

NGHIÊN CỨU SỰ DAO ĐỘNG VẬN TỐC GÓC CỦA TRỤC KHUYỮ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM TRÊN ĐỘNG CƠ 1417,5/24

RESEARCH OSCILLATION OF ANGULAR VELOCITY OF INTERNAL COMBUSTION CRANKSHAFT BY EXPERIMENT METHOD ON ENGINE 1417,5/24

Vũ Văn Tập, Nguyễn Lan Hương

Viện Cơ khí, Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt: Trong bài nghiên cứu này nhóm tác giả đã chỉ ra các nguyên nhân dẫn tới việc thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu động cơ đốt trong, phân tích cơ sở lý thuyết dẫn tới sự thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu trong một chu kỳ làm việc của động cơ và sự ảnh hưởng của của nó. Sau đó tiến hành đo thực nghiệm trên động cơ 1417,5/24 trong các chế độ tải. Từ những kết quả đo được nhóm tác giả tiến hành phân tích kết quả và vẽ biểu đồ thay đổi vận tốc của trục khuỷu trên các chế độ tải, cũng như tính toán hệ số δ cho mỗi chế độ tải. Kết quả cho thấy sự thay đổi xung động của mô men xoắn bằng cách sử dụng thiết bị cung cấp nhiên liệu nhiều lần, khi đó nhiên liệu và không khí được hòa trộn tốt hơn làm cho quá trình cháy xảy ra đều và ổn định.

Từ khóa: Dao động vận tốc góc của trục khuỷu; thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu; ảnh hưởng của sự thay đổi vận tốc góc.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: In this study, we have shown causes to lead to a change of angular velocity of internal combustion crankshaft, theoretical basis analysis leads to a change of angular velocity of internal combustion crankshaft in working cycle of the engine and its influence. Then we conduct experimental measurement on the engine 1417,5/24 in the case of the load modes. from measured results we conduct an analysis of these results and plot diagrams of the change of angular velocity of a crankshaft in the load modes, as well as calculate the coefficient δ for each loading mode, the results showed that the change of impulse torque by using the device, which supplies fuel at many times, then the fuel and air are better blended, making the combustion process more stable.

Keywords: Oscillation of angular velocity, change of angular velocity, influence of the change of angular velocity.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Nghiên cứu dao động vận tốc góc (sự thay đổi vận tốc góc) cũng là bài toán quan trọng để tăng công suất, độ bền cũng như độ tin cậy của các phần tử động cơ, sau đó là giảm chi phí trong quá trình bảo dưỡng sửa chữa. Sự thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu đã được quan tâm đến từ những năm 70 của thế kỷ trước trong các sách viết về động cơ đốt trong như của Giáo sư B. I. Baykov, V.A.Vansheydt... hay sách của Giáo sư I. V. Voznitskiy xuất bản năm 2008 và bài báo của nhóm tác giả Pokusaev M.N., Sibryaev K.O., Shevunn A. V tiến hành đo thực nghiệm trên hệ trục tàu thủy đăng năm 2008 [6]. Do vậy hầu hết các tài liệu viết về dao động xoắn của hệ trục tàu thủy, các tác giả không thể bỏ qua phần dao động vận tốc góc của trục khuỷu. Nguyên nhân chính của sự thay đổi vận tốc

góc trong một chu kỳ làm việc của động cơ là do sự hoạt động theo chu kỳ của các xi lanh dẫn tới sự tác dụng tổng hợp của lực tiếp tuyến hoặc mô men xoắn lên trục khuỷu không ổn định cho nên có thời điểm trong chu kỳ đó trục khuỷu quay nhanh và có thời điểm quay chậm hơn, đặc trưng cho sự thay đổi này là hệ số δ . (tạm gọi hệ số quay không đồng đều của trục khuỷu). Khi hệ số này càng lớn thì sự thay đổi vận tốc góc trong một chu kỳ làm việc của động cơ càng lớn và ngược lại. Sự thay đổi mô men xoắn là nguyên nhân dẫn đến rung động động cơ và thân tàu, sự xuất hiện dao động xoắn, cũng như ảnh hưởng đến thiết bị tiêu thụ.

2. Cơ sở lý thuyết

Trong phần này nhóm phân tích kỹ hơn về các yếu tố, sự ảnh hưởng của việc thay đổi vận tốc góc trục khuỷu động cơ đốt trong cũng

như cách xác định hệ số không ổn định của vận tốc góc.

