

Đánh giá các công nghệ tiết kiệm năng lượng tiềm năng giảm phát thải đối với tàu biển hiện có chạy tuyến quốc tế

Evaluation of potential Energy-saving technologies to reduce emissions for existing ships operating on international routes

Phan Văn Hưng

Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

Email liên hệ: phanvanhung@vimaru.edu.vn

Tóm tắt:

Vận tải biển đóng vai trò đặc biệt quan trọng đối với nền kinh tế toàn cầu cũng như thực hiện chiến lược phát triển kinh tế của Việt Nam. Tuy nhiên, hoạt động này gây ra phát thải khí thải góp phần hình thành các tác động tiêu cực đối với môi trường, làm biến đổi khí hậu toàn cầu và các hình thái thời tiết cực đoan khác. Tổ chức Hàng hải Quốc tế đã thực hiện nhiều nỗ lực nhằm kiểm soát và giảm thiểu phát thải khí thải từ tàu biển như Phụ lục VI MARPOL 73/78 và các hướng dẫn. Hơn nữa, Việt Nam đã cam kết thực hiện thỏa thuận Paris tại COP24, NDC 2020 và COP26. Vì vậy, áp dụng các giải pháp giảm phát thải đối với tàu biển trở nên cấp thiết hiện nay. Bài báo đề cập 22 công nghệ tiết kiệm năng lượng tiềm năng giảm phát thải đối với tàu biển hiện có được chọn lọc và đánh giá. Kết quả này là cơ sở để xây dựng kế hoạch áp dụng các giải pháp nhằm kiểm soát khí thải từ đội tàu biển Việt Nam.

Từ khóa: Tàu biển hiện có; công nghệ tiết kiệm năng lượng tiềm năng; giảm phát thải khí thải.

Abstract:

Shipping plays a particularly important role in the global economy as well as in the implementation of Vietnam's economic development strategy. However, this activity also emits emissions that cause negative impacts on the environment, causing global climate change and other extreme weather patterns. The International Maritime Organization (IMO) has made many efforts to control and reduce emissions from ships such as Annex VI MARPOL 73/78 and guidelines. Moreover, Vietnam has committed to implement the Paris agreement at COP24, NDC 2020, and COP26. Therefore, applying emission reduction solutions to ships is an urgent requirement today. In this article, 23 potential Energy-saving technologies to reduce emissions for existing ships are selected and evaluated. This result is the basis for developing a plan to apply solutions to control emissions from the Vietnamese fleet.

Keywords: Existing ship; potential Energy-saving technologies; reducing emissions.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, tổng dung tích và trọng tải của đội tàu vận tải biển Việt Nam có xu hướng gia tăng bởi sự tăng lên về số lượng loại tàu có trọng tải lớn, nhưng giảm về tổng số lượng tàu. Số lượng tàu năm 2020 giảm hơn 200 tàu so với năm 2016 (khoảng 17,2 %). Xét về tổng dung tích và tổng

trọng tải của đội tàu vận tải biển tăng trưởng trên 6%. Các tàu hàng rời và tổng hợp có xu hướng giảm về số lượng, trong khi đó nhóm tàu container có xu hướng tăng khoảng 4%, tàu chở khách tăng 6%, nhóm tàu chở dầu và tàu khí hóa lỏng tăng 15%. Cơ cấu đội tàu biển Việt Nam như sau: 649 tàu hàng tổng hợp; 115 tàu hàng rời; 38 tàu container; 162

tàu chở dầu, hóa chất; 19 tàu chở khí hóa lỏng và 66 tàu chở khách. Trong đó, có 35% tổng số lượng đội tàu biển đang hoạt động có khả năng hoạt động tuyến quốc tế. Năm 2019, đội tàu biển Việt Nam phát thải khoảng 2,66 triệu tấn CO₂ (theo Dự án MT201004, Vụ Môi trường, Bộ Giao thông vận tải, năm 2022).

