

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TÌNH TRẠNG BỀ MẶT VỎ TÀU VÀ CHONG CHÓNG ĐẾN HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TRÊN TÀU

STUDY EFFECT OF HULL AND PROPELLER CONDITIONS ON USING ENERGY EFFICIENCY

TRẦN NGỌC TÚ*, NGUYỄN THỊ HẢI HÀ, PHẠM THỊ THANH HẢI

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tutn.dt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của trạng thái bề mặt vỏ tàu và chong chóng ở các thời điểm khai thác khác nhau gồm: Thời điểm đóng mới, hiện tại, sau lên đà cạo hà làm sạch bề mặt vỏ tàu và chong chóng đến hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu. Đối tượng nghiên cứu trong đề tài là tàu Container Fortune Navigator. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, tình trạng bề mặt vỏ tàu và chong chóng ảnh hưởng lớn đến mối quan hệ công suất - vòng quay - tốc độ tàu từ đó ảnh hưởng lớn đến hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu.

Từ khóa: Vỏ tàu, chong chóng, máy chính, hiệu quả sử dụng năng lượng.

Abstract

The paper presents the research results on the effect of hull and propeller conditions at different times of operation, including: New construction, present, after docking to learn the hull and propeller surfaces on using energy efficiency of Fortune Navigator containership. The research results indicate that the condition of the ship's hull and propeller greatly affects the relationship between the power- revolution- speed, which in turn greatly affects the efficiency of energy use on the ship.

Keywords: Hull, propeller, main engine, Energy efficiency.

1. Mở đầu

Ngày nay, một trong những vấn đề rất nóng trong lĩnh vực giao thông vận tải nói chung và trong giao thông thủy nói riêng đang thu hút được sự quan tâm rất lớn từ phía các công ty vận tải, đó là giảm được mức tiêu hao nhiên liệu cho tàu trong quá trình khai thác, bởi vấn đề này liên quan đến việc nâng cao hiệu quả kinh tế cho tàu trong khai thác và đảm bảo việc thực thi các yêu cầu ngày càng khắt khe của tổ

chức Hàng hải quốc tế IMO về giảm sự phát thải khí CO₂ nhằm bảo vệ môi trường [1].

Trong quá trình hoạt động của tàu, các yếu tố vật lý và sinh hóa trong môi trường nước biển sẽ tác động lên bề mặt vỏ tàu và chong chóng làm nó không còn được trơn nhẵn như thời điểm đóng mới cũng như có thể bị biến dạng. Kết quả là lực cản thân tàu tăng lên, đồng thời hiệu suất chong chóng giảm so với thời điểm khi tàu còn mới [2-6]. Từ đó dẫn đến, tại cùng một vòng quay của máy, tốc độ tàu giảm, nhiên liệu tiêu hao nhiều hơn so với thời điểm đóng mới, từ đó làm giảm hiệu quả khai thác tàu.

Xuất phát từ các vấn đề nêu trên, việc xác định được con số định lượng ảnh hưởng của tình trạng bề mặt vỏ tàu và chong chóng sẽ cho phép ta xây dựng được chính xác mối quan hệ giữa công suất - vòng quay - tốc độ tàu ở các thời điểm khai thác khác nhau, trên cơ sở đó đưa ra các khuyến nghị nhằm nâng cao hiệu quả khai thác cho tàu. Đối tượng nghiên cứu trong bài báo này là tàu Container Fortune Navigator của công ty Cổ phần vận tải biển Việt Nam (VOSCO). Phương pháp nghiên cứu được sử dụng để đạt được mục tiêu đặt ra là phương pháp CFD.

2. Giới thiệu về tàu container Fortune Navigator

2.1. Các thông số kỹ thuật của tàu

Tàu Container Fortune Navigator có số IMO: 9181637 là tàu chở container chuyên dụng, thuộc sở hữu của công ty VOSCO. Tàu được đóng vào năm 1998 tại Nhà máy đóng tàu MURAKAMI HIDE SHIP BUILDINGCO.LTD, Nhật Bản. Các thông tin về hình dáng và các thông số kỹ thuật của tàu này được trình bày trên Bảng 1 và Hình 1.

