



RESEARCH ON CALCULATING THE MARGINAL COST OF REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSION IN REFRIGERATION SYSTEM

Pham Van Kha, Tran Thi Thu Ha *

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 20/05/2022

Revised: 06/06/2022

Accepted: 08/06/2022

Published 15/06/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.5.2>

* *Corresponding author*

Email: tranthuha88@utc.edu.vn

Abstract. Refrigeration systems are one of the main causes for huge emissions. However, research on the marginal cost of reducing greenhouse gas emissions in refrigeration systems is still limited. This paper presents how to calculate the marginal cost of reducing greenhouse gas emissions when using absorption chillers instead of vapour compression refrigerators in the conditions in Vietnam. The study is calculated for a vapour compression refrigerator with a capacity of 3.5 kW, refrigerant R410A and an absorption chiller H₂O/LiBr with a capacity of 3.5 kW using solar energy. The calculation results of the cycle life cost of the absorption chiller are 44,309,736 VND, much higher than the vapour compression refrigerator of 19,878,028 VND. However, CO₂ emissions from absorption chiller are on average 75.16% lower than that of vapour compression refrigerator. Since then, the calculation of the marginal cost of reducing CO₂ as 203.94 VND/kg CO₂. Therefore, the option of using absorption refrigeration has the potential to contribute to reducing greenhouse gas emissions in the refrigeration system.

Keywords: vapour compression refrigerator, absorption chiller, the marginal cost of reducing greenhouse gas emissions.



NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CHI PHÍ BIÊN GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH CỦA HỆ THỐNG MÁY LẠNH

Phạm Văn Khá, Trần Thị Thu Hà*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 20/05/2022

Ngày nhận bài sửa: 06/06/2022

Ngày chấp nhận đăng: 08/06/2022

Ngày xuất bản Online: 15/06/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.5.2>

* Tác giả liên hệ

Email: tranthuha88@utc.edu.vn

Tóm tắt. Hệ thống nhiệt lạnh có khả năng gây phát thải rất lớn. Tuy nhiên, việc nghiên cứu về chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính trong hệ thống nhiệt lạnh đến nay còn hạn chế. Bài báo đã trình bày cách tính toán chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính khi sử dụng máy lạnh hấp thụ thay thế cho máy lạnh nén hơi trong điều kiện ở Việt Nam. Cụ thể, bài báo đã tính toán cho một máy lạnh nén hơi công suất 3,5kW, môi chất lạnh là R410A và một máy làm lạnh hấp thụ với công suất 3,5 kW cặp môi chất H₂O/LiBr sử dụng năng lượng mặt trời. Kết quả tính toán cho thấy chi phí vòng đời của máy lạnh hấp thụ bằng 44.309.736 VNĐ cao hơn rất nhiều so với máy lạnh nén hơi là 19.878.028 VNĐ. Tuy nhiên, lượng phát thải khí CO₂ trung bình từ máy lạnh hấp thụ thấp hơn 75,16% so với máy lạnh nén hơi. Từ đó, tính toán được chi phí biên giảm phát thải CO₂ là 203,94 VNĐ/kg CO₂. Vì vậy, phương án sử dụng máy lạnh hấp thụ có tiềm năng góp phần giảm phát thải khí nhà kính trong hệ thống lạnh.

Từ khóa: máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính.

© 2022 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời gian gần đây, bên cạnh việc chú trọng đến phát triển kinh tế, thông qua các nghị quyết và phát biểu của những người đứng đầu Đảng và Chính phủ đã cho thấy sự quan tâm đặc biệt của Việt Nam với vấn đề môi trường để đảm bảo sự phát triển bền vững. Đặc biệt, tại hội nghị về biến đổi khí hậu (COP26 - năm 2021), Việt Nam đã có những cam kết mạnh mẽ cùng 150 quốc gia trên thế giới cam kết đưa mức phát thải ròng về “0” vào giữa thế kỷ - năm 2050. Để thực hiện các cam kết của Việt Nam, Chính phủ đã thành lập ra ban chỉ đạo và đưa ra một số kế hoạch với mục tiêu tổng thể là nhằm hoàn thiện các cơ chế chính sách

và triển khai các nhiệm vụ, giải pháp thúc đẩy giảm phát thải khí nhà kính cho toàn ngành công thương, kiểm soát chặt chẽ các nguồn phát thải khí nhà kính lớn.

