

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG DÙNG CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH DẠNG BĂNG TAN CHẢY BÊN NGOÀI ỒNG TRONG CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ TRUNG TÂM

Nguyễn Thế Bảo<sup>(1)</sup>; Trương Hồng Anh<sup>(2)</sup>

(1) Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(2) Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng, TP.HCM

(Bài nhận ngày 13 tháng 08 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 01 tháng 12 năm 2006)

**TÓM TẮT:** Trên thế giới, công nghệ tích trữ lạnh từ lâu được coi là một giải pháp hữu hiệu để tăng hiệu quả sử dụng năng lượng ở các hệ thống lạnh. Tuy nhiên ở Việt Nam, các thiết bị tích trữ lạnh chưa được sử dụng nhiều do giá thành các thiết bị nhập khẩu quá cao. Bài viết này trình bày một nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về thiết bị tích trữ lạnh dạng băng tan chảy bên ngoài ống bằng mô hình với mong muốn đây là bước khởi đầu để phổ biến công nghệ tích trữ lạnh tại Việt Nam trong một tương lai gần.

## 1. TỔNG QUAN

Trong một vài năm gần đây, sự phát triển mạnh về kinh tế ở nước ta đã kéo theo sự gia tăng đáng kể về nhu cầu sử dụng điện. Theo Tổng Công Ty Điện Lực Việt Nam EVN, các nhà máy điện của EVN chỉ đáp ứng khoảng 42% tổng nhu cầu về điện trong cả nước [11]. Vì vậy, sự thiếu hụt điện nước ta là không tránh khỏi. Theo thống kê trong một cao ốc văn phòng hay một khách sạn thì lượng điện cấp cho hệ thống điều hoà không khí chiếm từ 44 đến 55% tổng lượng điện tiêu thụ [2]. Mặt khác, các hệ thống điều hoà không khí luôn luôn được thiết kế lớn hơn tải định của nó và số giờ để hệ thống làm việc ở phụ tải định trong ngày là rất ít, nên xét về hiệu quả kinh tế là chưa cao.

Để giảm phụ tải điện vào giờ cao điểm và nâng cao hiệu quả kinh tế cho các hệ thống điều hoà không khí, việc ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh vào việc cấp lạnh cho các hệ thống điều hoà không khí là rất hợp lý và cần thiết.

## 2. NGUYÊN LÝ CHUNG CỦA CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH:

Nguyên lý chung của các hệ thống tích trữ lạnh là tích trữ lạnh dưới nhiều dạng: nước lạnh, băng... lúc hệ thống ở chế độ phụ tải thấp, giá điện rẻ và sử dụng lượng lạnh tích trữ được cung cấp cho hệ thống ở chế độ phụ tải cao, giá điện cao.

Về công nghệ, có ba phương pháp được sử dụng:

- Tích trữ lạnh dùng nước
- Tích trữ lạnh dùng băng
- Tích trữ lạnh dùng muối eutectic

**Bảng 1.** So sánh đặc tính của các phương pháp tích trữ lạnh [1].

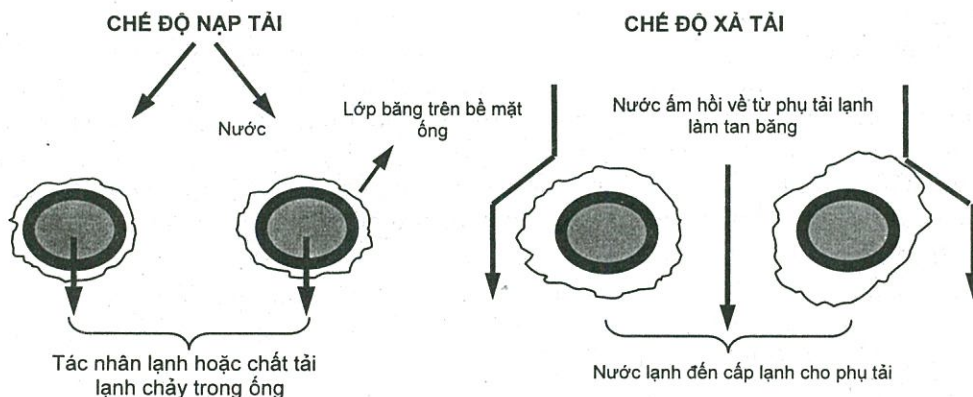
Chất dùng để tích trữ	Nhiệt độ tích trữ, °C	Nhiệt độ xả tải, °C	Nhiệt độ biến đổi pha, °C	Dung tích, m <sup>3</sup> /kWh
Nước	4÷7	5÷8	/	0,0861÷0.1690