2.1. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu và sự ảnh hưởng của nó

Phân tích yếu tố số lượng xi lanh trong động cơ. Ở động cơ đốt trong nhiều xi lanh trục khuỷu tiếp nhận các mô men xoắn lần lượt từ tất cả các xi lanh. Sự tác dụng của lực khí thể sinh ra ở các xi lanh tác dụng lên trục khuỷu không cùng một lúc, cũng như sự phân bố của các khuỷu trục không nằm trên cùng một mặt phẳng, mà theo một góc xác định tương đối với nhau tùy theo từng loại động cơ (hai kỳ hay bốn kỳ). Sự tăng các xi lanh làm tăng số lần tác dụng lên trục khuỷu ở mỗi vòng quay của trục và làm cho trục khuỷu quay đều hơn. Ví dụ như động cơ bốn xi lanh ở vị trí bất kỳ của trục khuỷu diễn ra một kỳ sinh công trong một xi lanh, ở tám xi lanh - đồng thời ở hai xi lanh, ở mười hai xi lanh - đồng thời ở ba xi lanh. Do vậy sự tăng số lượng xi lanh làm thay đổi mô men xoắn đều hơn trong động cơ, vì thế biên độ thay đổi vận tốc góc trong một chu kỳ ít hơn.

Do sự làm việc không hiệu quả hoặc không làm việc của một hoặc một số xi lanh, quá trình cháy trong xi lanh không đạt được công định mức vậy nên lực tác dụng lên piston của xi lanh này nhỏ hơn so với các xi lanh khác dẫn tới vận tốc góc của trục khuỷu ở thời điểm đó thay đổi so với vận tốc định mức. Nguyên nhân dẫn đến việc xi lanh làm việc không hiệu quả như đóng mở xu páp, vì hỏng xéc măng khí, áp suất nén thấp, sự hòa trộn hỗn hợp nhiên liệu và không khí không tốt, vòi phun nhiên liệu bị hỏng cũng như hỗn hợp nhiên liệu và không khí không cháy. Trong một số nghiên cứu chỉ ra rằng khi động cơ chính của tàu thủy ở tải nhỏ mà một số xi lanh không làm việc thì sự quay không đồng đều của trục khuỷu tăng từ hai đến ba lần, nó cũng là nguyên nhân dẫn đến sự tăng rung động của thân tàu thủy [3].

Phân tích yếu tố động cơ làm việc ở chế độ không tải. Ở chế độ không tải công sinh ra chỉ đủ đảm bảo sự quay của trục khuỷu với vận tốc ổn định thấp nhất. Hiệu suất chỉ thị ở chế độ này không cao. Tốc độ hòa trộn hỗn

hợp nhiên liệu-không khí trong các kỳ hút và nén không tốt, áp suất không cao ở đường ống hút dẫn đến nồng độ các chất phản ứng thấp (hydrocacbon và ô xy) do vậy quá trình cháy diễn ra chậm và không đều. Độ giảm áp suất giữa các ống hút và xả với sự tăng thời gian của tất cả các quá trình đã làm khí xả quay ngược lại buồng cháy.

Phân tích yếu tố loại động cơ. Ở động cơ bốn kỳ thì một chu kỳ thực hiện bởi hai vòng quay của trục khuỷu mà trong đó nửa vòng quay trục khuỷu chịu ảnh hưởng từ tác dụng của lực khí thể, còn ba nửa vòng quay còn lại do năng lượng tích lũy của bánh đà. Khi đó trong thời gian của kỳ sinh công vận tốc quay của trục khuỷu nhanh hơn so với các kỳ còn lại. Do đó động cơ bốn kỳ hệ số quay không đồng đều lớn. Còn tại động cơ hai kỳ thì kỳ sinh công diễn ra qua mỗi vòng quay của trục khuỷu. Do đó sự thay đổi vận tốc góc (hay hệ số quay không đồng đều) của động cơ hai kỳ nhỏ hơn so với động cơ bốn kỳ.

