

XÂY DỰNG PHẦN MỀM TÍNH TOÁN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ DIESEL CHÍNH TÀU THỦY KHI CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA TÌNH TRẠNG VỎ TÀU, CHÂN VỊT VÀ ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC

BUILDING THE FUEL CALCULATION SOFTWARE OF THE MAIN MARINE DIESEL ENGINE UNDER INFLUENCES OF SHIP'S HULL, PROPELLER AND OPERATION CONDITIONS

NGUYỄN HUY HÀO*, NGUYỄN ĐẠI AN, LÊ ĐĂNG KHÁNH

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

*Email liên hệ: nghhao@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Trong quá trình khai thác tàu, việc sử dụng phần mềm tính toán tiêu thụ nhiên liệu sẽ giúp cho chủ tàu và các sỹ quan, thuyền viên dễ dàng tính toán, kiểm soát mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy. Trong nội dung bài báo giới thiệu kết quả xây dựng phần mềm tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu động cơ diesel chính tàu thủy khi có xét đến ảnh hưởng tổng hợp của tình trạng vỏ tàu, chân vịt và điều kiện khai thác.

Từ khóa: Phần mềm tính toán nhiên liệu, mức tiêu thụ nhiên liệu, động cơ diesel chính, tình trạng vỏ tàu và chân vịt, điều kiện khai thác.

Abstract

During operation of the ship, the fuel calculation software will help ship's owners and operators easily to calculate and control the fuel consumption of the engines. In this article was introduced the result of building of the fuel calculation software of the main marine diesel engine under influences of ship's hull, propeller and operation conditions.

Keywords: Fuel calculation software, fuel consumption, main diesel engine, ship's hull and propeller condition, operation conditions.

1. Đặt vấn đề

Việc tính toán định mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính tàu thủy một cách chính xác hoặc gần sát mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế trên tàu luôn là mong muốn của các nhà quản lý và chủ tàu trong điều kiện chi phí nhiên liệu chiếm tỷ lệ ngày càng cao trong tổng chi phí khai thác tàu. Hiện tại cũng đã có một số chương trình tính mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính tàu thủy, tuy nhiên các chương trình này hầu như chưa xét đến đầy đủ ảnh hưởng của các yếu tố đến mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ. Chính vì

vậy, việc xây dựng một phần mềm tính toán có xét đến ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố khai thác đến động cơ sẽ đưa ra số liệu về mức tiêu thụ nhiên liệu sát với thực tế hơn.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu lý thuyết, phân tích, thống kê và thu thập, xử lý số liệu đã được sử dụng, cụ thể:

- Nghiên cứu lý thuyết được sử dụng để phân tích, tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel chính tàu thủy trong quá trình khai thác, đồng thời đưa ra các hệ số hiệu chỉnh đặc trưng cho các ảnh hưởng này. Các hệ số hiệu chỉnh là các hàm phụ thuộc vào thời gian khai thác tàu, tình trạng kỹ thuật của vỏ tàu và chân vịt, điều kiện hành hải, yếu tố khí hậu, loại nhiên liệu sử dụng, trọng tải tàu,...

- Việc thu thập các số liệu thống kê trong quá trình khai thác thực tế được sử dụng để lựa chọn giá trị các hệ số thực nghiệm trong các biểu thức của các hệ số hiệu chỉnh.

- Lý thuyết lập trình và các kỹ thuật xây dựng phần mềm được sử dụng để xây dựng phần mềm tính toán lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ chính dựa trên ngôn ngữ lập trình MATLAB.

- Cuối cùng, việc chạy thử nghiệm phần mềm dựa trên bộ số liệu khai thác thực tế trên một tàu cụ thể được thực hiện nhằm đánh giá tính ổn định, khả năng xử lý của phần mềm cũng như độ tin cậy của mô hình tính đã xây dựng được.

3. Nội dung chính

3.1. Cơ sở tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu động cơ diesel chính tàu thủy khi xét đến ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố

Việc tính toán tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính khi tàu hành trình trên biển được xuất phát từ biểu thức tính mức tiêu thụ nhiên liệu theo các số liệu thử nghiệm xuất xưởng động cơ.

