do đó lượng Zeolite cần thiết để chứa hết lượng môi chất là

$$M_{\text{Zeolite}} = \frac{M_{\text{mc}}}{a}$$

Vậy thể tích chứa là:

$$V_{\text{Zeolite}} = \frac{M_{\text{Zeolite}}}{\rho_x}$$

Trong đó:  $r_x = 650$  kg/m<sup>3</sup> - là khối lượng riêng xốp của Zeolite

- Lượng nhiệt để gia nhiệt cho bộ hấp phụ và chất hấp phụ  $Q_{\text{bhp1}}$  từ nhiệt độ  $T_{a2}$  đến nhiệt độ  $T_{g2}$ :

$$Q_{\text{bhp1}} = \int_{T_{a2}}^{T_{g2}} (M_{\text{bhp}} \cdot C_{\text{bhp}} + M_{\text{hp}} \cdot C_{\text{hp}}) \cdot dT$$

$$Q_{\text{bhp1}} = (M_{\text{bhp}} \cdot C_{\text{bhp}} + M_{\text{hp}} \cdot C_{\text{hp}}) (T_{g2} - T_{a1})$$

- Lượng nhiệt cần thiết để gia nhiệt cho môi chất trước lúc bốc hơi  $Q_{\text{bhp2}}$ :

$$Q_{\text{bhp2}} = \int_{T_{a2}}^{T_{g1}} M_{\text{mc}} \cdot C_{\text{pmc}} \cdot dT = M_{\text{mc}} \cdot C_{\text{pmc}} (T_{g1} - T_{a2})$$

Trong đó:

$M_{\text{mc}}$  - Khối lượng môi chất

$T_{g1}$  - nhiệt độ bắt đầu nhả của Zeolite.

$C_{\text{pmc}}$  - nhiệt dung riêng của môi chất.

$C_{\text{pmc}} = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3$ , kJ/kg.

Với  $a_0 = 2,4894$ ;  $a_1 = -1,1237 \cdot 10^{-3}$ ;  $a_2 = -1,1081 \cdot 10^{-5}$ ;  $a_3 = 5,2757 \cdot 10^{-8}$ ,  $T$  - nhiệt độ của nước, K.

- Nhiệt lượng để bốc hơi môi chất lạnh ra khỏi bộ hấp phụ:

$$Q_{\text{bhp3}} = r \times M_{\text{mc}}, \text{ kJ}$$

Với  $r$  - nhiệt hóa hơi của nước,  $r = 2500$  kJ/kg

- Nhiệt lượng thải ra của môi chất lạnh trong quá trình hấp phụ:

$$Q_{\text{ll2}} = q \cdot M_{\text{mc}}, \text{ kJ}$$

Lượng nhiệt này cũng bằng nhiệt lượng trong quá trình tách ra của môi chất lạnh

$$Q_{\text{ll2}} = Q_{\text{bhp3}}$$

- Tính hiệu suất của bộ hấp phụ theo lý thuyết

$$\eta_n = \frac{Q_{\text{ht}}}{F_D \int E d\tau} \%$$

Năng lượng bộ thu nhận được (không tính đến tổn thất nhiệt toàn phần):

Để đơn giản ta có thể tính theo cường độ bức xạ trung bình (tính từ 8h đến 16h):

$$Q_t = E \cdot \tau \cdot F_{\text{bt}}$$

Trong đó:  $E$  - Cường độ bức xạ trung bình, W/m<sup>2</sup>. Cường độ bức xạ trung bình tại Thành Phố Hồ Chí Minh khoảng  $E = 765$  W/m<sup>2</sup>

$\tau$  - Thời gian bộ thu nhận năng lượng bức xạ mặt trời (8h - 16h)