Phân tích yếu tố ảnh hưởng bởi cường độ của mô men xoắn ở mặt bích và ở cánh chân vịt. Sự xuất hiện này diễn ra ở động cơ chính của tàu thủy do các nguyên nhân như động cơ truyền mô men xoắn cho chân vịt qua trục dẫn động khi đó động cơ dừng đột ngột mà chân vịt vẫn quay; chuyển nhanh chế độ làm việc của động cơ; thay đổi hướng chuyển động của tàu làm lực cản của nước tác dụng mạnh lên tàu do vậy giảm mô men xoắn của chân vịt; sự cố của chân vịt; thiếu dầu bôi trơn trong các ổ đỡ của trục dẫn qua đó sự xuất hiện ma sát làm giảm hiệu suất cơ giới.

Sự thay đổi vận tốc góc ảnh hưởng không tốt lên sự làm việc của động cơ được xác định qua các tính chất khởi động và sự ổn định của các chế độ vận hành. Khi đó tất cả các chi tiết truyền mô men xoắn làm việc với tải va đập, làm tăng độ mòn của các chi tiết động cơ như thành piston, chốt piston, má khuỷu, bạc trục và làm lỏng các chi tiết liên kết dẫn đến hỏng các đường ống dẫn, cũng như làm sai lệch chỉ số của các thiết bị đo. Còn đối với một số thiết bị nhận năng lượng từ động cơ chẳng hạn như máy phát điện xoay chiều vậy nên sự thay đổi vận tốc góc của trục khuỷu động cơ dẫn đến sự thay đổi hiệu điện thế cũng như tần số trong lưới điện.

2.2. Tính toán hệ số quay không đồng đều của trục khuỷu động cơ 1417,5/24

Để xác định hệ số quay không đồng đều của trục khuỷu xác định bằng biểu thức [1]:

$$\delta = 16,1 \cdot 10^6 \cdot \frac{k \cdot N_i}{J \cdot n^3} \quad (1)$$

Trong đó: k là hệ số được xác định theo bảng 1, hệ số này phụ thuộc vào số lượng xi lanh trong động cơ; N_n là công suất của động cơ, kW; J là mô men quán tính của tất cả khối lượng quay quy đổi đến trục của động cơ bao gồm mô men cơ cấu tay biên-thanh truyền, cũng như bánh đà, chân vịt và hộp giảm tốc, N.m²; n là số vòng quay của trục khuỷu, vòng/phút.

3. Tiến hành thực nghiệm và phân tích kết quả

Nhóm tiến hành đo thực nghiệm trên động cơ 1417,5/24, là động cơ bốn kỳ lai máy phát điện xoay chiều do Đức sản xuất được trường AGTY (ASTU) mua và lắp đặt tại phòng thí nghiệm của trường để phục vụ giảng dạy và nghiên cứu động cơ. Ban đầu động cơ có ba xi lanh nhưng để phục vụ nghiên cứu đã tháo hai xi lanh chỉ còn để lại một xi lanh làm việc. Thiết bị để tiến hành thực nghiệm gồm có cảm biến xác định điểm chết trên được lắp trên bánh đà của động cơ. Nguyên lý hoạt động của cảm biến là cảm ứng điện từ. Một cảm biến áp suất được lắp trên nắp xi lanh để xác định áp suất trong quá trình làm việc của động cơ, qua đó xác định các kỳ trong chu kỳ làm việc và encoder để chuyển đổi góc quay của trục về tín hiệu điện. Ngoài ra còn có các thiết bị khác để kết nối truyền tín hiệu về máy tính (hình 1) và các dụng cụ cần thiết để lắp đặt thiết bị. Các tín hiệu của cảm biến nhận được sẽ tiến hành mã hóa ở bộ xử lý trung tâm và đưa về máy tính ở dạng file excel. Trong

file gồm có các thông số như mỗi góc quay của trục khuỷu, thời gian tương ứng với mỗi góc, áp suất trong quá trình làm việc của động cơ. Nhóm tiến hành đo thực nghiệm tương ứng với tính toán lý thuyết ở các chế độ làm việc của động cơ.

Hệ số quay không đồng đều được xác định qua vận tốc góc theo công thức [1]:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{tb}} \quad (2)$$

Trong đó: ω_{\max} là vận tốc lớn nhất của trục khuỷu trong một chu kỳ; ω_{\min} là vận tốc nhỏ nhất của trục khuỷu trong một chu kỳ; ω_{tb} là vận tốc trung bình của trục khuỷu trong một chu kỳ. Sau đó tiến hành xử lý số liệu trong excel và được kết quả biểu thị sự thay đổi vận tốc góc tương ứng với góc quay trục khuỷu của động cơ 1417,5/24.