Với tốc độ phát triển nhanh của hệ thống lạnh và điều hoà không khí (ĐHKK) ở Việt Nam trung bình trên 10% một năm thì đây là một ngành có lượng phát thải khí nhà kính khá lớn trong thời gian tới. Do vậy, các giải pháp giảm phát thải hiệu quả trong hệ thống lạnh và ĐHKK đang được tập trung nghiên cứu trong thời gian gần đây. Trong đó, sử dụng máy lạnh hấp thụ (MLHT) thay thế cho máy lạnh nén hơi (MLNH) truyền thống là một giải pháp có nhiều tiềm năng. Theo [1], năm 2018, khi nghiên cứu các phương pháp giảm phát thải khí nhà kính của ĐHKK và các thiết bị nhiệt lạnh, nhóm tác giả đã kết luận một trong những giải pháp tốt nhất chính là sử dụng MLHT và thay thế các môi chất lạnh cũ bằng các môi chất lạnh an toàn với môi trường. Theo [2], năm 2010, nghiên cứu đánh giá vòng đời hệ thống ĐHKK bằng năng lượng mặt trời tại hai địa điểm là Palermo (Ý) và Zurich (Thụy Sĩ) được thực hiện. Nghiên cứu này đã đánh giá MLHT với MLNH truyền thống và kết quả thấy rằng lượng khí thải của MLHT là thấp hơn. Theo [3], năm 2021, nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sử dụng MLHT có lợi hơn về cả năng lượng và môi trường so với MLNH truyền thống cỡ nhỏ.

Việt Nam là một đất nước đang phát triển, gặp nhiều khó khăn về vốn để triển khai các giải pháp giúp giảm phát thải khí nhà kính. Tuy nhiên, chúng ta lại có thuận lợi do việc có thể lựa chọn các công nghệ hiện đại tiên tiến giúp chúng ta đi tắt đón đầu trong việc giảm lượng phát thải. Chính vì vậy, để giúp các cơ quan Nhà nước đưa ra được chính sách phù hợp cũng như giúp các doanh nghiệp lựa chọn được công nghệ tối ưu rất cần các nghiên cứu chỉ ra được tổng lượng phát thải giảm hay giá thành để giảm được một tấn CO₂. Chính vì vậy, việc nghiên cứu về chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính là rất cần thiết. Theo [4], Nguyễn Anh Tuấn và các cộng sự đã nghiên cứu đề xuất các giải pháp giảm phát thải trên cơ sở xây dựng đường cong chi phí biên theo phương pháp sử dụng mô hình cho hệ thống năng lượng Việt Nam đến năm 2030. Theo [5], Ramon Sala-Garrido và các cộng sự đã nghiên cứu ước tính chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính là 0,181 Euro/kg CO₂ tương đương trong ngành cấp thoát nước bằng cách sử dụng các kỹ thuật phân tích ngẫu nhiên cho một mẫu gồm mười công ty cấp thoát nước ở Anh và Xứ Wales trong giai đoạn 2010-2019.

Hệ thống nhiệt lạnh có khả năng gây phát thải rất lớn và là hướng tiên phong trong vấn đề này. Tuy nhiên, việc nghiên cứu về chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính trong hệ thống nhiệt lạnh đến nay còn hạn chế. Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ tập trung vào tính toán, đánh giá chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính cho MLNH sử dụng môi chất R410A công suất 3,5 kW và MLHT có công suất tương đương dùng năng lượng mặt trời.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính

Chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính được hiểu là chi phí tăng thêm để có thể giảm đi một kg CO₂ phát thải ra môi trường. Chi phí này là tỷ số của sự chênh lệch chi phí riêng của năng lượng từ hệ thống năng lượng thay thế và chi phí riêng của năng lượng từ hệ thống năng lượng được thay thế so với sự chênh lệch lượng phát thải khí CO₂ của hệ thống được thay thế và lượng phát thải khí nhà kính của hệ thống năng lượng thay thế. Nếu giải pháp thay thế đưa ra có thể giảm phát thải mà chi phí biên có giá trị âm thì đó là giải pháp có lợi cả về mặt môi trường và mặt kinh tế. Chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính, VNĐ/kg CO₂ được xác định theo công thức sau [6]:

$$C = \frac{Co_2 - Co_1}{EF_1 - EF_2} \quad (1)$$

trong đó:

Co_1 : Chi phí vòng đời của thiết bị trong phương án 1 (phương án được thay thế), VNĐ;

Co_2 : Chi phí vòng đời của thiết bị trong phương án 2 (phương án thay thế), VNĐ;

EF_1 : Lượng phát thải CO_2 của thiết bị trong phương án 1, kg CO_2 ;

EF_2 : Lượng phát thải CO_2 của thiết bị trong phương án 2, kg CO_2 .

Bài báo này sử dụng chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính để đánh giá hiệu quả về mặt môi trường của MLHT. Phương án 1 (phương án được thay thế) chính là MLNH, và phương án 2 (phương án thay thế) chính là MLHT. Vì vậy, theo công thức (1) để tính toán được chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính thì cần xác định được chi phí vòng đời và lượng phát thải CO_2 của cả hai phương án trên.

2.2. Chi phí vòng đời của hệ thống máy lạnh

Mỗi bước trong vòng đời của một sản phẩm có thể được phân loại thành những giai đoạn của vòng đời: Giai đoạn thu thập nguyên liệu; Giai đoạn sản xuất; Giai đoạn sử dụng - tái sử dụng - bảo dưỡng; Giai đoạn tái sinh - quản lý chất thải [6]. Mỗi bước hay quá trình có thể được xem như là một hệ thống con của tổng hệ thống sản xuất và tiêu thụ sản phẩm. Việc xem xét các bước như là các hệ thống con của vòng đời cho phép chúng ta dễ dàng thu thập toàn bộ số liệu để đánh giá cả hệ thống. Tuy nhiên, do không có đầy đủ số liệu cụ thể từ giai đoạn thu thập nguyên liệu, sản xuất nên trong phạm vi bài báo, tác giả chỉ đánh giá chi phí vòng đời từ giai đoạn sử dụng cho đến hết vòng đời của thiết bị.

Chi phí vòng đời L_c là giá trị hiện tại của tất cả các chi phí (vốn ban đầu, trả lãi tiền vay và các chi phí vận hành, chi phí bảo trì – bảo dưỡng sửa chữa) có liên quan tới một giá trị đầu tư trong suốt thời hạn tuổi thọ của nó [6]. Trong đó, chi phí đầu tư ban đầu bao gồm chi phí mua thiết bị, chi phí nhân công lắp đặt, các chi phí phụ khác. Chi phí vận hành là chi phí gián tiếp, bao gồm chi phí nhiên liệu hoặc nhân công dùng để vận hành thiết bị, hệ thống. Chi phí bảo trì, bảo dưỡng và sửa chữa thiết bị, hệ thống là chi phí của vật tư, nhân công để thay thế, sửa chữa.

$L_c =$ Chi phí đầu tư ban đầu + Chi phí vận hành + Chi phí bảo dưỡng

$$L_c = I_0 + \frac{C_1}{(1+d)^1} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+d)^n} = I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C}{(1+d)^i} \quad (2)$$

trong đó:

I_0 : Chi phí đầu tư ban đầu, VNĐ.

C_1, C_2, \dots, C_n : Chi phí trực tiếp trong năm 1, 2, ..., n, VNĐ.

d : Lãi suất hay tỷ suất chiết khấu, %.

Cả hai phương án MLNH và MLHT đều sử dụng công thức (2) để tính toán chi phí vòng đời.

