

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TÌNH TRẠNG VỎ TÀU, CHÂN VỊT VÀ ĐIỀU KIỆN HÀNH HẢI TỚI MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY

RESEARCHING INFLUENCE OF SHIP'S HULL, PROPELLER AND SEA CONDITIONS ON THE FUEL CONSUMPTION OF THE MAIN MARINE DIESEL ENGINE

NGUYỄN HUY HÀO

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

Email liên hệ: nghhao@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy trong quá trình khai thác phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Nội dung bài báo tập trung phân tích ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải tới mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt, từ đó xác định các hệ số thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố này tới mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ.

Từ khóa: Tiêu thụ nhiên liệu, động cơ diesel tàu thủy, yếu tố khai thác.

Abstract

Fuel consumption of marine diesel engines during operation depends on different factors. In this article was researched influence of ship's hull, propeller and sea conditions on the fuel consumption of the main marine diesel engine. And thence, experiment coefficients evaluating the influence of these factors were determined.

Keywords: Fuel consumption, marine diesel engine, operation factor.

1. Đặt vấn đề

Tiêu thụ nhiên liệu trên tàu thủy là vấn đề luôn được quan tâm trong quá trình khai thác tàu không chỉ đối với chủ tàu mà cả đối với các sỹ quan, thuyền viên trên tàu. Đối với chủ tàu, việc kiểm soát tốt mức tiêu thụ nhiên liệu cho phép giảm chi phí nhiên liệu, là chi phí chiếm tỷ trọng lớn trong tổng chi phí khai thác tàu hiện nay, đồng thời việc kiểm soát và giảm mức tiêu thụ nhiên liệu cho phép giảm mức phát thải khí làm tăng hiệu ứng nhà kính (CO₂), đáp ứng các tiêu chuẩn theo Chương 4 của Phụ lục VI - Công ước quốc tế MARPOL 73/78 có hiệu lực thi hành từ 01/01/2013.

Đối với các sỹ quan và thuyền viên, việc khai thác hiệu quả nhiên liệu trên tàu thể hiện trình độ năng lực và trách nhiệm của thuyền viên đối với chủ tàu.

Tiêu thụ nhiên liệu là lượng nhiên liệu cần sử dụng cho thiết bị trong một đơn vị thời gian. Trên tàu biển,

các thiết bị sử dụng nhiên liệu bao gồm: động cơ diesel chính lai chân vịt, các động cơ diesel lai máy phát điện và nồi hơi. Trong khuôn khổ bài báo chỉ đề cập tới tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính lai chân vịt.

Lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ diesel chính có thể được tính theo giờ, theo ngày, theo chuyến đi, theo tháng hoặc theo năm,..., trong nội dung này chỉ xem xét, đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ chính theo ngày.

Việc xác định chính xác mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ trong các điều kiện khai thác thực tế ngoài những ý nghĩa như đã phân tích ở trên còn giúp hạn chế các hiện tượng tiêu cực, đồng thời tránh việc tranh cãi không cần thiết giữa sỹ quan, thuyền viên và chủ tàu về số liệu tiêu thụ nhiên liệu trên tàu.

2. Nội dung

2.1. Tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ chính theo ngày

Về mặt lý thuyết, lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính trong một ngày ở chế độ định mức có thể được xác định theo biểu thức:

$$G_{24-0} = g_{e0} \times N_{e0} \times \frac{24}{1000} = G_{NL0} \times \frac{24}{1000} \quad (1)$$

(tấn/ngày)

Trong đó:

g_{e0} là suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ ở chế độ định mức khi thử động cơ trên xưởng (kg/mã lực giờ hoặc kg/kW giờ);

G_{NL0} là lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính trong một giờ ở chế độ định mức khi thử nghiệm động cơ trên xưởng (kg/giờ);

N_{e0} là công suất định mức của động cơ chính khi thử nghiệm trên xưởng (mã lực hoặc kW).

Trong khai thác thực tế, do sự thay đổi về lượng hàng hóa mà tàu chuyên chở, sự thay đổi chế độ công tác của động cơ (công suất, vòng quay), sự khác biệt

về loại nhiên liệu sử dụng cho động cơ, lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ trong một ngày được xác định theo biểu thức (2) dưới đây [2], [4], [5]:

$$G_{24} = \frac{G_{NL0}}{1000} \times 24 \times \frac{1}{1 - 0,25 \left(\frac{Q}{Q_0} - 1 \right)} \times \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \times \frac{Q_H}{Q_{H0}} \times \frac{\gamma}{\gamma_0}$$

(tấn/ngày) (2)

Trong đó:

G_{NL0} như đã giải thích ở trên, là lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính trong một giờ ở chế độ định mức khi thử nghiệm động cơ trên xưởng (kg/giờ), thường được cho trong hồ sơ kỹ thuật của động cơ;

Q_0 là trọng tải (DWT) theo thiết kế của tàu (tấn);

Q là trọng tải thực chở của tàu ở điều kiện đang xét (tấn);

n và n_0 lần lượt là tốc độ quay ở chế độ khai thác thực tế của động cơ và tốc độ quay định mức ở điều kiện thử động cơ trên xưởng (vòng/phút);

Q_H và Q_{H0} lần lượt là nhiệt trị thấp của nhiên liệu sử dụng thực tế trên tàu và nhiên liệu thử động cơ trên xưởng (kJ/kg);

γ và γ_0 lần lượt là tỷ trọng của nhiên liệu được sử dụng thực tế trên tàu và nhiên liệu thử động cơ trên xưởng.

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt

2.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ

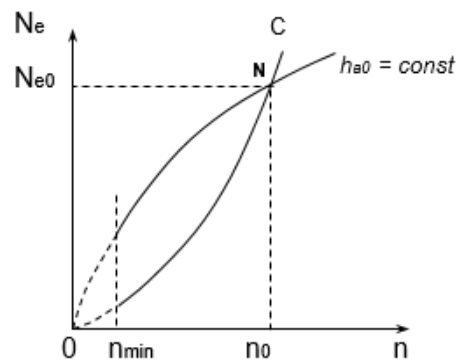
Dựa trên các kết quả thử nghiệm động cơ trên xưởng (thử nghiệm động cơ trước khi xuất xưởng), bằng biểu thức (2) người ta có thể xác định được lượng tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ chính theo ngày ở điều kiện khai thác thực tế. Tuy nhiên, lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính không chỉ phụ thuộc vào lượng hàng hóa chuyên chở thực tế cũng như chế độ khai thác hiện tại của động cơ mà nó còn chịu ảnh hưởng của một loạt các yếu tố như:

- Tình trạng của vỏ tàu và chân vịt;
- Điều kiện hành hải của tàu, cụ thể đó là điều kiện mặt biển (sóng, gió, dòng chảy,...), chiều sâu luồng lạch,...;
- Tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel chính và các thiết bị liên quan (thiết bị cung cấp nhiên liệu, tua bin tăng áp)...;
- Điều kiện khí hậu, môi trường,...

Tất cả các yếu tố này đều có ảnh hưởng đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ ở các mức độ khác nhau, do phạm vi có hạn, trong nội dung bài báo chỉ tập trung xem xét ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải tới lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel chính.

2.2.2. Ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải đến lượng tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt

Trên Hình 1 minh họa sự phối hợp công tác giữa động cơ diesel chính với chân vịt ở chế độ khai thác tương ứng với điều kiện thử động cơ trên xưởng.



Hình 1. Minh họa sự phối hợp công tác giữa động cơ diesel chính với chân vịt tương ứng với điều kiện thử động cơ trên xưởng

Với mỗi một con tàu cụ thể, trước khi xuất xưởng người ta luôn xây dựng được một đường cong bậc ba (C) biểu diễn sự thay đổi công suất tiêu thụ của chân vịt theo tốc độ quay tương ứng với điều kiện thử động cơ trên xưởng, cụ thể đường cong (C) phải đi qua điểm $N(n_0, N_{e0})$, với n_0 và N_{e0} lần lượt là tốc độ quay và công suất định mức của động cơ khi thử trên xưởng. Đường cong (C) còn được gọi là đường đặc tính chân vịt chuẩn hay đặc tính chân vịt lý thuyết. Giao điểm giữa đường cong (C) và đặc tính ngoài định mức của động cơ ($h_{a0} = const$) được gọi là điểm phối hợp công tác giữa động cơ với chân vịt, tại đó công suất tiêu thụ của chân vịt chính bằng công suất mà động cơ chính cung cấp cho nó.

Trong quá trình khai thác, do ảnh hưởng của sự tăng sóng, gió, ngược dòng chảy,... sẽ làm cho công suất tiêu thụ của chân vịt tăng lên. Bên cạnh đó, theo thời gian khai thác, vỏ tàu không còn giữ được độ phẳng, nhẵn do tác động của sóng biển, vỏ tàu và chân vịt bị các sinh vật biển (hàu, hà) bám vào,... sẽ làm gia tăng sức cản của vỏ tàu. Khi đó đặc tính chân vịt không còn như thiết kế ban đầu nữa mà sẽ chuyển sang

đặc tính chân vịt mới (C₁) dốc hơn so với đường cong (C) như mô tả trên Hình 2.

Khi tình trạng vỏ tàu, chân vịt kém đi, cộng với điều kiện hành hải khó khăn hơn, để duy trì tốc độ quay động cơ bằng n₀ như trước thì công suất động cơ chính cần tăng thêm từ N_{e0} tới N_{e1} (Hình 2. a). Trong khi đó, với việc giữ nguyên tốc độ quay động cơ bằng n₀ thì tốc độ tàu sẽ bị giảm từ V₀ xuống V₁ (Hình 2. b) và để duy trì được tốc độ tàu như cũ thì tốc độ quay động cơ cần phải được tăng từ n₀ tới n₂, tương ứng với sự tăng công suất động cơ chính tới giá trị N_{e2} (lớn hơn N_{e1}).

Như vậy tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải có ảnh hưởng lớn đến lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ chính. Để đánh giá được mức độ của những ảnh hưởng này, trong biểu thức xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ cần phải đưa thêm vào các hệ số hiệu chỉnh. Gọi k₁ là hệ số hiệu chỉnh có kể đến ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu và chân vịt, k₂ là hệ số hiệu chỉnh có kể đến ảnh hưởng của điều kiện hành hải, khi đó, biểu thức (2) có thể viết lại thành:

$$G_{24} = \frac{G_{NL0}}{1000} \times 24 \times \frac{1}{1 - 0,25 \left(\frac{Q}{Q_0} - 1 \right)} \times \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \times \frac{Q_H}{Q_{H0}} \times \frac{\gamma}{\gamma_0} \times (1 + k_1 + k_2)$$

(tấn/ngày) (3)

2.2.3. Xác định các hệ số hiệu chỉnh khi xem xét ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải tới mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ chính

Để xác định lượng tiêu thụ nhiên cho động cơ chính theo biểu thức (3) cần xác định được các hệ số hiệu chỉnh k₁ và k₂. Các hệ số hiệu chỉnh có thể được xác định theo các biểu thức sau đây.

- Hệ số ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu và chân vịt k₁ được xác định theo biểu thức [1], [2]:

$$k_1 = k_R \times \frac{\eta_{p0}}{\eta_p} - 1 \tag{4}$$

Trong đó:

η_{p0} và η_p là hiệu suất chân vịt mới và hiệu suất chân vịt sau thời gian khai thác;

k_R là hệ số gia tăng sức cản vỏ tàu sau thời gian khai thác được xác định theo biểu thức thực nghiệm của IU.A.Sved:

$$k_R = 1 + 1,7(1 - 0,41 T_{kt}^{0,00127k_t})$$

với T_{kt} là thời gian khai thác tính từ lúc tàu xuống đà (tháng).

- Hệ số ảnh hưởng của điều kiện sóng gió k₂ được xác định theo biểu thức thực nghiệm [1]:

$$k_2 = k_w - 1, \text{ với } k_w = 1 + \frac{W}{a(F_r - 0,05)} \tag{5}$$

Trong đó:

a là hệ số phụ thuộc cấp sóng, a = $\frac{65}{P_\delta^2}$, với P_δ là

cấp sóng;

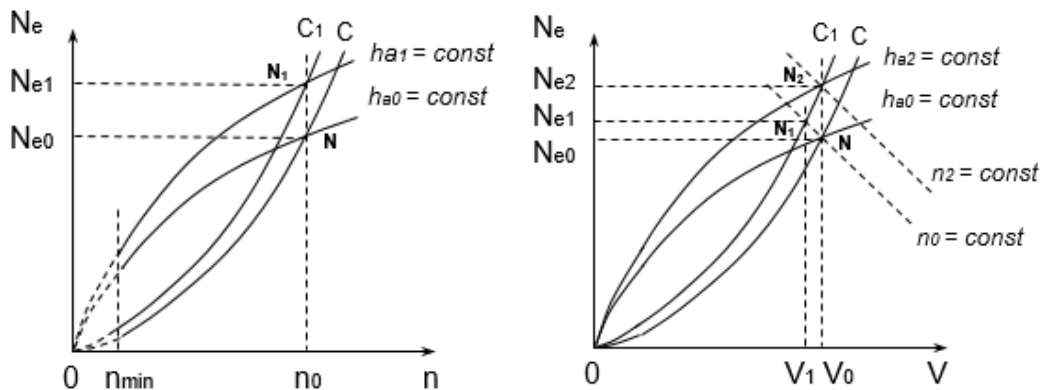
W là tiêu chuẩn chịu sóng được xác định theo biểu thức:

$$W = \frac{1}{L^{1/3}} \sqrt{\frac{T \cdot \delta \cdot 10^4}{L(2 \cdot B \cdot T)^{1,5}}} \tag{6}$$

Trong đó:

F_r là trị số Froude phụ thuộc vào chiều dài tàu L (m) và tốc độ V của tàu (hải lý/giờ);

T là chiều chìm tương ứng với lượng chiếm nước thiết kế D của tàu (m);



Hình 2. Ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện sóng gió tới chế độ công tác của động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt

L và B là chiều dài và chiều rộng tàu (m); δ hệ số béo của tàu: $\delta = \frac{D}{L.B.T}$.

2.3. Kết quả tính lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính

Để đánh giá độ tin cậy của biểu thức xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính khi có kể đến ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện sóng gió, tiến hành tính toán lượng nhiên liệu tiêu thụ theo biểu thức (3) cho một tàu cụ thể, kết quả tính toán sau đó sẽ được so sánh với lượng nhiên liệu tiêu thụ đo được thực tế trên tàu. Số liệu tham khảo được lấy trong chuyến hành trình của tàu X,... từ Quảng Ninh đi Đồng Nai, các quan sát được thực hiện liên tục trong khoảng thời gian trên 25 giờ hành trình ổn định của tàu, được thể hiện trong Bảng 1.

- Từ các thông số kỹ thuật của tàu và các thông số quan sát thực tế trong chuyến đi, dựa vào biểu thức (4) xác định được hệ số hiệu chỉnh có kể đến ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt theo thời gian khai thác k_1 , sự phụ thuộc của hệ số k_1 theo thời gian tính từ khi tàu xuống đà được thể hiện trên Hình 3. Hệ số hiệu

chỉnh k_2 sẽ được xác định dựa vào các biểu thức (5) và (6) theo các thông số về điều kiện hành hải cụ thể của chuyến đi (được cho trong Bảng 1). Cụ thể: hệ số ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt $k_1 = 0,05611$; hệ số ảnh hưởng của điều kiện hành hải $k_2 = 0,09576195$;

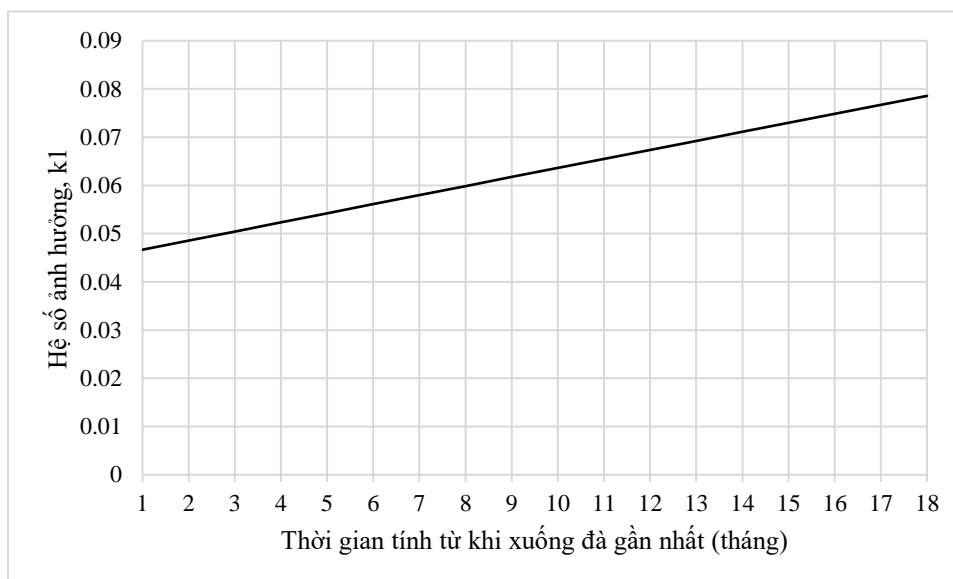
- Tiếp theo, tiến hành tính toán lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính dựa vào biểu thức (3) theo các hệ số hiệu chỉnh k_1 và k_2 đã biết và các thông số được cho trong Bảng 1, ta được $G_{24} = 11,866$ (tấn/ngày);

- Lượng nhiên liệu tiêu thụ thực tế trên tàu được quan sát trực tiếp trên kết FO ($G_{kết}$) bao gồm: lượng nhiên liệu tiêu thụ trong ngày cho động cơ chính (G_{24-tt}); lượng nhiên liệu tiêu thụ trong ngày cho nồi hơi (G_{NH}); lượng nhiên liệu hao hụt trong ngày do xả đáy kết, xả cặn máy lọc... (G_{xc}), như vậy lượng nhiên liệu tiêu thụ thực tế cho động cơ chính trong ngày sẽ được tính:

$$G_{24-tt} = G_{kết} - G_{NH} - G_{xc} = 12,707 - 0,95 - 0,25 = 11,507 \text{ (tấn/ngày)}.$$

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của tàu và các số liệu quan sát trong chuyến đi [5]

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	STT	Thông số quan sát	Giá trị
1	Loại tàu	Hàng rời	1	Thời gian quan sát	25,44 giờ
2	Loại động cơ: MAN-B&W	6L35MC	2	Cấp sóng	6
3	Công suất định mức, N_{e0}	4.200 hp	3	Cấp gió	7
4	Vòng quay định mức, n_0	170 RPM	4	Áp suất môi trường	760 mmHg
5	Chiều dài tàu, L	135 m	5	Nhiệt độ buồng máy	42°C
6	Chiều rộng tàu, B	22 m	6	Độ ẩm môi trường	80%
7	Chiều chìm thiết kế, T	8,365 m	7	Tốc độ quay động cơ, n	150 RPM
8	Trọng tải thiết kế, Q_0	15.502,24 tấn	8	Trọng tải thực chở, Q	15.000 tấn
11	Lượng chiếm nước thiết kế, D	19.167,16 tấn	11	Thời gian từ khi xuống đà, T_{kt}	6 tháng
12	Hiệu suất chân vịt thiết kế, η_{p0}	70%	12	Tốc độ tàu, V	12,5 hải lý/giờ
13	Tốc độ thiết kế, V_0	14,2 hải lý/giờ	13	Quãng đường quan sát	318 hải lý
14	Nhiệt trị nhiên liệu thử, Q_{H0}	42.460 kJ/kg	14	Hiệu suất chân vịt, η_p	67%
15	Tỷ trọng nhiên liệu thử, γ_0	0,8638	15	Nhiệt trị nhiên liệu sử dụng, Q_H	42.230 kJ/kg
16	Suất tiêu hao nhiên liệu, g_e	131,97 g/hp.h	16	Tỷ trọng nhiên liệu sử dụng, γ	0,987
17	Tiêu thụ nhiên liệu, G_{NL0}	554,279 kg/giờ	17	Tiêu thụ FO đo tại kết, $G_{kết}$	12,707 tấn/ngày
			18	Tiêu thụ FO cho nồi hơi, G_{NH}	0,95 tấn/ngày
			19	Hao hụt FO do xả cặn, G_{xc}	0,25 tấn/ngày



Hình 3. Sự phụ thuộc của hệ số hiệu chỉnh k_1 theo thời gian khai thác

Sai số giữa kết quả tính toán và số liệu đo thực tế:

$$\Delta G_{24} = \frac{11,866 - 11,507}{11,507} = 3,12\%$$

3. Kết luận

Việc xác định được các hệ số hiệu chỉnh k_1 , k_2 sẽ giúp đánh giá được một cách tường minh hơn ảnh hưởng của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện hành hải tới mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt. Với sai số khoảng 3% so với số liệu đo thực tế thì kết quả tính toán là phù hợp, tuy nhiên nếu điều kiện cho phép, nhóm tác giả sẽ mong muốn tiến hành kiểm tra thêm đối với một số kiểu loại tàu khác nhau để khẳng định tính đúng đắn của kết quả. Ngoài ra, trong trường hợp khi điều kiện sóng gió thay đổi liên tục thì vẫn có thể sử dụng biểu thức (3) để tính toán nhưng thay vì tính lượng tiêu thụ nhiên liệu trong 24 giờ thì cần tính toán tương ứng với các khoảng thời gian mà trong đó điều kiện sóng gió được coi là ổn định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C.B. Barrass. *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- [2] Hans Otto Kristensen, Marie Lutzen. *Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships*. Denmark, 2012.
- [3] PhD Hachiri Kido. *The basic of diesel plant performance calculation*. MTC Kobe, 2001.
- [4] *Tiêu chuẩn ISO 15016:2014*.

[5] Instruction manual for Hanshin diesel engine Man - B&W 6L35MC.

Ngày nhận bài:	09/02/2020
Ngày nhận bản sửa:	10/03/2020
Ngày duyệt đăng:	20/03/2020