Từ kết quả phân tích ta thấy rằng sự thay đổi vận tốc góc đúng theo phân tích lý thuyết và hệ số quay không đều của trục khuỷu thay đổi theo công suất của động cơ từ hình 2 đến hình 6 (trên mỗi hình là 14 chu kỳ công tác). Như trên hình 2 chỉ ra giới hạn vận tốc góc lớn nhất và nhỏ nhất cũng như hệ số quay không đồng đều ở chế độ 25%N là 0,016 và tương tự đối với các chế độ 50%N, 75%N, 100%N và 110%N là 0,018, 0,0230, 0,0233 và 0,0276. Hình 7 chỉ ra sự thay đổi của hệ số quay không đồng đều theo kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm với vùng hệ số quay không đều tiêu chuẩn (vùng tiêu chuẩn của hệ số quay không đều của động cơ được biểu thị trong khoảng giữa hai đường nằm ngang khi động cơ chưa tháo hai xi lanh). Ở chế độ 100%N thì hệ số quay không đồng đều tính theo lý thuyết là 0,0124 và thực nghiệm là 0,233.

Bảng 1. Giá trị hệ số k [1].

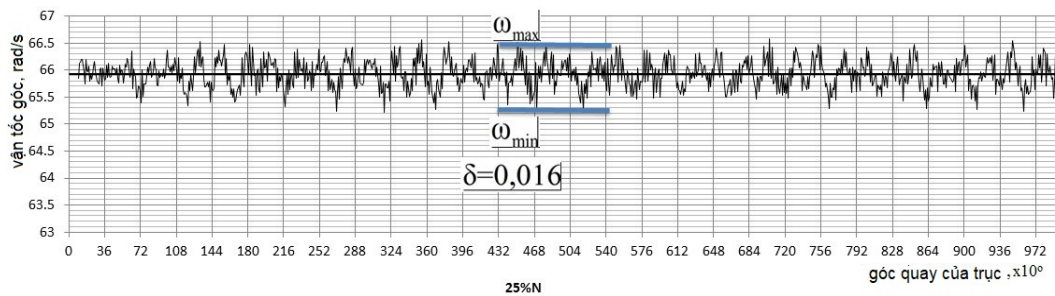
Động cơ	Số xi lanh, i							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bốn kỳ	3,1	1,3	0,8	0,17	0,3	0,1	0,13	0,09
Hai kỳ	1,3	0,58	0,25	0,11	0,045	0,025	0,01	-

Bảng 2. Hệ số quay không đồng đều của trục khuỷu động cơ 1417,5/24 ở các chế độ khác nhau của công suất.

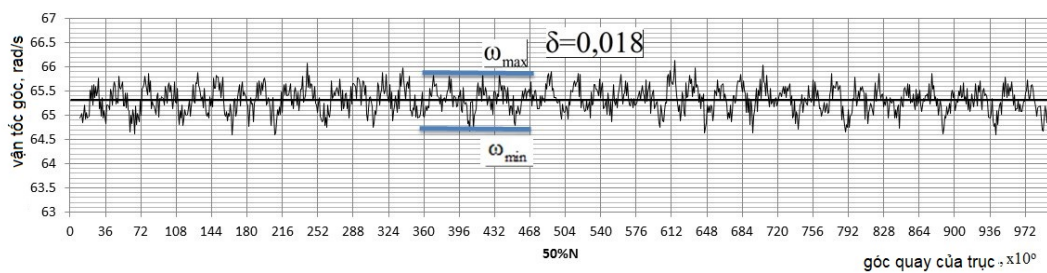
N, kW	n, vòng/phút	k	J, kg.m ²	δ
110% N _n =17,6	630	3,1	257,55	0,01364
100% N _n = 16	630	3,1	257,55	0,0124
75% N _n =12	630	3,1	257,55	0,0093
50% N _n =8	630	3,1	257,55	0,0062
25% N _n =4	630	3,1	257,55	0,0031