2.3. Lượng phát thải CO₂ của hệ thống máy lạnh

Hiện nay, để tính toán cũng như đánh giá lượng phát thải CO₂ của một thiết bị nhiệt lạnh nói chung và của máy lạnh nói riêng, chúng ta sử dụng hai đại lượng là Chỉ số ảnh hưởng nóng lên toàn cầu quy đổi tổng TEWI (Total Equivalent Warming Impact) và Chỉ số ảnh hưởng nóng lên toàn cầu trong vòng đời thiết bị LCCP (Life Cycle Climate Performance).

Theo [7], [8] người ta dùng chỉ số TEWI để đánh giá mức độ tác động nóng lên toàn cầu của một hệ thống lạnh cụ thể nào đó trong suốt thời gian vận hành của hệ thống này. TEWI được xác định theo phương trình:

$$TEWI = GWP.L.n + GWP.m.(1 - \alpha) + n.E.\beta \quad (3)$$

trong đó:

GWP: Chỉ số tiềm năng làm nóng toàn cầu của môi chất lạnh (tương đương với CO₂), kgCO₂/kg môi chất lạnh;

L: Tỷ lệ rò rỉ môi chất lạnh hàng năm, kg/năm;

n: Thời gian hoạt động của hệ thống, năm;

m: Lượng môi chất lạnh được nạp vào hệ thống, kg;

α : Hệ số tái chế, %;

E: Điện năng hệ thống tiêu thụ trong một năm, kWh/năm;

β : Hệ số phát thải của một kWh điện năng, kgCO₂/kWh.

Tổng điện năng E hệ thống tiêu thụ hàng năm được tính theo phương pháp bin nhiệt độ [9]:

$$\text{Đối với máy lạnh nén hơi :} \quad E = \sum_{i=1}^n E_{bin}^i = K_{tot} \cdot \sum_{i=1}^n n_{bin}^i \frac{(t_{bin}^i - t_{bal}^i)}{CSPF} \quad (4)$$

$$\text{Đối với máy lạnh hấp thụ :} \quad E = U.I.\cos\phi.\tau \quad (5)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mục tiêu của bài báo này là tính toán chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính của hệ thống máy lạnh khi thay thế MLNH bằng MLHT. Để làm được chúng ta cần xác định mức tiêu thụ năng lượng và lượng phát thải CO₂ với hai phương án làm lạnh cho một căn phòng: MLNH và MLHT. Phòng điển hình có diện tích sàn là 15 m² và các chi tiết kỹ thuật của phòng được trình bày trong [10]. Đối tượng cụ thể của nghiên cứu là một MLNH công suất 3,5kW, môi chất lạnh là R410A và một MLHT với công suất 3,5 kW cặp môi chất H₂O/LiBr sử dụng năng lượng mặt trời.

3.1. Chi phí vòng đời của hệ thống máy lạnh

Bảng 1 cho thấy rằng với cùng một công suất lạnh, MLHT có chi phí đầu tư ban đầu lớn hơn MLNH rất nhiều cụ thể là 24.000.000 VNĐ (cao hơn 218,2%). Tuy nhiên, MLHT tiêu ít điện năng hơn nên chi phí vận hành trong một năm của thiết bị này thấp hơn của MLNH cụ thể là thấp hơn 56,1%. Theo [7] tuổi thọ của hệ thống máy lạnh được 15 năm. Từ đây, ta tính toán được chi phí cả vòng đời của MLNH là 19.878.028 VNĐ và của MLHT là 44.309.736 VNĐ. Rõ ràng chi phí vòng đời của MLHT cao hơn rất nhiều so với MLNH.

Bảng 1. Tổng hợp chi phí kinh tế của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ.