Tính đến tháng 10/2021, tàu biển đăng ký mang cờ, quốc tịch Việt Nam là 1043 tàu, tổng trọng tải khoảng 11,342 triệu DWT. Đội tàu biển Việt Nam đang xếp hạng thứ 4 trong khu vực ASEAN và thứ 30 trên thế giới theo “Diễn đàn Thương mại và phát triển Liên Hiệp quốc (UNCTAD)”.

Theo “Chiến lược ban đầu của IMO về giảm phát thải khí thải nhà kính từ tàu biển” được ban hành tại kỳ họp lần thứ 72 của MEPC, tháng 4 năm 2018, IMO tiếp tục cam kết sứ mệnh “giảm phát thải khí nhà kính từ vận tải biển quốc tế”, đồng thời, với nhận thức về tính cấp bách của việc kiểm soát khí nhà kính, đặt mục tiêu hướng tới không phát thải khí nhà kính sớm nhất trong phạm vi thế kỷ 21. Chiến lược IMO được cụ thể hóa theo các mục tiêu, theo từng giai đoạn như sau:

(i) Giảm cường độ các-bon trong ngành “vận tải biển quốc tế” để cắt giảm lượng thải các-bon trung bình trên mỗi đơn vị vận chuyển ít nhất là 40% đến

năm 2030, tiếp tục nỗ lực đạt mức giảm 70% đến năm 2050, so với mức năm 2008;

(ii) Dừng mức tăng “phát thải khí nhà kính từ vận tải biển quốc tế” sớm nhất có thể, đến năm 2050, giảm “tổng lượng phát thải khí thải nhà kính hàng năm từ vận tải biển quốc tế” xuống ít nhất bằng mức 50% so với lượng phát thải năm 2008;

(iii) Nỗ lực tiến tới không “phát thải khí thải nhà kính từ hoạt động vận tải biển quốc tế” sớm nhất có thể trong thế kỷ 21.

Do đó, để thích ứng với các yêu cầu về kiểm soát phát thải của IMO, các tàu biển chạy tuyến quốc tế cần phát triển kế hoạch áp dụng những giải pháp tiết kiệm năng lượng cụ thể căn cứ theo các tiêu chí như khả năng giảm phát thải, chi phí cố định, chi phí hoạt động, khả năng sẵn sàng của giải pháp,...

2. Đánh giá chi phí và tiềm năng giảm phát thải của các giải pháp và công nghệ

2.1. Sàng lọc giải pháp và công nghệ

Các định nghĩa của 22 công nghệ tiết kiệm năng lượng tiềm năng, giảm phát thải được chọn dựa trên thông tin tổng hợp từ các tài liệu tham khảo. Thông tin về chi phí và tiềm năng giảm phát thải của các công nghệ đã được trích xuất từ các tài liệu [1].

Bảng 1. Lựa chọn công nghệ giảm phát thải.

Mã	Lựa chọn công nghệ giảm phát thải	Nguồn tham khảo
M1	Điều chỉnh máy chính	[1]
M2	Hệ thống phun tích áp	[1]
M3	Điều khiển động cơ điện	[2]
M4	Biến tần	[2]
M5	Kiểm soát tốc độ của bơm và quạt	[1]
M6	Kế hoạch cải tiến hệ thống hơi	[2]
M7	Thu hồi nhiệt thải	[1][2]
M8	Khí thải nôi hơi trên động cơ phụ	[2]
M9	Nâng cấp chân vịt-bánh lái	[1]
M10	Nâng cấp chân vịt (vòi phun, đầu cánh nhỏ)	[1]
M11	Chân vịt trùm nắp vây (PBCF)	[1]
M12	Chân vịt ngược chiều	[2]

Mã	Lựa chọn công nghệ giảm phát thải	Nguồn tham khảo
M13	Giám sát hiệu suất của chân vịt	[1]
M14	Đánh bóng chân vịt	[1]
M15	Hệ thống bôi trơn không khí	[1],[2]
M16	Lớp phủ thân tàu ma sát thấp	[1][2][3][4]
M17	Giám sát hiệu suất thân tàu	[5]
M18	Đánh, chà vỏ tàu	[5][6][7]
M19	Vệ sinh vỏ bằng thủy lực	[5]
M20	Thổi áp lực lớn trên ụ khô (tàu cũ)	[5]
M21	Tối ưu hóa dòng nước thân tàu mở	[1]
M22	Giảm nhu cầu điện phụ	[1][2]