$F_{\text{bt}}$  - Diện tích của bộ thu,

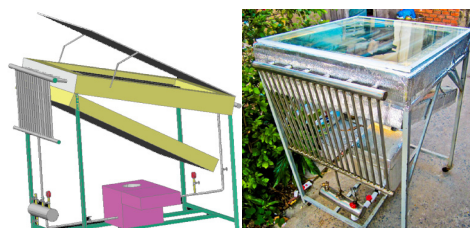
**Tính hiệu suất bộ thu theo lý thuyết:**

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_t} = \frac{Q_{\text{bhp}}}{F_b \int E \cdot d\tau} \%$$

### III. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN

#### 3.1 Mô tả thí nghiệm:

Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite - nước làm lạnh 2,5 kg nước xuống đến  $5^{\circ}\text{C}$ , tại Thành phố Hồ Chí Minh.



Mô hình máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite - nước.

+ Các thông số cần đo được thực hiện đo từ ngày 06/11/2012 đến 12/11/2012 tại Quận 7, Thành Phố Hồ Chí Minh.

+ Thời gian thực hiện phép đo

- Ban ngày: Bắt đầu từ 8h00', kết thúc 16h15' (đo cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ trong bộ thu, áp suất ngưng tụ, nhiệt độ môi trường), cứ 45 phút thì ghi lại số liệu một lần.

- Ban đêm: Bắt đầu từ 18h30' đến 21h00' (đo áp suất bay hơi, nhiệt độ bề mặt bộ hấp phụ, nhiệt độ nước cần làm lạnh, nhiệt độ môi trường), cứ 30 phút thì ghi lại số liệu một lần.

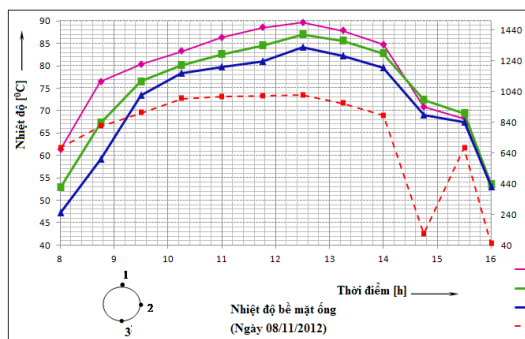
### a - Đo nhiệt độ bề mặt bộ thu

Ở đây bộ thu bao gồm 06 hàng ống giống nhau, nên khi thực hiện quá trình đo thông số trên bề mặt bộ thu chỉ cần đo 3 ống ở vị trí số 1, 2, 3. Các vị trí ống số 4,5, 6 nằm đối xứng với ống vị trí số 3, 2, 1 nên có giá trị nhiệt độ tương đương với các ống vị trí số 3, 2, 1.

- Từ kết quả thực nghiệm cho thấy độ chênh nhiệt độ giữa các điểm đo tương ứng tại các vị trí đầu ống, cuối ống và giữa ống trên mỗi hàng có độ chênh không đáng kể ( $Dt_{max} = 0,4^{\circ}C$ ). Nên chỉ cần đo thông số ở một vị trí xác định là đủ, ta đo 3 hàng ống số 1, 2, 3.

- Mặt khác, kết quả đo cũng cho thấy rằng độ chênh nhiệt độ giữa các điểm đo ở mỗi hàng ống cũng nhỏ ( $Dt_{max} = 0,4^{\circ}C$ ), độ chênh này không ảnh hưởng lớn đến kết quả đo, vì vậy chỉ cần đo trên 1 hàng ống là đủ.

- Các kết quả đo nhiệt độ bề mặt bộ thu trong bài báo này là kết quả đo ở vị trí giữa ống của ống số 3.



Hình 4.3. Sơ đồ thể hiện sự biến thiên nhiệt độ bề mặt bộ thu ngày 08/11/2012

- Hình 4.3 cho thấy biến thiên nhiệt độ của những điểm nằm trên bề mặt ống hấp thụ phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời, góc tới của các tia bức xạ (tại thời điểm đo). Xét ở từng thời điểm chúng ta thấy rằng: Độ chênh nhiệt độ lớn nhất giữa các điểm trên bề mặt bộ thu nằm trong thời gian từ 8h sáng đến 14h chiều, thời gian này cường độ bức xạ mặt trời đạt giá trị tương đối lớn. Khoảng từ 14h đến 16h cường độ bức xạ mặt trời nhỏ độ chênh nhiệt độ giữa các điểm nhỏ (buổi chiều giảm dần theo chiều tăng, giảm tương ứng của bức xạ mặt trời).

