

CHẾ TẠO MÁY CHUNG CẤT NƯỚC BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VỚI MÀNG GƯƠNG NÓNG TRUYỀN QUA ZnO:Al

Lê Văn Hiếu, Đào Vĩnh Ái, Nguyễn Hữu Chí, Trần Tuấn

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 10 tháng 12 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 27 tháng 12 năm 2004)

TÓM TẮT: Công trình này đã chế tạo máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời với công suất tối đa 2,42 lít/m²/ngày tương đương với công suất của các công trình [1] và [2]. Đồng thời ứng dụng màng gương nóng truyền qua ZnO:Al để nâng công suất máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời lên 3,13 lít/m²/ngày.

I. Mở đầu

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng được xem là năng lượng sạch và gần như vô tận, vì vậy nhiều công trình nghiên cứu và ứng dụng nó vào cuộc sống đang được đánh giá là rất triển vọng. Một trong những hướng nghiên cứu mà phòng thí nghiệm chúng tôi đang quan tâm là ứng dụng màng gương nóng truyền qua để nâng cao hiệu suất của các máy nung nóng nước (công trình này đã công bố)[3] và máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời (S – Still_Solar Stillation).

Hiện nay, đã có một số công trình nghiên cứu về máy chưng cất nước (Mỹ, Peru, Pakistan...), nguyên lý chính yếu là dùng hiệu ứng nhà kính, với công suất chưng cất tối đa là 2,3lít/m²/ngày[1] và 2,18lít/m²/ngày (mùa đông); 4,36lít/m²/ngày (mùa hè)[2].

Để tăng hiệu ứng nhà kính, đòi hỏi thỏa mãn hai tính chất: truyền qua cao ở vùng khả kiến và phản xạ mạnh trong vùng hồng ngoại. Màng kim loại – điện môi – kim loại, ví dụ TiO₂ – Ag – TiO₂, SnO₂ – Ag – SnO₂, có thể cho phản xạ trong vùng hồng ngoại (98%), nhưng hệ số truyền qua trong vùng khả kiến kém (60%). Ngược lại, màng bán dẫn ví dụ ITO, ZnO:Al, ZnO:Ga, ...có độ truyền qua lớn hơn 82% trong vùng khả kiến và độ phản xạ 80 – 90% trong vùng hồng ngoại. Tuy nhiên, so với ITO, ZnO:Ga vật liệu làm bia ZnO:Al có giá thành thấp hơn nhiều, việc tổng hợp màng ở nhiệt độ thấp hơn, bền vững với plasma và do vậy dễ triển khai sản xuất công nghiệp.

Công trình này đã chế tạo được máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời và ứng dụng màng ZnO:Al như là gương nóng truyền qua để nâng công suất máy chưng cất nước.

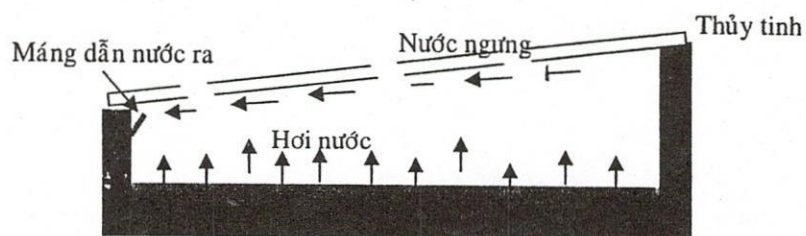
II. Thực nghiệm

II.1 Máy chưng cất nước

II.1.1 Nguyên tắc hoạt động

Máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời hoạt động giống như sự hình thành mưa trong tự nhiên như minh họa trong hình II.1. Nước từ đại dương được bay hơi, sau đó ngưng tụ, tạo mưa và trở về trái đất. Khi bay hơi, chỉ có thành phần nước tinh khiết được bay hơi và các chất nhiễm bẩn được giữ lại.