Băng	-9 ÷ -3	1 ÷ 3	0	0,0193 ÷ 0,0265
Muối eutectic	4 ÷ 6	9 ÷ 10	8,3	0,0483

Theo so sánh từ bảng 1, ta thấy tích trữ lạnh bằng nước và băng phù hợp cho các hệ thống điều hoà không khí do nhiệt độ của quá trình xả tải không quá cao. Tuy nhiên tích trữ lạnh bằng nước là dạng tích trữ bằng nhiệt hiện nên thể tích bồn tích trữ rất lớn không phù hợp với điều kiện mặt bằng cho phép tại các thành phố lớn, nên phương pháp tích trữ băng là phù hợp nhất. Ở điều kiện Việt Nam, tích trữ lạnh dạng Băng Tan Chảy Bên Ngoài Ống (External melt ice-on-coil) là giải pháp hợp lý vì giá thành thiết bị thấp, độ tin cậy cao và trên hết là việc chế tạo thiết bị trong nước là hoàn toàn có thể [9].

### 3. TÍCH TRỮ LẠNH DẠNG BĂNG TAN CHẢY BÊN NGOÀI ỐNG (EXTERNAL MELT ICE-ON-COIL):

Bồn tích trữ loại này gồm một dàn lạnh đặt chìm trong một bể nước, chất tải lạnh (secondary coolant) nhiệt độ thấp chảy trong ống. Hình 1 trình bày quá trình hình thành và tan băng trên bề mặt ống. Chất tải lạnh thường được sử dụng là Etylen glycol, nồng độ từ 25÷40% [1].



Hình 1. Quá trình hình thành và tan băng trên bề mặt ống

Glycol sau khi ra khỏi chiller được tách làm hai nhánh, một nhánh đi vào bồn tích trữ lạnh để tạo băng và nhánh còn lại đi đến cấp lạnh trực tiếp cho phụ tải. Để sử dụng cho các hệ thống điều hoà không khí bình thường ta phải dùng thêm thiết bị trao đổi nhiệt glycol-nước do nhiệt độ glycol thấp.

- Ở chế độ nạp tải (sản xuất băng): Glycol được chiller lạnh làm lạnh xuống đến nhiệt độ khoảng  $-7^{\circ}\text{C}$  [1], lúc này glycol chỉ đi vào dàn lạnh của bồn tích trữ, băng bắt đầu hình thành trên bề mặt ống và dày dần lên.

- Ở chế độ xả tải (làm tan băng): Nước hồi về từ các hệ tiêu thụ sẽ được làm lạnh tùy thuộc vào phương thức vận hành, nước ra khỏi bồn tích trữ có nhiệt độ khoảng  $1\div 5^{\circ}\text{C}$  được đưa đến cấp lạnh cho các hệ tiêu thụ [1].

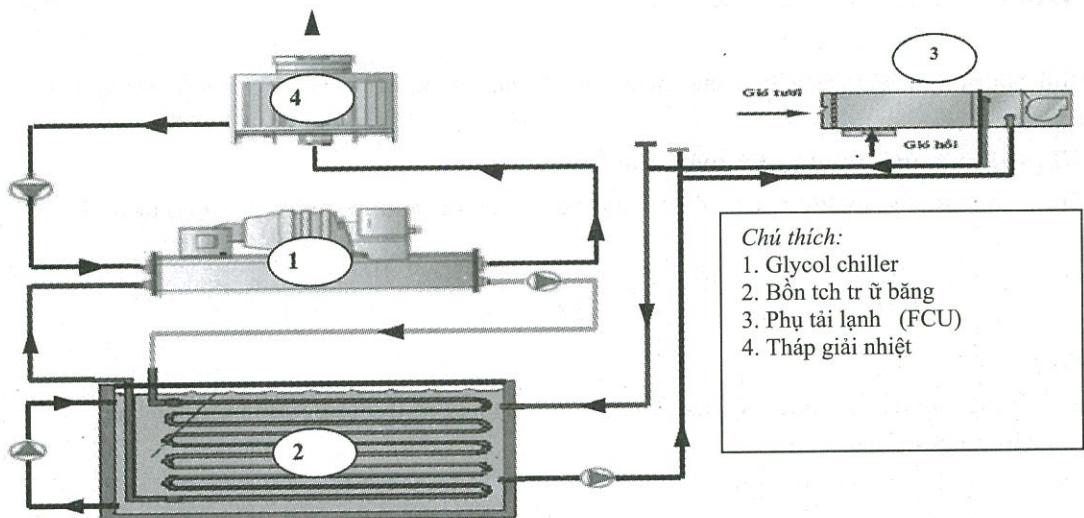
Nếu hệ thống vận hành theo chế độ ưu tiên cho chiller thì chiller sẽ luôn vận hành ở chế độ đầy tải để cấp lạnh, khi yêu cầu phụ tải cao hơn năng suất lạnh của chiller, bồn tích trữ lạnh sẽ bù vào khoảng thiếu hụt này.