Một cách lý thuyết, ở điều kiện làm việc định mức, lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ diesel chính của tàu theo ngày được xác định theo biểu thức [6]:

$$G_{24-0} = \frac{g_{e0} \times N_{e0}}{1000} \times 24 = \frac{G_{NLO}}{1000} \times 24 \text{ (tấn/ngày)}, \quad (1)$$

Trong đó: g_{e0} là suất tiêu thụ nhiên liệu định mức của động cơ chính ở chế độ thử động cơ trên xưởng (kg/hp.giờ); N_{e0} là công suất định mức của động cơ chính (Maximum Continuous Output - MCO) khi thử động cơ trên xưởng (hp); G_{NLO} là lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ diesel chính mỗi giờ tương ứng với chế độ làm việc định mức của động cơ trong điều kiện thử nghiệm (kg/giờ).

Tuy nhiên trong điều kiện vận hành thực tế, không phải lúc nào tiêu thụ nhiên liệu cho diesel chính cũng giống như khi thử động cơ trên xưởng do có một số khác biệt về chế độ làm việc của động cơ, trọng tải hàng hoá (hành khách), tình trạng kỹ thuật của vỏ tàu và chân vịt, điều kiện khai thác (điều kiện mặt biển, thông số môi trường, loại nhiên liệu sử dụng,...) so với điều kiện thử xuất xưởng. Chính vì vậy, để xác định lượng tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ chính sát với thực tế thì trong biểu thức tính toán (biểu thức (1)) cần phải đưa thêm vào các hệ số hiệu chỉnh để đánh giá ảnh hưởng của những sự khác biệt này. Khi đó, biểu thức tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính (1) có thể được viết lại như sau:

$$G_{24} = \frac{G_{NLO}}{1000} \times \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \times 24 \times \left(1 + \sum k_i\right) \text{ (tấn/ngày)}, \quad (2)$$

Trong đó: n và n_0 lần lượt là tốc độ quay của động cơ chính (vòng/phút) ở điều kiện hành trình thực tế và khi thử động cơ trên xưởng; k_i là các hệ số đánh giá ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố kể trên đến lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ. Biểu thức (2) có thể được viết:

$$G_{24} = \frac{G_{NLO}}{1000} \times \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \times 24 \times (1 + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5) \text{ (tấn/ngày)}, \quad (3)$$

Trong đó: tỷ số (n/n_0) đánh giá ảnh hưởng của chế độ làm việc của động cơ; k_1 là hệ số xét đến ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật vỏ tàu, độ nhẵn phẳng, sạch của bề mặt chân vịt; k_2 là hệ số đánh giá ảnh hưởng của điều kiện hành hải; k_3 là hệ số đánh giá ảnh hưởng của điều kiện môi trường; k_4 là hệ số kể đến sự khác biệt về giá trị nhiệt trị thấp Q_H của nhiên liệu sử dụng so với nhiên liệu thử nghiệm động cơ trên xưởng; k_5 là hệ số đánh giá ảnh hưởng của chiều chìm của tàu do sự thay đổi của lượng hàng hoá (hành khách) mà

tàu mang theo.

Các hệ số hiệu chỉnh k_i được xác định dựa vào các biểu thức lý thuyết kết hợp với thực nghiệm, cụ thể:

- Hệ số đánh giá ảnh hưởng của tình trạng kỹ thuật vỏ tàu, chân vịt k_1 được xác định theo biểu thức [1, 2, 6]:

$$k_1 = k_R - 1 = k_r \times \frac{\eta_{p0}}{\eta_p} - 1 \quad (4)$$

Trong đó: k_R là hệ số bổ sung công suất cần thiết cho động cơ để khắc phục sự tăng thêm sức cản của tàu; k_r là hệ số đánh giá mức độ tăng công suất yêu cầu của động cơ do sự tăng thêm sức cản của vỏ tàu sau thời gian khai thác tính từ khi tàu xuống đà,

$k_r = 1 + 1,7(1 - 0,411^{0,0012T_{kt}})$, với T_{kt} là thời gian tính từ

khi tàu xuống đà (tháng); $\frac{\eta_{p0}}{\eta_p}$ là hệ số đánh giá

mức độ tăng công suất yêu cầu của động cơ do sự giảm hiệu suất làm việc của chân vịt sau khoảng thời gian khai thác, với η_p và η_{p0} lần lượt là hiệu suất của chân vịt tại thời điểm hiện tại và khi tàu mới xuất

xưởng. Hệ số $\frac{\eta_{p0}}{\eta_p}$ được xác định theo đồ thị thực

nghiệm [3, 6].