STT	Thông số	Đơn vị	Máy lạnh nén hơi	Máy lạnh hấp thụ	Chênh lệch
1	Chi phí đầu tư ban đầu	Triệu đồng	11 [10]	35 [10]	24
2	Thời gian khấu hao	Năm	15 [7]	15 [7]	0
3	Giá trị sau khấu hao	Triệu đồng	0	0	0
4	Chi phí bảo trì, bảo dưỡng sửa chữa	Triệu đồng/năm	0,33 [10]	1,05 [10]	0,72
5	Chi phí vận hành trong một năm	Triệu đồng/năm	2,53 [10]	1,11 [10]	-1,42
6	Chi phí cả vòng đời (15 năm)	Triệu đồng	19,88	44,31	24,43

3.2. Lượng phát thải CO₂ của hệ thống máy lạnh

Ta có bảng giá trị các thông số tính toán lượng phát thải CO₂ (TEWI) được thể hiện trong bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Điện năng tiêu thụ theo nhiệt độ môi trường của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ [10].

Nhiệt độ môi trường T ₀ , °C	22	23	24	25	26	27	28	29
Điện năng tiêu thụ một năm của MLNH, kWh/năm	21,5	26,6	42,3	34,9	83,4	96,7	82,4	158,1
Điện năng tiêu thụ một năm của MLHT, kWh/năm	15,6	12,8	15,4	10,3	20,7	20,9	15,6	25,9
Nhiệt độ môi trường T ₀ , °C	30	31	32	33	34	35	36	37
Điện năng tiêu thụ một năm của MLNH, kWh/năm	288,8	265,3	160,1	148,6	164,4	206,9	209,9	53,2
Điện năng tiêu thụ một năm của MLHT, kWh/năm	41,6	34,1	18,19	14,9	14,9	17	17	4,3

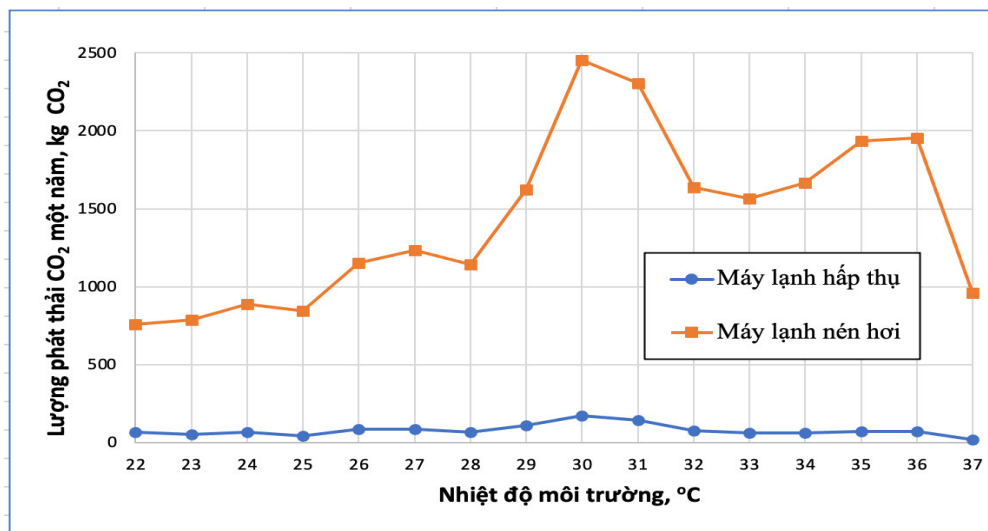
Bảng 3. Giá trị các thông số tính toán trong chỉ số TEWI.

	Máy lạnh nén hơi	Máy lạnh hấp thụ
GWP [kg CO₂/kg môi chất lạnh]	2088 [7]	0 [7]
L [%]	3 [2,3]	3 [2,3]
n [năm]	15 [2,3]	15 [2,3]
m [kg]	1 [7]	-
α [%]	75 [2,3]	75 [2,3]
β [kg CO₂/kWh]	0,847 [7]	0,279 [7]

Sử dụng công thức (3) và bảng 2, bảng 3 ta có kết quả tính toán lượng phát thải CO₂ (TEWI) của MLNH và MLHT được thể hiện trên bảng 4 và đồ thị hình 1.

Bảng 4. Lượng phát thải CO₂ theo nhiệt độ môi trường của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ.