2.2. Các vấn đề đặt ra với tàu

Sau 26 năm khai thác, xuất hiện tình trạng tốc độ tàu giảm, mức tiêu hao nhiên liệu của tàu tăng so với thời điểm đóng mới. Năm 2019, tàu đã được trang bị thêm chong chóng phụ PBCF nhằm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu. Tuy nhiên, đến năm 2021, lại xuất hiện các vấn đề kỹ thuật liên quan đến tốc độ

**Bảng 1. Các thông số chủ yếu của tàu container
Fortune Navigator**

Các thông số kích thước tàu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Các thông số chủ yếu của phần thân vỏ			
Chiều dài tàu	L	m	110.00
Chiều rộng tàu	B	m	18.20
Chiều cao mạn	D	m	11.00
Chiều chìm thiết kế	T	m	7.70
Lượng chiếm nước	Δ	ton	12021
Công suất máy	Ps	kW	7040
Các thông số chủ yếu của chong chóng			
Đường kính	D_p	[m]	4.05
Tỷ số đĩa	A_E/A_0	[-]	0.601
Tỷ số bước	P/D	[-]	0.617
Số cánh	Z	[-]	4
Chiều quay	-	[-]	Phải
Vòng quay	n	rpm	210

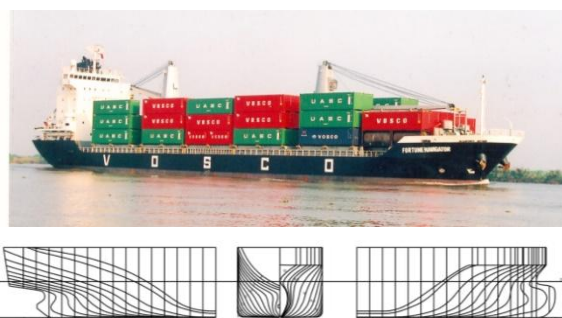
tàu và mức tiêu hao nhiên liệu lại tiếp tục xuất hiện, cụ thể: Tốc độ tàu giảm so với trước, mức tiêu hao nhiên liệu nhiều hơn, hiệu quả khai thác tàu giảm. Với thực tế đó, việc xác định nguyên nhân gây ra các vấn đề này là cần thiết để đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu.

Để làm rõ nguyên nhân gây ra các vấn đề kỹ thuật kể trên với tàu container Fortune Navigator, nhóm tác giả đặt ra các bài toán cần phải giải quyết sau:

- Khảo sát thực tế bề mặt vỏ tàu và chong chóng ở thời điểm trước và sau khi tàu lên đà cạo hà làm sạch. Mục đích để xác định tình trạng kỹ thuật của vỏ tàu và chong chóng trước và sau lên đà làm sạch;

- Tiến hành quét 3D chong chóng, đo độ nhám trên bề mặt vỏ tàu và chong chóng trước và sau khi lên đà làm sạch để làm đầu vào cho bài toán tính toán lực cản tàu và hiệu suất chong chóng;

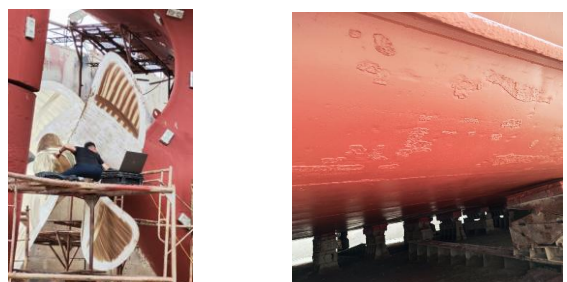
- Tiến hành mô phỏng, tính toán lực cản và hiệu suất của chong chóng ở ba trạng thái bề mặt vỏ tàu



Hình 1. Tàu Container Fortune Navigator



a) Trước khi lên đà



b) Sau khi lên đà cạo hà làm sạch

Hình 2. Hình ảnh khảo sát tàu Container Fortune Navigator trước và sau khi lên đà cạo hà làm sạch

và chong chóng khác nhau phục vụ cho bài toán đánh giá mối quan hệ giữa công suất - tốc độ - vòng quay của tàu ở các thời điểm khai thác khác nhau.

Các hình ảnh khảo sát hình dáng vỏ tàu, chong chóng ở thời điểm trước và sau khi lên đà cạo hà làm sạch được trình bày trên Hình 2.