2.2. Xác định vòng đời áp dụng giải pháp

Để tính toán theo đường cong chi phí giảm cận biên, cần chuẩn bị các thông tin tổng hợp về chi phí, tiềm năng giảm phát thải khí thải,... Để ước tính CAPEX (chi phí vốn), OPEX (chi phí hoạt động) và tiềm năng giảm phát thải CO₂ hàng năm, mức trung bình của các giá trị này được sử dụng. Để thiết lập các tờ thông tin, một số dữ liệu ngoại suy đã được tính đến.

Một số công nghệ giảm phát thải bị giới hạn công nghệ trong việc lắp đặt, tùy thuộc vào loại tàu và kích cỡ tàu. Về khả năng ứng dụng của công nghệ dựa trên loại tàu và kích thước tàu để áp dụng vào năm 2030. Khả năng ứng dụng không chỉ được đề cập trong nghiên cứu IMO GHG lần thứ hai mà

còn trong IMarEST (2011) [1], Frontier Economics, UMAS và CE Delft (2019) [8],... Việc thiết lập khả năng ứng dụng càng rộng càng tốt, dựa trên các tài liệu và khuyến cáo của nhà sản xuất. Nhiều công nghệ giảm phát thải không có giới hạn về công nghệ và có thể áp dụng cho tất cả các tàu. Tuổi thọ dự kiến của công nghệ tương ứng có nghĩa là khoảng thời gian cho đến khi thay thế hoặc đổi mới và là một giá trị quan trọng liên quan đến cả chi phí, tiềm năng giảm phát thải CO₂ cho mỗi công nghệ. Bảng 2 thể hiện mức độ hoàn thiện, ứng dụng và thời gian tồn tại dự kiến của một số công nghệ điển hình như M11, M16, M15, M18.

Bảng 2. Ứng dụng và vòng đời dự kiến của công nghệ [1]-[7].

Mã	Tên công nghệ	Mức hoàn thiện của công nghệ	Khả năng áp dụng công nghệ	Thời gian tồn tại dự kiến (năm)
M11	Chân vịt trùm nắp vây (PBCF)	1: Đã hoàn thiện và có sẵn trên thị trường > 5 năm	Tất cả các loại tàu và tất cả các kích thước tàu	25 (trung bình khoảng 10 năm)
M16	Lớp phủ thân tàu ma sát thấp	1: Đã hoàn thiện và có sẵn > 5 năm	Tất cả các loại tàu, kích thước	25 (trung bình khoảng 5 năm)
M15	Hệ thống bôi trơn không khí	2: Đã hoàn thiện và có sẵn < 5 năm	Tất cả các loại tàu, kích thước	25
M18	Đánh chải thân tàu	1: Đã hoàn thiện và có sẵn > 5 năm	Tất cả các loại tàu, kích thước	25 (trung bình khoảng 5 năm)

Đây là các công nghệ đã hoàn thiện, có sẵn trên thị trường với khả năng áp dụng rộng rãi cho hầu hết các loại tàu, kích thước tàu. Các thông tin đã được chuẩn bị cho 22 công nghệ tương ứng. CAPEX (USD/tàu), OPEX (USD /tàu /năm) và tiềm năng giảm phát thải CO₂ (%) được đánh giá và thiết lập theo loại/cỡ tàu. Ngoài ra, tác giả cũng tiến hành đánh giá khả năng áp dụng công nghệ cho các tàu mới và/hoặc cho các tàu hiện có (trang bị thêm).

CAPEX là chi phí vốn gia tăng, chẳng hạn như chi phí mua thiết bị bổ sung và lắp đặt so với công nghệ thông thường đang sử dụng ở năm cơ sở 2019. CAPEX trong tương lai của một số công nghệ được giảm theo thời gian bằng cách sử dụng các đường cong giảm học theo.