Năng lượng mặt trời



Hình II.1 Mặt cắt máy chưng cất

Hiệu ứng nhà kính sẽ được tăng lên một cách đáng kể, nếu chúng ta thay thủy tinh trong suốt bằng loại thủy tinh được phủ màng ZnO:Al với các tính chất : độ truyền qua trong vùng khả kiến $T \geq 85\%$, độ phản xạ trong vùng hồng ngoại $R \geq 80\%$ (của thủy tinh trong suốt $R \leq 20\%$).

II.1.2. Tính toán công suất cho máy chưng cất

Dùng phương pháp xấp xỉ[1], công suất lối ra của máy chưng cất được cho bởi

$$Q = \frac{ExGxA}{2,3} \quad (II.1)$$

ở đó:

Q = công suất lối ra của S-Still (lít/ngày); E = hiệu suất toàn phần; G = cường độ bức xạ trung bình/ngày (MJ/m^2); A = diện tích của máy chưng cất (m^2).

Như vậy, đối với các quốc gia thuộc khu vực nhiệt đới như nước ta, cường độ bức xạ vào khoảng $18.0 MJ/m^2$ ($5KWh/m^2$)[4]. Một máy chưng cất nước có hiệu suất toàn phần khoảng 30% [1] (nếu dùng thủy tinh trong suốt), và tính cho $1m^2$ ta được

$$Q = \frac{0,3 \times 18,0 \times 01}{2,3} = 2,3 \text{ lít} / m^2 / \text{ngày} \quad (II.2)$$

II.1.3 Tính toán thông số thiết kế cho máy chưng cất

II.1.3.1 Tính toán kích thước cho S-Still

Để đơn giản, chúng ta xét một hệ thu năng lượng mặt trời như hình vẽ II.2. Một tấm thủy tinh phẳng được phủ trên hệ thống này, toàn bộ hệ thống được cách nhiệt. Cường độ bức xạ năng lượng mặt trời $750 W/m^2$, được truyền qua thủy tinh và sau đó bị hấp thụ trong bề mặt vật đen. Bề mặt vật đen sẽ nóng lên và bức xạ tới kính và cũng mất nhiệt bởi sự đối lưu xuyên qua không khí, hệ số đối lưu $k_e/k = 1.4$ [5]. Mặt ngoài của tấm thủy tinh bị mất nhiệt bởi sự bức xạ và đối lưu đối với môi trường xung quanh tại $30^\circ C$ là $h = 20 W/m^2 \cdot 0^\circ C$ [5]. Giả sử rằng kính không truyền qua bất kỳ bức xạ nhiệt nào và có $\varepsilon = 0.9$. Giả sử rằng bề mặt đen có $\xi = 1.0$ đối với tất cả các bức xạ. Chúng ta có thể tìm được sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt hấp thụ và bề mặt ngưng tụ như sau :

Giả sử rằng không có sự hấp thụ năng lượng mặt trời khi đi qua kính. Đối với bề mặt vật đen

$$J_1 = E_{b1} \quad (II.3)$$

Sự đối lưu và năng lượng đến bề mặt vật đen là [5].

$$\frac{q}{A}|_1 = \frac{k_e}{\Delta x} (T_2 - T_1) + \frac{q}{A}|_s \quad (II.4)$$

Mặt khác ta có

$$E_{b1} - F_{12}J_{2t} = \frac{k_e}{\Delta x} (T_2 - T_1) + h(T_3 - T_2) \quad (II.5)$$

ở đó J_1 – tổng bức xạ phát ra từ bề mặt 1 trong một đơn vị thời gian/một đơn vị diện tích, J_{2t} là tổng bức xạ phát ra từ bên trong thủy tinh trong một đơn vị thời gian/một đơn vị diện tích. Năng lượng cân bằng tổng thể đối với bề mặt 2 là:

$$\frac{\xi_2}{1 - \xi_2} (2E_{b2} - J_{2t} - J_{2o}) = \frac{k_e}{\Delta x} (T_1 - T_2) + h(T_3 - T_2) \quad (II.6)$$

ở đó J_{2o} – tổng bức xạ phát ra từ bên ngoài thủy tinh trong một đơn vị thời gian/một đơn vị diện tích.