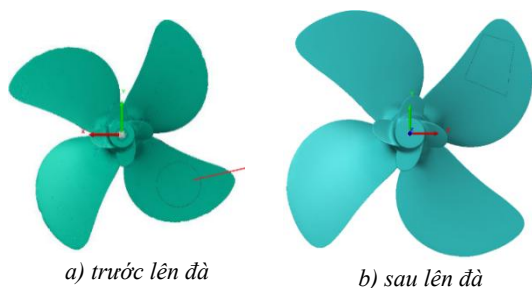
Kết quả đo đặc độ nhám trên bề mặt vỏ tàu và chong chóng bằng máy quét laze HANDYSCAN BLACK ELITE trước và sau khi lên đà cạo hà làm sạch cho kết quả như sau:

- Thời điểm trước lên đà: Độ nhám trung bình đo được trên toàn bộ phần ngâm nước thân tàu do hà bám là $20.000\mu\text{m}$; trên bề mặt cánh chong chóng là $150\mu\text{m}$;

- Thời điểm sau lên đà cạo hà làm sạch: Độ nhám trung bình đo được trên toàn bộ phần ngâm nước thân tàu do hà bám là $650\mu\text{m}$; trên bề mặt cánh chong chóng là $60\mu\text{m}$. Khối lượng chong chóng bị hụt mất 200kg so với chong chóng ở thời điểm đóng mới.

- Đối với tàu ở thời điểm đóng mới, do không có số liệu về bề mặt vỏ tàu và chong chóng ở thời điểm đóng mới, nên nhóm tác giả lấy giá trị độ nhám cho phép của chúng theo ITTC là $150\mu\text{m}$ đối với vỏ tàu và $30\mu\text{m}$ đối với chong chóng mới.

Kết quả khảo sát và quét 3D chong chóng cho thấy, ở thời điểm trước lên đà, cánh chong chóng bị biến dạng ở các mép cánh và bị hà bám, sau khi lên đà sửa chữa, các vấn đề này đã được khắc phục. Mô hình 3D của chong chóng dựa trên việc quét 3D chong chóng trước và sau khi lên đà sửa chữa, dựa trên bản vẽ thiết kế chong chóng ứng với trường hợp chong chóng ở thời điểm đóng mới sẽ là thông số đầu vào phục vụ cho mô phỏng tính toán các thông số thủy động của chong chóng ở các thời điểm khai thác khác nhau.



Hình 3. Kết quả quét 3D chong chóng trước và sau khi lên đà cạo hà và làm sạch

Đối với tàu, khảo sát bằng mắt thường nhận thấy không có sự biến dạng lớn về vỏ tàu và việc scan bề mặt vỏ tàu thực sự rất khó, chính vì vậy trong nghiên cứu này giả thiết vỏ tàu không bị biến dạng ở các thời điểm khai thác khác nhau. Nghĩa là trong trường hợp này vỏ tàu chỉ có sự khác nhau về rong rêu hà bám trên bề mặt ở các thời điểm khai thác khác nhau.

3. Thiết lập mô phỏng

Việc tính toán mô phỏng được thực hiện ở tỷ lệ thực.

Các thông số đầu vào phục vụ cho việc mô phỏng gồm:

- Mô hình 3D của tàu và chong chóng ở 3 thời điểm khai thác khác nhau;
- Độ nhám trên bề mặt chong chóng và vỏ tàu;
- Điều kiện môi trường (khối lượng riêng của nước được thiết lập là $1,025\text{t/m}^3$, độ nhớt $9,6474.10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$).

Việc mô phỏng được tính toán tại đường nước thiết kế $T=7,70\text{m}$ tại dải tốc độ từ $8,0 - 14,0$ hải lý/giờ ứng với 03 trường hợp vỏ tàu và chong chóng khác nhau.