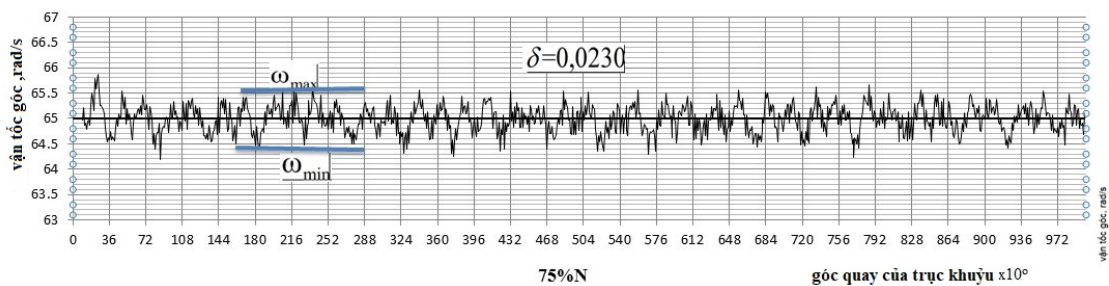
Hình 1. Hình lắp đặt các thiết bị trên động cơ 1417,5/24.



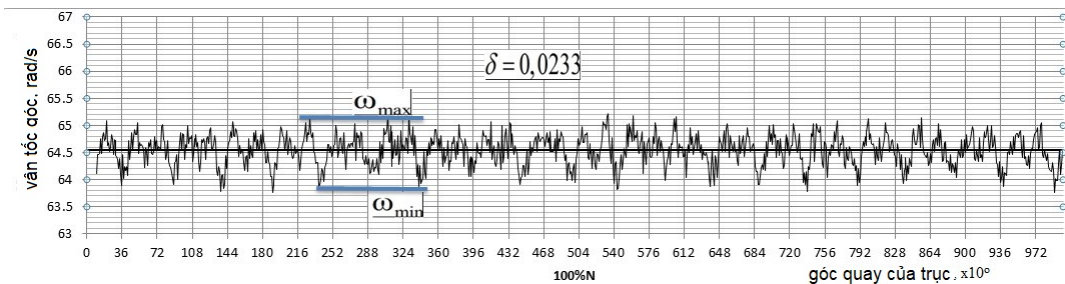
Hình 2. Hệ số quay không đồng đều 25%N.



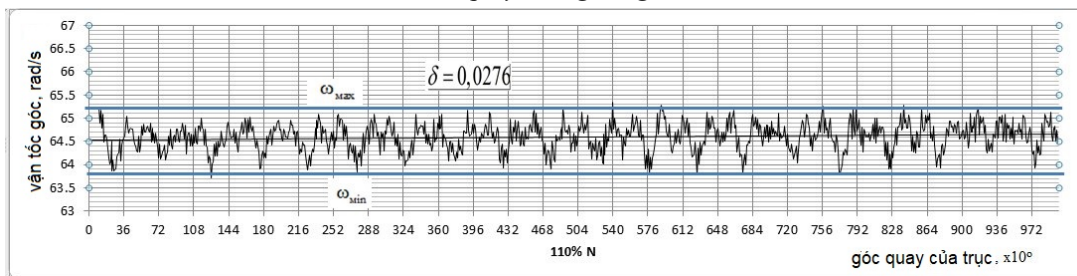
Hình 3. Hệ số quay không đồng đều 50%N.



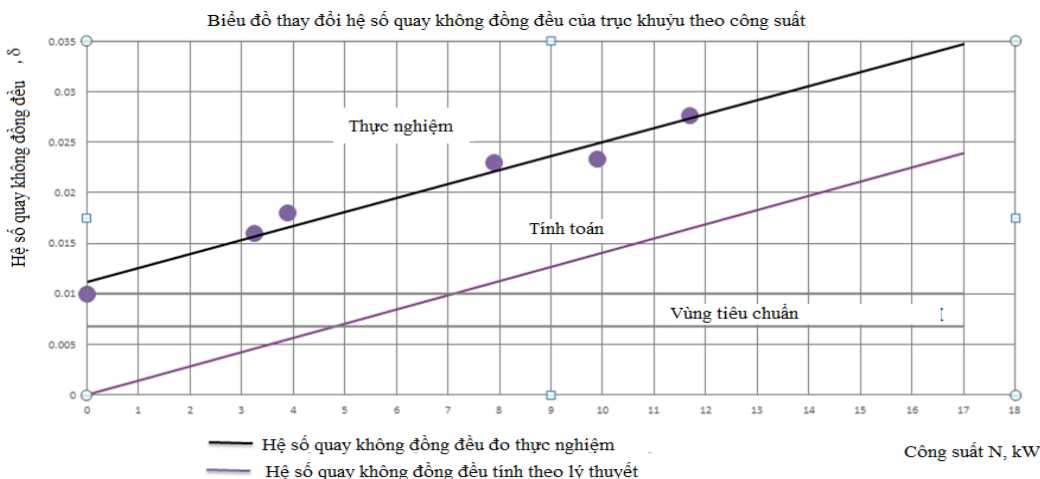
Hình 4. Hệ số quay không đồng đều 75%N.