Đối với toàn bộ hệ, năng lượng mặt trời bị hấp thụ thì bằng với lượng mất đi do sự đối lưu và bức xạ từ bề mặt ngoài của thủy tinh

$$\frac{q}{A}|_s = h(T_2 - T_1) + \xi_2 (E_{b2} - E_{b3}) \quad (II.7)$$

Cuối cùng, sự bức xạ ra bên ngoài có thể được viết lại

$$\frac{q}{A}_{rad} = \xi_2 (E_{b2} - E_{b3}) = (E_{b2} - J_{20}) \frac{\xi_2}{1 - \xi_2} \quad (II.8)$$

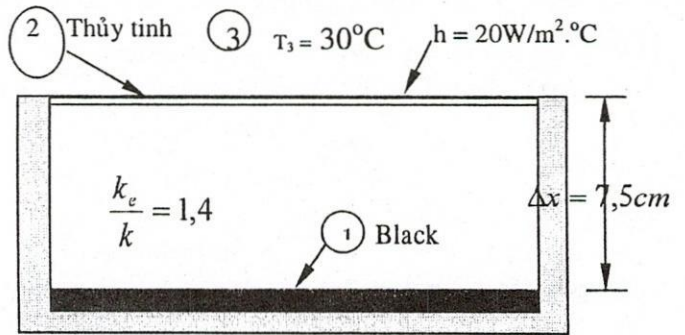
Diện tích thu nhận là rất lớn so với không gian do đó, $F_{12} \approx 1.0$. Như vậy, chúng ta có 04 phương trình và 04 ẩn số chưa biết E_{b1} , E_{b2} , J_{2i} , J_{2o} .

Kết quả tính toán, (với $k = 0,03w/m.^{\circ}C$).
 $E_{b2} = 682,96 w/m^2$; $T_2 = 331,3K$; $J_{20} = 662,96 w/m^2$; $J_{2i} = 760,94w/m^2$; $E_{b1} = 1471,68 w/m^2$; $T_1 = 401,4K$.

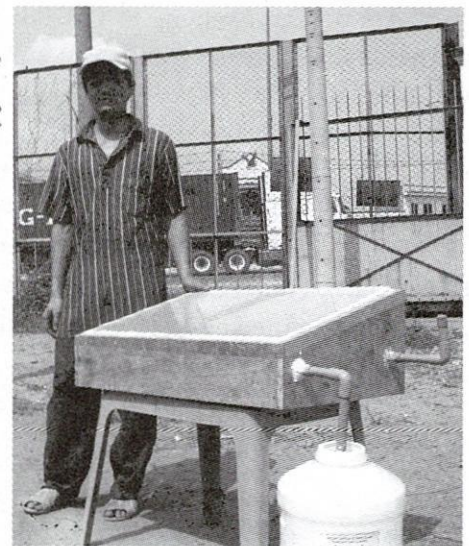
Như vậy, về mặt lý thuyết với khoảng cách $\Delta x = 7,5cm$ (khoảng cách giữa bề mặt hấp thụ và thủy tinh), ta có sự chênh lệch nhiệt độ là khoảng $70^{\circ}C$, và cũng hoàn toàn phù hợp với kết quả thực nghiệm (với $\Delta x = 3inch = 7,62cm$)[2].