- Độ chênh lệch nhiệt độ cao nhất giữa điểm 1 và điểm 3 nằm trong khoảng thời gian từ 8h45' đến 10h, thời điểm này bộ thu mới bắt đầu được gia nhiệt và cường độ bức xạ mặt trời cũng đạt được giá trị tương đối lớn so với trong ngày, chênh lệch cực đại có thể lên tới  $17,4^{\circ}C$ .

- Nhiệt độ bề mặt phía trên thay đổi phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời và thay đổi khá nhanh đặc biệt là lúc mới bắt đầu giai đoạn phát sinh (từ 8h đến 10h). Điều này cho thấy những điểm nhận bức xạ trực tiếp từ mặt trời có biến thiên nhiệt độ lớn hơn những điểm bề mặt phía dưới nhận năng lượng chủ yếu do dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ. Tuy nhiên vào cuối giai đoạn phát sinh (khoảng sau 15h) khi cường độ bức xạ giảm mạnh thì nhiệt độ giữa các điểm trên bộ thu gần như bằng nhau, điều này có nghĩa khi cường độ bức xạ giảm, bộ thu hầu như không nhận được nhiều năng lượng nên nhiệt từ từ cân bằng ở các điểm trên bề mặt bộ thu.

- Đặc biệt khi mà bức xạ mặt trời giảm mạnh thì nhiệt độ tại điểm  $t_1$  có khi lại thấp hơn  $t_2$ , điều này có thể giải thích như sau: các điểm 1 trên bề mặt mặc dù là các điểm nhận được năng lượng bức xạ nhiều nhất nhưng nếu khi bức xạ giảm mạnh thì các điểm này lại là các điểm bị tổn thất nhiệt ra môi trường do bức xạ là nhanh nhất. Còn điểm 3 thì ngược lại, do phía dưới bộ thu có tấm cách nhiệt nên nhiệt tổn thất ở điểm 3 là rất hạn chế.

- Bằng những phân tích trên cho thấy: Nhiệt độ bề mặt bộ thu không đồng đều, những điểm nhận bức xạ trực tiếp từ mặt trời có sự biến đổi lớn hơn so với những điểm không nhận bức xạ mặt trời mà chủ yếu tăng nhiệt độ do dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ từ các ống xung quanh.

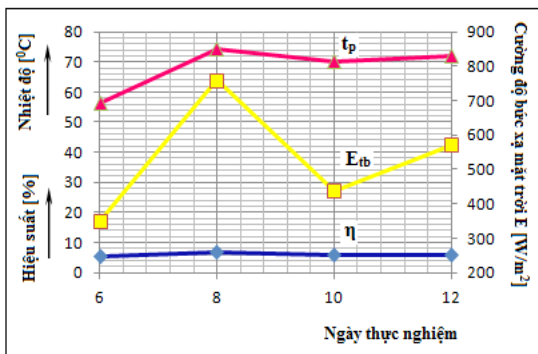
**– Hiệu suất bộ thu**

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i} = \frac{Q_{bhp}}{F_{bt} \int E \cdot d\tau} \%$$

- Theo thực nghiệm: Khi nhiệt độ bộ thu càng lớn thì nhiệt lượng cấp cho bộ thu sẽ càng lớn. Chính nhiệt lượng này sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến hiệu suất nhiệt của bộ thu. Lượng nhiệt  $Q_{bhp}$  chủ yếu là lượng nhiệt cung cấp cho quá trình bay hơi môi chất khỏi Zeolite.