Nhiệt độ môi trường T₀, °C	22	23	24	25	26	27	28	29
Phát thải CO ₂ một năm của MLNH, kg CO ₂	756,1	788,9	888,5	842,2	1149,9	1234,4	1143,4	1623,7
Phát thải CO ₂ một năm của MLHT, kg CO ₂	65,5	53,4	64,4	43,1	86,4	87,5	65,5	108,5
Nhiệt độ môi trường T₀, °C	30	31	32	33	34	35	36	37
Phát thải CO ₂ một năm của MLNH, kg CO ₂	2454,2	2304,9	1637,2	1563,7	1664,4	1934,1	1952,9	957,9
Phát thải CO ₂ một năm của MLHT, kg CO ₂	173,9	142,3	76,1	62,3	63,3	71,2	71,2	17,8



Hình 1. Lượng phát thải CO₂ theo nhiệt độ môi trường của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ.

Bảng 4 và hình 1 cho thấy lượng phát thải CO₂ của hai hệ thống máy lạnh đều thay đổi theo nhiệt độ môi trường. Lượng phát thải CO₂ tăng dần khi nhiệt độ môi trường tăng từ 22°C đến 37°C, và đạt cao nhất tại 30-31°C do trong một năm thời gian của bin nhiệt độ này là nhiều nhất nên thời gian sử dụng điều hòa tại bin này là lâu nhất. Nhìn vào bảng 4 và hình 1, ta có thể thấy rõ lượng phát thải CO₂ trung bình của MLHT nhỏ hơn của MLNH (thấp hơn 75,16%). Và tổng phát thải của MLNH một năm là 10,49 tấn CO₂/kWh, trong khi tổng phát thải của MLHT một năm chỉ là 2,51 tấn CO₂/kWh.

3.3. Chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính

Để tính chi phí biên phát thải của hệ thống máy lạnh, ta cần tính toán chi phí của cả hai loại máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ trong cả vòng đời sử dụng của thiết bị là 15 năm. Chi phí này bao gồm cả chi phí đầu tư, chi phí vận hành và chi phí bảo trì bảo dưỡng của máy lạnh. Vì kết quả tính toán tại thời điểm hiện tại nên để áp dụng cho cả vòng đời sử dụng của thiết bị thì phải xác định các chi phí tương lai và các dòng tiền cần thiết đều phải được chiết khấu với tỷ suất (d %) nhất định.

Bảng 5. Chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính của hệ thống máy lạnh.

STT	Hạng Mục	Đơn vị	Phương án 1	Phương án 2
1	Tổng chi phí đầu tư	VNĐ	11.000.000 [10]	35.000.000 [10]
2	Tổng chi phí vận hành/năm	VNĐ/năm	2.526.216 [10]	1.105.104 [10]
3	Chi phí bảo trì, bảo dưỡng sửa chữa/năm	VNĐ/năm	330.000 [10]	1.890.000 [10]
4	Tuổi đời sản phẩm	năm	15 [7]	15 [7]
5	Lãi suất	%	10	10
6	Tổng chi phí cả vòng đời	VNĐ	19.878.028	44.309.736
7	Phát thải CO ₂ cả vòng đời	kg CO ₂	10.494,35	2.513,85
8	Chi phí biên giảm phát thải	VNĐ/Kg CO₂	203,94	

Từ công thức (1) kết hợp với kết quả tính toán lượng phát thải CO₂ và chi phí kinh tế của hai phương án MLNH và MLHT, ta có số liệu tổng hợp như bảng 5. Bảng 5 cho thấy chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính là 203,94 VNĐ/kg CO₂ là một giá trị lớn hơn 0 nên phương án sử dụng MLHT góp phần giảm phát thải CO₂, nhưng hiệu quả kinh tế thấp hơn phương án sử dụng MLNH truyền thống.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu tính toán chi phí biên giảm phát thải khí nhà kính của hệ thống máy lạnh được trình bày trong bài báo đã cho thấy hiệu quả về mặt môi trường của phương án thay thế là sử dụng MLHT so với phương án cũ là MLNH. Cụ thể, chi phí biên giảm phát thải CO₂ là 203,94 VNĐ/kg CO₂ thể hiện tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính, tuy nhiên hiệu quả kinh tế của phương án sử dụng máy lạnh hấp thụ còn chưa cao so với máy lạnh nén hơi. Các kết quả này sẽ giúp các nhà quản lý hoạch định chính sách lựa chọn các giải pháp giảm phát thải cho hệ thống nhiệt lạnh ở Việt Nam nói chung theo tiêu chí tổng lượng phát thải giảm hay giá thành cho một tấn CO₂ giảm; lượng hóa được tổng chi phí hàng năm hoặc chi phí của giai đoạn cần xem xét và lượng CO₂ có thể giảm với chi phí đó và đưa ra được các chính sách năng lượng phù hợp.