Bài toán mô phỏng tính toán bằng CFD gồm các bước chung như sau: Lựa chọn kích thước miền tính toán (KTMTT), lựa chọn điều kiện biên, chia lưới và lựa chọn mô hình vật lý. Đối với bài toán mô phỏng tính toán lực cản tàu và chong chóng, KTMTT được xác định phụ thuộc vào kích thước tàu và đường kính chong chóng, loại điều kiện biên được lựa chọn như theo hướng dẫn trong tài liệu [4, 6-8]. Cụ thể, đối với bài toán về lực cản tàu, miền tính toán là một hình hộp chữ nhật với kích thước phía trước tàu nằm cách mũi tàu một đoạn $1,5L$, miền chất lỏng phía sau tàu nằm cách đuôi tàu một đoạn $2,5L$, phía đáy và phía trên miền tính toán cách mặt thoáng chất lỏng một đoạn tương ứng là $2,5L$ và $1,5L$. Cạnh bên của miền tính toán cách mặt phẳng dọc tâm tàu một đoạn bằng $2,5L$. Loại điều kiện biên được lựa chọn như sau: Miền chất lỏng phía trước, phía đáy và phía trên là velocity inlet, dòng chảy phía sau thân tàu pressure outlet, hai mặt cạnh của miền chất lỏng tính toán là symmetry plane, điều kiện biên áp dụng cho tàu là No-slip wall. Đối với bài toán về tính toán thông số thủy động của chong chóng, miền tính toán là hình lăng trụ có đường kính bằng 6 lần đường kính chong chóng, phía inlet cách chong chóng $4D_p$ và phía outlet cách chong chóng $8D_p$. Loại điều kiện biên được lựa chọn như sau: Miền chất lỏng phía trước là velocity inlet, dòng chảy phía sau chong chóng là pressure outlet, mặt cạnh của miền chất lỏng tính toán là symmetry plane, điều kiện biên áp dụng cho chong chóng là No-slip wall.

Loại lưới được sử dụng trong mô phỏng là lưới trimmed. Đối với tàu, lưới được làm mịn tại các khu vực gần tàu, đặc biệt là khu vực mũi và đuôi tàu và tại bề mặt thoáng của chất lỏng. Đối với chong chóng, lưới được làm mịn tại khu vực mép cánh nơi có các đường cong phức tạp. Lưới prism layer được sử dụng để giải lớp biên bao quanh tàu và chong chóng. Kích thước lưới cơ sở được lựa chọn trong bài toán tính toán lực cản tàu là $0,6\text{m}$, tổng số lượng lưới được sử dụng trong mô phỏng là 8,2 triệu lưới. Kích thước lưới cơ sở được lựa chọn trong bài toán tính toán các thông số thủy động của chong chóng là 80mm , tổng số lượng lưới được sử dụng trong mô phỏng là 10,2 triệu lưới. Kết quả chia lưới cho tàu và chong chóng được thể hiện lần lượt trên Hình 4 và 5.

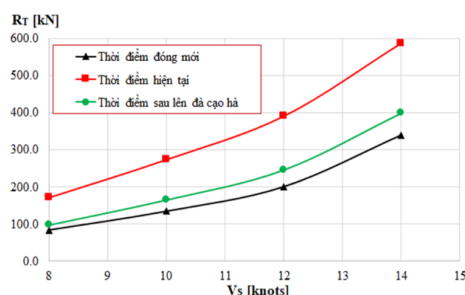
Mô hình vật lý được áp dụng trong nghiên cứu này mô hình chất lỏng thực với việc sử dụng phương trình RANS. Mô hình dòng rối SST K-Omega được áp dụng để đóng kín phương trình RANS.

Bảng 2. Kết quả tính toán lực cản tàu ứng với 3 tình trạng bề mặt vỏ tàu khác nhau

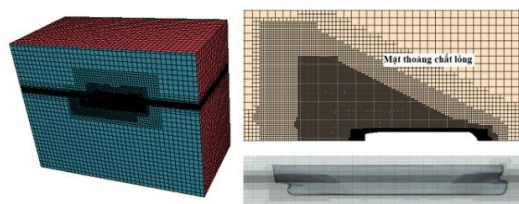
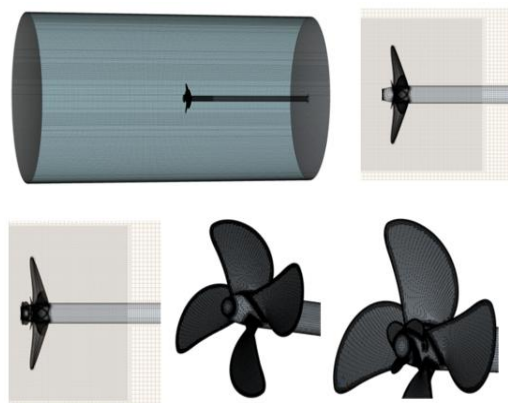
Trường hợp	V	8,0	10,0	12,0	14,0
Thời điểm đóng mới	R_F [kN]	66,1	106,5	150,0	204,4
	R_P [kN]	17,7	30,4	50,8	124,5
	R_T [kN]	83,8	136,9	200,8	328,9
Thời điểm trước khi lên đà	R_F [kN]	142,5	225,5	313,6	427,0
	R_P [kN]	29,0	48,3	77,6	160,8
	R_T [kN]	171,5	273,9	391,1	587,8
Thời điểm sau lên đà cạo hà	R_F [kN]	83,0	130,4	183,0	245,1
	R_P [kN]	20,0	35,1	58,6	148,6
	R_T [kN]	103,0	165,6	241,6	393,7