- Lượng nhiệt bộ thu nhận được và hiệu suất nhiệt của bộ thu theo các ngày được tính trong hình 4.4.

Hình 4.4 cho thấy hiệu suất nhiệt của bộ thu nhỏ, ngày 06/11/12 hệ thống đạt được hiệu suất nhiệt cao nhất nhưng cũng chỉ đạt được 6,9%, làm lạnh được nước đến nhiệt độ 12°C.



Hình 4.4: Biểu đồ hiệu suất nhiệt của bộ thu.

Như vậy hiệu suất nhiệt của bộ thu phụ thuộc vào nhiệt độ bề mặt hấp thụ  $t_p$  và cường độ bức xạ mặt trời, khi những giá trị này giảm xuống thì hiệu suất cũng giảm theo.

Trên thực tế không phải cứ có lượng nhiệt bức xạ  $Q_i$  lớn hơn hoặc bằng lượng nhiệt cấp cho bộ hấp thụ  $Q_{bhp}$  ( $Q > Q_{bhp}$ ) là hệ thống có thể làm lạnh được nước, để hệ thống có thể

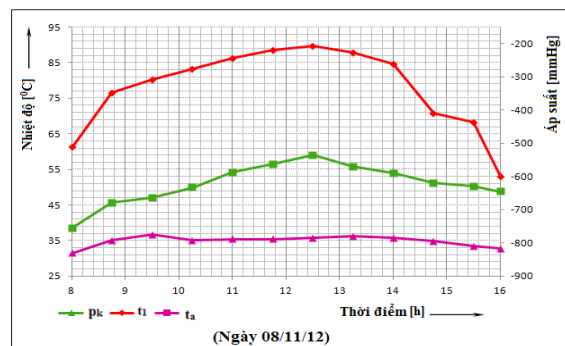
làm lạnh được nước còn phụ thuộc vào nhiều thông số khác như nhiệt độ bề mặt bộ hấp thụ, thời gian đốt nóng và quá trình ngưng tụ.

Hiệu suất bộ thu nhỏ do: thời gian để NLMT nâng nhiệt độ bề mặt bộ hấp thụ lên đến nhiệt độ bay hơi của nước ra khỏi Zeolite khá dài, và khả năng duy trì nhiệt độ này của bộ thu không nhiều, nhiệt độ bộ thu thay đổi liên tục nên lượng hơi phát sinh không nhiều, ngoài ra môi chất sau khi bay hơi khỏi Zeolite nhưng không kịp ngưng tụ lại đã bị hấp phụ lại đặc biệt vào những ngày có cường độ bức xạ thấp (chứng minh trong mục 4.2) và vào những ngày này hệ thống hầu như không làm lạnh được nước.

**3.2 Đánh giá khả năng ứng dụng năng lượng mặt trời Zeolit-nước.**

**- Quá trình ngưng tụ và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ngưng tụ**

Hình 4.5 biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ  $t_1$  của bề mặt hấp thụ và áp suất bình chứa.



Hình 4.5: Biến thiên nhiệt độ bề mặt bộ thu và áp suất bình chứa.

- Đồ thị hình 4.5 cho thấy áp suất ngưng tụ thay đổi đồng biến với sự biến thiên nhiệt độ của bề mặt bộ thu, nghĩa là khi nhiệt độ bề mặt bộ thu tăng thì áp suất ngưng tụ cũng tăng và ngược lại.

- Áp suất ngưng tụ không phụ thuộc nhiều vào quá trình làm mát dàn ngưng hay nói cách khác không phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường giải nhiệt như các hệ thống lạnh thông thường mà chủ yếu phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời và nhiệt độ bề mặt bộ thu.

Ngày 08/11 ban đầu nhiệt độ tăng lên, áp suất cũng tăng theo. Tại thời điểm 12h30' nhiệt độ bề mặt đạt giá trị lớn nhất là 89,7°C thì áp suất cũng đạt được giá trị max (-535 mmHg), khi nhiệt độ giảm xuống thì áp suất cũng giảm theo mặc dù nhiệt độ môi trường cùng thời điểm đó vẫn tiếp tục tăng.