- Hệ số đánh giá ảnh hưởng của điều kiện hành hải k_2 được xác định theo biểu thức [6]:

$$k_2 = k_w - 1, \quad (5)$$

Trong đó: k_w là hệ số tăng công suất động cơ để khắc phục sự tăng thêm của sức cản do điều kiện sóng, gió, được xác định theo biểu thức thực nghiệm [1, 6] phụ thuộc vào các kích thước hình học cơ bản của tàu (chiều dài L , chiều rộng B , chiều chìm T , lượng chiếm nước D ,...), trị số Froude của tàu, cấp sóng, cấp gió,...

- Hệ số đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí hậu k_3 được xác định theo biểu thức [7]:

$$k_3 = \frac{1}{\frac{P-b}{735} \times \left(\frac{289}{T}\right)^{0,75}} \times \frac{760}{P} - 1, \quad (6)$$

Trong đó: P (mmHg) là áp suất môi trường; b (mmHg) là áp suất riêng phần của hơi nước tại nhiệt độ khai thác hiện tại; T (K) là nhiệt độ không khí trong buồng máy khi tàu hành trình.

- Ảnh hưởng của nhiên liệu sử dụng đến khả năng phát ra công suất của động cơ được đánh giá qua hệ

số hiệu chỉnh k_4 theo biểu thức [3, 4]:

$$k_4 = \frac{Q_{H0}}{Q_H} - 1 \quad (7)$$

Trong đó: Q_H (kJ/kg) là giá trị nhiệt trị thấp của nhiên liệu sử dụng hiện tại; Q_{H0} (kJ/kg) là giá trị nhiệt trị thấp của nhiên liệu sử dụng khi thử xuất xưởng động cơ.

- Hệ số đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi chiều chìm của tàu k_5 được xác định theo biểu thức [2, 5]:

$$k_5 = \frac{1}{1 - 0,25 \times \left(\frac{Q}{Q_0} - 1 \right)} - 1 \quad (8)$$

Trong đó: Q_0 là mức trọng tải danh nghĩa (DWT) của tàu (tấn); Q là trọng tải hàng hoá (hành khách) thực tế mà tàu chuyên chở (tấn).

Phương trình (3) với các hệ số thực nghiệm k_i sau khi xây dựng xong đã được sử dụng để tính toán cho một tàu cụ thể. Kết quả tính toán được so sánh với số liệu tiêu thụ nhiên liệu thực tế đo được trên tàu với sai số là 3,38%.

3.2. Xây dựng phần mềm tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu động cơ diesel chính tàu thủy

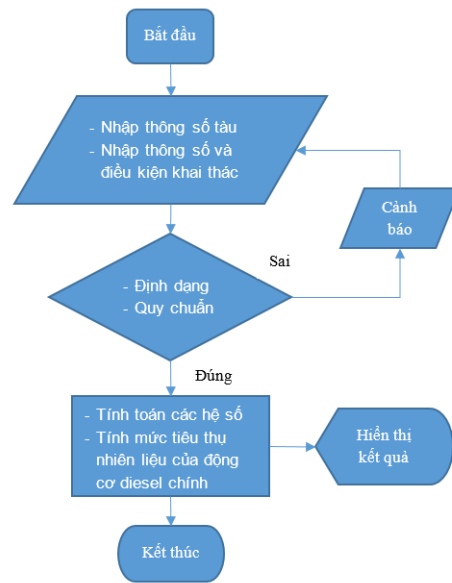
3.2.1. Xây dựng sơ đồ thuật toán

Bài toán xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ diesel chính tàu thủy khi xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khai thác được tiến hành theo sơ đồ thuật toán Hình 1.

Các dữ liệu đầu vào cần thu thập bao gồm: thông số kỹ thuật của tàu và của động cơ chính theo hồ sơ thiết kế (các thông số hình học thiết kế của tàu: L, B, T, Q_0 , D, η_{p0} , tốc độ tàu theo thiết kế V_0 ; các thông số thử xuất xưởng động cơ: N_{e0} , n_0 , Q_{H0} , g_{e0} , G_{NL0} ...), thời gian từ sau khi tàu xuống đà T_{kt} , thông số theo hành trình thực tế (Q , V , η_p , n , Q_H ...), các thông số về điều kiện khí hậu hải dương (cấp sóng, cấp gió, áp suất và độ ẩm môi trường, nhiệt độ buồng máy,...), thời gian hành trình, quãng đường hành trình,...