II.1.3.2 Thử nghiệm chế tạo và kết quả đạt được

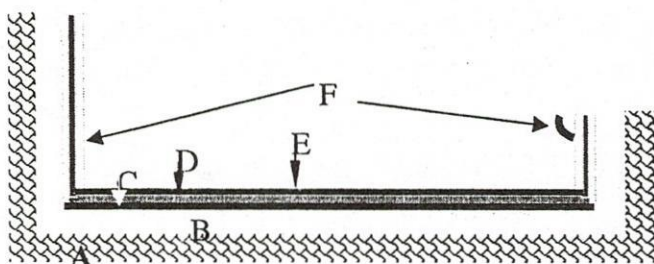
S-Still là một hình hộp chữ nhật, với diện tích bề mặt hấp thụ $0,4 \times 0,78cm^2$, vỏ ngoài được làm bằng ván ép dày 2cm, mặt đáy được lót một lớp cách nhiệt dày 2cm, tiếp sau đó quét lên trên nó một lớp silicone đen (loại silicone nutrure), với mục đích tăng tính bảo ôn cho thiết bị, chúng tôi tiến hành phủ lên lớp silicone một lớp sợi thủy tinh, và cuối cùng là lớp silicone đóng vai trò vật đen tuyệt đối. Các mặt bên của S-Still cũng được thực hiện theo trình tự lần lượt như mặt đáy, nhưng các lớp silicone được thay bằng loại silicone màu trắng, với mục đích giảm tối đa sự hấp thụ và bức xạ nhiệt của mặt bên, nhằm duy trì sự chênh lệch nhiệt độ cao giữa hai bề mặt hấp thụ và ngưng tụ. Độ nghiêng của máng dẫn nước ra ngoài phải lớn hơn 5° [2], độ nghiêng của tấm thủy tinh là 20° [2]. Trước khi lắp vào máy chưng cất thủy tinh phải được rửa sạch bằng axit yếu, nhằm loại bỏ các vết dầu mỡ, điều này giúp quá trình ngưng tụ và chảy vào máng dẫn ra ngoài được liên tục, hay chế độ chảy màng được hình thành. Lượng nước đưa vào là 2 lít/ngày/0.3m².



Hình II.2 : Hệ thu năng lượng mặt trời



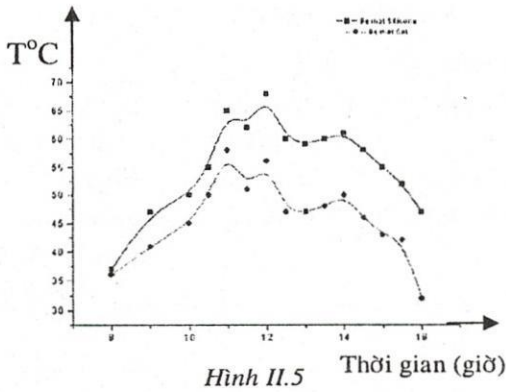
Hình II.3 : S-Still đang được vận hành thử nghiệm



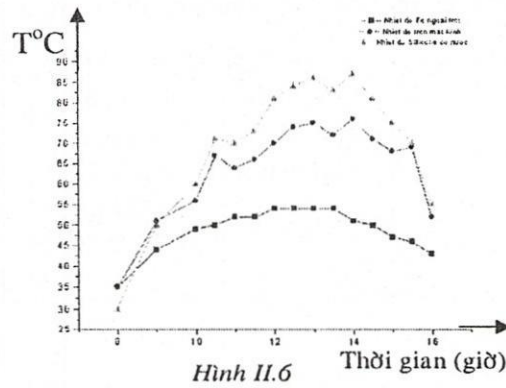
HìnhII.4 : Mặt cắt cấu trúc của S-Still

- A – Vỏ ngoài, được làm bằng ván ép dày 2mm
- B – Lớp cách nhiệt dày 2mm
- C – Lớp Silicone thứ nhất
- D – Lớp sợi thủy tinh cách nhiệt
- E – Lớp silicone thứ hai
- F – Mặt bên được phủ bằng silicone trắng và máng thoát nước

Chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm và so sánh trên cả thủy tinh trong suốt và thủy tinh được phủ màng ZnO:Al. Nước đưa vào là nước lợ (lấy từ các nhà dân tại huyện Dĩ An tỉnh Bình Dương) và nước mặn (lấy từ biển Cần Giờ Tp.HCM).



Hình II.5



Hình II.6

Chúng tôi tiến hành khảo sát sự biến thiên nhiệt độ của bề mặt Silicone đen của S-Still (trong trường hợp không có nước và tấm kính tạo hiệu ứng nhà kính), đồng thời so sánh với nhiệt độ của bề mặt của một miếng sắt. Thời gian khảo sát bắt đầu từ 8 giờ sáng đến 16 giờ. Kết quả được trình bày trên hình II.5. Từ đồ thị cho thấy:

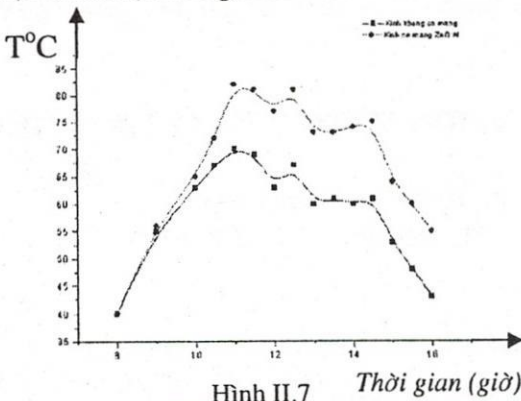
- Nhiệt độ cao nhất mà bề mặt silicone đen có thể đạt được là 66°C, và đối với miếng sắt là 57°C. Mặt khác, theo tính toán lý thuyết [5] cho thấy, ứng với dòng bức xạ mặt trời là 700W/m² nhiệt độ môi trường là 25°C, hệ số đối lưu với môi trường xung quanh là h = 10 W/m², cho thấy một bề mặt vật đen có ε ≈ 0.95 có thể đạt đến nhiệt độ 64,8°C. Sự sai lệch giữa lý thuyết và thực nghiệm là không đáng kể. Do vậy, việc chúng tôi chọn Silicone đen để làm bề mặt hấp thụ năng lượng mặt trời là hoàn toàn phù hợp.

Hình II.6 trình bày sự biến thiên nhiệt độ theo thời gian trong ngày của S – Still dùng màng ZnO:Al (trường hợp có nước). Từ đồ thị ta có nhận xét sau :

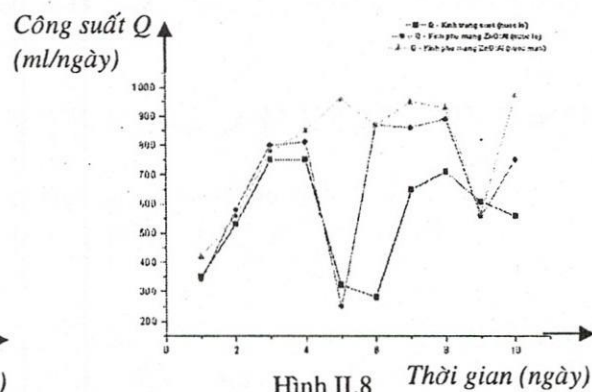
- Nhiệt độ cao nhất lần lượt trong S-Still và trên thủy tinh có thể đạt được là 87°C và 73°C. Tính trung bình cho toàn bộ thời gian có thể xem sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt hấp thụ và kính là 8 – 10°C, rõ ràng rằng sự khác biệt về nhiệt độ giữa thủy tinh và bề mặt là khoảng 10°C và thấp hơn nhiều so với tính toán lý thuyết [5]. Điều này chỉ có thể giải thích rằng khi trên bề mặt kính có lẫn hơi nước ở dạng hạt li ti hoặc dạng sương thì khả năng xuyên qua chúng bị giảm. Đặc biệt ở nhiệt độ cao các dạng hạt li ti hoặc dạng sương phát quang sẽ làm cho nhiệt độ của bề mặt kính tăng lên[6].

Hình II.7 trình bày sự biến thiên nhiệt độ trong S-Still với trường hợp thủy tinh có phủ màng ZnO:Al và thủy tinh không có phủ màng. Từ đồ thị cho thấy:

- Cực đại của S-Still (kính có phủ màng ZnO:Al) là 84°C, trong khi đó với trường hợp kính không phủ màng, nhiệt độ cực đại trong S-Still là 71°C, khi cường độ bức xạ mặt trời tăng (từ 10 giờ 30). Như đã biết, khi bề mặt Silicone được gia nhiệt bởi năng lượng mặt trời thì bức xạ hồng ngoại. Mặt khác từ [3] ta thấy độ phản xạ trong vùng hồng ngoại của thủy tinh trong suốt (< 20%) và thủy tinh có phủ màng ZnO:Al (>80%) trong vùng hồng ngoại là khác nhau. Do vậy, bức xạ hồng ngoại được phản xạ lại trong S-Still trong hai trường hợp là khác nhau, điều này lý giải sự chênh lệch nhiệt độ trong S-Still như được minh họa trong hình II.7.



