



Khả năng cắt giảm khí nhà kính từ giải pháp cung cấp nước nóng bằng bơm nhiệt

Nguyễn Thành Trung¹

Tóm tắt: Hiện nay nhu cầu sử dụng nước nóng ở Việt Nam rất lớn, đặc biệt trong lĩnh vực dân dụng, bao gồm các khách sạn. Thiết bị đun nước nóng trực tiếp bằng điện trở là không hiệu quả về năng lượng, kinh tế và môi trường. Công nghệ bơm nhiệt đã được nghiên cứu và phát triển từ lâu đem lại hiệu quả cao, giảm khả năng tiêu thụ điện xuống 1/4 so với dùng điện trở thông thường. Việc áp dụng công nghệ này vào việc cung cấp nước nóng là khả thi và mang lại nhiều lợi ích để tiết kiệm năng lượng và ứng phó với biến đổi khí hậu. Bài báo đã phân tích hiệu quả sản xuất nước nóng của bơm nhiệt sử dụng nguồn nhiệt không khí gấp hơn 4,2 lần và giảm tiêu thụ điện của bơm nhiệt xuống 4 lần so với bình đun nước bằng điện trở. Khả năng cắt giảm khí nhà kính riêng cho thành phố Hà Nội khoảng 370 tấn CO₂ trong một năm.

Từ khóa: Bơm nhiệt, nước nóng; hệ số phát thải CO₂.

Summary: Currently the demand for hot water in Viet Nam is very high, especially in residential building, including hotels. In fact, the water heated directly by resistor doesn't have efficiency in terms of energy, economy and environment saving. The technology of heat pump has been researched and developed for a long time. It brings high efficiency, reduces power consumption down to a quarter in comparison with normal resistor. The application of this technology into hot water supply is feasible. Moreover this activity brings many benefits to save energy and adapt to climate change. This paper analyzes the production efficiency of the hot water heat pump more than 4.2 times and reduces power consumption to 4 times when compared to the water heater. Mitigation of the green house gas when using hot water heat pump in Hanoi is about 370 tons of CO₂/year.

Keywords: Heatpump; hot water; CO₂ emissions factors.

Nhận ngày 12/8/2014, chỉnh sửa ngày 30/8/2014, chấp nhận đăng 31/12/2014



1. Đặt vấn đề

Theo chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong các công trình xây dựng là tiết kiệm từ 3 - 8% tổng mức tiêu thụ năng lượng trong giai đoạn 2011-2015 so với dự báo hiện nay về phát triển năng lượng và phát triển kinh tế - xã hội theo phương án phát triển bình thường. Chương trình được triển khai đồng bộ 11 đề án thuộc 6 nhóm nội dung trong đó có nhóm nội dung thứ 5 là sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong các tòa nhà [6].

Trong nội dung này vấn đề “nâng cao năng lực và triển khai hoạt động sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong thiết kế xây dựng và quản lý các tòa nhà” [5] đang là vấn đề quan trọng trong việc sử dụng năng lượng. Theo các kết quả khảo sát thực tế cho thấy năng lượng tiêu thụ cho hệ thống điều hòa không khí chiếm tỷ lệ từ 50 - 60% tổng mức tiêu thụ điện của các tòa nhà văn phòng, trung tâm thương mại và siêu thị. Ngoài ra, trong các tòa nhà khách sạn và chung cư thì việc tiêu thụ điện cho việc cung cấp nước nóng chiếm tỷ trọng lớn.

Để có thể lựa chọn được phương án cung cấp nhiệt - lạnh phù hợp nhất đối với công trình thì việc tính toán năng lượng cho cung cấp nước nóng và điều hòa không khí cho công trình phải đảm bảo tính chính xác và đúng đắn.

¹ThS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: trungnt@nuce.edu.vn

Mục tiêu nghiên cứu của bài báo là nghiên cứu khả năng về tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải CO₂ trong việc thay thế bình đun nước nóng bằng điện trở phổ biến hiện nay bằng bơm nhiệt sử dụng nguồn nhiệt từ không khí.

