

ẢNH HƯỞNG CỦA TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ ĐẾN CHỈ SỐ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EEOI) TRÊN TÀU THỦY

THE EFFECT OF ENGINE TECHNICAL CONDITION ON ENERGY EFFICIENCY OPERATION INDICATOR (EEOI) ON THE SHIP

NGUYỄN TRÍ MINH*, NGUYỄN TRUNG CƯỜNG

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: triminh@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo này sẽ phân tích, đánh giá ý nghĩa của chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) và công thức tính EEOI của IMO; Phân tích ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật động cơ đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ và do đó ảnh hưởng đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI). Ứng dụng vào thực tế, bài báo đã tính toán chỉ số EEOI cho tàu NSU MILESTONE để làm sáng tỏ ảnh hưởng của các điều kiện khai thác và tình trạng kỹ thuật của động cơ đến chỉ số EEOI

Từ khóa: Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI), khai thác hiệu quả.

Abstract

This article will analyze and evaluate the significance of the Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) and IMO's EEOI formula; Analyzing the impact of engine's technical condition on its fuel consumption and thus the Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). Apply into reality, this article also calculates the EEOI Index for M/V. NSU MILESTONE to clarify the impact of the operating condition and the technical condition of the engine on the EEOI index.

Keywords: Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI), Efficiency Operation.

1. Giới thiệu chung

Sự tăng trưởng tổng sản phẩm quốc nội (GDP) của các quốc gia trên thế giới càng lớn, nhu cầu vận chuyển hàng hóa giữa các khu vực trên thế giới càng lớn, do đó ngành vận tải biển trên thế giới càng phát triển, dẫn tới lượng tiêu thụ nhiên liệu cho đội tàu biển ngày càng tăng. Đó chính là một trong các nguyên nhân chính gây ô nhiễm không khí.

Những chất khí độc hại phát thải từ các động cơ diesel gây ô nhiễm môi trường chủ yếu bao gồm các

oxit ni tơ (NOx), oxit lưu huỳnh (SOx) và oxit cacbon (CO, CO₂).

Từ cuối những năm 1980, Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã tiến hành nghiên cứu ban hành các văn bản nhằm ngăn ngừa ô nhiễm không khí do tàu biển. Vì vậy, các công ty chế tạo động cơ diesel tàu thủy đã nhanh chóng có các giải pháp để giảm thiểu hàm lượng phát thải ôxít nitơ, oxit lưu huỳnh trong khí thải động cơ như: cải tiến động cơ diesel, lắp thêm các hệ thống lọc khí thải, sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp,...

Hàng năm lượng khí CO₂ do tàu biển thải ra môi trường gây hiệu ứng nhà kính tăng trung bình khoảng 9,6%/năm trong giai đoạn từ 2012 đến 2018 (từ 977 triệu tấn lên 1,076 triệu tấn/năm) và dự báo đến năm 2050 lượng khí CO₂ do tàu biển phát thải vào không khí tăng khoảng 50% so với năm 2018, do nhu cầu vận tải hàng hóa bằng đường biển là rất lớn và ngày càng lớn hơn [3, 6].

Tháng 7 năm 2011, Ủy ban Bảo vệ môi trường biển (MEPC) của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) đã thông qua quy định về giảm sự phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính từ tàu biển. Quy định về chỉ số thiết kế hiệu quả năng lượng (Energy Efficiency Design Index-EEDI) và yêu cầu các công ty quản lý tàu phải xây dựng Kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu (Ship Energy Efficiency Management Plan-SEEMP) cho các tàu của mình [1].

Để theo dõi, đánh giá hiệu quả của Kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu (SEEMP), tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) khuyến cáo các công ty quản lý tàu sử dụng chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (Energy Efficiency Operational Indicator - EEOI).

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là lý thuyết kết hợp với thực nghiệm. Nghiên cứu lý thuyết chủ yếu tập trung vào việc thu thập dữ liệu, tính toán, phân tích, đánh giá. Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện tính toán cho một con tàu cụ thể.

3. Khái niệm về chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng

Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) là khối lượng CO₂ do tàu phát thải (bao gồm cả lượng CO₂ phát thải khi tàu trong cảng) khi tàu chở được 1 đơn vị hàng hóa và di chuyển được một hải lý.

IMO quy định có hai cách tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI): Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của một chuyến và chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) trung bình của nhiều chuyến, hoặc trong một chu kỳ thời gian (ngày, tháng,...).

3.1. Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của một chuyến

Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của một chuyến được tính bằng công thức (1).

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D} \quad (1)$$

Trong đó:

C_{Fj} : Hệ số phát thải CO₂ (quy đổi khối lượng nhiên liệu thứ j ra khối lượng phát thải CO₂, hệ số này phụ thuộc vào hàm lượng các bon có trong nhiên liệu j). Giá trị của C_{Fj} phụ thuộc vào từng loại nhiên liệu và được tra trong Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số phát thải CO₂ của các loại nhiên liệu [1]

Loại nhiên liệu	C _f (T. CO ₂ /T. nhiên liệu)	Chú thích
Diesel/gas oil	3.026000	ISO8217 DMX-RMC
Light Fuel Oil (LFO)	3.151040	ISO8217 RMA-RMD
Heavy Fuel Oil (HFO)	3.114400	ISO8217 RME-RMK
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	3.000000	Propane
	3.030000	Butane
Liquefied Natural Gas (LNG)	2.750000	

FC_j : Khối lượng nhiên liệu thứ j tiêu thụ của động cơ lai chân vịt, máy phát điện, các thiết bị tiêu thụ nhiên liệu khác: Nồi hơi, lò đốt rác,... trong chuyến đi và trong cảng cho một khoảng thời gian xem xét: ngày, tháng,...

D : Quãng đường thật đi được, tính bằng hải lý giữa hai cảng, hoặc quãng đường tàu đi được trong một

khoảng thời gian xem xét: ngày, tháng,...

Loại hàng hóa: Bao gồm tất cả các loại hàng hóa thường chở trên tàu: Khí hóa lỏng, hàng rời, hàng tổng hợp, container, ô tô, hành khách,...

m_{cargo} : Khối lượng hàng chở trên tàu trong chuyến đi. Các loại hàng khác nhau sẽ có cách tính đơn vị khối lượng khác nhau như trong Bảng 2.

Chuyến đi: Là khoảng thời gian tính từ khi khởi hành từ cảng A đến khi khởi hành từ cảng B tiếp theo, hoặc từ khi đến cảng A đến khi đến cảng B, như sơ đồ Hình 1 [1].

Bảng 2. Đơn vị tính khối lượng hàng/khách chở của các loại tàu [1]

Loại tàu	Đơn vị
Tàu chở hàng khô	Tấn
Tàu chở hàng lỏng	Tấn
Tàu container	TEU
Tàu RO-RO Tàu khách	Tấn (container có hàng: 10t, cotainer không hàng: 2t)
	Số khách trên tàu
Tàu ô tô	Số ô tô trên tàu

3.2. Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) trung bình của nhiều chuyến

Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) trung bình của nhiều chuyến được tính bằng công thức:

$$Average EEOI = \frac{\sum_i \sum_j FC_{ij} \times C_{Fj}}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i} \quad (2)$$

Trong đó: i : số chuyến;

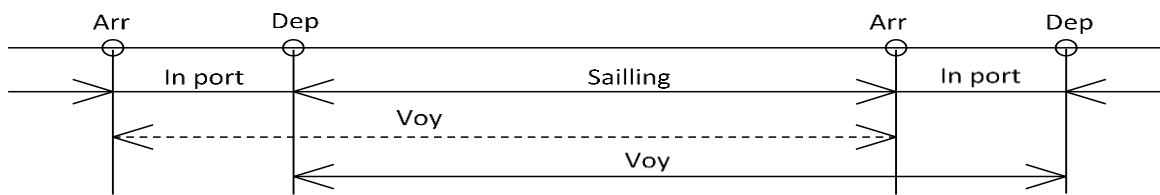
D_i : Quãng đường của chuyến thứ i .

Từ công thức trên có thể thấy rằng, giá trị EEOI càng nhỏ thì hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu càng lớn.

4. Tình trạng kỹ thuật của động cơ ảnh hưởng đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI)

Từ công thức tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI), có thể thấy rằng giá trị EEOI phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: tốc độ tàu, thời gian hành trình trên biển, thời gian neo, làm hàng, khối lượng hàng chở trên tàu, tình trạng kỹ thuật của các thiết bị tiêu thụ nhiên liệu trên tàu như: động cơ lai chân vịt, động cơ lai máy phát điện, nồi hơi phụ,...

Trong bài báo này chúng tôi chỉ đưa ra và phân tích ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng



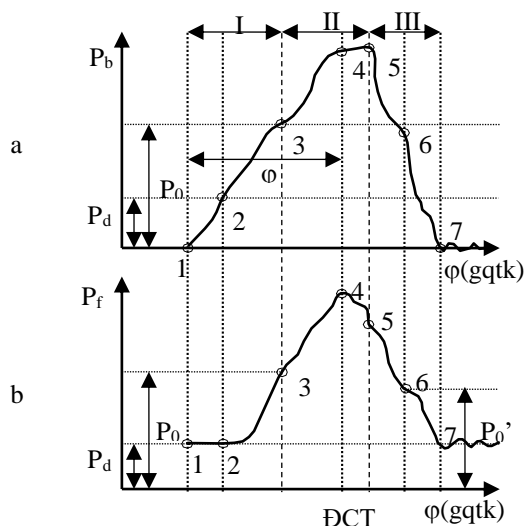
Hình 1. Hình ảnh mô tả khái niệm “Chuyến đi”

(EEOI), còn các yếu tố khác như: tuyến hành hải, món nước mũi-lái, tình trạng kỹ thuật của vỏ tàu, chân vịt, sẽ được trình bày trong một bài báo khác.

Đối với các động cơ diesel, tình trạng kỹ thuật của các chi tiết ảnh hưởng đến quá trình cháy trong xilanh động cơ đều ảnh hưởng trực tiếp đến mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ.

4.1. Bơm cao áp

Các hư hỏng thường gặp trong thực tế của bơm cao áp là: Cặp piston và xilanh bơm cao áp bị mòn, sẽ làm cho áp suất phun nhiên liệu và góc phun sớm bị giảm.



Hình 2. Áp suất nhiên liệu tại bơm cao áp và vòi phun
 a. Áp suất nhiên liệu tại Bơm cao áp; b. Áp suất nhiên liệu tại vòi phun.

Để hiểu rõ hơn vì sao áp suất phun nhiên liệu giảm khi cặp piston và xilanh bơm cao áp bị mòn, chúng ta hãy xem xét diễn biến sự thay đổi áp suất của nhiên liệu tại bơm cao áp và vòi phun diễn ra như sau:

Trên Hình 2, thời điểm bắt đầu hành trình có ích của piston bơm cao áp được ký hiệu điểm (1) trên đồ thị. Áp suất nhiên liệu trong bơm cao áp tiếp tục tăng đến áp suất P_d (2) trên đồ thị, lúc này van một chiều sau bơm cao áp mở. Piston bơm cao áp tiếp tục đi lên, áp suất nhiên liệu trong bơm cao áp và tại vòi phun tăng đến áp suất nâng kim phun P_0 (điểm 3).

Đó chính là thời điểm bắt đầu phun nhiên liệu thực tế của vòi phun.

Trong trường hợp cặp piston và xilanh bơm cao áp bị mòn, thời điểm áp suất nhiên liệu đạt tới áp suất P_0 sẽ chậm hơn, do đó kim phun mở muộn hơn, nghĩa là góc phun sớm bị giảm.

Khi piston bơm cao áp bị mòn, lưu lượng bơm cao áp sẽ giảm, do đó áp suất phun nhiên liệu sẽ giảm, mặc dù kim phun vẫn mở. [4]. Góc phun sớm giảm, áp suất phun giảm làm cho thời gian cháy nhiên liệu trong xilanh bị kéo dài. Kết quả là công suất, hiệu suất động cơ giảm, suất tiêu hao nhiên liệu tăng lên.

4.2. Vòi phun của động cơ

Sau một thời gian làm việc tình trạng kỹ thuật của các vòi phun sẽ bị giảm, ảnh hưởng đến chất lượng quá trình cháy trong xilanh động cơ. Các hư hỏng thường gặp đối với vòi phun là:

Kim phun đóng không kín, do đó ở đầu và cuối quá trình phun nhiên liệu, mặc dù kim phun chưa mở, hoặc đã đóng nhưng nhiên liệu vẫn bị “rò” vào xilanh, làm cho áp suất phun nhiên liệu bị giảm (lúc này áp suất phun nhiên liệu lớn nhất sẽ thấp hơn P_4 , Hình 2).

Thân kim phun bị mòn, do đó một phần nhiên liệu sẽ bị rò lọt ra ngoài dọc theo thân kim phun làm cho áp suất phun bị giảm, đồng thời cũng làm giảm góc phun sớm thực tế, kết quả là quá trình cháy rút ngắn, làm cho công suất và hiệu suất của động cơ bị giảm, suất tiêu hao nhiên liệu, lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ tăng.

4.3. Nhiệt độ nhiên liệu trước bơm cao áp

Chất lượng phun nhiên liệu không những phụ thuộc vào bơm cao áp, vòi phun, áp suất phun, kết cấu buồng đốt,... mà còn phụ thuộc vào độ nhớt của nhiên liệu. Vì vậy, nhiên liệu phải được hâm trước khi đến bơm cao áp để nhiên liệu có độ nhớt phù hợp. Nếu nhiệt độ nhiên liệu trước bơm cao áp thấp, độ nhớt của nhiên liệu sẽ tăng cao hơn giá trị cho phép của động cơ, do đó sự hòa trộn giữa nhiên liệu và khí nén trong buồng đốt sẽ không đồng đều và kéo dài, làm cho quá trình cháy trong xilanh bị kéo dài sang đường giãn nở. Đó là lý do vì sao suất tiêu

hao nhiên liệu của động cơ tăng khi nhiệt độ hâm nhiên liệu không phù hợp.

Kinh nghiệm khai thác cho thấy độ nhớt của nhiên liệu không được quá thấp, vì khi đó sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng phun sương, chức năng bôi trơn của nhiên liệu cho bơm cao áp và vòi phun, do đó tăng nguy cơ bị kẹt piston bơm cao áp, hỏng các gioăng cao su làm kín của bơm cao áp [5].

4.4. Sức cản trên đường nạp-xả, tình trạng kỹ thuật của sinh hàn khí tăng áp

Sức cản trên đường nạp, tình trạng kỹ thuật của sinh hàn khí tăng áp, tua bin-máy nén tăng áp sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến lượng khí nạp vào xilanh động cơ và do đó ảnh hưởng đến quá trình cháy trong xilanh động cơ. Nếu sức cản trên đường nạp, xả tăng, tình trạng kỹ thuật của tua bin-máy nén tăng áp, sinh hàn khí tăng áp không tốt sẽ làm giảm lượng khí nạp vào xilanh và do đó làm cho quá trình cháy kéo dài sang đường giãn nở. Kết quả là công suất, hiệu suất của động cơ giảm, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ tăng, làm tăng chỉ số EEOI.

4.5. Xéc măng-xilanh-xupap

Cụm chi tiết xéc măng-xilanh, xupap ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng quá trình cháy trong xilanh động cơ. Khi xéc măng, xilanh, hoặc các xupap bị mòn, không kín, làm cho áp suất và nhiệt độ cuối quá trình nén giảm, do đó quá trình hòa trộn giữa nhiên liệu và khí nén trong xilanh không đều. Điều này làm cho quá trình cháy trong xilanh động cơ sẽ diễn ra chậm hơn, công suất, hiệu suất động cơ giảm, nhiệt độ khí xả tăng, suất tiêu hao nhiên liệu cũng tăng. Ngoài ra một phần nhiên liệu không thể cháy được do thiếu không khí cũng theo khí xả ra ngoài. Có thể thấy rằng tình trạng kỹ thuật của động cơ ảnh hưởng nhiều đến lượng tiêu thụ nhiên liệu trên tàu, dẫn tới làm tăng chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI). Vì vậy trong quá trình khai thác động cơ phải tuân thủ chặt chẽ kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa cho động cơ.

5. Tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE

Để làm rõ những phân tích, đánh giá trên, nhóm tác giả tiến hành tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE của Công ty Hosei Shipping SA, với chu kỳ tính là một tháng.

5.1. Các đặc điểm chính của tàu NSU MILESTONE

Tàu NSU MILESTONE có các thông số chính như sau:

Loại tàu: Tàu chở hàng rời;
Tốc độ: 15,0 [hải lý/giờ];
Máy chính: MITSUI MAN B&W 7S80MC-C;
Công suất: 22.314 [kW];
Tốc độ quay: 74,5 [v/ph];
Suất tiêu hao nhiên liệu: 158,64 [g/kW.h];
Máy đèn: YANMAR 6N21AN-21V;
Công suất: 880 [kW];
Tốc độ quay: 900 [v/ph].

5.2. Tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE

Phần này sẽ tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE trong ba tháng (tháng 7, 8 và 9 năm 2019). Các bước tính sẽ được thực hiện như sau:

5.2.1. Chu kỳ tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE

Chu kỳ tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) của tàu NSU MILESTONE là một tháng, và tính trong 3 tháng có thời gian chạy biển và lượng hàng hóa khác nhau.

5.2.2 Nguồn dữ liệu để tính

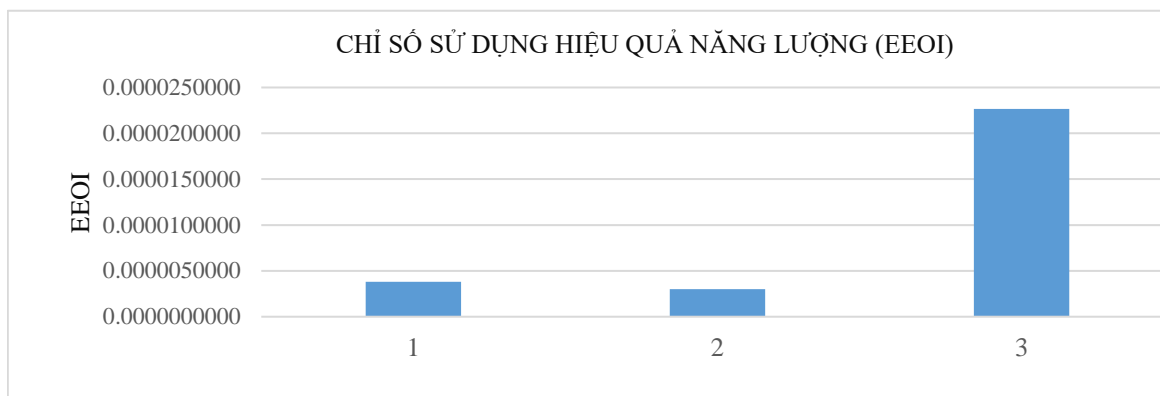
Nhật ký buồng máy và boong của tàu NSU MILESTONE, các hóa đơn nhiên liệu của Công ty cấp nhiên liệu cho tàu [2].

5.2.3. Thu thập dữ liệu

Các dữ liệu thu thập từ nhật ký boong và máy của tàu NSU MILESTONE để tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI) bao gồm: Lượng tiêu thụ nhiên liệu nặng, nhẹ của động cơ lai chân vịt, lai máy phát điện, nồi hơi phụ, trong từng ngày; đặc tính loại nhiên liệu được tiêu thụ trên tàu; quãng đường tàu di chuyển được mỗi ngày; lượng hàng hóa trên tàu của từng quãng đường và tình trạng bảo dưỡng động cơ của từng tháng. Trong đó, tháng 7 động cơ chưa được bảo dưỡng vòi phun, xupap, nhưng tháng 8 tàu đã thay vòi phun, thay xupap xả, xéc măng của xilanh số 2, 4.

5.2.4. Tính chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI)

Căn cứ vào các thông số thu thập được từ nhật ký máy, boong, hóa đơn nhiên liệu từ tàu NSU MILESTONE, và công thức tính chỉ số khai thác hiệu quả năng lượng EEOI (2), chúng tôi đã tính được chỉ số khai thác hiệu quả năng lượng (EEOI) của các tháng như sau:



Hình 3. Chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI)

1. EEOI tháng 7, 2. EEOI tháng 8; 3. EEOI tháng 9

5.3. Kết luận

Nhìn vào biểu đồ Hình 3 chúng ta thấy rằng giá trị chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng của các tháng 7, 8, 9 có giá trị khác nhau, vì các nguyên nhân sau: Tổng số ngày chạy biển của các tháng khác nhau; tuyến hành trình của các tháng khác nhau; lượng tiêu thụ nhiên liệu của các tháng khác nhau; tổng quãng đường chạy được của các tháng khác nhau; lượng hàng trên tàu của các tháng khác nhau.

So sánh tháng 7 và tháng 8, chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng của tháng 8 đã giảm đi. Qua số liệu thực tế thu thập được, với lượng hàng hóa chuyên chở như nhau, ngay sau khi bảo dưỡng, với lượng hàng hóa không đổi, lượng nhiên liệu tiêu thụ giảm đi rõ rệt. Điều này có thể lý giải trong tháng 8 tàu đã bảo dưỡng, thay mới xéc măng, vòi phun, xupap xả cho xilanh số 2, 4.

6. Kết quả nghiên cứu

Nội dung bài báo đã giải quyết được các vấn đề chính sau:

- (i) Phân tích đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ ảnh hưởng đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI);
- (ii) Việc xác định chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng cho tàu NSU MILESTONE đã cho ta thấy sự ảnh hưởng của các điều kiện khai thác nói chung và tình trạng kỹ thuật của động cơ nói riêng đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng (EEOI).

7. Kết luận

(i) Tình trạng kỹ thuật của động cơ ảnh hưởng trực tiếp đến lượng tiêu hao nhiên liệu trên các tàu biển, và do đó ảnh hưởng đến chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng EEOI của tàu.

(ii) Để đảm bảo duy trì chỉ số sử dụng hiệu quả năng lượng theo qui định của IMO cần phải tìm các biện pháp nhằm giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu cho

máy chính, máy đèn, nồi hơi và các thiết bị tiêu thụ nhiên liệu dưới tàu, trong đó các công ty quản lý, khai thác tàu biển cần thực hiện việc bảo dưỡng, sửa chữa động cơ đúng hướng dẫn của hãng chế tạo động cơ.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT20-21.11.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] IMO, Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI), MEPC.1/Circ.683&684, 17 August 2009.
- [2] M/V NSU MILESTONE, Noon report, The ship document is recorded in Log Record Book of M/V NSU MILESTONE.
- [3] <https://baotainguyenmoitruong.vn/phat-thai-khi-n-ha-kinh-tu-tau-bien-tiep-tuc-tang-308684.html>. Truy cập ngày 20/3/2020.
- [4] Nguyễn Trung Cương, Hệ thống nhiên liệu, *Động cơ diesel tàu thủy*, NXB Giao thông vận tải, Tr: 137-140. 2010.
- [5] Nguyễn Trung Cương, Hệ thống nhiên liệu, *Khai thác động cơ diesel thấp tốc*, NXB Giao thông vận tải, tr.27-29. 2016.
- [6] Tran Tien Anh, "A research on the energy efficiency operational indicator EEOI calculation tool on M/V NSU JUSTICE of VINIC transportation company, Vietnam" Journal of Ocean Engineering and Science, Volume 2, Issue 1, pp.55-60. 3/2017.

Ngày nhận bài:	07/4/2021
Ngày nhận bản sửa:	26/4/2021
Ngày duyệt đăng:	09/5/2021