3.2.2. Lựa chọn ngôn ngữ xây dựng phần mềm

Để phục vụ cho việc xây dựng phần mềm theo yêu cầu đặt ra, hiện nay có thể sử dụng nhiều ngôn ngữ khác nhau như JavaScript/Java, C#/C/C++, Python,... Tuy nhiên, các ngôn ngữ này đòi hỏi người sử dụng cần có kiến thức chuyên sâu và kinh nghiệm lập trình. Quen thuộc hơn người dùng có thể sử dụng bảng tính Microsoft Excel, tuy nhiên trong Microsoft Excel



Hình 1. Sơ đồ thuật toán xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ cho động cơ diesel chính tàu thủy

không hỗ trợ nhiều công cụ và chức năng tính toán phức tạp. Thêm nữa, chương trình dễ bị can thiệp, thay đổi làm ảnh hưởng đến kết quả tính toán. Ngoài ra, phương pháp và công thức tính toán có thể dễ dàng được truy cập nên khó giữ được tính bảo mật và bản quyền của người xây dựng chương trình. Trên cơ sở phân tích các ngôn ngữ, các gói phần mềm hiện có, nhóm tác giả quyết định lựa chọn ngôn ngữ lập trình MATLAB để giải quyết bài toán được đặt ra ban đầu.

MATLAB là viết tắt của “Matrix Laboratory”, đây là ngôn ngữ lập trình cao cấp thế hệ thứ 4 của tập đoàn phần mềm MATHWORKS, với các tính năng cơ bản:

- Cung cấp các thuật toán có khả năng tính toán các con số và phát triển ứng dụng;
- Cung cấp các hàm toán học phổ biến như đại số tuyến tính, bộ lọc, tối ưu hóa, tích phân, thống kê, phân tích Fourier và giải các phương trình vi phân bình thường;
- Cung cấp đồ thị để hiển thị hình ảnh dữ liệu và công cụ tạo đồ thị;
- Cung cấp công cụ phát triển nâng cao khả năng bảo trì chất lượng mã và tối đa hiệu suất;
- Cung cấp công cụ xây dựng các ứng dụng;
- Cung cấp hàm để tích hợp thuật toán với các ứng dụng bên ngoài và ngôn ngữ lập trình khác,...

MATLAB có thể tích hợp với Java và C/C++, người lập trình có thể thực hiện tất cả khối lượng công

việc không phải bằng số của mình bằng các ngôn ngữ này và gọi chúng từ MATLAB. MATLAB cũng dễ dàng tương tác với Microsoft Excel để nhập/xuất dữ liệu tính toán. Một điểm quan trọng nữa là giao diện của chương trình rất thân thiện với người sử dụng.

Do giới hạn của phạm vi bài báo cũng như tính bảo mật nên phần mã nguồn của phần mềm tính toán tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính không được giới thiệu ở đây.

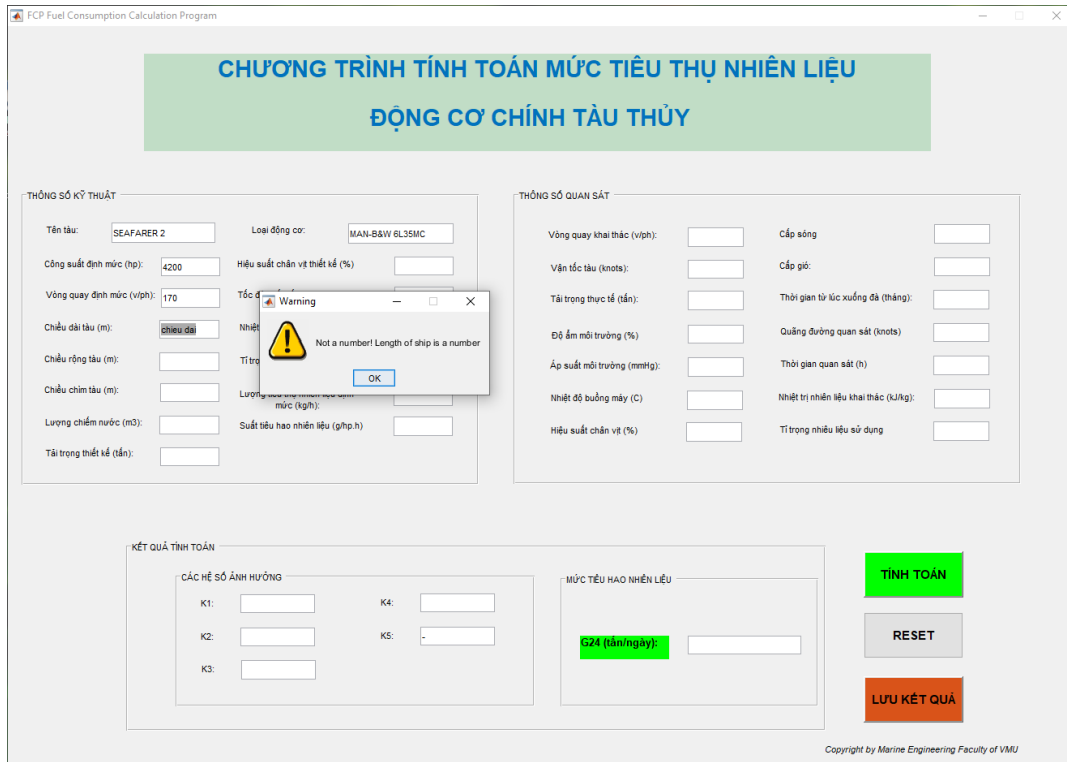
3.2.3. Giới thiệu phần mềm tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu động cơ diesel chính tàu thủy