OPEX là chi phí vận hành và bảo trì gia tăng hàng năm. Tác giả giả định rằng OPEX để sử dụng nhiên liệu thay thế nói chung giống với OPEX của nhiên liệu thông thường. Do đó, OPEX của nhiên liệu thay thế được giả định bằng không, các chủ tàu sẽ không phát sinh thêm các chi phí trong quá trình sử dụng nhiên liệu mới.

Cả CAPEX và OPEX có thể được tính toán dựa trên dữ liệu từ tài liệu, chỉ bao gồm dữ liệu cho loại/kích thước tàu điển hình. Do đó, cần phải ngoại suy từ các dữ liệu có sẵn. Ngoại suy theo cỡ tàu (dwt) gồm M14, M15, M16, M17, M18, M19,

M20, M21, M22 theo công suất máy chính (kW) gồm M01, M02, M03, M04, M05, M07, M08, M09, M10, M11, M12, M13.

2.3. Mức độ thâm nhập của công nghệ

Để tính toán, cần xác định số lượng tàu áp dụng công nghệ giảm sau năm cơ sở. Khả năng thâm nhập được định nghĩa là tỷ lệ số lượng tàu áp dụng công nghệ tương ứng cho tất cả các tàu. Năng lực tiềm năng để thực hiện mỗi công nghệ được coi là sự khác biệt giữa mức thâm nhập dự kiến trong năm tính toán và năm cơ sở. MADDIX (2012) [5] đã tiến hành một cuộc điều tra định lượng về tỷ lệ thâm nhập của các công nghệ riêng lẻ. Tác giả thực hiện đặt tỷ lệ thâm nhập vào năm 2019 như được liệt kê trong bảng 3 chủ yếu dựa trên tài liệu này và một phần tham khảo Cục Hàng hải Việt Nam – cơ quan đăng ký tàu biển, ... MADDIX chỉ ra rằng rất khó có thể xác định mức độ thâm nhập trong tương lai nếu chỉ dựa vào công nghệ và chi phí, qua đó cũng cho thấy các rào cản thực hiện có khả năng cản trở sự thâm nhập trong tương lai. Ví dụ, đối với các rào cản thực hiện, IMarEST (2011) [1] không chỉ mô tả các rào cản về công nghệ, mà còn cho thấy các rào cản như thể chế, phân chia và tài chính, qua đó đề cập đến các phương pháp để vượt qua những rào cản này. Trong phạm vi nghiên cứu, các rào cản khi thực hiện khó có thể định lượng cụ thể.

Bảng 3. Kịch bản thâm nhập của công nghệ.

Mã	Tốc độ thâm nhập (%)				
	2019	Kịch bản cao		Kịch bản thấp	
		2030	2050	2030	2050
M1	75.0%	100%	100%	80.0%	100%
M2	2.0%	56.0%	100%	7.0%	32.0%
M3	1.0%	55.0%	100%	6.0%	31.0%
M4	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M5	50.0%	100%	100%	55.0%	80.0%
M6	75.0%	100%	100%	80.0%	100%
M7	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M8	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M9	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M10	10.0%	64.0%	100%	15.0%	42.5%

Mã	Tốc độ thâm nhập (%)				
	2019	Kịch bản cao		Kịch bản thấp	
		2030	2050	2030	2050
M11	10.0%	64.0%	100%	17.5%	40.0%
M12	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M13	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M14	75.0%	100%	100%	80%	100%
M15	0.0%	100%	100%	5.0%	30.0%
M16	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M17	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M18	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M19	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M20	50.0%	100%	100%	55.0%	80.0%
M21	12.5%	66.5%	100%	17.5%	42.5%
M22	50.0%	100%	100%	55.0%	80.0%

3. Hiệu quả chi phí áp dụng và tiềm năng giảm phát thải

Trong nghiên cứu này, tính toán đường cong chi phí giảm cận biên [6][7] bằng cách thay đổi tổng chi phí và lợi ích được sử dụng, có tính đến tỷ lệ chiết khấu theo công thức (1) và (2).