Để hoàn thiện thêm kết quả và có thể áp dụng một cách hiệu quả cho việc đưa ra các chính sách năng lượng ở Việt Nam, nhóm tác giả kiến nghị tiếp tục đầu tư nghiên cứu bổ sung thêm các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính phù hợp với Việt Nam, chi tiết hóa mô hình để đảm bảo mô tả sát thực tế toàn bộ hệ thống MLHT.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải (ĐH GTVT) trong đề tài mã số T2022-CK-010.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Toyotaka Hirao, Hisao Mizuno Kenji Ueda, Masakazu Kai, Hiroyuki Yamahda, Efforts to Reduce Greenhouse Gas Emissions for Air Conditioning and Refrigeration Products, Mitsubishi Heavy

Industries Technical Review, 55 (2018) 38-48.

<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e551/e551038.pdf>

[2]. Marco Beccali, Life Cycle Assessment of Solar Cooling Systems, Task 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration, 2010.

[3]. Trần Thị Thu Hà, So sánh hiệu quả năng lượng và tác động môi trường của máy lạnh hấp thụ và máy lạnh nén hơi, Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp trường, Đại học Giao thông vận tải, 2021.

[4]. Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Khoa Diệu Hà, Vũ Phương Hoa, Nghiên cứu các giải pháp giảm phát thải trên cơ sở xây dựng đường cong chi phí biên theo phương pháp sử dụng mô hình cho hệ thống năng lượng Việt Nam đến năm 2030, (2014) .

<http://www.ievn.com.vn/UserFile/Files/News/2014/TuanP3/Bai%20bao%20khoa%20hoc%20.pdf>

[5]. Ramon Sala-Garrido, Manuel Mocholi-Arce, Maria Molinos-Senante, Alexandros Maziotis, Assessing the marginal cost of reducing greenhouse gas emissions in the English and Welsh water and sewerage industry: A parametric approach, 70 (2021) 101193.

<https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101193>

[6]. Phạm Hoàng Lương, Phân tích tài chính các dự án tiết kiệm năng lượng, Bài giảng môn học, Viện KH&CN Nhiệt Lạnh, ĐH Bách Khoa Hà Nội, 2012.

[7]. Reinaldo Maykot, Gustavo C. Weber, Ricard A. Maciel, Using the TEWI Methodology to Evaluate Alternative Refrigeration Technologies, International Refrigeration and Air Conditioning Conference, (2004) 1-8. <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1708&context=iracc>

[8]. Methods of calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI), 2012.

https://www.airah.org.au/Content_Files/BestPracticeGuides/Best_Practice_Tewi_June2012.pdf

[9]. Vu Tuan Anh, Trinh Quoc Dung, Energy consumption of residential air conditioner using bin method for the case of the Vietnamese climatic conditions, in The 3rd ASEAN Smart Grid Congress and The 5th International Conference on Sustainable Energy, (2017).

[10]. Trần Thị Thu Hà, Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải CO₂ của phương án sử dụng máy lạnh hấp thụ so với phương án sử dụng máy lạnh nén hơi để làm lạnh và điều hòa không khí, Luận văn Thạc sỹ khoa học, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2020.

[11]. Tran Thi Thu Ha, Compare the energy efficiency and environment effect of absorption chiller and vapor compression refrigeration, Science Journal of Transportation, 11 (2021) 177-184.

https://sjt.madi.ru/sjt/11/sjt_2021_11_18_p177-184.pdf