Sau khi chạy chương trình, giao diện chính của chương trình hiện ra cho phép người sử dụng nhập các số liệu đầu vào bao gồm các thông số kỹ thuật của tàu và của động cơ diesel chính, các thông số khai thác (thông số quan sát),... (Hình 2). Đơn vị đo của mỗi đại lượng vật lý được ấn định trước và hiển thị trên giao diện giúp người sử dụng không bị nhầm lẫn về thứ nguyên làm ảnh hưởng đến kết quả tính.

Ở đây cần lưu ý thêm: quãng đường quan sát là quãng đường có tiến hành thực nghiệm, thu thập các thông số quan sát (thông số khai thác) của tàu, thông

thường quãng đường quan sát sẽ là khoảng cách hành trình của tàu mà trong đó các thông số quan sát bao gồm chế độ khai thác của động cơ và của tàu (tốc độ quay động cơ, trọng tải tàu), điều kiện khí hậu (nhiệt độ, áp suất môi trường), điều kiện mặt biển (cấp sóng, cấp gió,...) ổn định hoặc thay đổi không đáng kể, quãng đường quan sát chỉ được sử dụng để tham chiếu, không phải là một thành phần trong mô hình tính toán. Thời gian quan sát là thời gian mà tàu hành trình tương ứng với quãng đường quan sát đã chọn. Thời gian quan sát được sử dụng để tính toán, quy đổi lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ chính theo ngày. Các số liệu được thu thập trong thời gian quan sát, bao gồm thông số khai thác của động cơ và của tàu, điều kiện khí hậu, điều kiện mặt biển,... và cả số liệu đo lường nhiên liệu tiêu thụ thực tế trên tàu. Do điều kiện khí hậu, sóng, gió ở mỗi vùng biển và tại mỗi thời điểm thay đổi khác nhau nên để tăng độ chính xác, cần chia nhỏ thời gian quan sát của một ngày ra thành nhiều khoảng sao cho trong khoảng thời gian đó thông số khai thác của tàu, điều kiện khí hậu, sóng, gió,... không thay đổi hoặc thay đổi ít nhất.

Hình 2. Giao diện chính của phần mềm tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu động cơ diesel chính tàu thủy