Bảng 3. Phần trăm thay đổi lực cản tàu so với thời điểm đóng mới

Trường hợp	V [knots]	8,0	10,0	12,0	14,0
Trước khi lên đà	ΔR_T [%]	104,7	100,1	94,8	78,7
Sau lên đà cạo hà	ΔR_T [%]	22,9	21,0	20,3	19,7

**Hình 6. Quan hệ giữa lực cản với tốc độ tàu ở 03 trạng thái bề mặt vỏ tàu khác nhau****Bảng 4. Kết quả tính toán các TSTD của chong chóng ở các thời điểm khác nhau**

J	K_T	$10K_Q$	Eta
a) Thời điểm đóng mới			
0,30	0,1677	0,1763	0,4542
0,40	0,1284	0,1462	0,5591
0,45	0,1077	0,1298	0,5943
0,50	0,0862	0,1128	0,6081
0,55	0,0636	0,0941	0,5916
0,60	0,0391	0,0737	0,5066
b) Thời điểm trước khi lên đà			
0,30	0,1686	0,1815	0,4435
0,40	0,1293	0,1515	0,5433
0,45	0,1087	0,1348	0,5775
0,50	0,0875	0,1172	0,5941
0,55	0,0654	0,0982	0,5830
0,60	0,0420	0,0778	0,5155
c) Thời điểm sau khi lên đà làm sạch			
0,30	0,1695	0,1757	0,4606
0,40	0,1299	0,145	0,5703
0,45	0,1099	0,1285	0,6125
0,50	0,0883	0,1129	0,6224
0,55	0,0647	0,0942	0,6012
0,60	0,0397	0,0738	0,5137

**Hình 4. Kết quả chia lưới trong mô phỏng lực cản tàu****Hình 5. Kết quả chia lưới trong mô phỏng của TSTD của chong chóng**

Trong mô phỏng lực cản tàu, phương pháp thể tích chất lỏng VOF được sử dụng để mô phỏng mặt thoáng chất lỏng. Để mô phỏng độ nhám bề mặt vỏ tàu và chong chóng bài báo sử dụng hàm độ nhám do Schultz and Flack đề xuất [9].

4. Kết quả tính toán

4.1. Kết quả mô phỏng tính toán lực cản tàu

Kết quả mô phỏng tính toán lực cản tàu ở 03 trạng thái bề mặt vỏ tàu khác nhau tại lượng chiếm nước toàn tải được trình bày trên Bảng 2 và Hình 6 (ở đây các ký hiệu R_T , R_F và R_P lần lượt là lực cản toàn bộ, thành phần lực cản ma sát và thành phần lực cản áp suất). Từ kết quả có được trên Bảng 2, 3 và Hình 6, ta có thể đưa ra một số nhận xét như sau:

- Thành phần lực cản chính của tàu là thành phần lực cản ma sát. Điều này hoàn toàn đúng đối với các tàu thấp tốc;

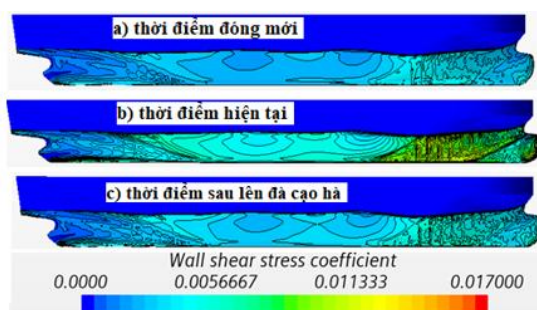
- Dưới ảnh hưởng của độ nhám trung bình là $20.000\mu\text{m}$, lực cản vỏ tàu ở thời điểm trước khi lên đà tăng 104,7% đến 78,7% tương ứng với dải tốc độ từ 8,0 - 14,0 (knots) so với thời điểm đóng mới;