$$CPB_{y,j} = \frac{GHR_{y,j}I(y-b)}{\alpha_j \times CF \times F_y} \quad (1)$$

Trong đó:

$CPB_{y,j}$: Chi phí giảm biên (USD/tấn - CO₂) của công nghệ j trong năm y ;

α_j : Tỷ lệ giảm nhiên liệu của công nghệ j ;

F_y : Mức tiêu thụ nhiên liệu trước khi lắp đặt hoặc ban đầu cho một con tàu (tấn - Nhiên liệu/năm);

CF : Hệ số chuyển đổi không thứ nguyên giữa mức tiêu thụ nhiên liệu được đo bằng g và lượng khí thải CO₂ cũng được đo bằng g dựa trên hàm lượng các-bon (3,1144 g CO₂/g nhiên liệu);

b : Năm cơ sở 2019.

$$GHR_{y,j} = C_{y,j} + \frac{C_{b+1,j}}{(1+r)} + \frac{C_{b+2,j}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_{y,j}}{(1+r)^{y-b}} \quad (2)$$

$$C_y = L_{y,j}K_j + S_{y,j} - E_{y,j}$$

Trong đó:

r : Tốc độ giảm (%)

$C_{y,j}$: Chi phí thực hiện công nghệ j trong năm y , tức là chi phí đầu tư, chi phí vận hành khác và sự suy giảm chi phí do giảm chi phí nhiên liệu (USD/năm);

$L_{y,j}$: Tỷ lệ chiết khấu trong năm y (%);

K_j : CAPEX năm 2019 (USD / năm); nếu thời gian tồn tại dự kiến của một công nghệ được bỏ qua, I_i dưới 25 năm, thì CAPEX được tính vào năm $Y_r + I_i$ với điều kiện $Y_r + I_i < Y_t$ là đúng, trong đó Y_r là năm giới thiệu công nghệ, Y_t là năm tính MAC và i là một số nguyên từ 0 trở lên;

$S_{y,j}$: Chi phí vận hành gia tăng liên quan đến việc sử dụng công nghệ trong năm y (USD/năm);

$E_{y,j}$: Tiết kiệm chi tiêu nhiên liệu từ công nghệ trong năm y (USD/năm).

Áp dụng công thức (1) và (2), kết quả tính toán được thể hiện ở bảng 4. Theo đó, nhóm công nghệ cải tiến hệ thống hơi, tối ưu dòng theo thân tàu, bảo dưỡng chân vịt và bảo dưỡng thân tàu có hiệu quả chi phí tốt nhất lần lượt là (-28.0 USD/tấn CO₂), (-27.1 USD/tấn CO₂), (-26.0 USD/tấn CO₂), và (-21.9 USD/tấn CO₂). Trong

khi đó, phương án có tiềm năng giảm CO₂ cao lần lượt là giảm tốc độ 10% (7,54%), bảo dưỡng chân vịt (3,95%), bảo dưỡng thân tàu (3,90%). Như vậy, các công nghệ bảo dưỡng, cải tiến chân vịt là giải pháp vừa đem lại hiệu quả chi phí và vừa có tiềm năng giảm phát thải cao nhất. Đây là giải pháp đã có một số chủ tàu như VOSCO áp dụng cho tàu VOSCO SUNRISE, thông qua đơn vị cung cấp nước ngoài.

Bảng 4. Kích bản hiệu quả chi phí và tiềm năng giảm thiểu vào năm 2030 và 2050.

Nhóm công nghệ	2030		2050	
	MAC (USD/tấn - CO ₂)	Tiềm năng giảm CO ₂ (%)	MAC (USD/tấn - CO ₂)	Tiềm năng giảm CO ₂ (%)
Cải tiến hệ thống hơi	-28.0	1.30%	-25.3	2.13%
Tối ưu dòng theo thân tàu mở	-27.1	1.64%	-25.6	3.00%
Bảo dưỡng chân vịt	-26.0	2.20%	-23.1	3.95%
Bảo dưỡng thân tàu	-21.9	2.22%	-20.2	3.90%
Phủ thân tàu	-5.9	1.48%	-14.3	2.55%
Giảm nhu cầu năng lượng phụ	27.6	0.40%	-9.9	0.71%
Năng lượng gió	36.5	0.89%	4.2	1.66%
Hệ thống máy phụ	42.4	0.87%	-4.4	1.59%
Cải tiến máy chính	42.5	0.25%	-2.6	0.45%
Cải tiến chân vịt	54.1	1.40%	5.6	2.40%
Giảm tốc độ 10%	60.3	7.38%	6.7	7.54%
Hệ thống bôi trơn không khí	108.0	1.35%	29.1	2.26%
Thu hồi nhiệt thải	123.3	1.68%	22.6	3.09%

4. Kết luận

Cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của tàu biển là biện pháp giảm phát thải các-bon và các khí nhà kính khác có tác động mạnh mẽ nhất, điều này dẫn đến giảm cường độ các-bon nhằm đạt mục tiêu vào năm 2030. Đối với các tàu biển Việt Nam, việc áp dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng mang tính khả thi cao nhằm giảm phát thải lớn. Tuy nhiên, điều này còn phụ thuộc vào khả năng thích ứng của các

doanh nghiệp vận tải biển Việt Nam cũng như phụ thuộc vào đầu tư cơ sở hạ tầng và thời gian thực hiện. Cải thiện khả năng cấp phối dịch vụ giải pháp giảm thải tại các cơ sở doanh nghiệp cung cấp dịch vụ này và thực hiện dịch vụ tại chính các cơ sở đóng và sửa chữa tàu góp phần giảm cường độ phát thải theo mục tiêu đến năm 2030. Trong bài báo, các công nghệ tiết kiệm năng lượng tiềm năng được sàng lọc và đánh giá theo các tiêu chí như vòng đời

sử dụng, khả năng thâm nhập, hiệu quả chi phí giảm phát thải và tiềm năng giảm phát thải CO₂. Kết quả chỉ ra các giải pháp tiềm năng áp dụng đó là cải tiến, bảo dưỡng chân vịt, vệ sinh vỏ tàu.

Lời cảm ơn.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh và Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã hỗ trợ tác giả thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] IMarEST; “Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures”. MEPC 62/INF.7, IMO. 2011. Available: <https://docs.imo.org/>. Accessed on: 20/12/2021.
- [2] M.S. Eide et al.; “Future cost scenarios for reduction of ship CO₂ emissions”. Maritime Policy & Management. 2011; 38(1): 11-37. DOI:10.1080/03088839.2010.533711.
- [3] P. M. Schultz, J. A. Bendick, E. R. Holm, W. M. Hetel; “Economic impact of biofouling on a naval surface ship”; Biofouling. 2011; 27(1):87-98. DOI:10.1080/08927014.2010.542809.
- [4] IMO; “Second IMO GHG Study 2009”. 2009. Available: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Greenhouse-Gas-Study-2009.aspx>. Accessed on: 16/10/2021.
- [5] Maddox Consulting; “Analysis of market barriers to cost effective GHG emission reductions in the maritime transport sector”. 2012. Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b641a090-04c8-4459-99fe-4302bb5b9176>. Accessed on: 16/10/2021.
- [6] JASTRA; “Chapter 3. A study on MACCs for the international maritime”; Cost Benefit Analysis for the Energy Efficiency Improvement”. NMRI. 2011.
- [7] JASTRA; “Chapter 4. Study for EEDI review”; Development of the reference for GHG reduction from ships. NMRI. 2018.
- [8] Frontier Economics, UMAS and CE Delft; “Reducing the Maritime Sector’s Contribution to Climate Change and Air Pollution: Scenario Analysis: Take-up of Emissions Reduction Options and their Impacts on Emissions and Costs”. Department for Transport, London, UK; 2019.

Ngày nhận bài: 15/02/2022

Ngày chuyển phản biện: 18/02/2022

Ngày hoàn thành sửa bài: 11/03/2022

Ngày chấp nhận đăng: 18/03/2022