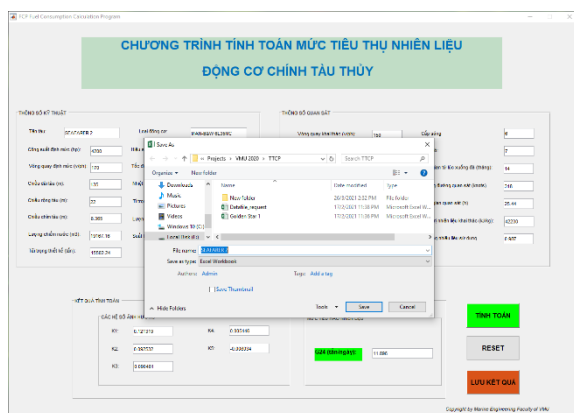


Hình 3. Giao diện thông báo lỗi khi người sử dụng nhập sai dữ liệu

Sau khi đã thu thập và nhập đầy đủ dữ liệu, nhấn nút “TÍNH TOÁN”, kết quả sẽ được hiển thị trên màn hình bao gồm giá trị của các hệ số hiệu chỉnh k_i và mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel chính theo ngày G_{24} (tấn/ngày). Phần mềm sẽ phát cảnh báo cho người sử dụng nếu trong quá trình nhập dữ liệu tính toán có sai sót về định dạng, giá trị số liệu không phù hợp với thực tế (chẳng hạn cấp sóng quá lớn vượt quá thang đo, nhiệt độ buồng máy quá cao hoặc quá thấp, các kích thước hình học của tàu hoặc mối quan hệ vật lý giữa các kích thước này bất thường...) (Hình 3).

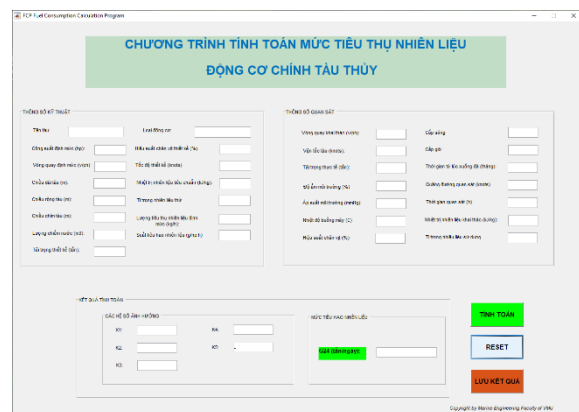
báo cáo,... Để lưu kết quả tính toán, nhấn nút “LƯU KẾT QUẢ” (Hình 4).

Để thực hiện chu trình tính khác, nhấn nút “RESET” để xóa các thông số đã nhập của lần tính trước và nhập lại (Hình 5).



Hình 4. Lưu kết quả ra file Excel

Các kết quả tính toán có thể được trích xuất ra file Excel để phục vụ công tác lưu trữ, thống kê, in ấn, lập



Hình 5. Reset lại chương trình

4. Kết luận

Trong quá trình khai thác tàu, việc xác định nhanh chóng, chính xác mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính tàu thủy có ý nghĩa quan trọng đối với chủ tàu cũng như với người vận hành. Chính vì vậy, việc cung cấp cho chủ tàu và các sỹ quan, thuyền viên một phần mềm tính toán hiệu quả là cần thiết. Trong

nguyên cứu này nhóm tác giả đã xây dựng thành công phần mềm tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu cho động cơ diesel chính có kể đến ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố khai thác, từ đó vừa có thể nâng cao độ chính xác tính toán vừa tiết kiệm thời gian, công sức cho người sử dụng. Phần mềm có giao diện thân thiện với người dùng, không đòi hỏi cấu hình mạnh của máy tính, quá trình chạy thử nghiệm cho thấy tính ổn định cao, không phát sinh lỗi. Phần mềm được thiết kế dưới dạng mã nguồn mở, cho phép khả năng mở rộng, phát triển thêm trong tương lai.

Kết quả chạy phần mềm theo mô hình tính toán xây dựng được đã được so sánh với số liệu tiêu thụ nhiên liệu thực tế đo được trên một tàu cụ thể, cho sai số 3,38%, đây là mức sai lệch chấp nhận được trong khai thác tàu. Tuy nhiên, đây mới chỉ là những kết quả bước đầu, trong thời gian tới cần thử nghiệm thêm trên một số loại tàu khác nhau để có thể hiệu chỉnh mô hình đạt độ tin cậy cao hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT20-21.12**.

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] Instruction manual for Hanshin diesel engine Man - B&W 6L35MC.
- [4] Instruction manual for Hanshin diesel engine 6LH41LA-87.
- [5] Tiêu chuẩn ISO 15016:2014.
- [6] Nguyễn Huy Hào, *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*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 62 (4/2020).
- [7] Lương Công Nhó, *Khai thác hệ động lực tàu thủy. Nhà xuất bản Hàng hải*, 2015.
- [8] Andy H. Register, *A Guide to MATLAB Object-Oriented Programming*, Chapman and Hall/CRC, New York, 2007.
- [9] Patrick Marchand, O. Holland, *Graphics and GUIs with MATLAB*, Chapman and Hall/CRC, New York, 2002.

Ngày nhận bài:	16/4/2021
Ngày nhận bản sửa:	26/4/2021
Ngày duyệt đăng:	07/5/2021