- Sau khi lên đà cạo hà, độ nhám giảm về $650\mu\text{m}$, lực cản vỏ tàu ở thời điểm sau lên đà cạo hà chỉ tăng 18,6% đến 16,5% tương ứng với dải tốc độ từ 8,0 - 14,0 (knots) so với thời điểm đóng mới;

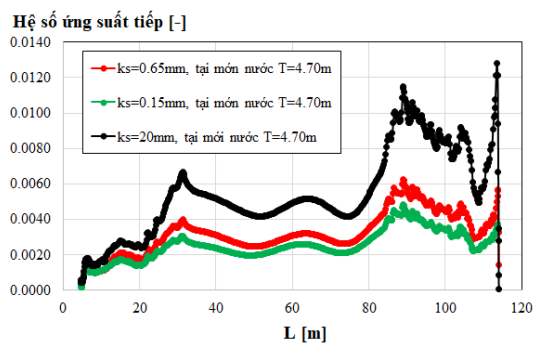
- Nguyên nhân chính dẫn đến sự gia tăng lực cản

tàu so với thời điểm đóng mới đó chính là do việc gia tăng thành phần lực cản ma sát do tăng độ nhám.

Sự thay đổi lực cản tàu khi thay đổi độ nhám trên bề mặt vỏ tàu có thể được giải thích thông qua sự khác nhau trong phân bố hệ số ứng suất tiếp (C_F) trên bề mặt vỏ tàu ứng với 03 trạng thái độ nhám khác nhau như được thể hiện trên Hình 7 và 8. Trên Hình 7 và 8, ta có thể quan sát thấy, giá trị C_F trên bề mặt vỏ tàu ở thời điểm trước khi lên đà trung bình lớn hơn khoảng 2 lần so với thời điểm đóng mới. Giá trị C_F trên bề mặt vỏ tàu ở thời điểm sau khi lên đà cạo hà trung bình lớn hơn khoảng 18% so với thời điểm đóng mới. Đây chính là một trong những nguyên nhân dẫn đến sự gia tăng lực cản tàu khi có sự thay đổi trạng thái bề mặt vỏ tàu.



Hình 7. Phân bố C_F trên bề mặt vỏ tàu ở 3 trạng thái độ nhám khác nhau tại tốc độ 12,0 knots

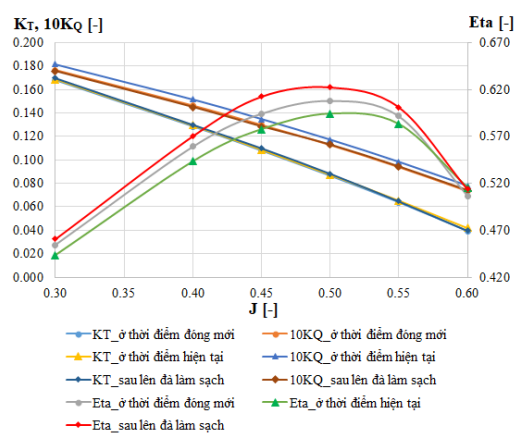


Hình 8. So sánh C_F tại 3 trạng thái bề mặt khác nhau ở vị trí $Z=4,7m$ tại tốc độ 12,0 knots

4.2. Kết quả mô phỏng tính toán hiệu suất chong chóng

Kết quả tính toán TSTD của chong chóng ở 03 trạng thái bề mặt vỏ tàu khác nhau được trình bày trên Bảng 4 và Hình 9 (ở đây các ký hiệu K_T , K_Q và E_{ta} lần lượt là hệ số lực đẩy, hệ số mô men và hiệu suất của chong chóng). Từ kết quả này ta thấy:

- Chong chóng ở thời điểm hiện tại trước khi lên đà có hiệu suất giảm từ 2,3% đến 2,8% tại chế độ khai thác ($J=0,4-0,5$) so với chong chóng ở thời



Hình 9. Kết quả tính toán các TSTD của chong chóng ở ba thời điểm khác nhau

điểm đóng mới. Nguyên nhân là do ảnh hưởng của rong rêu, hà bám lên bề mặt cánh chong chóng và cánh chong chóng bị mẻ, biến dạng ở phần mép cánh,... Mức giảm này có thể còn lớn hơn nếu như chong chóng này không được gắn thêm PBCF.

- Chong chóng ở thời điểm sau khi lên đà làm sạch có hiệu suất tăng từ 2,5 đến 3,0% tại chế độ khai thác ($J=0,4-0,5$) so với chong chóng ở thời điểm đóng mới. Nguyên nhân là do chong chóng được gắn thêm PBCF nhằm tăng hiệu suất.

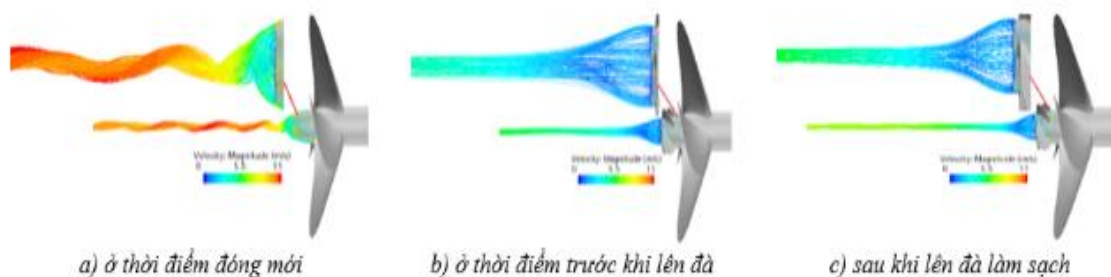
Sự thay đổi hiệu suất khi thay đổi trạng thái bề mặt cánh chong chóng cũng như tác dụng của PBCF trong việc cải thiện hiệu suất chong chóng có thể giải thích qua sự khác nhau về dòng chảy bao quanh chong chóng như được thể hiện trên Hình 10. Từ Hình 10, ta có thể quan sát thấy dưới tác dụng của PBCF nó đã làm cho dòng chảy tại củ chong chóng không còn bị xoắn. Từ đó dẫn tới làm giảm tổn thất năng lượng tại củ chong chóng, và cuối cùng là làm tăng hiệu suất chong chóng so với chong chóng không có PBCF.

4.3. Kết quả tính toán mối quan hệ giữa vỏ tàu - chong chóng - máy chính

Trên cơ sở sử dụng phương pháp Hoptrop để tính toán các hệ số tương tác giữa chong chóng và thân tàu nhóm tác giả đã tính toán được mối quan hệ giữa công suất - tốc độ - vòng quay chong chóng ở ba trạng thái bề mặt vỏ tàu và chong chóng khác nhau (xem Bảng 5 và Hình 11). Từ kết quả thu được trên Bảng 5 và Hình 11, ta có thể đưa ra một số nhận xét sau tại vòng quay khai thác của máy chính 180rpm.

- Ở thời điểm đóng mới, tốc độ tàu đạt được là 13,0 knots với công suất máy cần thiết là 2975kW.

- Ở thời điểm trước khi lên đà, khi tàu bị rong rêu



Hình 10. Sự khác nhau về đường dòng tại mũi chong chóng tại $J = 0,5$

Bảng 5. Kết quả tính toán mối quan hệ giữa công suất máy - tốc độ tàu - vòng quay chong chóng ở 03 thời điểm khai thác khác nhau

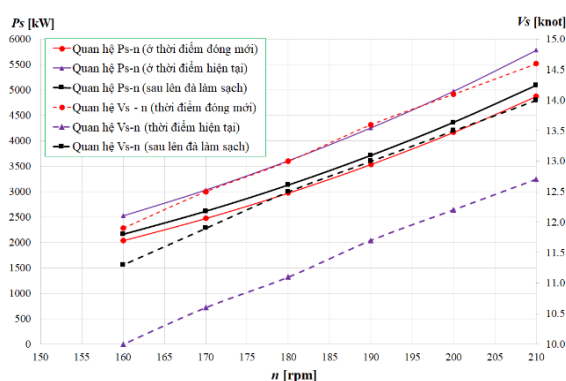
Tàu ở thời điểm đóng mới							
Vòng quay	n	[rpm]	210	200	190	180	170
Công suất	Ps	[kW]	4878	4170	3539	2975	2475
Tốc độ tàu	Vs	[knots]	14.6	14.1	13.6	13.0	12.5
Tàu ở thời điểm trước khi lên đà							
Vòng quay	n	[rpm]	210	200	190	180	170
Công suất	Ps	[kW]	5786	4980	4259	3611	3034
Tốc độ tàu	Vs	[knots]	12.7	12.2	11.7	11.1	10.6
Tàu ở thời điểm sau khi lên đà làm sạch							
Vòng quay	n	[rpm]	210	200	190	180	170
Công suất	Ps	[kW]	5090	4362	3713	3130	2614
Tốc độ tàu	Vs	[knots]	14.0	13.5	13.0	12.5	11.9

hà bám nặng trên bề mặt vỏ tàu và chong chóng, tốc độ tàu đạt được chỉ còn 11,1knots, và công suất máy cần thiết là 3611kW. Tức ở thời điểm này, tốc độ tàu giảm 1,9 knots và công suất máy tăng lên 636 kW so với thời điểm đóng mới.

- Ở thời điểm sau khi lên đà làm sạch, tốc độ tàu đạt được chỉ còn 12,5knots, và công suất máy cần thiết là 3130kW. Tức ở thời điểm này, tốc độ tàu tăng 1,4knots và công suất máy giảm 481kW so với thời điểm trước khi lên đà.

5. Kết luận

Dựa trên các kết quả mô phỏng, tính toán thu được về ảnh hưởng của trạng thái bề mặt vỏ tàu và chong chóng đến hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu container Fortune Navigator, ta có thể đưa ra một số kết luận sau: Kết quả tính toán thu được là sát với kết quả đo trên tàu báo về mà VOSCO cung cấp cho nhóm tác giả, từ đó khẳng định độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán; Tình trạng bề mặt vỏ tàu và chong chóng ảnh hưởng lớn đến hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu. Cụ thể, với tình trạng hiện tại



Hình 11. Đồ thị quan hệ giữa P_s - V_s - n ở ba thời điểm khai thác khác nhau

của bề mặt vỏ tàu và chong chóng ở thời điểm hiện tại và sau lên đà sửa chữa so với thời điểm đóng mới tại vòng quay khai thác hiện tại của máy chính là 180rpm, tốc độ của tàu ở thời điểm hiện tại giảm 14,3% còn công suất máy tăng 25,7% so với thời điểm đóng mới. Sau lên đà làm sạch, tốc độ tàu tăng 11,2% và công suất máy giảm 15,8% so với thời điểm hiện tại; Để tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu thì việc làm sạch vỏ tàu và chong chóng là rất cần thiết.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.31.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quy định của IMO liên quan đến bảo vệ môi trường. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention>.
- [2] Tadros, M., et al. (2022), *Assessment of Ship Fuel Consumption for Different Hull Roughness in Realistic Weather Conditions*. Journal of Marine Science and Engineering, Vol.10(12), p.1891.

- [3] Schultz, M.P.J.B. (2007), *Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering*. Vol.23(5), pp.331-341.
- [4] Demirel, Y.K., O. Turan, and A. Incecik (2017), *Predicting the effect of biofouling on ship resistance using CFD*. Applied Ocean Research, Vol.62, pp.100-118.
- [5] Song, S., Y.K. Demirel, and M. Atlar (2019). *An investigation into the effect of biofouling on full-scale propeller performance using CFD. in International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. American Society of Mechanical Engineers.
- [6] Siemens, 2021. STAR-CCM+ User Guide. Version 16.4.
- [7] Tu, T.N. (2019), *Numerical simulation of propeller open water characteristics using RANSE method*. Alexandria Engineering Journal, Vol. 58(2), pp.531-537.
- [8] Owen, D., et al. (2018), *Investigating the effect of biofouling on propeller characteristics using CFD*. Ocean Engineering, Vol.159, pp.505-516.
- [9] Y. K. Demirel, O. Turan, and A. Incecik (2017), *Predicting the effect of biofouling on ship resistance using CFD*, Applied Ocean Research, Vol.62, pp.100-118.

Ngày nhận bài:	03/12/2024
Ngày nhận bản sửa lần 1:	28/12/2024
Ngày nhận bản sửa lần 2:	21/02/2025
Ngày duyệt đăng:	21/02/2025