Hình II.7



Hình II.8

Công suất của S-Still thủy tinh trong suốt và thủy tinh có phủ màng ZnO:Al) được trình bày trong hình II.8, đối với mỗi loại kính được thử nghiệm trong thời gian 10 ngày.

Bảng 1 : Bảng so sánh công suất của S - Still

	Thủy tinh trong suốt – nước lợ	Có phủ màng ZnO:Al – nước lợ	Có phủ màng ZnO:Al – nước mặn	Developing Appropriate Technologies in Peru [2]	El Paso Solar Energy Association, Texas USA [3]	
Công suất cực đại Q (lít/ngày/m ²)	2,42	2,87	3,13	2,3	2,18 (Mùa Đông)	4,36 (Mùa hè)

Nhận xét:

- Trong cùng một điều kiện (không gian và thời gian), công suất lối ra cực đại của S – Still (có phủ màng ZnO:Al) cao hơn so với S – Still (thủy tinh trong suốt) là 0.71(lít/ngày/m²).
- Trong cùng một điều kiện (không gian và thời gian), công suất lối ra cực đại của S – Still (có phủ màng ZnO:Al) là khác nhau giữa nước mặn và nước ngọt.
- Công suất lối ra của S – Still (thủy tinh trong suốt) là tương đương với công suất của S – Still của Developing Appropriate Technologies - Peru và El Paso Solar Energy Association – Texas, USA(vào mùa đông), (công trình của chúng tôi hoạt động thử nghiệm và thu thập số liệu từ đầu tháng 11 đến đầu tháng 12 – 2004, cũng là mùa đông, mùa nắng yếu của Việt Nam).

II.1.3.3. Đánh giá chất lượng nước

Nước trước và sau khi chưng cất được chúng tôi lưu giữ mẫu đồng thời được đưa xét nghiệm (chọn mẫu ngẫu nhiên) tại Viện Pasteur Tp.HCM với kết quả được trình bày trong hình II.9 và II.10.

Hình II.9 cho thấy kết quả của mẫu nước trước khi chưng cất, với kết luận : Mẫu nước có PH, Oxy tiêu thụ, Amoniac, Muối nằm ngoài giới hạn tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt theo 1329/02/BYT.

Hình II.10 cho thấy kết quả của mẫu nước trước khi chưng cất, với kết luận : Mẫu nước nằm trong giới hạn tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt theo 1329/02/BYT.

III. Kết luận

Công trình này đã đạt được những kết quả chính yếu sau:

1. Đã nghiên cứu chế tạo thử nghiệm máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời với công suất tối đa 2,42 lít/m²/ngày(chất lượng nước đã được chứng nhận tại Viện Pasteur Tp.Hồ Chí Minh). Tương đương với công suất của các công trình [1] và [2].
2. Dùng màng ZnO:Al với kích thước 50x100cm² để nâng công suất máy chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời lên 3,13 lít/m²/ngày (chất lượng nước đã được chứng nhận tại Viện Pasteur Tp.Hồ Chí Minh).

MAKING THE SOLAR WATER DISTILLATION WITH ZnO:Al THIN FILMS

Le Van Hieu, Dao Vinh Ai, Nguyen Huu Chi, Tran Tuan
Faculty of Physics, University of Natural Sciences – VNU-HCM

ABSTRACT: This work made the solar water distillation, obtained the optimized results of efficiency 2,42 little/squ/day, the same as the efficiency with another project [1] and [2]. In addition,

we have been improve the efficiency of the solar water distillation from 2,42 little/squ/day to 3,13 little/squa/day by using ZnO:Al thin films (quality of water were tested by Pasteur Intitution HCM City and have good result).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Malik A S et al, *Solar Distillation*, Waterlines Journal Volume 7 No 2, Developing Appropriate Technologies in Peru 1988.
- [2] Robert Foster and Mike Cormier, *Solar Still Contruction and Operation Manual*, El Paso Solar Energy Association, El Paso, Texas, Summer 1999.
- [3] Hồ Văn Bình, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 2004.
- [4] Trịnh Bá Hải, Luận văn Thạc sĩ Khoa học về Khoa học Vật liệu, 1996.
- [5] J. P. Holman, *Heat Transfer*, MC Graw – Hill, Inc 1997.
- [6] Hoàng Đình Tín, *Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG Tp. HCM, 1996.