Như vậy áp suất ngưng tụ phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ bề mặt bộ thu năng lượng mặt trời.

Mặt khác hình 4.5 còn cho thấy áp suất ngưng tụ cuối quá trình đốt nóng (lúc 16h) không đạt được đến độ chân không tuyệt đối (-760 mmHg) có nghĩa lượng hơi môi chất thoát ra từ Zeolite không ngưng tụ hết trong các ngày này, điều này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình làm lạnh.

Sau khi bề mặt bộ thu được làm mát đến nhiệt độ môi trường thì áp suất trong bộ thu lại giảm xuống, điều này cho thấy lượng môi chất thoát ra từ quá trình đốt nóng không ngưng tụ hết được Zeolite hấp phụ lại. Cùng trên hình 4.5 cho thấy áp suất cuối quá trình hấp phụ, đầu quá trình phát sinh (lúc 8h sáng hàng ngày) cũng không đạt được độ chân không tuyệt đối, chính vì vậy mà áp suất bay hơi cao dẫn đến nhiệt độ bay hơi cao không đủ nhiệt để làm lạnh nước như yêu cầu. Rất có thể do trong quá trình làm lạnh, Zeolite không hấp phụ được hết lượng hơi nước sinh ra nên áp suất cuối quá trình hấp phụ còn cao cũng như không duy trì được áp suất bay hơi cho hệ thống.

#### - Hiệu suất của máy lạnh hấp phụ

Hiệu suất của máy lạnh được tính theo biểu thức:

$$\eta = \frac{Q_0}{Q_1}$$

Trong đó:

$Q_0$  - năng suất lạnh của hệ thống; W

$Q_1$  - lượng nhiệt do bộ thu nhận được từ mặt trời; W

**Bảng 4.1: Hiệu suất của máy lạnh**

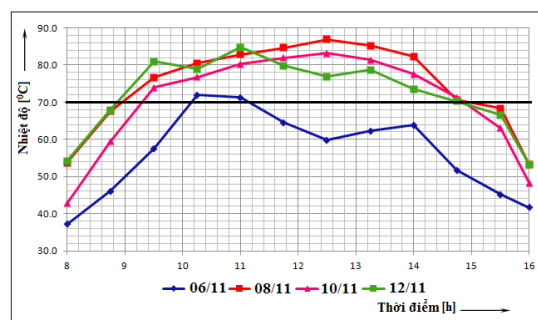
TT	Ngày	$Q_0$ [kJ]	$Q_1$ [kJ]	$\eta_1 = \frac{Q_0}{Q_1}$ %
1	6/11/12	259.63	6462.2	4.02
2	8/11/12	848.438	14091	6.02
3	10/11/12	366.638	8139.3	4.50
4	12/11/12	528.420	10570	5.00

Từ kết quả tính hiệu suất máy lạnh trình bày trong bảng 4.1 hiệu suất của hệ thống này rất nhỏ so với các hệ thống lạnh hấp phụ dùng môi chất khác mà các nhà nghiên cứu đã từng công bố. Hiệu suất lạnh của hệ thống nhỏ do một số nguyên nhân cơ bản sau:

- Hiệu suất của bộ thu NLMT nhỏ nên nhiệt độ bề mặt đạt được không cao, hơn nữa nhiệt độ giữa các điểm trên bề mặt bộ thu không đồng đều vì vậy mà lượng hơi môi chất thoát ra ở phía trên ống có thể lại bị Zeolite hấp phụ lại ở phía dưới vì vậy lượng môi chất ngưng tụ giảm.

- Hơi môi chất không bay hơi hoàn toàn khỏi Zeolite. Hình 4.3 cho thấy thời gian bề mặt bộ thu đạt được nhiệt độ trung bình 370°C không nhiều.