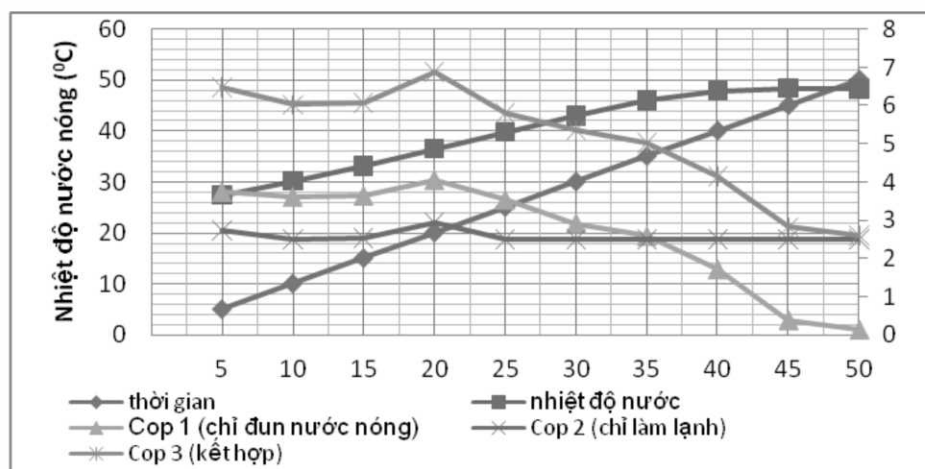


2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập tài liệu thứ cấp: thu thập thông tin cần thiết từ những tài liệu, hình ảnh, các công trình nghiên cứu có liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu.
- Phương pháp chuyên gia.
- Phương pháp phân tích, tổng hợp.
- Phương pháp thực nghiệm [10]: dựa trên thiết bị bơm nhiệt được chế tạo với các thông số thể hiện trong Bảng 1 và biểu đồ ảnh hưởng của nhiệt độ nước, thời gian và COP trong Hình 1.

Bảng 1. Thông số chế tạo thiết bị đun nước nóng bằng bơm nhiệt

STT	Tên thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Môi chất lạnh	R22		
2	Nhiệt độ ngưng tụ	t_0	$^{\circ}\text{C}$	65
3	Nhiệt độ bay hơi	t_k	$^{\circ}\text{C}$	0
4	Công suất máy nén	P	kW	1
5	Thể tích bình chứa	V	lít	60
6	Nhiệt độ nước vào	t_v	$^{\circ}\text{C}$	23,7
7	Nhiệt độ nước ra	t_r	$^{\circ}\text{C}$	35,9



Hình 1. Biểu đồ ảnh hưởng của nhiệt độ nước đến hệ số COP



3. So sánh các giải pháp cung cấp nước nóng

3.1 Các giải pháp cung cấp nước nóng hiện nay

Hiện nay, có một số giải pháp cung cấp nước nóng đang được áp dụng: Giải pháp cung cấp nước nóng bằng bình đun điện; Giải pháp cung cấp nước nóng kết hợp bình đun điện và năng lượng mặt trời; Giải pháp cung cấp nước nóng trung tâm bằng dầu/ga; Giải pháp cung cấp nước nóng bằng bơm nhiệt; Giải pháp cung cấp nước nóng kết hợp bơm nhiệt và năng lượng mặt trời.

Bảng 2. Ma trận so sánh ảnh hưởng khi đầu tư hệ thống cung cấp nước nóng [2],[4]

Giải pháp	Kinh tế			Môi trường	Kỹ thuật		
	Chi phí đầu tư	Chi phí vận hành	Thu hồi vốn	Biến đổi khí hậu	Lắp đặt, vận hành	Khả năng mở rộng	Ổn định hệ thống
Giải pháp cung cấp nước nóng bằng bình đun điện	(+)	(-)	(--)	(--)	(+)	(+)	(+)
Giải pháp cung cấp nước nóng bằng năng lượng mặt trời	(+)	(++)	(-)	(++)	(+)	(+-)	(--)
Giải pháp cung cấp nước nóng kết hợp bình đun điện và năng lượng mặt trời	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)
Giải pháp cung cấp nước nóng trung tâm (dầu/ga)	(-)	(-)	(--)	(--)	(-)	(-)	(+)
Giải pháp cung cấp nước nóng bằng bơm nhiệt	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
Giải pháp cung cấp nước nóng kết hợp bơm nhiệt và năng lượng mặt trời	(-)	(++)	(++)	(0)	(+)	(+)	(++)