Nếu hệ thống vận hành theo chế độ ưu tiên cho bồn tích trữ thì bồn tích trữ sẽ cấp lạnh chủ yếu, khi yêu cầu phụ tải cao hơn khả năng cấp lạnh của bồn tích trữ, chiller mới vận hành cấp lạnh bổ sung. Phương thức này không hiệu quả so với phương thức trên do chiller thường xuyên không được vận hành ở chế độ đầy tải nên hiệu quả không cao.

#### 4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM BỒN TÍCH TRỮ LẠNH DẠNG BĂNG TAN CHẢY BÊN NGOÀI ỒNG:

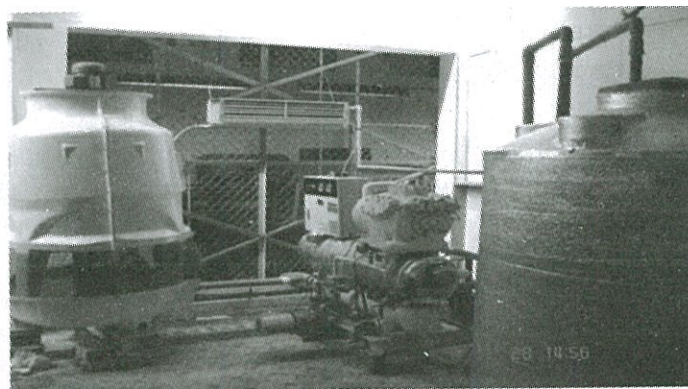
##### 4.1. Mô hình thí nghiệm:

Mô hình thử nghiệm hoàn chỉnh đã được xây dựng theo sơ đồ sau đây, hình 2, nhằm đánh giá độ tin cậy của chương trình được viết để mô phỏng chiều dày của lớp băng hình thành trên bề mặt ống trong thời gian tích trữ băng. Hình 3 trình bày mô hình thí nghiệm đã được xây dựng.



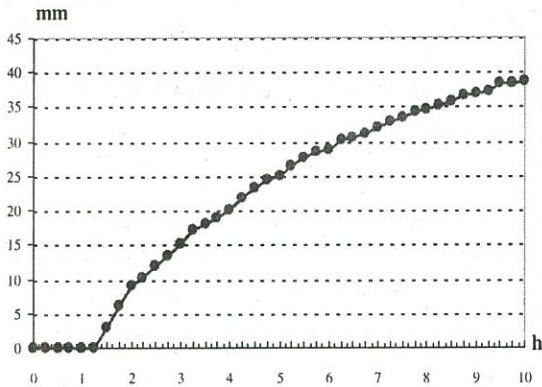
Hình 2. Sơ đồ nguyên lý mô hình thí nghiệm

Trong quá trình thực nghiệm bề dày lớp băng hình thành trên bề mặt ống trong các lần vận hành tích trữ lạnh tương đối ổn định và gần bằng giá trị trung bình của cả quá trình thực nghiệm.

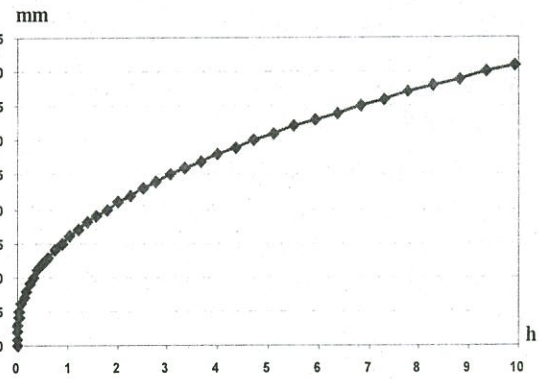


Hình 3. Mô hình thí nghiệm

Các kết quả đo đạc thực tế bề dày lớp băng tạo thành trên bề mặt ống được thể hiện ở hình 4a dưới đây:



**Hình 4a.** Bề dày lớp băng trên ống theo thời gian đo từ thực nghiệm



**Hình 4b.** Bề dày lớp băng trên ống theo thời gian được mô phỏng trên máy tính

#### 4.2. Kết quả mô phỏng trên máy tính

Thời gian tạo bề dày lớp băng trên bề mặt ngoài ống được tính theo công thức dưới đây [8]:

$$\tau = \frac{\rho_d \cdot q_r}{2(\theta_0 - t_2)} \left[ \frac{r_x^2}{\lambda_d} \ln \frac{r_x}{r_{ng}} - \left( \frac{1}{2\lambda_d} + \frac{1}{\lambda_M} \ln \frac{r_{ng}}{r_{tr}} + \frac{1}{\alpha_2 r_{tr}} \right) (r_x^2 - r_{ng}^2) \right]$$

Trong đó:

$\rho_d$  : khối lượng riêng của băng, kg/m<sup>3</sup>

$r_x$  : bán kính lớp băng, m

$r_{ng}$  : bán kính ngoài của ống, m

$r_{tr}$  : bán kính trong của ống, m

$\lambda_d$  : hệ số dẫn nhiệt của lớp băng, W/m.độ

$\lambda_M$  : hệ số dẫn nhiệt của kim loại chế tạo ống, W/m.độ

$\alpha_2$  : hệ số tỏa nhiệt của chất tải lạnh, W/m<sup>2</sup>.độ

$t_2$  : nhiệt độ của chất tải lạnh, °C

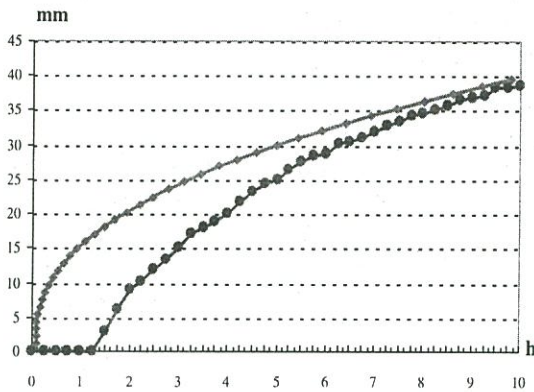
$\theta_0$  : nhiệt độ bề mặt lớp băng, °C

$q_r$  : ẩn nhiệt đóng băng của nước, kJ/kg

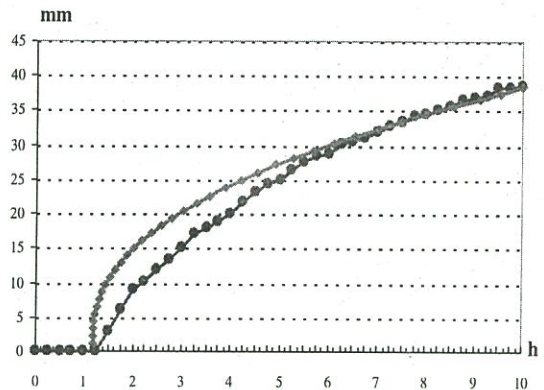
$\tau$  : thời gian tạo băng, s

Quá trình hình thành lớp băng trên bề mặt ống được mô phỏng lại, với kết quả được trình bày trên Hình 4b. Thời gian đầu bề dày băng tăng rất nhanh nhưng càng về sau quá trình này chậm lại do lớp băng càng dày càng cản trở sự trao đổi nhiệt giữa chất tải lạnh và nước.

So sánh với kết quả đo đạc thực tế ta thấy thời gian đầu theo mô phỏng trên máy tính, như thể hiện trên Hình 5a, bề dày lớp băng hình thành ngay sau khi vận hành máy và tăng rất nhanh. Còn thực tế quá trình tạo băng chỉ xảy ra sau đó khoảng 1 giờ. Điều này cho thấy chương trình mô phỏng không tính đến thời gian giảm nhiệt độ cho nước trong bồn tích trữ lạnh trước khi tạo băng. Nếu bỏ qua quá trình làm lạnh nước ban đầu, như Hình 5b, ta thấy hai đường cong lý thuyết và thực tế gần trùng nhau.



**Hình 5a.** So sánh quá trình tạo băng lý thuyết và thực tế



**Hình 5b.** Sự tương đồng của 2 quá trình tạo băng khi bỏ qua thời gian làm lạnh nước ban đầu

## 5. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỒN TÍCH TRỮ LẠNH DẠNG BĂNG TAN CHẢY BÊN NGOÀI ỐNG:

Từ kết quả mô phỏng chiều dày của lớp đá hình thành trên bề mặt ống trong thời gian tích trữ băng nêu trên, một phần mềm hoàn chỉnh đã được viết nhằm tính toán thiết kế bồn tích trữ lạnh dạng băng tan chảy bên ngoài ống. Trong bài báo này, ta tính toán thiết kế một bồn tích trữ lạnh với năng suất tích trữ 4000 kWh, thời gian tích trữ là 10 giờ, dàn lạnh ống đồng. Các thông số chính gồm:

Đường kính ngoài của ống :	$D_{ng} = 27\text{mm}$
Đường kính trong của ống :	$D_{tr} = 25\text{mm}$
Chiều dài một ống :	$l = 5\text{ m}$
Số ống trong một lõi :	$n = 30\text{ ống}$
Số lõi :	$z = 34\text{ lõi}$
Tổng số ống :	$n_1 = 1020\text{ ống}$
Tổng chiều dài ống :	$L_1 = 5100\text{ m}$
Kích thước bồn WxHxL :	$3800 \times 2240 \times 10500$

Tổng chi phí chế tạo bồn tích trữ lạnh năng suất 4000 kWh hiện nay tại nước ta vào khoảng **996.000.000 VNĐ**, tương đương với 250.000 VNĐ /1kWh tích trữ .

Ta tính toán cho trường hợp phụ tải lạnh là một cao ốc văn phòng, phụ tải đỉnh hệ thống điều hòa không khí là 4395kW, so sánh phương án điều hòa không khí truyền thống và phương án sử dụng bồn tích trữ lạnh.

Hệ thống bồn tích trữ lạnh được chọn dạng tích trữ một phần vận hành kiểu ưu tiên tổ máy, nghĩa là khi có yêu cầu tải lạnh cụm máy lạnh sẽ hoạt động trước, nếu yêu cầu phụ tải cao hơn năng suất lạnh thiết kế của máy thì hệ thống bồn tích trữ sẽ cung cấp phần thiếu hụt này.

Giá điện, [12]:

- Giờ thấp điểm từ 22h00 ÷ 4h00, giá điện là 897 đồng/kWh.
- Giờ bình thường từ 4h00 ÷ 16h00, giá điện là 1551 đồng/kWh.
- Giờ cao điểm từ 18h00 ÷ 22h00, giá điện là 2530 đồng/kWh.

Giá thành bồn tích trữ lạnh ngoại nhập [7]: 350.000 đồng/kWh.

Giá thành bồn tích trữ lạnh sản xuất trong nước: 250.000 đồng/kWh.

Ta tính toán so sánh kinh tế khi sử dụng bồn tích trữ lạnh ngoại nhập:

**Bảng 2.** Tính toán kinh tế khi sử dụng bồn tích trữ lạnh ngoại nhập

Nội dung	Phương án truyền thống	Phương án tích trữ băng một phần
Tổng giá thành đầu tư, triệu đồng	7127.38	9195.69
Chênh lệch đầu tư so với PA truyền thống, triệu đồng	0.00	2068.31
Chi phí năng lượng hàng năm, triệu đồng	7766.34	7017.14
Chi phí tiết kiệm hàng năm, triệu đồng	0.00	749.20
Số năm thu hồi vốn, năm		2.76

Qua tính toán, nếu sử dụng bồn tích trữ ngoại nhập thì thời gian hoàn vốn đầu tư khoảng 2,67 năm.

Trường hợp sử dụng bồn tích trữ lạnh được sản xuất trong nước, kết quả so sánh kinh tế giữa phương án điều hòa không khí truyền thống và phương án sử dụng bồn tích trữ lạnh như sau:

**Bảng 3.** Tính toán kinh tế khi sử dụng bồn tích trữ lạnh sản xuất trong nước

Nội dung	Phương án truyền thống	Phương án tích trữ băng một phần
Tổng giá thành đầu tư, triệu đồng	7127.38	7705.30
Chênh lệch đầu tư so với PA truyền thống, triệu đồng	0.00	577.92
Chi phí năng lượng hàng năm, triệu đồng	7766.34	7017.14
Chi phí tiết kiệm hàng năm, triệu đồng	0.00	749.20
Số năm thu hồi vốn, năm		0.77

Như vậy nếu sử dụng bồn tích trữ lạnh được chế tạo trong nước, thời gian hoàn vốn chỉ kéo dài 0,77 năm. Kết quả này cho thấy phương án sử dụng bồn tích trữ lạnh chế tạo trong nước giảm đi rất nhiều so với khi sử dụng bồn tích trữ lạnh nhập khẩu từ nước ngoài. Và với thời gian hoàn vốn dưới 1 năm, công nghệ bồn tích trữ lạnh chắc chắn sẽ được phổ biến rộng rãi trong một tương lai rất gần nếu Nhà nước có những chính sách khuyến khích việc áp dụng công nghệ này.

## 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề cập đến vấn đề tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trong các hệ thống lạnh nói chung và các hệ thống điều hòa không khí nói riêng, nhờ việc sử dụng hệ thống tích trữ năng lượng ở Việt Nam. Đây là một vấn đề không mới trên thế giới tuy nhiên hầu như không được ứng dụng tại Việt Nam. Những lý do chính là giá thành đầu tư thiết bị tích trữ lạnh ngoại nhập quá cao và chính sách quản lý năng lượng tại nước ta không chặt chẽ.

Vì thế trong bài viết đã đề cập đến các tính toán kỹ thuật và kinh tế cho loại bồn tích trữ lạnh dạng Băng Tan Chảy Bên Ngoài Ống nhằm chế tạo và ứng dụng tại Việt Nam trong tương lai gần.

Thời gian sắp tới nước ta sẽ chính thức gia nhập WTO nên các chính sách quản lý và sử dụng năng lượng sẽ phải thay đổi cho phù hợp với xu thế toàn cầu. Hiệu quả sử dụng bồn tích trữ lạnh sẽ tăng rất cao trong tương lai khi nhà nước có chính sách tăng giá điện khoảng 15% và số giờ cao điểm tăng lên 7 giờ trong ngày so với chỉ 4 giờ hiện nay.

## FEASIBILITY STUDY OF THE COLD THERMAL STORAGE OF EXTERNAL MELT ICE-ON-COIL TYPE IN AIR-CONDITIONING SYSTEMS

Nguyen The Bao<sup>(1)</sup>, Truong Hong Anh<sup>(2)</sup>

(1) University of Technology, VNU-HCM

(2) Cao Thang Technical College

**ABSTRACT:** *In the world, cold thermal storage technology has been known as a useful solution to increase energy efficiency in refrigeration systems for a long time. However, in Viet Nam cold storage equipments are not popular yet because they are still expensive. This paper presents an theoretic and experimental research on the cold thermal storage equipment of external melt ice-on-coil type, for expressing a wish this is the first step in researching and implementing cold thermal storage technology in Viet Nam in a near future.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ASHRAE, *Fundamentals Handbook*, (2005).
- [2]. Bryan Silveti, PE and Mark MacCracken, PE, *Thermal storage and deregulation*, ASHRAE Journal, April, (1998).
- [3]. ASHRAE, *Design guide for cool thermal storage*, (1993).
- [4]. FEDERAL, *Energy management program*, (2000).
- [5]. Hoàng Đình Tín, *Một số vấn đề về tính toán tích trữ lạnh*
- [6]. Hoàng Đình Tín, *Giáo trình thiết bị lạnh công nghiệp – Cao học công nghệ Nhiệt Lạnh*
- [7]. Ice Chiller, *Thermal storage*, Baltimore Aircoil, (1997).
- [8]. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, *Bài tập kỹ thuật lạnh*, Nhà Xuất Bản Giáo Dục, (1996).
- [9]. Nguyễn Thế Bảo, *Nghiên cứu thiết kế bồn tích trữ lạnh cho các hệ thống lạnh và xây dựng mô hình thí nghiệm*, Đề tài nghiên cứu cấp thành phố 2003-2004
- [10]. Nguyễn Thế Bảo, *Bồn trữ lạnh: Một giải pháp giảm chi phí đầu tư và vận hành*, Hội thảo : Sử dụng hiệu quả năng lượng và bảo vệ môi trường, Đại Học Quốc Gia và Sở Khoa Học Công Nghệ Môi Trường Thành phố Hồ Chí Minh 10/2003
- [11]. CRISTOPIA Energy system, *Technical Manual*, (2000).
- [12]. Website: [www.evn.com.vn](http://www.evn.com.vn)