Từ kết quả thực nghiệm xây dựng được đồ thị biểu diễn sự biến thiên nhiệt độ trung bình của bề mặt bộ hấp thu theo thời gian như trên hình 4.6.



**Hình 4.6: Biến thiên nhiệt độ bề mặt trung bình của bộ thu**

Hình 4.6 cho thấy vào ngày 08/11 thời gian đạt được nhiệt độ bề mặt  $37^{\circ}\text{C}$  trong khoảng thời gian khá dài từ 9h00' đến 14h45' (5 tiếng 45 phút) lưu lượng môi chất ngưng tụ được nhiều hơn các ngày còn lại nhưng vào ngày này nước cũng chỉ được làm lạnh xuống thấp nhất là  $12^{\circ}\text{C}$ . Ngược lại vào ngày 06/11 thời gian bộ thu đạt nhiệt độ  $70^{\circ}\text{C}$  chỉ trong khoảng 1 tiếng do đó hầu như ngày này không làm lạnh được nước.

Như vậy để có thể làm lạnh nước đến nhiệt độ yêu cầu như trong tính toán ứng với điều kiện bức xạ như ở thành phố Hồ Chí Minh vào tháng 11 này thì đòi hỏi bộ hấp thu phải có nhiệt độ lớn hơn  $70^{\circ}\text{C}$  và thời gian đốt nóng phải kéo dài hơn 6 tiếng.

#### IV. KẾT LUẬN

- Hệ thống có thể làm lạnh được với điều kiện cường độ bức xạ trong ngày phải khá cao ( $>700 \text{ W/m}^2$ ), nhiệt độ bề mặt trung bình

bộ thu phải lớn hơn  $70^{\circ}\text{C}$  và kéo dài trong thời gian đủ lớn (lớn hơn 6 tiếng liên tục). Còn nếu ở những ngày có cường độ bức xạ mặt trời ở mức trung bình nhỏ thì hệ thống không thể làm lạnh được.

- Tác giả chỉ thực hiện lấy số liệu thực nghiệm vào nửa đầu tháng 11 năm 2012, theo kết quả tổng kết của bài báo cáo [12] đây là thời điểm năng lượng bức xạ trung bình ở Tp. Hồ Chí Minh thấp nhất trong năm, điều này ảnh hưởng không nhỏ đến hiệu quả làm việc của máy. Tuy nhiên với cường độ bức xạ thấp nhất như vậy nhưng hệ thống vẫn có thể làm lạnh nước được đến  $12^{\circ}\text{C}$  nên máy lạnh hấp phụ mặt trời sử dụng Zeolite – nước cũng có thể ứng dụng được nếu được nghiên cứu sâu hơn và tiến hành vào thời điểm có cường độ bức xạ cao hơn.

- Hiệu suất lạnh của máy phụ thuộc rất nhiều yếu tố, vì vậy để hệ thống có thể sử dụng phổ biến cần phải tiếp tục nghiên cứu cải tiến nâng cao hiệu suất làm lạnh của máy.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Dương Hùng (2000), *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
- [2] Nguyễn Công Vân (2005), *Năng lượng mặt trời quá trình nhiệt và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa Học – Kỹ Thuật Hà Nội [206 trang].
- [3] D.I. Tchernev, *Solar energy application of natural zeolites*, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Lexington, Massachusetts 02173, USA.
- [4] Lê Chí Hiệp (10/2011) - Renewable energy in Vietnam current status & future development – Hội nghị khoa học trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM.
- [5] Nguyễn Xuân Bình (2007), *Nghiên cứu đánh giá hiệu quả máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời*, Luận văn Thạc sĩ công nghệ nhiệt – lạnh, Đại Học Bách Khoa Hà Nội.
- [6] Nguyễn Đức Thuận (2012), *Nghiên cứu đánh giá khả năng ứng dụng của máy lạnh hấp phụ Silicagel – nước*, Luận văn thạc sĩ Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh.