

## KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

### PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA TRẠNG THÁI KỸ THUẬT ĐỘNG CƠ DIESEL ĐẾN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU

#### EFFECT OF MARINE DIESEL ENGINE TECHNICAL CONDITIONS ON ITS FUEL CONSUMPTION

NGUYỄN TRÍ MINH, LƯU QUANG HIỆU\*

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

\*Email liên hệ: luuquanghieu@vimaru.edu.vn

#### Tóm tắt

Xác định mức tiêu hao nhiên liệu động cơ diesel tàu thủy có vai trò quan trọng trong quản lý và khai thác hiệu quả con tàu. Trạng thái kỹ thuật động cơ diesel tàu thủy có ảnh hưởng trực tiếp đến mức tiêu thụ nhiên liệu của chúng. Tuy nhiên, việc xác định chính xác mức độ ảnh hưởng tình trạng kỹ thuật rất khó khăn. Bài báo phân tích ảnh hưởng của một số tiêu chí tình trạng kỹ thuật đến khả năng công tác của động cơ, qua đó đề xuất hệ số hiệu chỉnh phù hợp.

**Từ khóa:** Định mức nhiên liệu, tình trạng kỹ thuật, động cơ diesel tàu thủy.

#### Abstract

The determination of the fuel consumption for marine diesel engines plays an important role in the effective management and exploitation of the ship. The engine condition of engines has a direct effect on engine's fuel consumption. However, the appropriate determination of engine condition is very difficult. The paper analyzes the several engine condition criteria influencing on the performance of marine engine, thereby proposing the appropriate correction factors.

**Keywords:** Fuel consumption, technical condition, marine diesel engine.

### 1. Đặt vấn đề

Chi phí dành cho nhiên liệu luôn giữ tỉ lệ rất lớn trong tổng chi phí vận hành con tàu (45-50 %) [2]. Để tăng hiệu quả khai thác hệ động lực các công ty tàu biển sẽ vận dụng nhiều phương pháp để tối ưu hóa chi phí, một trong các giải pháp đó là định mức nhiên liệu cho từng tuyến đường và nhóm loại tàu. Định mức nhiên liệu chính xác cho phép công ty đề ra chiến lược kinh doanh hợp lý, đảm bảo hiệu quả kinh tế. Áp dụng cách tính thống nhất sẽ giúp việc quản lý nhiên liệu minh bạch và hiệu quả.

Hiện nay, Việt Nam chưa chế tạo được các hệ thống tự động quản lý giám sát quá trình sử dụng nhiên liệu trên tàu thủy. Toàn bộ việc quản lý được thực hiện dựa trên xây dựng định mức tiêu thụ nhiên liệu cho từng con tàu theo các tuyến xác định. Đồng thời các công ty xây dựng kế hoạch khai thác tàu dựa trên tuyến đường, hàng hóa, đề xuất vận tốc khai thác hợp lý và định mức tiêu thụ nhiên liệu cho từng con tàu cụ thể. Để tăng cường mức độ giám sát các công ty sử dụng camera để ghi lại các thông số khai thác của động cơ chính như: vòng quay, vị trí tay ga, tốc độ tàu và có thể theo dõi trực tiếp hay lắp đặt một số trang thiết bị để đánh giá nhiên liệu đã sử dụng trong toàn chuyến đi đối với máy chính [5]. Ở đây chủ yếu sử dụng lưu lượng kế đo lượng nhiên liệu cấp vào động cơ và lượng nhiên liệu hồi lại kết,... Tuy nhiên, định mức nhiên liệu xác định một tầm nhìn xa hơn, nếu không có một chiến lược quản lý khai thác hệ động lực và sử dụng nhiên liệu thì hiệu quả khai thác sẽ rất thấp.

Lượng nhiên liệu tiêu thụ của máy chính lại chân vịt dựa trên cơ sở lý thuyết được xác định theo công thức [2]:

$$G_{24} = \frac{G_o}{1000} * \frac{1}{1 - 0,25(\frac{T}{T_o} - 1)} * (\frac{n}{n_o})^3 * 24 * (1 + \sum C_i) \quad (1)$$

Trong đó:

$G_{24}$ : Lượng tiêu thụ nhiên liệu của máy chính trong 1 ngày (tấn/ngày);

T: Lượng hàng chở trên tàu tại thời điểm tính toán (tấn);

$T_o$ : Trọng tải của tàu, tấn DWT;

$n_o$ : Vòng quay định mức của máy chính (vòng/phút);

n: Vòng quay toàn tải của máy chính tại thời điểm tính toán (vòng/phút);

1000: Hệ số quy đổi khối lượng;

$C_i$ : Các hệ số hiệu chỉnh do các ảnh hưởng tác động đến tiêu hao nhiên liệu.

Công thức (1) đã tính đến các yếu tố ảnh hưởng

đến mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel trong quá trình khai thác. Tuy nhiên, thực tế vận dụng trong [1, 2] chỉ mới dừng lại ở các yếu tố ảnh hưởng như: điều kiện môi trường, tình trạng chân vịt - vỏ tàu và chất lượng nhiên liệu. Trong đó, tình trạng kỹ thuật động cơ cũng có ảnh hưởng rất lớn đến tiêu hao nhiên liệu chưa được xem xét đúng mức. Các công ty vận tải biển cần thiết phải tính đến ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật động cơ khi định mức nhiên liệu để đảm bảo độ tin cậy, sát với thực tế khai thác.

## 2. Ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật động cơ đến tiêu thụ nhiên liệu

Thực vậy, tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel có ảnh hưởng tới công suất và suất tiêu hao nhiên liệu có ích bao gồm các yếu tố như: trạng thái của hệ thống tăng áp, thiết bị cung cấp nhiên liệu, độ mài mòn của nhóm piston-xylanh, độ bám cấu vào các bề mặt trao đổi nhiệt làm mát, chất lượng của dầu bôi trơn và hệ thống bôi trơn.

### 2.1. Ảnh hưởng của thiết bị cung cấp nhiên liệu

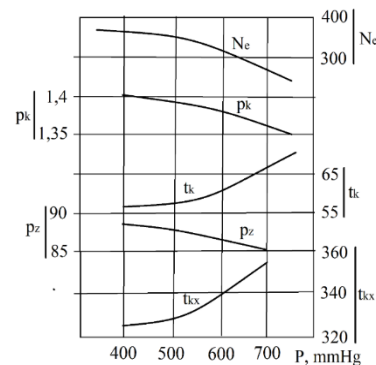
Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, các thông số kỹ thuật của thiết bị cung cấp nhiên liệu sẽ thay đổi theo thời gian khai thác như áp suất bắt đầu phun, góc phun sớm, chu kỳ cấp nhiên liệu [3, 4]. Sau thời gian khai thác, góc phun sớm của động cơ thường thay đổi thời điểm phun nhiên liệu theo hướng bị muộn đi, thậm chí có thể lên tới  $8^\circ - 10^\circ$  vòng quay trục khuỷu. Rò lọt giữa khe hở piston-xylanh bơm cao áp cũng ảnh hưởng đến góc phun sớm và quá trình cấp nhiên liệu: chậm bắt đầu và kết thúc sớm hơn bình thường.

Mài mòn nhóm piston-xylanh sẽ khiến áp suất bắt đầu phun của vòi phun giảm, đồng thời thay đổi trạng thái lò xo bơm cao áp hoặc do lò phun bị mài mòn hay tắc kẹt do cốc hóa sẽ làm cho chất lượng phun sương của nhiên liệu kém hẳn đi. Giảm áp suất bắt đầu phun nhiên liệu đồng thời là nguyên nhân dẫn đến gia tăng áp lực trong đường ống nhiên liệu giữa các lần phun và lượng nhiên liệu cấp cho các xy lanh không đồng đều. Theo nghiên cứu [5] độ chênh lệch cho phép đối với giá trị  $p_c$  là  $\pm 2,5\%$ ,  $p_z$   $\pm 5\%$  ở các xy lanh, lượng nhiên liệu cấp không đều sẽ khiến điều kiện trên bị vi phạm. Mặt khác việc phân bố nhiên liệu không đồng đều ở các vùng trong buồng đốt dẫn đến chất lượng hòa trộn nhiên liệu với không khí không tốt sẽ làm cho quá trình cháy diễn ra không hoàn toàn, công suất phát ra giảm làm cho các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật giảm, tiêu thụ nhiên liệu tăng.

### 2.2. Ảnh hưởng của tình trạng hệ thống trao đổi khí

Nếu hệ thống tăng áp làm việc kém thì lượng khí nạp vào xylanh giảm, lượng ô xy cung cấp sẽ giảm đi, quá trình đốt cháy nhiên liệu diễn ra không hoàn thiện dẫn đến công suất giảm, các chỉ tiêu kinh tế cũng giảm theo, đồng thời khi hệ thống tăng áp làm việc kém làm xuất hiện các hiện tượng phản áp trên đường xả và gia tăng sức cản trên đường nạp...

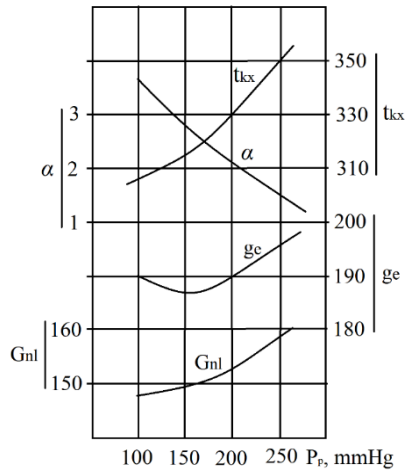
Kết quả nghiên cứu trên động cơ 2Đ100 có công suất định mức là 2000 mã lực ở vòng quay 850 vòng/phút khi thay đổi sức cản nạp từ 400 - 700mmHg thể hiện trên Hình 1 cho thấy: theo chiều tăng sức cản trên đường nạp nhiệt độ khí xả  $t_{kx}$  có xu hướng tăng, áp suất không khí cuối quá trình nạp  $p_k$  giảm và nhiệt độ không khí cuối quá trình nạp  $t_k$  tăng lên. Do sức cản trên đường nạp tăng lượng không khí nạp vào trong buồng đốt giảm, khi đó nhiệt độ trung bình của không khí tăng lên và áp suất giảm. Lượng không khí cấp cho động cơ giảm ảnh hưởng đến chất lượng quá trình cháy của nhiên liệu, dẫn đến nhiên liệu cháy rớt trên đường xả khiến cho nhiệt độ khí xả  $t_{kx}$  tăng, kết quả là công suất động cơ giảm và lượng nhiên liệu tiêu thụ tăng.



Hình 1. Ảnh hưởng của sức cản nạp đến các chỉ tiêu công tác của động cơ

Ảnh hưởng của phản áp trên đường xả đến các chỉ tiêu công tác của động cơ thể hiện trên Hình 2. Qua đồ thị ta thấy khi phản áp nhỏ thì sự ảnh hưởng không đáng kể (vùng 100-150mmHg). Tiếp tục tăng phản áp công suất động cơ giảm rõ rệt. Sức cản đường xả lớn khiến quá trình nạp bị ảnh hưởng, khí sót còn lại trong buồng đốt tăng làm cho lượng không khí thực tế đưa vào xy lanh giảm. Nếu giữ tay ga nhiên liệu ở vị trí cũ thì hệ số không khí thừa  $\alpha$  giảm. Khi đó, nhiên liệu sẽ không cháy hoàn toàn mà cháy rớt trên đường giãn nở làm nhiệt độ khí xả tăng lên, đồng thời tiêu hao nhiên liệu tăng theo.

Khi khai thác động cơ nếu như muối, cặn bám vào các xupap xả, nạp hoặc các cửa xả, quét làm cho tiết diện đường ống khí nạp và xả nhỏ đi, dẫn đến lưu lượng khí sót tồn tại trong xy lanh lớn lên, trong khi không khí nạp giảm. Đặc biệt khi diễn ra đồng thời việc tăng sức cản trên cả đường nạp và xả sẽ khiến các chỉ tiêu công tác của động cơ giảm.



**Hình 2. Ảnh hưởng của phân áp trên đường xả đến các chỉ tiêu công tác của động cơ**

### 2.3. Ảnh hưởng của nhóm piston-xy lanh động cơ

Sau thời gian hoạt động độ mài mòn của các chi tiết nhóm piston - xy lanh động cơ càng tăng, khiến sự rò lọt không khí ở hành trình nén tăng, làm cho nhiệt độ  $T_c$  và áp suất  $p_c$  cuối kỳ nén giảm xuống đáng kể, chất lượng không khí nạp và nén cuối quá trình nén giảm đi [3]. Mài mòn các chi tiết xéc-măng, cổ khuỷu, các ổ đỡ thanh truyền làm giảm hành trình nén của piston do toàn bộ cơ cấu sẽ dịch chuyển xuống phía dưới. Khi đó thể tích buồng đốt  $V_c$  tăng lên, đồng thời tỉ số nén giảm. Mức độ tăng thể tích buồng đốt  $V_c$  đến một mức nhất định có thể làm giảm đáng kể công suất và tính kinh tế của động cơ. Ảnh hưởng tổng hợp của những nguyên nhân trên sẽ không tạo ra điều kiện hoàn hảo cho quá trình hòa trộn và cháy nên thời gian trì hoãn cháy kéo dài, động cơ làm việc “cứng” và quá trình cháy kéo dài sang phía giãn nở, hiện tượng cháy roi, cháy rớt càng nhiều làm cho các chỉ tiêu công tác của động cơ giảm đi đáng kể.

### 2.4. Ảnh hưởng của hệ thống bôi trơn và hệ thống làm mát

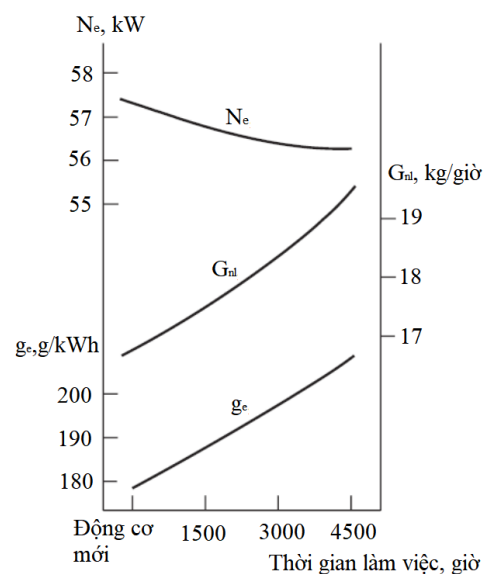
Trạng thái kỹ thuật của động cơ còn chịu ảnh hưởng của chế độ nhiệt, chất lượng làm mát. Rõ ràng rằng sau một thời gian công tác thì lượng cặn dần hình thành trên bề mặt trao đổi nhiệt của thân máy, sinh hàn làm giảm hệ số trao đổi nhiệt. Nhiệt lượng

của nước làm mát, không khí nạp, dầu bôi trơn truyền ra môi trường giảm dẫn đến những kết quả không mong muốn. Nhiệt độ không khí nạp duy trì ở mức cao khiến mật độ không khí giảm, quá trình cháy kém, công suất giảm trong khi suất tiêu hao nhiên liệu tăng lên. Trường hợp nhiệt độ nước làm mát tăng thì nhiệt độ dầu nhờn ở các bề mặt ma sát tăng lên sẽ làm giảm độ nhớt, giảm độ bôi trơn dẫn đến tổn thất cơ giới tăng. Trạng thái nhiệt của động cơ tăng lên, làm cho khả năng quá tải về nhiệt của động cơ giảm do đó không thể tăng tay ga, tuy lượng nhiên liệu luôn tiêu tốn thêm được nhưng tốc độ tàu giảm làm cho lượng nhiên liệu chi phí cho chuyển đi tăng lên.

Tình trạng và chất lượng dầu bôi trơn qua thời gian đi bôi trơn bị biến chất do khí xả, muối xâm nhập,... Mặc dù đã thông qua máy lọc nhưng chất lượng dầu vẫn bị thay đổi, làm cho khả năng bôi trơn, làm mát của dầu kém, làm tăng tốc độ mài mòn của các chi tiết chuyển động, tăng khe hở màng dầu, tăng tổn thất cơ giới, tiêu thụ nhiên liệu vì thế tăng theo.

### 3. Hệ số điều chỉnh khi tính định mức nhiên liệu phụ thuộc tình trạng động cơ

Qua phân tích trên, ta thấy ảnh hưởng của các yếu tố tình trạng kỹ thuật của động cơ đến mức tiêu thụ nhiên liệu là rất lớn, nhưng việc xác định cụ thể mức độ tác động thì khá phức tạp. Vì vậy, để tính toán độ suy giảm công suất động cơ, cũng như định mức nhiên liệu do tình trạng kỹ thuật của động cơ gây ra cần áp dụng phương pháp thống kê, kinh nghiệm của nhiều đội tàu trên thế giới đang sử dụng bằng cách đánh giá phần trăm suy giảm công suất của động cơ và phần

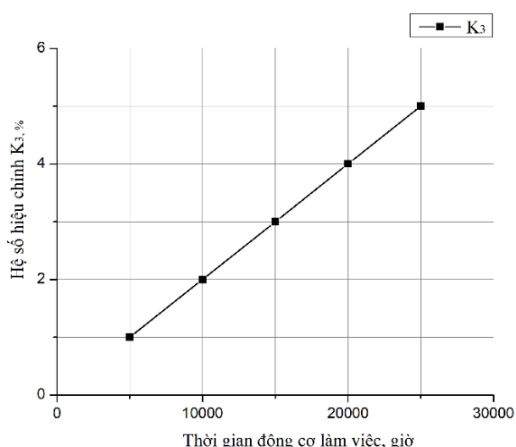


**Hình 3. Sự thay đổi các chỉ số khai thác theo thời gian**

trăm tăng suất tiêu hao nhiên liệu theo thời gian khai thác. Nói cách khác, biểu diễn sự thay đổi các chỉ tiêu này theo thời gian khai thác:  $N_e = f(t)$ ;  $g_e = f(t)$ ; định mức nhiên liệu trung bình  $= f(t)$  là cần thiết.

Trên Hình 3 biểu thị mối quan hệ giữa  $N_e$ ,  $G_{nl}$ ,  $g_e$  của động cơ 4DV224 công suất 76 kW khi vận tốc quay trục khuỷu 750 vòng/phút [4]. Đặc tính khai thác của động cơ rõ ràng có sự thay đổi sau thời gian hoạt động. Thời gian vận hành càng tăng thì công suất động cơ giảm còn mức tiêu hao nhiên liệu tăng.

Trên cơ sở nghiên cứu số liệu có thể rút ra hệ số điều chỉnh độ tăng tiêu hao nhiên liệu phụ thuộc vào thời gian hoạt động của động cơ và theo thống kê của Viện nghiên cứu tàu thủy Liên bang Nga ta có các hệ số  $K_3$  là các giá trị thống kê được (Hình 4). Có thể thấy hệ số hiệu chỉnh theo thời gian là một hàm tuyến tính, phần trăm tiêu thụ nhiên liệu tăng theo thời gian khai thác hệ động lực. Trung bình cứ mỗi 5000 giờ khai thác mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tăng 1%.

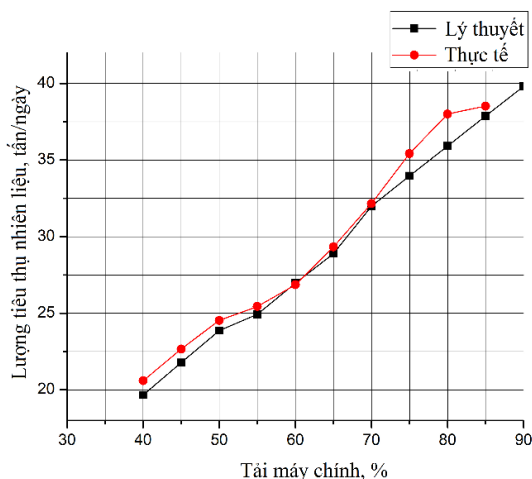


Hình 4. Hệ số hiệu chỉnh thay đổi theo thời gian

Thực hiện tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu đối với động cơ MAN B&W 7L 58/64 CD công suất 9730kW ở vòng quay chân vịt 130 vòng/phút lắp đặt trên tàu VINALINES DIAMOND (IMO-9330288) đóng mới năm 2007 trên hải trình Hải Phòng - Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả đo thực tế và tính toán lý thuyết cho máy chính vào năm 2016 thể hiện trên Hình 5.

Từ kết quả có thể thấy luôn tồn tại chênh lệch lượng tiêu thụ nhiên liệu thực tế và lý thuyết của máy chính, cụ thể ở chế độ tải 50% và 75% mức chênh lệch là 3,2% và 4,4%. Kết quả thu được có thể do trong tính toán lý thuyết các thông số đầu vào của động cơ đều ở trạng thái tốt nhất do nhà sản xuất công bố, thực tế sau quá trình khai thác tình trạng kỹ thuật đã có sự thay đổi. Vì thế, việc áp dụng hệ số  $K_3$  thể

hiện ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật động cơ đến mức tiêu thụ nhiên liệu sẽ giảm được mức độ sai lệch. Đối với máy chính tàu VINALINES DIAMOND có thể áp dụng  $K_3 = 4,5$  được cho là phù hợp.



Hình 5. Lượng tiêu thụ nhiên liệu động cơ MAN B&W 7L 58/64 CD

#### 4. Kết luận

Như vậy, trong tính toán định mức nhiên liệu các công ty quản lý đội tàu cần quan tâm đến tình trạng kỹ thuật động cơ lắp đặt trên tàu. Các thông số kỹ thuật có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất sử dụng nhiên liệu của động cơ, là một nhân tố quan trọng khi xác định tổng tiêu hao nhiên liệu. Qua quá trình khai thác, vận hành các thiết bị hệ thống nhiên liệu, không khí, làm mát, bôi trơn đều sẽ kém đi nên công suất động cơ có xu hướng giảm, để duy trì tốc độ tàu lượng nhiên liệu tiêu thụ buộc phải tăng. Theo tính toán mỗi 5000 giờ khai thác mức độ tiêu hao nhiên liệu của động cơ tăng lên 1%. Tuy nhiên, trình độ tổ chức khai thác, bảo dưỡng định kỳ của đội ngũ thuyền viên khác nhau nên hệ số hiệu chỉnh đối với mỗi nhóm tàu cần tham khảo giá trị trung bình được thống kê trong nhiều năm để hạn chế sai số.

#### Lời cảm ơn

Bài báo này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường năm học 2019-2020, tên đề tài: “Nghiên cứu, tính toán định mức tiêu hao nhiên liệu trên đội tàu biển Việt Nam khi xét đến ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật hệ động lực”, được hỗ trợ kinh phí bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thông tư 12/2019/TT-BGTVT - Định mức kinh tế - kỹ thuật các hao phí ca máy cho phương tiện chuyên dùng trong công tác quản lý, bảo trì đường thủy nội địa.

- [2] Nguyễn Hùng Vượng, Khiếu Hữu Triền, Võ Đình Phi. *Tính toán tiêu thụ nhiên liệu máy chính tàu biển*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải Số 24, tr.13-15, 2010.
- [3] Korczewski, Zbigniew, and Marcin Zacharewicz. *Evaluation of working spaces' technical condition of marine diesel engine on the basis of operation research*. Journal of Polish CIMAC 4.1: 85-94, 2010.
- [4] В.К. Лопарев, *Анализ влияния технического состояния судовых ДВС на их экономические показатели*, Журнал университета водных коммуникаций, Выпуск 4, 33-36".
- [5] Шульга, Е.Ф., Щукина, В.Н., Девянин, С.Н. *Надежность упреждения потерь с использованием мониторинга транспортных средств*. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина - №5(81). - С. 16 - 20". 2017.

Ngày nhận bài:	28/05/2020
Ngày nhận bản sửa:	09/06/2020
Ngày duyệt đăng:	15/06/2020