VIỆN PASTEUR THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
 KẾT NỐI NHỮNG ĐỜI Y HỌC - KIỂM ĐỊNH NƯỚC, THỰC PHẨM-ĐIỀU NGỪA-KHÁM BỆNH
 222, đường Nam Kỳ Khởi Nghĩa, Quận 3 - Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
 Điện thoại: (84.8) 8.297.028 - 8.297.050 Fax: (84.8) 8.297.882

MÃ SỐ NHẬN DÙNG: N 550
 MÃ SỐ: 3 TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC
 LOẠI HẠNG KHI NƯỚC: NƯỚC
 THỜI GIAN HẠT 21 THÁNG 12 2004

10.1.1.014, 01.1.1.010, 02.1.1.010, 03.1.1.010, 04.1.1.010, 05.1.1.010, 06.1.1.010, 07.1.1.010

STT	CÁC CHẤT TỰ DO TRONG NƯỚC	GIỚI HẠN	ĐƠN VỊ	TIÊU CHUẨN
1	PHU DẠC	0	MG/L	10
2	AMON	0	MG/L	105
3	CHUỖY	0	MG/L	0
4	ĐIỀU	2,55	MG/L	4,3-9,5
5	AMONIA	20	MG/L	1000
6	CHUỖY	0,04	MG/L	10
7	AMONIA	0,08	MG/L	10,5
8	AMONIA	0	MG/L	10
9	AMONIA	10,5	MG/L	100
10	AMONIA	1,00	MG/L	1000
11	AMONIA	10,5	MG/L	1000
12	AMONIA (NH)	0,10	MG/L	10,5
13	AMONIA (NH)	0,10	MG/L	10,5

CHỖ Y TẾ
 VIỆN PASTEUR
 THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
 KHOA KẾT NỐI NHỮNG ĐỜI Y HỌC



Institut Pasteur
VIỆN PASTEUR THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
 KẾT NỐI NHỮNG ĐỜI Y HỌC - KIỂM ĐỊNH NƯỚC, THỰC PHẨM-ĐIỀU NGỪA-KHÁM BỆNH
 222, đường Nam Kỳ Khởi Nghĩa, Quận 3 - Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
 Điện thoại: (84.8) 8.297.028 - 8.297.050 Fax: (84.8) 8.297.882

MÃ SỐ NHẬN DÙNG: N 551
 MÃ SỐ: 3 TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
 LOẠI HẠNG KHI NƯỚC: NƯỚC SAU KHI CHỮNG CÁT
 THỜI GIAN HẠT 21 THÁNG 12 2004

10.1.1.014, 01.1.1.010, 02.1.1.010, 03.1.1.010, 04.1.1.010, 05.1.1.010, 06.1.1.010, 07.1.1.010

STT	CÁC CHẤT TỰ DO TRONG NƯỚC	GIỚI HẠN	ĐƠN VỊ	TIÊU CHUẨN
1	PHU DẠC	0	MG/L	10
2	AMON	0	MG/L	105
3	CHUỖY	0	MG/L	0
4	ĐIỀU	4,51	MG/L	4,3-9,5
5	AMONIA	20	MG/L	1000
6	CHUỖY	2,72	MG/L	10
7	AMONIA	0,43	MG/L	10,5
8	AMONIA	0,02	MG/L	10
9	AMONIA	0,08	MG/L	100
10	AMONIA	0,8	MG/L	1000
11	AMONIA (NH)	0	MG/L	1000
12	AMONIA (NH)	0,10	MG/L	10,5
13	AMONIA (NH)	0,10	MG/L	10,5

CHỖ Y TẾ
 VIỆN PASTEUR
 THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
 KHOA KẾT NỐI NHỮNG ĐỜI Y HỌC

Hình II.9 và II.10