Hình 5. Hệ số quay không đồng đều 100%N.



Hình 6. Hệ số quay không đồng đều 110%N.



Hình 7. Biểu đồ thay đổi hệ số quay không đồng đều phụ thuộc vào công suất.

4. Kết luận

Bài viết đã chỉ ra các yếu tố dẫn đến sự thay đổi vận tốc góc cũng như sự ảnh hưởng của nó, cơ sở lý thuyết tính toán hệ số quay không đồng đều của trục khuỷu, tiến hành đo thực nghiệm trên động cơ và đã phân tích kết quả đo, như kết quả cho thấy rằng thực nghiệm kiểm chứng lại cơ sở lý thuyết và theo đúng quy luật, độ lệch kết quả có thể xảy ra do thời gian sử dụng động cơ đã lâu. Khi so sánh kết quả thực nghiệm với tiêu chuẩn của động cơ với ba xi lanh làm việc thì hệ số quay không đều của trục khuỷu gấp 2.33 lần so với tiêu chuẩn. Để giảm hệ số quay không đều của trục khuỷu có thể sử dụng các phương pháp đề xuất sau:

- Thay đổi xung động của mô men xoắn bằng cách sử dụng thiết bị cung cấp nhiên liệu

nhiều lần, khi đó nhiên liệu và không khí được hòa trộn tốt hơn làm cho quá trình cháy xảy ra đều và ổn định;

- Có thể lắp đặt thiết bị dập tắt dao động ở đầu tự do của trục khuỷu động cơ;

- Thay đổi số lượng xi lanh làm việc, bằng cách khôi phục lại sự làm việc của hai xi lanh đã tháo;

- Phương pháp điều chỉnh bằng bánh đà, cách này cần tiến hành tính toán lại bánh đà tương ứng với điều kiện thực tế của máy.

Kết quả có thể làm tài liệu tham khảo để học tập hoặc nghiên cứu ở các lĩnh vực liên quan. Bài báo phản ánh kết quả nghiên cứu của đề tài khoa học cấp trường “Nghiên cứu sự dao động vận tốc góc của trục khuỷu động cơ đốt trong bằng phương pháp thực nghiệm

trên động cơ 1417,5/24”□

Tài liệu tham khảo

- [1]. Б. И. Байков, С. М. Баранов, В. А. Ваншейдт, И. П. Воронов, Л. В. Гендлер, Б. М. Гончар, Н. Н. Иванченко, П. А. Истомин, Л. К. Коллеров, М. И. Левин, М. Д. Никитин, Р. В. Русинов, А. А. Скуридин, Л. В. Тузов. Дизели. Справочник. Под общей редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР доктора технических наук профессора В. А. Ваншейдта: Издательство «Машиностроение» Москва 1964 г Ленинград. 600 с;
- [2]. И. Горбань, В. В. Добровольский, А. И. Лукин и др. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Ученик/ С89 - Л.: судостроение, 1989 г. 344 с;
- [3]. В. И. Самсонов., Худов Н. И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник для выш. учеб. Заведений. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1990-368 с;
- [4]. В. А. Ваншейдт. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Л., «Судостроение», 1977-392с;
- [5]. Д. Н. Вырубков, С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко и др.; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. - М.: Машиностроение, 1984. - 384 с;
- [6]. Покусаев М. Н., Сибряев К. О., Шевченко А. В. Экспериментальное определение степени неравномерности вращения вала машинодвигательного комплекса судна ПР. 1557 [Текст] // Вестник АГТУ. №2 (43). 2008. С.140-144;
- [7]. И. В. Возницкий, А. С. Пунда. Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 2: М. МОРКНИГА, 2008-470 с.

Ngày nhận bài: 27/2/2020

Ngày chuyển phản biện: 31/3/2020

Ngày hoàn thành sửa bài: 21/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2020