Ghi chú: (++) : tác động rất tích cực; (+) : tác động tích cực; (kr) : không rõ

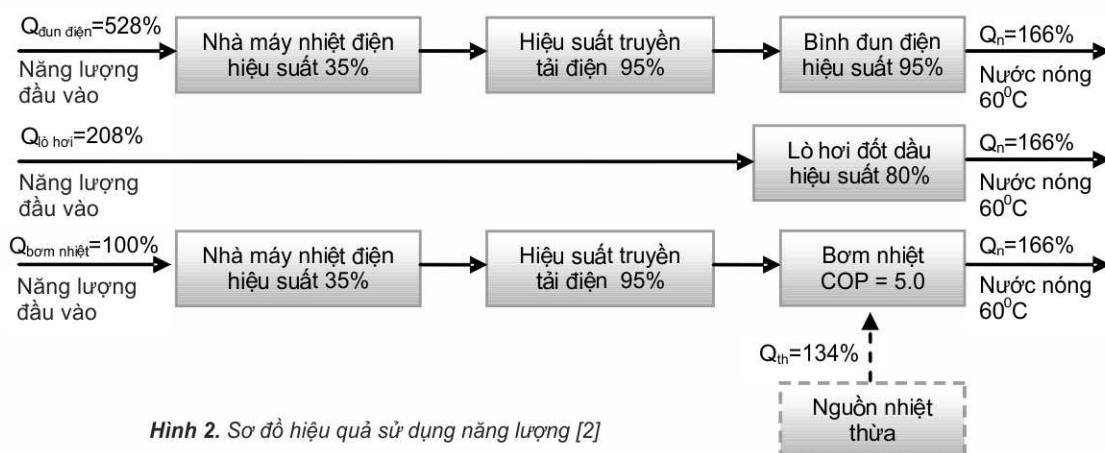
(--): tác động rất tiêu cực; (-) : tác động tiêu cực; (0) : không tác động

3.2 So sánh kinh tế - kỹ thuật - môi trường

Hiện nay, với trình độ công nghệ của các đơn vị cung cấp, lắp đặt thì vấn đề này không có trở ngại đáng kể. Qua Bảng 2 cho thấy các chỉ số về kinh tế và môi trường cần phải được xem xét một cách tích cực. Các chỉ số này phản ánh cân cân trong quá trình so sánh khi đầu tư các dự án hiện nay. Trong quá trình tính toán để đánh giá mức độ khả thi của dự án thì chỉ số NPV (Net Present Value - Giá trị hiện tại ròng), IRR (Internal Rate of Return - Suất thu lợi nội tại) được các nhà đầu tư lựa chọn sẽ được lựa chọn đầu tiên trong quá trình phân tích, sau đó đến chỉ số thứ hai là kỹ thuật đây là yếu tố hầu hết các giải pháp đều có thể đáp ứng được, còn chỉ số về ảnh hưởng tới môi trường thì hầu như chưa được xem xét đến.

Trong thực tế quá trình phân tích chuẩn bị đầu tư thì các giải pháp về kỹ thuật được xem xét đến đầu tiên, được so sánh phương án và lựa chọn ưu tiên. Bước thứ hai là về kinh tế được so sánh tương ứng với giải pháp kỹ thuật, đến lúc này thì phương án kỹ thuật được lựa chọn sau, do đó dẫn đến sự lựa chọn tương đối đáp ứng giữa kỹ thuật và kinh tế. Còn yếu tố môi trường ở đây sẽ bị ảnh hưởng do sự lựa chọn bên trên.

Qua Hình 2 cho thấy với nhiệt độ yêu cầu $< 70^{\circ}\text{C}$ thì vấn đề lựa chọn công nghệ đúng đắn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế rất lớn.


Hình 2. Sơ đồ hiệu quả sử dụng năng lượng [2]

Nguồn năng lượng trong các giải pháp cung cấp nước nóng: nguồn năng lượng điện, nguồn năng lượng dầu/gas, nguồn năng lượng mặt trời, nguồn nhiệt thải. Các nguồn năng lượng này có giá thành khác nhau thay đổi liên tục và có chỉ số phát thải CO₂ khác nhau.

Bảng 3. Hệ số phát thải CO₂ theo các dạng năng lượng

TT	Loại năng lượng	Đơn vị	Hệ số phát thải (tấn CO ₂ / đơn vị năng lượng)	Đơn giá/đơn vị năng lượng[1],[7],[8]
1	Khí đốt	1000 lít	2,45	
2	Dầu hỏa	1000 lít	2,62	22.540.000 VNĐ
3	DO	1000 lít	2,86	22.530.000 VNĐ
4	FO	1000 lít	3,20	18.860.000 VNĐ
5	LPG	1000 kg	2,97	34.750.000 VNĐ
6	NG	1000 m ³	1,83	
7	Than đá	Tấn	2,55	3.500.000 VNĐ
8	Gỗ	Tấn	1,46	
9	Điện năng (Nhiệt điện và thủy điện)	MWh	0,6245	2.424.000 VNĐ

Nguồn: Trung tâm Nghiên cứu và phát triển về tiết kiệm năng lượng

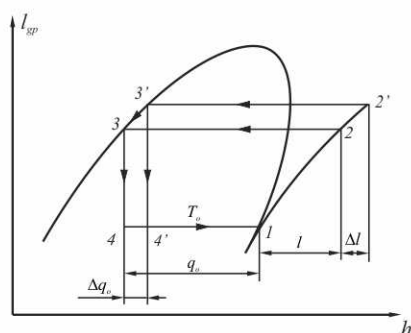
Theo sơ đồ hiệu quả sử dụng năng lượng trong Hình 1 cho thấy khả năng tiết kiệm năng lượng trong hệ thống cung cấp nước nóng bằng bơm nhiệt là rất lớn có khả năng tiết kiệm lên tới 500% khi so sánh về năng lượng đầu vào [2].

4. Tính toán năng lượng sử dụng và khả năng cắt giảm khí nhà kính

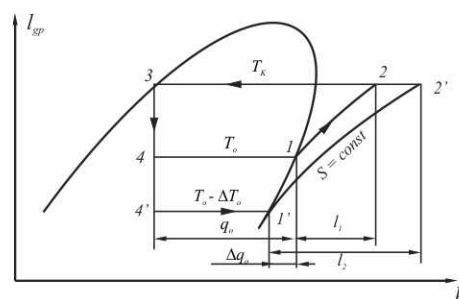
4.1 Tính toán năng lượng sử dụng cho các trường hợp

Trong tính toán năng lượng sử dụng cho điều hòa không khí, hay sử dụng chỉ số COP (Coefficient Of Performance) là chỉ số hiệu quả năng lượng, COP là tỷ số giữa công suất lạnh và điện năng tiêu thụ, COP càng cao thì khả năng tiết kiệm năng lượng càng lớn. Thông thường sử dụng COP tiêu chuẩn để so sánh (đối với hệ thống lạnh một cấp thì nhiệt độ bay hơi là -15°C, nhiệt độ ngưng tụ là +30°C; đối với hệ thống điều hòa không khí giải nhiệt gió thì nhiệt độ trong nhà là +27°C, nhiệt độ ngoài trời là +35°C).

Hệ số COP phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi thể hiện trong Hình 3.



a. Sự phụ thuộc COP vào nhiệt độ ngưng tụ



b. Sự phụ thuộc COP vào nhiệt độ bay hơi

Hình 3. Sự phụ thuộc năng suất lạnh vào nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ [3]

Công thức tính COP lý thuyết

$$COP = \frac{q_2}{l_0} = \frac{T_0}{T_K - T_0} \quad (1)$$

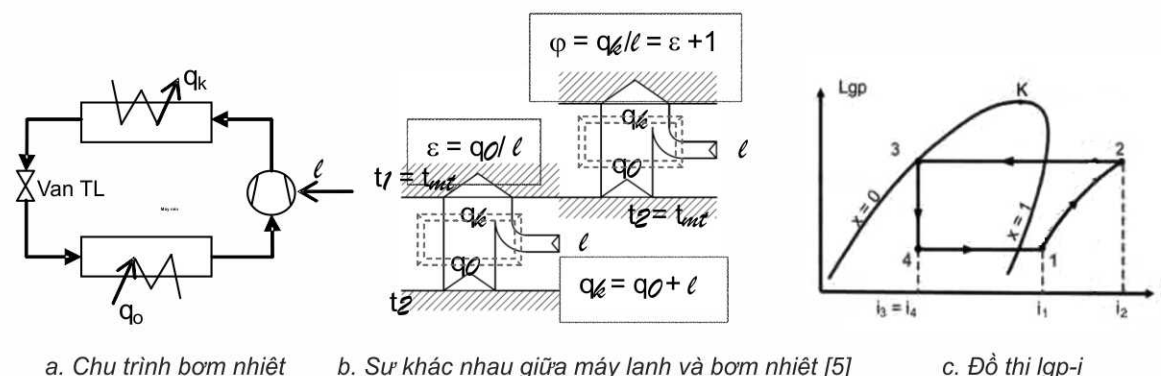
Trong công thức này nếu T_K hoặc T₀ tăng lên thì COP cũng sẽ thay đổi theo. Theo Hình 2, nếu như nhiệt độ ngưng tụ giảm xuống thì năng suất lạnh q₂ sẽ tăng lên và hệ số COP cũng sẽ tăng lên, tương tự như vậy nếu nhiệt độ bay hơi tăng lên thì hệ số COP sẽ tăng lên. Trường hợp nhiệt độ bay hơi tăng lên thì COP sẽ cao hơn.

Đối với máy điều hòa không khí giải nhiệt gió để tăng hiệu suất sử dụng năng lượng thì việc giải nhiệt ổn định cho giàn nóng có ý nghĩa hết sức quan trọng nhằm tối ưu hóa quá trình chuyển đổi năng lượng trong hệ thống ngoài ra quá trình trao đổi nhiệt giữa môi chất lạnh và nước sẽ nhanh hơn với không khí.

Đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của bơm nhiệt thực tế phải tính tới công suất máy nén (L_{com}) và công suất quạt (L_{fan}).

$$COP_{nhiệt} = \frac{Q_k}{L_{com} + L_{fan}} \quad (2)$$

Trong điều kiện ở Việt Nam hệ số $COP_{nhiệt}$ thường vào khoảng 4 ÷ 5 [2], theo kết quả trong Hình 1 khi nhiệt độ nước là 36,5°C thì $COP = 4,05$ trong trường hợp chỉ sử dụng để cung cấp nước nóng và $COP = 6,89$ khi kết hợp cả làm nóng và làm lạnh, như vậy khi sử dụng bơm nhiệt trong từng trường hợp cụ thể thì mỗi kW điện tiêu tốn thu được từ 4 ÷ 6,8 kW nhiệt nên khả năng tiết kiệm năng lượng khi dùng bơm nhiệt cung cấp nước nóng là rất lớn. Nguồn nhiệt thu Q_0 có thể lấy từ không khí bên ngoài môi trường, nước từ sông... hay nhiệt thừa.



Hình 4. Nguyên lý làm việc của bơm nhiệt

Khác với chu trình động cơ nhiệt, chu trình máy lạnh và bơm nhiệt là chu trình ngược chiều phải tiêu tốn năng lượng để cung cấp cho máy nén bơm dòng nhiệt từ nhiệt độ thấp lên nhiệt độ cao, hai chu trình này giống nhau, sự khác nhau là ở cấp nhiệt độ và mục đích sử dụng.

+ Chu trình máy lạnh tiêu tốn công (l) để giảm nhiệt (q_0) từ phòng lạnh và thải nhiệt (q_k) vào môi trường;

+ Chu trình bơm nhiệt tiêu tốn công (l) để lấy nhiệt (q_0) từ môi trường cấp nhiệt sưởi cho phòng (q_k).

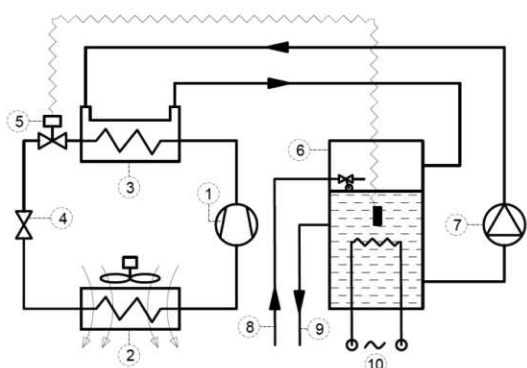
Năng suất lạnh riêng và năng suất nhiệt ngưng tụ riêng trong sơ đồ Hình 4.

$$q_0 = i_1 - i_4 \text{ (kJ/kg)}; q_k = i_2 - i_3 \text{ (kJ/kg)} \quad (3)$$

Lượng nhiệt truyền cho nước tính theo công thức:

$$Q_k = G' \cdot (i_2 - i_3) = G \cdot C_p \cdot \frac{t_2 - t_1}{\tau} \text{ (kJ)} \quad (4)$$

trong đó: G, G' là khối lượng của nước, của môi chất lạnh (kg/s); C_p là nhiệt dung riêng của nước ($C_p = 4,186 \text{ kJ/kg.K}$); τ là thời gian (s); và t là nhiệt độ nước vào và ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt (°C).



1. Máy nén
2. Thiết bị bay hơi
3. Thiết bị ngưng tụ
4. Van tiết lưu
5. Van điện từ
6. Bình nước nóng
7. Bơm nước
8. Nước bổ sung
9. Nước nóng
10. Thiết bị gia nhiệt bổ sung

Hình 5. Sơ đồ nguyên lý hệ thống bơm nhiệt cung cấp nước nóng

Giả sử một khách sạn có 50 phòng, hệ số sử dụng phòng là 0,7 trung bình một phòng có hai khách lưu trú và một ngày tắm 1 lần, trung bình 1 lần tắm dùng 30 lít nước (khách sạn sử dụng vòi tắm hoa sen, chưa kể tắm bồn tiêu tốn khoảng 150 - 350 lít), như vậy một ngày khách sạn cần dùng:

$$50 \text{ phòng} \times 0,7 \times 2 \text{ khách} \times 30 \text{ lít / khách} = 2.100 \text{ lít / ngày}$$

Tính toán so sánh các phương án với phương án khách sạn lắp đặt bình đun điện 30 lít, công suất điện trở 2500W, hiệu suất thiết bị 95% do đó tiêu thụ điện cho trường hợp này là:

$$50 \text{ phòng} \times 0,7 \times 2500 \text{ W} \times 95\% = 83,125 \text{ kWh}$$

Với thiết bị Bơm nhiệt có COP = 4, lượng nhiệt thiết bị thu được là $83,125 \times 4 = 332,5 \text{ kW}$ tương đương 8.800 lít nước gấp 4 lần lượng nước khách sạn sử dụng.

Với thiết bị lò hơi đun dầu và đun ga, hiệu suất thiết bị khoảng 90% thì lượng nhiệt là 71,4kW tương đương 1890 lít nước. Ta có Bảng 4 so sánh hiệu quả năng lượng về cấp nước nóng như sau:

Bảng 4. So sánh chi phí làm nóng nước khách sạn
(tính cho 50 phòng hệ số sử dụng 0,7 trong 1 giờ làm nóng nước từ 25 - 60°C)

TT	Công nghệ	Dung tích	Năng lượng	Chi phí năng lượng	Tổng chi phí/giờ	So sánh hiệu quả cung cấp nước nóng
1	Bơm nhiệt (COP = 4)	8.800 lít	83,125kW	2.424 VNĐ/kWh	201.495 VNĐ	4,21
2	Bình đun điện (hiệu suất 95%)	2.100 lít	83,125kW	2.424 VNĐ/kWh	201.495 VNĐ	1,00
3	Lò hơi - dầu (hiệu suất 90%)	1.890 lít	6,1lít	22.530 VNĐ/lít	137.401 VNĐ	0,90
4	Lò hơi - ga (hiệu suất 90%)	1.890 lít	8,42m ³	34.750 VNĐ/m ³	292.423 VNĐ	0,90

Từ Bảng 4 cho thấy để đáp ứng được lượng nước nóng sử dụng của khách sạn là 2100 lít trong một giờ bằng sử dụng bơm nhiệt cung cấp nước nóng thì tiêu thụ điện tương đương 19,84 kW, chỉ bằng khoảng 25% so với đun nước nóng bằng điện trở.

Bảng 5. So sánh chi phí làm nóng nước căn hộ tiêu chuẩn
(tính cho 2 phòng sử dụng đồng thời trong 1 giờ làm nóng nước từ 25°C lên 60°C)

TT	Công nghệ	Dung tích	Năng lượng	Chi phí năng lượng	Tổng chi phí/giờ	So sánh hiệu quả năng lượng
1	Bơm nhiệt	60 lít	1,25 kw	2.424 VNĐ/kWh	3.030 VNĐ	0,25
2	Bình đun điện	60 lít	5,00 kw	2.424 VNĐ/kWh	12.120 VNĐ	1,00

4.2 Khả năng cắt giảm khí nhà kính CO₂

Theo niên giám thống kê năm 2010 cho thấy thành phố Hà Nội có 1.749.334 hộ gia đình, trong đó 1.713.184 số hộ có nhà ở. Nhà ở kiên cố và bán kiên cố chiếm 1.512.393 hộ.

Với chi phí và mức sống hiện nay thì có thể thấy số lượng lắp đặt bình đun điện chiếm tỷ lệ khá lớn. Giả sử trung bình mỗi hộ lắp đặt 02 bình nóng lạnh, hệ số hoạt động k = 0,5, bình nóng lạnh hoạt động trung bình 1 giờ/ngày cho mùa Thu, mùa Đông và mùa Xuân (tháng 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3), khoảng 210 ngày.

Chi phí tiền điện trong một ngày khoảng :

$$1.512.393 \text{ hộ} \times 2,5 \text{ kWh/ngày/hộ} = 3.758.982,5 \text{ kWh/ngày}$$

$$\text{Theo Bảng số 2, ta có: } 3.758.982,5 \text{ kWh/ngày} \times 0,6425 \text{ tấn CO}_2/\text{MWh} \sim 2.361 \text{ tấn CO}_2/\text{ngày}$$

Trong khi đó với công nghệ bơm nhiệt khả năng giảm phát thải CO₂ là:

$1.512.393 \text{ hộ} \times (2,5 \text{ kWh/ngày/hộ} - 0,625 \text{ kWh/ngày/hộ}) \times 0,6425 \text{ tấn CO}_2/\text{MWh} \sim 1.771 \text{ tấn CO}_2/\text{ngày}$, với 210 ngày/năm thì khả năng giảm phát thải lên tới 371.910 tấn CO₂ trong một năm của thành phố Hà Nội một con số rất lớn.



5. Nhận xét và kết luận

Qua nghiên cứu cho thấy tiềm năng ứng dụng công nghệ bơm nhiệt vào vấn đề cung cấp nước nóng là rất khả thi trong xu thế hiện nay. Kết quả trên mới chỉ nghiên cứu cho thành phố Hà Nội, nếu như được triển khai và Nhà nước có chính sách hỗ trợ cho người sử dụng bơm nhiệt nhằm đưa được thiết bị tiết kiệm điện vào ứng dụng trong thực tế thì kết quả sẽ rất khả quan góp phần ứng phó với biến đổi khí hậu, giảm phát thải CO₂.

Bơm nhiệt cung cấp nước nóng sử dụng nguồn nhiệt từ không khí hoạt động hiệu quả là từ 5÷43°C [12], [13]. Khi nhiệt độ dưới 5°C bơm nhiệt hoạt động kém hiệu quả nên bình cung cấp nước nóng được hỗ trợ thêm thanh điện trở.

Từ kết quả tính toán thiết kế và lựa chọn các thiết bị, kết quả thử nghiệm bước đầu ở chế độ tích nhiệt cho thấy với nhiệt độ nước ban đầu là 23,7°C sau khoảng thời gian chạy 25 phút máy chạy liên tục nhiệt độ nước trong bình đạt 39,8°C và hiệu quả bơm nhiệt là COP = 3.58. Với nhiệt độ này hoàn toàn thích hợp cho các hộ gia đình phục vụ nhu cầu tắm rửa và sinh hoạt.

Qua mô hình thí nghiệm thì có thể khẳng định trong dải nhiệt độ từ 35 - 40 độ khả năng dùng bơm nhiệt để gia nhiệt bằng nước nóng là rất hiệu quả so với gia nhiệt bằng điện trở.

Trong mô hình chế tạo, cũng không thể đạt được yêu cầu cho phép nên áp suất đầu nén lựa chọn là 17 bar, ứng với nhiệt độ nước nóng là 40°C, trong điều kiện thực tế hiện nay áp suất nén có thể lên được khoảng 25 bar nên nhiệt độ cung cấp nước nóng tương ứng đạt được tới 60°C - 65°C.

Một khía cạnh nữa là mô hình bơm nhiệt với môi chất lạnh là R22 gia nhiệt nước nóng đã được thiết kế, chế tạo hoàn chỉnh phục vụ cho công tác nghiên cứu khoa học và đào tạo trong Trường Đại học Xây dựng.

Để nâng cao hiệu quả của bơm nhiệt thì có thể kết hợp bơm nhiệt với một số nguồn thải khác như năng lượng mặt trời, địa nhiệt...

Tài liệu tham khảo

1. Công văn số 513/KTTVBĐKH, ngày 28/5/2013 Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu, *Hệ số phải thải lưới điện Việt Nam*.
2. Lê Nguyên Minh (2011), *Giáo trình nhiệt động kỹ thuật*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
3. Nguyễn Đức Lợi (2008), *Giáo trình kỹ thuật lạnh*, NXB Bách khoa, Hà Nội.
4. Phạm Văn Tuy (2011), *Phương pháp phân tích chất lượng và tính toán hiệu quả các hệ thống nhiệt lạnh*, NXB Bách Khoa, Hà Nội.
5. Phạm Bá Trự, Phan Đình Hồ (1996), *Nhiệt kỹ thuật đại cương*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
6. Quyết định 1427/QĐ-TTg, *Phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia về Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2012 - 2015*.
7. Quyết định số 4478/QĐ - BCT ngày 30/05/2014 của Bộ Công thương, *Quyết định quy định về giá bán điện*.
8. Thông cáo báo chí của Tập đoàn Xăng dầu Việt Nam ngày 23.6.2014.
9. QCVN 09:2013/BXD (2013), *Quy chuẩn xây dựng Việt Nam - các công trình xây dựng năng lượng có hiệu quả*.
10. Báo cáo tổng kết NCKHSV (2014), *Tính toán thiết kế và chế tạo thiết bị bơm nhiệt trong dân dụng*, Trường Đại học Xây dựng.
11. Niên giám thống kê năm 2010 - Tổng cục Thống kê.
12. Midea, MCAC-RTSM-2009-02.
13. Ferroli, Product range 2009.
14. ASHRAE Handbook (2012), *HVAC Systems and Equipment*.
15. ASHRAE Handbook (2011), *HVAC Applications*.